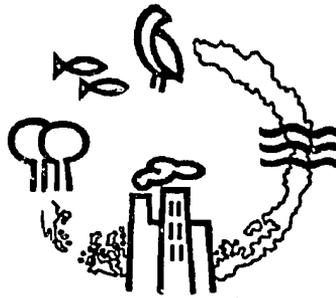


PN-ABU-557

PERFIL  
AMBIENTAL  
DE CHILE



. 2' PA-ABU-557



# PERFIL AMBIENTAL DE CHILE

**EDITORES:**

Guillermo Espinoza G., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Pablo Pisani C., Consultor Centro de Estudios para el Desarrollo  
Luis Contreras C., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Patricio Camus C., P. Universidad Católica de Chile

**AUTORES:**

Marcelo Alvarez R., Proyecto Catastro del Bosque Nativo, Universidad Austral de Chile  
José Arteaga C., Comisión Económica para América Latina y el Caribe  
Pedro Araya R., Corporación Nacional Forestal  
Reinaldo Avilés P., P. Universidad Católica de Chile  
Pedro Bannen L., P. Universidad Católica de Chile  
Andrés Benítez V., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Nora Cábrea F., Superintendencia de Servicios Sanitarios  
Patricio Camus C., P. Universidad Católica de Chile  
Hernán Durán F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe  
Guillermo Espinoza G., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Rosa Escobar B., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Juan Fernández B., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Eduardo Fuentes Q., P. Universidad Católica de Chile  
Rodolfo Gajardo M., Universidad de Chile  
Sergio González M., Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
Patricio Gross F., P. Universidad Católica de Chile  
Claudio Huepe M., Ministerio de Minería  
Ana María Ibacache B., Ministerio de Minería  
Ricardo Katz B., Gestión Ambiental Consultores  
Juan Le-Bert M., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Jorge Leiva V., Comisión Nacional del Medio Ambiente  
Luis Martínez O., Ministerio de Salud  
Mauricio Muñoz B, Dames & Moore Chile Ltda.  
Doris Oliva E., Instituto de Fomento Pesquero  
Luis Otero D., Instituto Forestal  
Judith Pagani S., Ministerio de Minería  
Humberto Peña T., Dirección General de Aguas  
Mario Peralta P., Universidad de Chile  
Carlos Prado C., Tesam Hartley S.A.  
Sergio Praus G., Consultoría Jurídica Ambiental Ltda.  
Hugo Romero A., Universidad de Chile  
Juan C. Torres M., Museo Nacional de Historia Natural  
Jaime Solari S., Gasoducto Trasandino S.A.

Esta publicación contó con el financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), y el apoyo del World Resources Institute (WRI).

La coordinación de las actividades tendientes a la publicación de este documento fueron realizadas por el Centro de Estudios para el Desarrollo (CED).

**Perfil Ambiental de Chile**

**Comisión Nacional del Medio Ambiente**

Registro de Propiedad Intelectual N° 66.881  
I.S.B.N.: 956-7204-08-X  
Primera Edición de 1.000 ejemplares, 1994  
Edición: Chile, año 1994  
Prohibida su reproducción total o parcial  
Diseño Portada: José Miguel Cariaga  
Impresor: Alfabetá Impresores

## PRESENTACION

Un requisito imprescindible para desarrollar una gestión ambiental eficaz es contar con información adecuada respecto de la situación de los distintos componentes del ambiente. Las decisiones se toman difíciles cuando la información es escasa o deficiente, particularmente en aquellas áreas que son decisivas para apoyar el desarrollo del país.

La generación de antecedentes básicos suele ser larga y costosa. Es así como, el inicio de un proceso de actualización de información a menudo se ve limitado con la falta de recursos y las necesidades de plazos extensos para su generación.

Por ello es interesante el aporte de este "Perfil Ambiental de Chile", ya que entrega una visión de la realidad ambiental del país, a partir del conocimiento de 33 especialistas en los más diversos temas de relevancia ambiental. Esperamos que las contribuciones de este variado grupo de autores permitirán que este documento se constituya en la base a partir de la cual se genere un sistema de información de apoyo a la toma de decisiones.

Los autores de cada capítulo han sido invitados en su condición de expertos en el tema. Sin dudas, su aporte es significativo para la gestión ambiental del país. Para ellos un sincero agradecimiento por la dedicación y esfuerzo.

Este trabajo ha sido largo y no ha estado exento de dificultades. Primero fue necesario lograr acuerdos sobre los contenidos e invitar a personas idóneas en los temas específicos; luego, siguieron meses de esfuerzo para recopilar la información y preparar los capítulos respectivos. Finalmente, la edición y diagramación ha significado un enorme aporte en revisar contenidos y formatos.

Este trabajo se inició en el año 1992 y ahora, con su publicación, culmina una primera etapa destinada a dotar al país de información que permita conocer de manera resumida los principales aspectos ambientales de Chile. En esta fase se ha preparado un perfil sobre la base de los aportes de autores individuales; en el futuro esperamos que estos esfuerzos alcancen un carácter institucional y se conviertan en documentos que permitan evaluar la evolución del tema ambiental en el país.

Agradecemos sinceramente a quienes hicieron posible esta publicación, y especialmente a la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y al World Resources Institute (WRI), por su permanente apoyo y su aporte en temas relevantes.

**José Goñi C.**  
Director Ejecutivo

**Indice**

6  
INDICE

Parte I. Base Natural

Capítulo 1. Características Climáticas y Geológicas de Chile

1.	Introducción . . . . .	19
2.	Características Bioclimáticas . . . . .	19
2.1.	Zona Desértica . . . . .	22
2.2.	Zona Tropical de Altura . . . . .	22
2.3.	Zona Mediterránea . . . . .	23
2.4.	Zona Oceánica . . . . .	23
2.5.	Zona Continental . . . . .	26
3.	Geología . . . . .	27
4.	Geomorfología . . . . .	29
4.1.	Planicies Litorales . . . . .	29
4.2.	Cordillera de la Costa . . . . .	31
4.3.	Depresión Intermedia . . . . .	32
4.4.	Cordillera de los Andes . . . . .	33
5.	Suelos . . . . .	34

Capítulo 2. Formaciones Vegetacionales de Chile

1.	Introducción . . . . .	41
2.	Fundamentos Conceptuales para la Clasificación de la Vegetación Chilena . . . . .	41
2.1.	Conceptos Básicos . . . . .	41
2.2.	Antecedentes Básicos de los Sistemas de Clasificación de la Vegetación . . . . .	42
3.	Clasificación de la Vegetación Natural de Chile en Regiones y Subregiones Vegetacionales . . . . .	43
4.	Región del Desierto . . . . .	44
4.1.	Subregión del Desierto Absoluto . . . . .	44
4.2.	Subregión del Desierto Andino . . . . .	46
4.3.	Subregión del Desierto Costero . . . . .	46
4.4.	Subregión del Desierto Florido . . . . .	47
5.	Región de la Estepa Alto-Andina . . . . .	47
5.1.	Subregión del Altiplano y de la Puna . . . . .	48
5.2.	Subregión de los Andes Mediterráneos . . . . .	48
6.	Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo . . . . .	49
6.1.	Subregión del Matorral Estepario . . . . .	49
6.2.	Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso . . . . .	50
6.3.	Subregión del Bosque Esclerófilo . . . . .	50
7.	Región del Bosque Caducifolio . . . . .	51
7.1.	Subregión del Bosque Caducifolio Montano . . . . .	51
7.2.	Subregión del Bosque Caducifolio del Llano . . . . .	52
7.3.	Subregión del Bosque Caducifolio Andino . . . . .	52

8.	Región del Bosque Laurifolio . . . . .	53
8.1.	Subregión del Bosque Laurifolio de Valdivia . . . . .	53
8.2.	Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández . . . . .	53
9.	Región del Bosque Andino-Patagónico . . . . .	54
9.1.	Subregión de las Cordilleras de la Araucanía . . . . .	54
9.2.	Subregión de las Cordilleras Patagónicas . . . . .	55
10.	Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas . . . . .	56
10.1.	Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas . . . . .	56
10.2.	Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo . . . . .	56
10.3.	Subregión de las Turberas y de la Estepa Pantanosa . . . . .	57
11.	Región de la Estepa Patagónica . . . . .	58
11.1.	Subregión del Matorral y de la Estepa Patagónica de Aisén . . . . .	58
11.2.	Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes . . . . .	59

### Capítulo 3. Fauna Terrestre de Chile

1.	Introducción . . . . .	63
2.	Invertebrados . . . . .	63
3.	Peces de Aguas Continentales . . . . .	65
4.	Herpetozoos . . . . .	65
5.	Aves . . . . .	68
6.	Mamíferos . . . . .	69
7.	Conclusiones . . . . .	70

### Capítulo 4. Flora y Fauna Marina de Chile

1.	Introducción: características oceánicas . . . . .	75
2.	Flora Marina . . . . .	77
3.	Fauna Marina . . . . .	79
3.1.	Invertebrados . . . . .	79
3.2.	Peces . . . . .	80
3.3.	Aves . . . . .	80
3.4.	Mamíferos . . . . .	80
4.	Flora y Fauna Oceánica Insular . . . . .	81

## Parte II. Población y Actividades Económicas

### Capítulo 5. Características de la Población Chilena

1.	Introducción: División Político-Administrativa . . . . .	87
2.	Distribución de la Población . . . . .	88
3.	Población Urbana y Rural . . . . .	90
4.	Características Demográficas . . . . .	93

### Capítulo 6. Descripción de las Actividades Económicas de Chile

1.	Antecedentes acerca del Desarrollo Económico Chileno . . . . .	99
2.	Consideraciones a Partir de la Década de los Ochenta . . . . .	100
2.1.	Crecimiento Económico . . . . .	100
2.2.	Condiciones Económicas y Tendencias . . . . .	102
3.	Situación y Características del Empleo . . . . .	104
4.	Proyectos de Inversión en el Período 1990-1995 . . . . .	106

5.	Breve Descripción de las Actividades Económicas Regionales . . . . .	108
5.1.	I Región de Tarapacá . . . . .	108
5.2.	II Región de Antofagasta . . . . .	109
5.3.	III Región de Atacama . . . . .	109
5.4.	IV Región de Coquimbo . . . . .	110
5.5.	V Región de Valparaíso . . . . .	111
5.6.	Región Metropolitana de Santiago . . . . .	111
5.7.	VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins . . . . .	112
5.8.	VII Región del Maule . . . . .	112
5.9.	VIII Región del Biobío . . . . .	112
5.10.	IX Región de la Araucanía . . . . .	113
5.11.	X Región de Los Lagos . . . . .	114
5.12.	XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo . . . . .	114
5.13.	XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena . . . . .	115

**Parte III. Cambio Global**

**Capítulo 7. Efectos del Cambio Global en Chile**

1.	Introducción . . . . .	121
2.	El Cambio Global de Origen Antrópico . . . . .	121
3.	La Población Humana y su Impacto Ambiental . . . . .	122
4.	El Efecto Invernadero . . . . .	124
5.	Consecuencias del Aumento del Efecto Invernadero . . . . .	124
6.	Cambio Global en Chile . . . . .	139

**Capítulo 8. Deterioro del Ozono en Chile**

1.	La Capa de Ozono y su Degradación . . . . .	143
2.	Los Elementos que Destruyen la Capa de Ozono . . . . .	144
3.	El Protocolo de Montreal . . . . .	146
4.	Situación del Consumo en Chile . . . . .	148
5.	Programa País para la Protección de la Capa de Ozono . . . . .	150
5.1.	Campaña de Movilización de Opinión Pública . . . . .	150
5.2.	Implementación del Sello Ozono . . . . .	150
5.3.	Subsidio a la Conversión Tecnológica o a la Readaptación de Procesos que Utilizan Sustancias Agotadoras del Ozono . . . . .	150
5.4.	Cursos de Entrenamiento en el Uso de Nuevas Tecnologías y Optimización de Procesos ya Existentes . . . . .	151

**Parte IV. Estado de los Componentes Ambientales**

**Capítulo 9. Contaminación Atmosférica en Chile: Antecedentes y Políticas para su Control**

1.	Introducción . . . . .	157
2.	Existencia del Problema . . . . .	158
3.	Normas de Calidad del Aire . . . . .	159
4.	Principales Fuentes de Emisión de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana de Santiago . . . . .	160

5.	Principales Fuentes de Emisión de Contaminantes Atmosféricos en el Resto del País . . . . .	161
5.1.	Fundiciones, Plantas de Tostación y Grandes Consumidores de Combustible . . . . .	161
5.2.	Plantas de Celulosa . . . . .	162
5.3.	Plantas de Harina de Pescado . . . . .	163
6.	Impacto Ambiental de la Contaminación Atmosférica . . . . .	163
7.	Políticas e Instrumentos Legales para el Control de la Contaminación Atmosférica . . . . .	165
7.1.	Disposiciones Especiales Aplicables a la Fundición de Chagres . . . . .	166
7.2.	Disposiciones Especiales Aplicables a la División Chuquicamata de CODELCO-Chile . . . . .	166
7.3.	Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana de Santiago . . . . .	167
7.4.	Control de Megafuentes Contaminantes . . . . .	168
7.5.	Regulación de Emisiones de Fuentes Estacionarias de la Región Metropolitana de Santiago . . . . .	168
7.6.	Proyecto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente con la Comisión Económica para América Latina . . . . .	169
 <b>Capítulo 10. Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile</b>		
1.	Introducción . . . . .	173
2.	Antecedentes Generales sobre la Contaminación Hídrica . . . . .	174
3.	Antecedentes sobre la Preocupación Internacional por la Contaminación Hídrica . . . . .	175
4.	La Contaminación Hídrica a Nivel Nacional . . . . .	176
5.	Procedimiento de Evaluación de Descargas Contaminantes . . . . .	178
6.	Descargas de Origen Doméstico . . . . .	179
7.	Descargas de Origen Industrial . . . . .	189
8.	Resultados de la Evaluación de Cargas Contaminantes . . . . .	190
9.	Prevención y Control de la Contaminación Hídrica . . . . .	193
10.	Medidas Implementadas para el Manejo del Recurso Hídrico . . . . .	194
11.	Perspectivas . . . . .	195
 <b>Capítulo 11. Estado de la Contaminación de los Suelos en Chile</b>		
1.	Introducción . . . . .	199
2.	Aspectos Conceptuales de la Contaminación Ambiental . . . . .	199
2.1.	Características Definitorias . . . . .	199
2.2.	Reciclaje Ambiental de Contaminantes: dispersión-acumulación . . . . .	200
2.3.	Daños Asociados a la Contaminación Ambiental . . . . .	201
3.	Contaminación con Elementos Traza . . . . .	202
3.1.	Génesis del Conflicto Minero-Agrícola en Chile . . . . .	202
3.2.	Elementos Descargados por las Actividades Mineras . . . . .	205
3.3.	Ciclos Ambientales de los Elementos Traza . . . . .	208
4.	Contaminación con Residuos de Plaguicidas . . . . .	209
4.1.	Generalidades . . . . .	209
4.2.	Tipos de Plaguicidas Modernos . . . . .	210
4.3.	Regulaciones al Uso de Plaguicidas . . . . .	211

5.	Residuos de Plaguicidas Organoclorados en el Horizonte A, . . . . .	211
5.1.	Ocurrencia, Identidad y Contenidos de Residuos Organoclorados en Suelos . . . . .	211
5.2.	Conclusiones . . . . .	216
6.	Contenido de Cobre y Otros Elementos en el Suelo . . . . .	217
6.1.	Contenido en Elementos Traza en el Horizonte A, . . . . .	217
6.2.	Aspectos Generales . . . . .	217
6.3.	III Región de Atacama . . . . .	226
6.4.	IV Región de Coquimbo . . . . .	226
6.5.	V Región de Valparaíso . . . . .	227
6.6.	Región Metropolitana de Santiago . . . . .	229
6.7.	VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins . . . . .	231
6.8.	VII Región del Maule . . . . .	232
6.9.	VIII Región del Biobío . . . . .	233
6.10.	IX Región de la Araucanía, X Región de Los Lagos y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo . . . . .	233
6.11.	Conclusiones . . . . .	233

**Capítulo 12. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales en Chile**

1.	Introducción . . . . .	237
2.	Generación de Residuos, Niveles de Desarrollo y Estilos de Vida . . . . .	239
3.	La Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Chile . . . . .	241
3.1.	Generación y Acumulación de los Residuos Sólidos Urbanos . . . . .	241
3.2.	Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos . . . . .	242
3.3.	Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos . . . . .	242
3.4.	El Costo del Manejo de los Residuos . . . . .	245
3.5.	Conclusiones Preliminares . . . . .	246
4.	La Generación y Manejo de Desechos Industriales . . . . .	246
4.1.	Criterios para Diferenciar y Clasificar Desechos Industriales . . . . .	246
4.2.	El Costo del Manejo de Residuos Industriales . . . . .	247
4.3.	Volumen de Residuos Industriales . . . . .	248
4.4.	Cuantificación de Residuos Industriales en Chile . . . . .	248
5.	Una Política para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Residuos . . . . .	250
5.1.	El Papel de los Agentes y los Mecanismos de Concertación . . . . .	251
5.2.	Aspectos Económicos . . . . .	252
5.3.	Aspectos Jurídicos e Institucionales . . . . .	255
5.4.	Aspectos Tecnológicos: hacia una solución industrial del problema de los residuos . . . . .	257

**Capítulo 13. Salud Humana y Medio Ambiente en Chile**

1.	Introducción . . . . .	263
2.	Contaminación Atmosférica . . . . .	264
2.1.	Monóxido de Carbono . . . . .	265
2.2.	Partículas en Suspensión . . . . .	265
2.3.	Dióxido de Azufre . . . . .	266
2.4.	Dióxido de Nitrógeno . . . . .	266
2.5.	Oxidantes Fotoquímicos . . . . .	266
2.6.	Estudios Epidemiológicos . . . . .	266

2.7.	Grupos de Riesgo	267
3.	Residuos Sólidos y Salud Humana	269
3.1.	Consideraciones Epidemiológicas con Respecto a los Residuos	269
3.2.	Vectores Sanitarios	269
3.3.	Situación al Año 1990	270
3.4.	Aspectos Ambientales y de Salud Relacionados con las Diferentes Etapas del Manejo de los Residuos Sólidos	271
4.	Contaminación de los Alimentos	272
4.1.	Control de los Alimentos	272
4.2.	Contaminación Química	272
4.3.	Contaminación Microbiológica	275
4.4.	Inspección de Carnes	275
5.	Problemas Emergentes: el Caso del Cólera	276
5.1.	Sustitución de Cultivos de Riesgo en Zonas Regadas con Aguas Servidas	276
5.2.	Principales Medidas de Control	276
6.	Enfermedades de Transmisión Entérica	277
6.1.	Efectos sobre la Salud de la Contaminación del Agua	277
6.2.	Hepatitis A	278
6.3.	Fiebre Tifoidea	278
6.4.	Situación de las Enfermedades de Transmisión Entérica	278
7.	Consideraciones Generales sobre el Agotamiento de la Capa de Ozono y Radiación Ultravioleta	281
7.1.	Efectos sobre la Salud Humana	281
7.2.	Cáncer de Piel	281
7.3.	Relación entre Radiación UV-B y Cáncer de Piel	281
<b>Capítulo 14. Asentamientos Humanos, Medio Ambiente y Calidad de Vida</b>		
1.	Introducción	285
2.	Asentamientos Humanos y Medio Ambiente	286
2.1.	Medio Ambiente Natural y Medio Ambiente Construido: la condición del lugar edificado	286
2.2.	Asentamientos Metropolitanos, Urbanos y Rurales	287
2.3.	Los Atributos Propios del Medio Ambiente y la Calidad de Vida en los Asentamientos Humanos	288
3.	Asentamientos Humanos en el Territorio Nacional	291
3.1.	Proceso de Ocupación Territorial	291
3.2.	Configuración Actual de los Centros Urbanos en el Territorio	292
3.3.	Conclusiones Preliminares	295
4.	Estado de Situación del Medio Ambiente en los Asentamientos Humanos	296
5.	Líneas de Política para el Mejoramiento Ambiental de los Asentamientos Humanos	305
<b>Capítulo 15. Conservación y Degradación de Suelos en Chile</b>		
1.	Introducción	311
2.	Factores que Condicionan la Degradación	311
2.1.	Relación con las Condiciones Climáticas	311
2.2.	Relación con el Relieve	312

- 2.3. Relación con Características del Suelo . . . . . 312
- 2.4. Relación con el Tipo de Material de Origen . . . . . 312
- 2.5. Relación con los Usos del Suelo . . . . . 312
- 3. Antecedentes Históricos Ligados a la Degradación de los Suelos . . . . . 313
- 4. Situación Actual de la Degradación de los Suelos . . . . . 314
  - 4.1. Erosión Hídrica . . . . . 317
  - 4.2. Erosión Eólica . . . . . 322
  - 4.3. Problemas de Drenaje . . . . . 323
  - 4.4. Salinización y Alcalinización . . . . . 324
  - 4.5. Pérdida de Suelo Agrícola por Expansión Urbana . . . . . 325
  - 4.6. Procesos Ligados a Deslizamiento de Tierras . . . . . 325
  - 4.7. Desertificación . . . . . 328
- 5. Métodos de Conservación de los Suelos Usados en el País . . . . . 331
  - 5.1. Métodos Naturales . . . . . 331
  - 5.2. Métodos Artificiales . . . . . 332

**Capítulo 16. Estado de Conservación de la Vegetación y Flora en Chile**

- 1. Introducción . . . . . 335
- 2. Las Regiones y Subregiones Vegetacionales del País . . . . . 337
  - 2.1. Región del Desierto . . . . . 337
  - 2.2. Región de la Estepa Alto-Andina . . . . . 338
  - 2.3. Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo . . . . . 339
  - 2.4. Región del Bosque Caducifolio . . . . . 339
  - 2.5. Región del Bosque Laurifolio . . . . . 340
  - 2.6. Región del Bosque Andino-Patagónico . . . . . 341
  - 2.7. Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas . . . . . 341
  - 2.8. Región del Matorral y de la Estepa Patagónica . . . . . 342
- 3. Antecedentes sobre los Estudios de Flora en Chile . . . . . 342
- 4. Estado de Conservación de la Flora Chilena . . . . . 345

**Capítulo 17. Estado de Conservación de la Fauna Terrestre en Chile**

- 1. Introducción . . . . . 367
- 2. Situación General de la Conservación de la Fauna . . . . . 367
- 3. Estado de Conservación y Legislación de la Fauna Terrestre . . . . . 369
  - 3.1. Invertebrados . . . . . 369
  - 3.2. Peces de Aguas Continentales . . . . . 370
  - 3.3. Herpetozoos . . . . . 370
  - 3.4. Aves . . . . . 371
  - 3.5. Mamíferos . . . . . 372
- 4. Discusión y Conclusiones . . . . . 373

**Capítulo 18. Estado de las Areas Silvestres Protegidas de Chile**

- 1. Introducción . . . . . 379
- 2. Las Primeras Iniciativas para Preservar la Naturaleza . . . . . 379
- 3. El Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado . . . . . 380
  - 3.1. Representación de las Unidades del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado . . . . . 381
  - 3.2. Preservación Ecológica . . . . . 383

3.3.	Visitantes a las Areas Silvestres Protegidas . . . . .	384
3.4.	Interpretación Ambiental . . . . .	385
4.	Necesidades de Mejoramiento del SNASPE en Aspectos Esenciales . . . . .	385
4.1.	Legislación . . . . .	385
4.2.	Planificación . . . . .	386
4.3.	Incorporación de Nuevas Areas . . . . .	386
4.4.	Protección y Vigilancia . . . . .	388
4.5.	Ofrecimiento de Servicios . . . . .	389
4.6.	Personal de las Areas Silvestres Protegidas . . . . .	389
4.7.	Investigación Básica . . . . .	390

## Parte V. Estado de los Recursos Naturales y Efectos Derivados de sus Usos

### Capítulo 19. Efectos Ambientales Derivados de la Actividad Minera en Chile

1.	Introducción . . . . .	395
2.	Minería y Medio Ambiente en Chile . . . . .	396
2.1.	Principales Establecimientos y Proyectos Mineros . . . . .	396
2.2.	Principales Problemas Ambientales . . . . .	400
2.3.	Monitoreo del Impacto Ambiental de la Minería . . . . .	404
3.	Contaminación Atmosférica . . . . .	405
3.1.	Calidad del Aire . . . . .	405
3.2.	Situación Actual y Proyecciones de la Contaminación Atmosférica en Zonas Cercanas a Fundiciones . . . . .	407
4.	Contaminación Hídrica . . . . .	408
4.1.	Calidad de Agua en Hoyas Hidrográficas . . . . .	408
4.2.	Disposición Actual de Efluentes . . . . .	409
5.	Situación Ambiental de los Suelos . . . . .	410
6.	Situación Ambiental de los Tranques de Relaves . . . . .	410
7.	Gestión Ambiental en la Minería Pequeña y Artesanal . . . . .	411
8.	Política y Legislación Ambiental en la Minería . . . . .	412
8.1.	Política Ambiental . . . . .	412
8.2.	Legislación Ambiental en la Minería . . . . .	413
9.	Percepción Pública de la Gestión Ambiental del Ministerio de Minería . . . . .	415

### Capítulo 20. Efectos Ambientales Derivados del Uso de Recursos Hídricos en Chile

1.	Introducción . . . . .	419
2.	Caracterización de los Recursos Hídricos Existentes . . . . .	419
2.1.	Hidrografía y Marco Físico . . . . .	419
2.2.	Precipitaciones . . . . .	420
2.3.	Recursos Hídricos Medios: balance hídrico nacional . . . . .	422
2.4.	Régimen Hidrológico y Variación Estacional . . . . .	425
2.5.	Seqüas y Variabilidad Hidrológica . . . . .	428
2.6.	Aguas Subterráneas . . . . .	431
3.	Uso de los Recursos Hídricos en Chile . . . . .	433
3.1.	Consideraciones Generales . . . . .	433
3.2.	Caracterización y Evaluación de las Demandas . . . . .	434
4.	La Competencia por el Aprovechamiento de Recursos Hídricos . . . . .	440

4.1.	Intensidad del Uso de Recursos Hídricos en el País . . . . .	440
4.2.	Gestión de los Recursos Hídricos y Situación Legal . . . . .	442
5.	Otros Aspectos Relevantes . . . . .	443

**Capítulo 21. Recursos Forestales y Efectos Ambientales Derivados de su Uso**

1.	Introducción . . . . .	447
2.	La Producción del Sector Forestal . . . . .	448
2.1.	Industria del Aserrío . . . . .	449
2.2.	Industria de la Pulpa . . . . .	449
2.3.	Industria de Tableros y Chapas . . . . .	450
2.4.	Industria de Cajones y Embalajes . . . . .	450
2.5.	Industria del Astillado . . . . .	450
2.6.	Producción de Leña y Combustibles . . . . .	451
2.7.	Exportaciones . . . . .	451
3.	Cartografía y Tipos Forestales . . . . .	451
4.	Tipos Forestales . . . . .	452
4.1.	Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera . . . . .	452
4.2.	Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue . . . . .	454
4.3.	Tipo Forestal Ciprés de las Guaytecas . . . . .	454
4.4.	Tipo Forestal Roble-Hualo . . . . .	455
4.5.	Tipo Forestal Alerce . . . . .	455
4.6.	Tipo Forestal Lengua . . . . .	455
4.7.	Tipo Forestal Siempreverde . . . . .	456
4.8.	Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa . . . . .	457
4.9.	Tipo Forestal Esclerófilo . . . . .	457
4.10.	Tipo Forestal Coihue de Magallanes . . . . .	458
4.11.	Tipo Forestal Araucaria . . . . .	458
5.	Plantaciones Forestales . . . . .	459
6.	La Potencialidad de los Bosques Nativos . . . . .	460
7.	Los Procesos de Degradación . . . . .	460
7.1.	Los Incendios con el Fin de Habilitar Suelos o Eliminar Desechos Agrícolas . . . . .	461
7.2.	La Substitución de Bosques Nativos por Plantaciones de Especies Exóticas . . . . .	463
7.3.	El Floreo o Cortas de Selección Negativa como Factor de Degradación del Bosque . . . . .	463
7.4.	La Introducción de Ganado al Bosque . . . . .	465
7.5.	La Extracción de Leña: sobreexplotación . . . . .	465
7.6.	El Problema de las Astillas (sobreexplotación) . . . . .	467
7.7.	Los Problemas de Erosión: la quema de residuos de explotación . . . . .	468
7.8.	Alteraciones del Suelo y Cursos de Agua Derivadas de la Construcción de Caminos Forestales . . . . .	470
7.9.	Alteraciones del Suelo por Sistemas de Explotación de los Bosques: compactación y erosión del suelo forestal . . . . .	471
7.10.	Alteraciones Ambientales por Características de los Bosques Artificiales . . . . .	472

**Capítulo 22. Efectos Ambientales Derivados del Uso de los Recursos Hidrobiológicos**

1.	Introducción . . . . .	477
2.	Recursos Dulceacuícolas . . . . .	479
3.	Recursos Marinos . . . . .	480
3.1.	Algas . . . . .	480
3.2.	Invertebrados . . . . .	481
3.3.	Peces . . . . .	481
3.4.	Mamíferos . . . . .	482
3.5.	Recursos en Islas Oceánicas . . . . .	483
4.	Degradación del Ambiente Acuático por Acción Humana . . . . .	484

**Capítulo 23. Estado de los Recursos Energéticos en Chile**

1.	Introducción . . . . .	489
2.	Energía en Chile: panorama general . . . . .	489
2.1.	Energía y Desarrollo Económico . . . . .	489
2.2.	Evolución de las Fuentes y Usos de la Energía en Chile . . . . .	490
3.	Petróleo . . . . .	491
3.1.	Descripción General . . . . .	491
3.2.	Exploración y Explotación . . . . .	492
3.3.	Refinación . . . . .	492
3.4.	Evolución de la Exploración y Producción . . . . .	493
3.5.	Exploración-Producción . . . . .	493
3.6.	Refinación-Distribución . . . . .	493
3.7.	Demanda y Abastecimiento . . . . .	494
4.	Electricidad . . . . .	494
4.1.	Descripción General . . . . .	494
4.2.	Características de la Generación-Transmisión . . . . .	495
4.3.	Principales Sistemas Eléctricos . . . . .	495
4.4.	Potencial Hidroeléctrico . . . . .	496
5.	Carbón . . . . .	496
5.1.	Descripción General . . . . .	496
5.2.	Las Zonas Productoras . . . . .	497
5.3.	Los Centros de Consumo . . . . .	500
6.	Gas . . . . .	501
6.1.	Descripción General . . . . .	501
6.2.	Gas Natural . . . . .	502
6.3.	Gas Manufacturado . . . . .	502
6.4.	Producción . . . . .	502
6.5.	Perspectivas del Gas Natural . . . . .	503
6.6.	Perspectivas del Gas Manufacturado . . . . .	503
7.	Leña . . . . .	503
7.1.	Descripción General . . . . .	503
7.2.	Potencial Energético del Recurso Forestal . . . . .	504
7.3.	Factores Negativos en el Uso de la Leña . . . . .	504
7.4.	Uso de la Leña . . . . .	504
8.	Energías No Convencionales . . . . .	505
8.1.	Geotermia . . . . .	505

- 8.2. Energía Solar . . . . . 506
- 8.3. Biomasa . . . . . 506
- 8.4. Energía Eólica . . . . . 507

**Parte VI. Aspectos Claves en la Gestión Ambiental del Estado**

**Capítulo 24. Derecho y Medio Ambiente en Chile**

- 1. Introducción . . . . . 513
- 2. Aproximación a un Concepto de Derecho Ambiental . . . . . 513
- 3. La Legislación Ambiental . . . . . 517
- 4. Algunos Factores que han Incidido en la Falta de Operatividad de la Legislación de Relevancia Ambiental Chilena . . . . . 519
- 5. La Estrategia para Superar los Problemas Detectados en la Legislación de Relevancia Ambiental en Chile: su inserción en la gestión ambiental . . . . . 524
- 6. La Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en el Contexto de la Gestión Ambiental: sus principales fundamentos y resumen de contenido . . . . . 526

**Capítulo 25. Información Ambiental en el Sector Público Chileno**

- 1. Introducción . . . . . 535
- 2. Definición de Problemas Ambientales . . . . . 537
- 3. Análisis de la Información Ambiental por Instituciones Públicas . . . . . 538
  - 3.1. Naturaleza de la Información por Instituciones . . . . . 539
  - 3.2. Materias Ambientales sobre las Cuales Poseen Información . . . . . 541
- 4. La Necesidad de Información Ambiental Planteada por la Evaluación de Impacto Ambiental: el caso de la Unidad Técnica de Medio Ambiente del Ministerio de Obras Públicas . . . . . 544

**Capítulo 26. Educación y Sensibilización Ambiental en Chile**

- 1. Introducción . . . . . 551
- 2. Reseña de la Educación Ambiental a Nivel Internacional . . . . . 552
  - 2.1. Nuestro Futuro Común . . . . . 554
  - 2.2. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo . . . . . 555
- 3. Estado de la Educación Ambiental en Chile . . . . . 555
  - 3.1. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente . . . . . 556
  - 3.2. Educación Ambiental a Nivel Gubernamental . . . . . 556
  - 3.3. Instituciones de Educación Superior . . . . . 565
  - 3.4. Organismos No Gubernamentales . . . . . 565
- 4. Reseña de Actividades en Educación Ambiental . . . . . 566
- 5. Desafíos de la Educación Ambiental en Chile . . . . . 567
- 6. Prioridades de la Educación Ambiental para los Próximos Años . . . . . 568

P A R T E I  
BASE NATURAL

**Capítulo 1**

***Características Climáticas y Geológicas de Chile***

***Andrés Benítez V.***

***Comisión Nacional del Medio Ambiente***

## CAPITULO 1. CARACTERISTICAS CLIMATICAS Y GEOLOGICAS DE CHILE

Autor: Andrés Benítez V., Comisión Nacional del Medio Ambiente

### 1. Introducción

Ubicado en América del Sur, Chile tiene soberanía en el continente americano, territorio antártico y en el Océano Pacífico (ver Figura 1.1). El país se ubica en el margen suroeste del continente, con una orientación predominante en el sentido norte-sur, encontrándose su extremo septentrional a los 17°30'S y su extremo meridional a los 56°30'S, correspondiente a las islas Diego Ramírez. En el sentido oeste-este, el país tiene un eje central en el meridiano de los 70°W en la zona norte, desplazándose paulatinamente hacia el oeste, hasta el meridiano de los 74°W en la parte sur. Chile presenta una longitud de 4.200 km y un ancho medio de 177 km; su ancho máximo se encuentra en la latitud de Mejillones (II Región de Antofagasta) con 360 km, y su parte más angosta, de 90 km, está en la latitud de Illapel (IV Región de Coquimbo).

La soberanía chilena en el territorio antártico se extiende aproximadamente desde la latitud 60°S hasta el Polo Sur, y en sentido longitudinal abarca desde el 53° a el 90°W. Su extensión, desde la isla más septentrional hasta el Polo Sur, alcanza los 3.300 km.

La presencia del país en el Océano Pacífico está dada por su soberanía en las islas oceánicas de San Félix y San Ambrosio, ubicadas aproximadamente en las coordenadas 26°30'S y 80°W; el Archipiélago de Juan Fernández, compuesto por las Islas Robinson Crusoe (33°30'S y 79°W), Alejandro Selkirk (33°30'S y 80°46'W), y el islote Santa Clara. La presencia chilena más occidental en el Océano Pacífico está dada por la Isla de Pascua, ubicada a los 27°S y 109°30'W, y cercana a ella, la Isla Sala y Gómez ubicada aproximadamente en los 26°30'S y 105°30'W.

La superficie del país en su conjunto alcanza a 2.006.626 km<sup>2</sup>, de los cuales 756.266 km<sup>2</sup> corresponden a Chile americano, 360 km<sup>2</sup> a las islas oceánicas y 1.250.000 km<sup>2</sup> a Chile antártico.

### 2. Características Bioclimáticas

De acuerdo a la clasificación bioclimática de Di Castri y Hajek<sup>1</sup>, complementada por los trabajos de Hajek *et al.*<sup>2</sup> y Benítez<sup>3</sup>, se han reconocido en el país las siguientes cinco

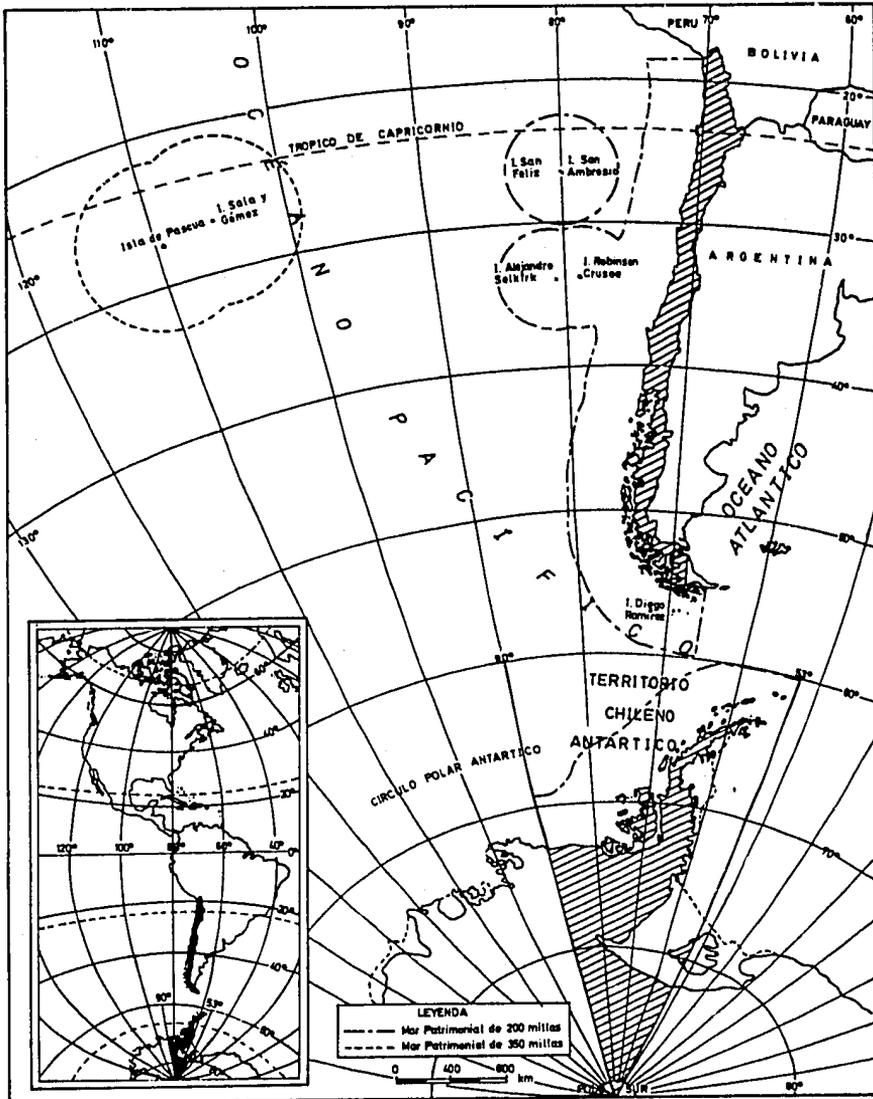
---

<sup>1</sup> Di Castri, F. y E. Hajek. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 128 pp.

<sup>2</sup> Hajek, E., E. Fuentes y G. Espinoza. 1985. *Base para una Geografía Climática de Chile Central*. En: Paralelo 37 Revista de Estudios Geográficos 8/9:325:336. Granada. España.

zonas bioclimáticas: Desértica, Tropical de Altura, Mediterránea, Oceánica y Continental (ver Figura 1.2).

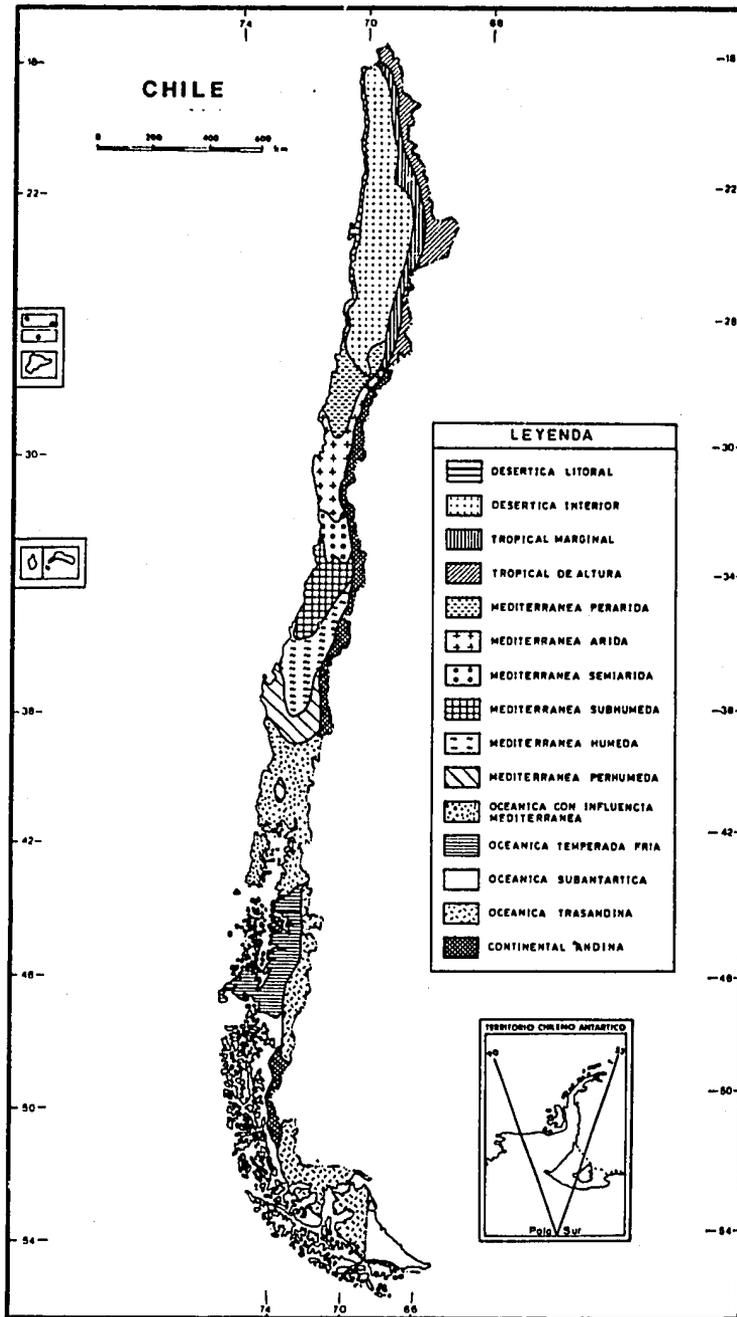
Figura 1.1  
Localización de Chile Americano, Antártico y Oceánico



Fuente: Instituto Geográfico Militar. 1988. *Atlas Geográfico de Chile para la Educación*. 2º Edición Actualizada. 138 pp.

<sup>3</sup> Benítez, A. 1991. *Variabilidad Climática y Zonificación Topoclimática de las Cuencas de los Ríos Aconcagua y Maipo*. Memoria para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 133 pp.

Figura 1.2  
Regiones Bioclimáticas de Chile



Fuente: Di Castri, F. y E. Hajek. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile. 128 pp.

## 2.1. Zona Desértica

Esta zona se extiende desde el límite norte del país hasta aproximadamente el paralelo 27°S, penetrando hacia regiones aún más meridionales, confundándose con el tipo continental de altura, en ambos casos con un máximo de actividad biológica en verano<sup>4</sup>.

La zona Desértica está subdividida en dos regiones longitudinales. La primera corresponde a una franja muy angosta a lo largo de la costa, con una influencia oceánica evidente y en algunos casos mediterránea, ya que las escasas lluvias se concentran en los períodos invernales. Climáticamente, esta región se caracteriza por un período de aridez anual, ausencia de una estación fría y una actividad biológica más fuerte en invierno, por lo menos en su parte meridional (ver Tabla 1.1).

**Tabla 1.1**  
**Características Bioclimáticas de la Zona Desértica**

Regiones	Número de Meses Áridos	Temperatura Media (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitaciones (mm)
		Media	Máxima	Mínima		
Litoral	12	17,5	21,0	13,5	75	0 - 15
Interior	12	15,5	28,0	5,0	50	0 - 10
Tropical de Altura	7 a 10	4,5	11,5	-2,5	60	100 - 200

Fuente: Di Castri, F. 1975. *Esbozo Ecológico de Chile*. Ministerio de Educación, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigación Pedagógicas, Sección Biología, Santiago.

Bentez, A. 1991. *Variabilidad Climática y Zonificación Topoclimática de las Cuencas de los Ríos Aconcagua y Maipo*. Memoria para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 133 pp.

La segunda región corresponde a un tipo desierto de interior con características de aridez aún más marcadas que en el caso anterior. La parte occidental de esta región recibe todavía algunas influencias oceánicas por la penetración de la neblina, conocida como Camanchaca, que se genera en el sector costero. La parte oriental es un desierto marginal de altura, considerado como una degradación del clima tropical debido a que las lluvias tienden a ocurrir en verano. Esta región presenta 12 meses áridos y 2 ó 3 meses templados-fríos en invierno (ver Tabla 1.1).

## 2.2. Zona Tropical de Altura

Comprende todo el altiplano chileno y se caracteriza por un claro predominio climático tropical de altura, con precipitaciones regulares en el período cálido que van aumentando en intensidad hacia el noreste, volviéndose progresivamente menores e irregulares hacia el sur. La aridez absoluta en esta región dura entre 7 a 10 meses, con 9 ó 10 meses con temperaturas medias inferiores a 10°C y al menos 4 meses muy fríos. La actividad vegetativa ocurre en los meses cálidos, principalmente enero y febrero, y menos desde diciembre a marzo (ver Tabla 1.1).

<sup>4</sup> Id. a nota 1.

### 2.3. Zona Mediterránea

Se extiende desde los 27°S hasta aproximadamente los 39°S, con algunas proyecciones hacia sectores más septentrionales en la costa, como Antofagasta (II Región de Antofagasta), y otras hacia el sur del país en el interior, como Río Bueno y Osorno (X Región de Los Lagos) (ver Figura 1.2). Esta zona muestra cierta diferenciación en sentido longitudinal, presentando un tipo mediterráneo marino y uno interior que es más evidente en sectores donde la Cordillera de la Costa presenta mayor desarrollo, dificultando la penetración de las masas de aire marino, lo cual da lugar a una región más húmeda en la costa y seca en el interior del continente.

Además de la diferenciación longitudinal, esta zona muestra diferencias latitudinales, con regiones que en el norte presentan 12 meses de sequía hasta otras en el sur con sólo un mes de sequía. Este gradiente latitudinal y longitudinal se ve alterado en forma local por factores como la humedad elevada y neblinas persistentes en el sector costero en el norte, el aumento de las precipitaciones en el sector preandino, o la penetración de masas de aire de origen marino por los valles hacia el interior.

En el sector costero de la región norte de esta zona podemos encontrar de 9 a 10 meses áridos. En la parte preandina éstos alcanzan un máximo de 9 meses y el sector interior presenta 11 meses secos. Desde el punto de vista térmico, esta región presenta sólo 3 a 4 meses templado-fríos. La mayor actividad biológica se da principalmente en los períodos invernales (ver Tabla 1.2). En sentido latitudinal la región norte sigue manteniendo como rasgo predominante la aridez, aun cuando sus períodos secos van disminuyendo a medida que se avanza hacia el sur. Estos períodos fluctúan desde 8 a 9 meses áridos, con un período invernal de 3 a 4 meses subhúmedos. Existe ausencia de períodos fríos, predominando los meses cálidos. La actividad biológica se concentra principalmente en el invierno, excepto en partes altas de la Cordillera de la Costa que mantienen una considerable neblina durante todo el año (ver Tabla 1.2).

La región sur de la zona Mediterránea se caracteriza por un período húmedo más prolongado que el árido. En invierno las temperaturas medias son inferiores a los 10°C, presentando entre 3 a 5 meses con temperaturas por debajo de la media (ver Tabla 1.2). Los meses de mayor actividad vegetativa corresponden a marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre.

### 2.4. Zona Oceánica

Esta zona se extiende desde el límite sur de la zona Mediterránea (39°S) hasta el extremo meridional del país (56°S). Muestra dos regiones bien marcadas; una occidental con precipitaciones abundantes durante todo el año y otra oriental o trasandina que presenta características climáticas semidesérticas.

La región occidental húmeda se puede subdividir en tres subregiones, de acuerdo al descenso progresivo de la temperatura hacia el sur. La primera se extiende aproximadamente desde el límite norte de la zona oceánica hasta 44°S, con temperaturas templadas (ver Tabla 1.3). Esta región presenta algunos rasgos de mediterraneidad, ya que las precipitaciones disminuyen en el verano con 3 a 4 meses subhúmedos y condiciones de aridez en los años

de sequía. La actividad biológica es continua durante todo el año, presentando un aumento en los meses de primavera y verano.

**Tabla 1.2**  
**Características Bioclimáticas de la Zona Mediterránea**

Regiones	Número de Meses Áridos	Temperatura Media (°C)			Humedad Relativa (%)			Precipitaciones (mm)		
		Costera	Interior	Preandina	Costera	Interior	Preandina	Costera	Interior	Preandina
Perarida	9 - 10	16,5	16,0	11,0	75	65	30	20	20	54
Árida	8 - 9	14,7	15,5	11,3	82	65	40	115	250	354
Semiárida	7	14,0	15,0	11,1	80	67	48	400	330	620
Subhúmeda	5 - 6	13,0	14,5	10,8	60	73	57	650	700	900
Húmeda	3 - 5	12,7	13,1	9,8	87	75	62	918	1.150	1.700
Prehúmeda	1 - 2	12,5	11,5	8,5	85	80	75	1.100	1.400	2.000

Fuente: Di Castri, F. 1975. *Esbozo Ecológico de Chile*. Ministerio de Educación, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigación Pedagógicas, Sección Biología, Santiago.

Benítez, A. 1991. *Variabilidad Climática y Zonificación Topoclimática de las Cuencas de los Ríos Aconcagua y Maipo*. Memoria para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. 133 pp.

Regiones	Número de Meses Áridos	Temperaturas Medias (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitaciones (mm)
		Media	Máxima	Mínima		
Templada	0	10,5	14,2	6,9	84	2.000 - 2.500
Templada Fría	0	8,8	12,0	5,7	87	2.500 - 3.000
Fría	0	7,0	9,8	4,9	90	3.000 - 3.500
Trasandina	8	7,2	11,2	2,7	71	250

Fuente: Di Castri, F. 1975. *Esbozo Ecológico de Chile*. Ministerio de Educación, Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigación Pedagógicas, Sección Biología, Santiago.

La segunda subregión corresponde a un sector templado frío y se extiende hasta 52°S. Presenta altas precipitaciones durante todo el año con una disminución en el período de verano. Las temperaturas medias durante 7 a 9 meses están por debajo de los 10°C, pero sólo en 3 meses son inferiores a 5°C. El período de mayor actividad biológica corresponde a los meses desde noviembre-diciembre hasta marzo (ver Tabla 1.3).

La tercera subregión se extiende desde el límite sur de la anterior (52°S) hasta la parte más meridional del continente. Se caracteriza por un aumento de la influencia polar, con temperaturas promedio inferiores a los 10°C durante 8 a 12 meses, de los cuales 3 a 4 meses están por debajo de los 5°C. Las lluvias se reparten regularmente durante todo el año, con un leve aumento en verano-otoño y un máximo en marzo. La actividad biológica alcanza su máximo en verano, es menor en primavera y otoño, y mínima en invierno.

La región oceánica trasandina presenta una disminución progresiva de las precipitaciones, debido a que la Cordillera de los Andes actúa como una barrera a la penetración de masas de aire oceánico. Esta región presenta rasgos de aridez, mostrando períodos de sequía variables, que van de 3 meses semiáridos a 8 meses totalmente áridos, concentrándose principalmente en primavera y verano. Los períodos fríos son igualmente variables, y van de 7 a 9 meses con promedios de temperaturas inferiores a los 10°C, con 3 a 5 meses por debajo de los 5°C. La actividad biológica se presenta en los meses desde diciembre-enero hasta marzo (ver Tabla 1.3).

## 2.5. Zona Continental

Esta zona comprende toda la Cordillera de los Andes, particularmente la vertiente occidental, desde el límite de las nieves (entre los 2.000 y 3.500 m de altitud) hasta las cumbres más elevadas. Es una zona difícil de caracterizar por la falta de estaciones meteorológicas en el eje central de la cordillera. Sin embargo, se puede sostener que la actividad biológica debe concentrarse en los meses de primavera-verano, y ser de menor duración a latitudes y altitudes mayores.

Presenta una gran amplitud térmica y las mínimas están generalmente bajo los 0°C. Promedios generados por Rubio<sup>5</sup> a diferentes altitudes en la región central andina muestran que las temperaturas promedios entre los 2.000 a 4.000 m de altitud varían de 10,3° a -2°C.

La Tabla 1.4 presenta algunos datos promedio de localidades chilenas y sus respectiva clasificación bioclimática.

---

<sup>5</sup> Rubio, P. 1981. *Características Macroclimáticas y Zonificación Topoclimática de la Cuenca Intermontana del Río San Francisco*. Tesis para optar al título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

**Tabla 1.4**  
**Características y Clasificación Bioclimática de Algunas Localidades de Chile**

Localidad	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Clasificación Bioclimática
	Máxima	Media	Mínima			
Arica	22,2	18,7	15,1	76	0,6	Desértica Litoral
Iquique	21,2	17,9	14,1	80	2,1	Desértica Litoral
Collahuasi	7,1	-0,8	-5,6	-	80,1	Tropical de Altura
Calama	25,5	13,3	3,3	-	2,0	Desértica Interior
Antofagasta	20,1	17,0	13,3	72	4,9	Desértica Litoral
Chañaral	19,3	16,4	12,2	70	1,7	Desértica Litoral
Potrerillos	16,6	11,3	7,2	27	52,2	Desértica Interior
Copiapó	25,5	16,3	8,5	68	21,1	Mediterránea
Vallenar	23,2	16,0	8,0	63	21,3	Perárida
La Serena	18,9	14,8	11,2	80	104,1	Mediterránea
Valparaíso	19,0	14,8	10,6	76	448,7	Mediterránea Arida
Santiago	22,1	13,9	7,7	72	330,2	Subhúmeda
Rancagua	20,3	14,7	6,2	72	562,8	Mediterránea
Curicó	21,9	14,3	7,6	76	718,9	Subhúmeda
Chillán	20,6	14,0	7,6	69	1.022,5	Mediterránea
Concepción	18,8	12,4	7,2	87	1.328,8	Húmeda
Temuco	18,4	12,0	7,0	80	1.308,4	Mediterránea
Valdivia	16,9	11,9	7,5	83	2.264,7	Perhúmeda
Osorno	16,8	12,5	4,5	80	1.328,7	Oceánica Templada
P. Montt	15,1	11,2	7,7	85	1.844,7	Mediterránea
Coihaique	12,6	9,0	4,2	71	1.690,0	Perhúmeda
Balmaceda	11,6	7,3	1,1	68	723,2	Oceánica Templada
Chile Chico	15,4	11,5	5,1	58	191,1	Oceánica Templada
Evangelista	8,3	6,4	4,1	83	2.569,7	Fría
P. Arenas	10,0	6,7	3,3	74	462,6	Oceánica Trasadina

Fuente: Dirección Meteorología de Chile, 1959-1990.

### 3. Geología

La estructura geológica chilena es relativamente nueva y muy compleja, considerando los diferentes procesos que han intervenido en su formación. Las rocas más antiguas de Chile corresponden a formaciones prepaleozoicas y paleozoicas (600-300 millones de años) encontradas en la Cordillera de la Costa entre Taltal (II Región de Antofagasta) y Chañaral (III Región de Atacama), una pequeña franja en Tongoy (IV Región de Coquimbo) y entre Navidad (VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins) y Concepción (VIII Región del Biobío). Estas formaciones están compuestas por pizarras arcillosas, filitas, micacitas y

gneisses, en el caso de la prepaleozoicas, y calizas, pizarras y cuarcitas en el de las paleozoicas<sup>6</sup>.

El territorio chileno a fines de la Era Primaria (230 millones de años) estaba ocupado en gran parte por el mar, y las cumbres más elevadas sobresalían dando una visión de islas. En consecuencia, el territorio era una gran depresión submarina, denominada geosinclinal andino, donde se fueron acumulando los sedimentos que más tarde constituirían la Cordillera de los Andes. En el extremo austral existía otra depresión, denominada geosinclinal de Magallanes<sup>7</sup>. En los bordes de estas depresiones se producían erupciones volcánicas frecuentes, que arrojaban materiales que una vez consolidados eran destruidos y acarreados hasta el mar por los cursos de agua. Al término de la Era Mesozoica (65 millones de años) se inicia la orogénesis andina con el plegamiento de los sedimentos acumulados en el geosinclinal más los materiales volcánicos, dando origen a la cordillera andina.

En la Era Cenozoica (desde los 65 millones de años) se formó una gran planicie producto del desgaste de los materiales plegados, la que posteriormente fue solevantada a más de 3.000 m en el norte y centro del país; a 2.000 m en las cercanías de Chiloé (X Región de Los Lagos), y a 500 m cerca de Punta Arenas (XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena)<sup>8</sup>. Al mismo tiempo del plegamiento, se produjeron intrusiones de roca plutónica a gran escala, que conformarían el batolito andino. Estas rocas intrusivas se encuentran a lo largo de todo el país, en forma de cerros, cumbres aisladas, y cordones montañosos cordilleranos.

En el período Terciario (65-2 millones de años), Era Cenozoica, en el sector costero del territorio chileno, se produjeron movimientos de ascenso y descenso de bloques originando transgresiones y regresiones marinas. En el norte del país se produjo una efusión de grandes cantidades de materiales volcánicos, conocida como formación riolítica y encontrada especialmente en la puna de Atacama y los cordones más occidentales de la cordillera andina. Allí se formaron cuencas endorreicas que posteriormente se rellenaron constituyendo lo que hoy se conoce como los salares. En la misma Era Terciaria se produjeron fuertes fallamientos del sector continental, iniciando la delimitación definitiva de las cordilleras de los Andes y de la Costa, que por solevantamiento y el hundimiento del bloque central dieron origen a la Depresión Intermedia.

En el período Cuaternario (últimos 2 millones de años), Era Cenozoica, la actividad tectónica se agudizó, dando forma a la actual fisonomía del país. La Depresión Intermedia

---

<sup>6</sup> CORFO. 1965. *Geografía Económica de Chile*. Texto Refundido. Editorial Universitaria, Santiago. 610 pp.

Errázuriz, A.M., J.I. González, M. Henríquez, P. Cereceda, M. González y R. Rioseco. 1987. *Manual de Geografía de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago. 415 pp.

<sup>7</sup> Börgel, R. 1983. *Geomorfología. Colección de la Geografía de Chile*, Tomo II. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 202 pp.

Errázuriz, A.M., J.I. González, M. Henríquez, P. Cereceda, M. González y R. Rioseco. 1987. *Manual de Geografía de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago. 415 pp.

<sup>8</sup> Börgel, R. 1983. *Geomorfología. Colección de la Geografía de Chile*, Tomo II. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 202 pp.

quedó claramente definida, en tanto la Cordillera de los Andes siguió su proceso de solevantamiento y la Cordillera de la Costa adquirió su actual configuración, generándose terrazas marinas y planicies litorales. En este período, el volcanismo fue de menor intensidad que en el Terciario, y presente en casi todo el país, con excepción de los cordones transversales entre los ríos Copiapó y Aconcagua.

En el Cuaternario, además de los procesos volcánicos y tectónicos se produjo un importante modelado del territorio por efecto de las glaciaciones. Este proceso se genera por el avance del hielo desde la alta cordillera andina hacia las partes más bajas, provocando un desgaste del relieve andino y la sedimentación en la Depresión Intermedia de los materiales erosionados. La acción de las glaciaciones se manifiestan más claramente en el sur del país, donde se represaron las aguas producto de los depósitos morrénicos acumulados en las partes más bajas, dando origen a los actuales lagos.

#### 4. Geomorfología

Los procesos volcánicos y tectónicos durante el Terciario, y el modelado posterior del relieve en el Cuaternario, dieron origen a las cuatro unidades geomorfológicas principales del país: Planicies Litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes. Todas ellas tienen una orientación norte-sur (ver Figura 1.3).

##### 4.1. Planicies Litorales

Las Planicies Litorales se extienden entre el mar y la Cordillera de la Costa en sentido oeste-este, y de norte a sur desde el límite norte del país hasta el canal de Chacao (X Región de Los Lagos). En el sector norte las Planicies Litorales son interrumpidas por el farellón costero, hasta aproximadamente la latitud de Taltal (II Región de Antofagasta), para seguir en forma ininterrumpida hasta su límite sur. Estas se presentan en forma de terrazas, sin embargo el número de escalones y ancho varía a lo largo de su extensión. Es así como en el norte, el sector de Arica (I Región de Tarapacá) tiene una antigua plataforma de abrasión marina de unos 3 km de ancho, mientras en el sector de Mejillones (II Región de Antofagasta) se distinguen hasta nueve escalones con un ancho máximo de 5 km cada uno<sup>9</sup>.

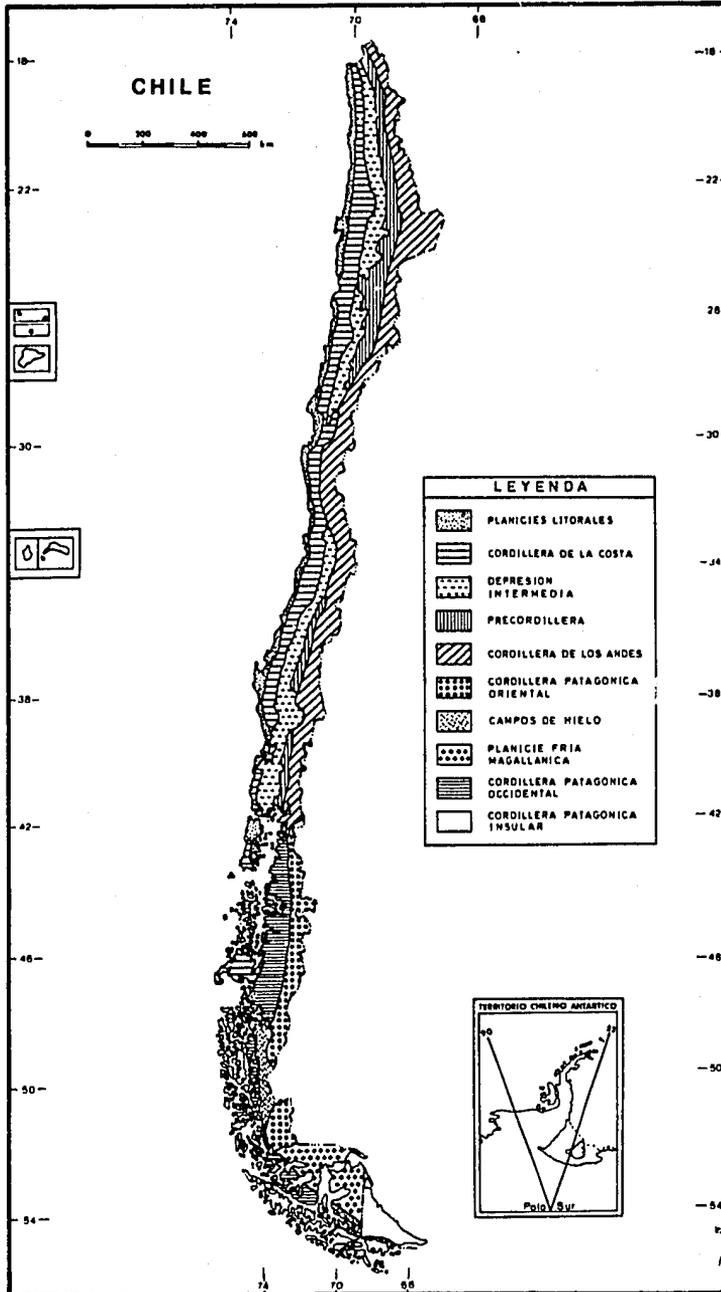
El desarrollo más amplio de las Planicies Litorales se da en la costa de Carrizalillo (III Región de Atacama) y en el sector de La Serena (IV Región de Coquimbo), donde llegan a alcanzar un ancho máximo de 30 km, y alturas de hasta 110 m. Al sur del Río Aconcagua (V Región de Valparaíso) las planicies alcanzan alturas de hasta 200 m y anchos hasta 20 km, y han sido profundamente disectadas por las quebradas que desembocan en el mar.

En el sector de la Bahía de Corral (X Región de Los Lagos) se encuentra una gran terraza de unos 200 m de altura, que se proyecta valle arriba hacia Valdivia, y se compone principalmente de arenas fluviales. Estas características se mantienen hasta la Provincia de Llanquihue, en la misma región, constituyendo el extremo sur de esta unidad. Sin embargo, es posible encontrar pequeñas planicies en el borde occidental de la Isla Grande de Chiloé.

---

<sup>9</sup> Id. a nota 8.

**Figura 1.3**  
**Unidades Morfológicas de Chile Americano**



Fuente: Instituto Geográfico Militar. 1988. *Atlas Geográfico de Chile para la Educación*. 2ª Edición Actualizada. 138 pp.

## 4.2. Cordillera de la Costa

Esta unidad geomorfológica se ubica frente al litoral chileno, y se extiende desde el Cerro Camaraca (949 m), a unos 20 km al sur de Arica (I Región de Tarapacá) hasta el Cerro Tres Montes (762 m), en la península de Taitao (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo). Alcanza una longitud de 3.000 km y un ancho promedio de 30 a 50 km<sup>10</sup>.

La Cordillera de la Costa se inició en el Cretácico medio producto de los movimientos tectónicos del ciclo andino, y más que un elemento estructural homogéneo es producto de diversos elementos originados a través del tiempo geológico. Debido a éste y otros factores es posible subdividirla en tres sectores: norte, central y sur.

El sector norte se caracteriza por la presencia de bloques dislocados producto de fallas y movimientos basculares que dan origen a depresiones interiores. En este sector la Cordillera de la Costa alcanza un ancho promedio de 50 km, presentándose como una cadena abrupta y en contacto directo con el mar, con una altitud máxima de 3.030 m en la sierra Vicuña Mackenna (II Región de Antofagasta).

El sector central se extiende desde la III Región de Atacama (26°S) hasta el límite norte de la VIII Región del Biobío. Está compuesto de areniscas y pizarras mesozoicas de carácter continental, sobre las cuales se superponen rocas porfíricas<sup>11</sup>.

Hacia el sur de este sector la cordillera se caracteriza por un modelado accidentado, y está cortada por valles de ríos andinos que desembocan en el mar, destacando los ríos Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí, Choapa y Aconcagua. En efecto, el relieve es confuso, irregular, y surcado de cordones, cerros y valles, encontrándose un sistema transversal de cerros que unen la alta cordillera andina con la Cordillera de la Costa. La altitud en este sector supera los 2.200 m frente a Valparaíso (V Región de Valparaíso), y hacia el sur del Río Maipo (V Región de Valparaíso y Región Metropolitana de Santiago) comienza a descender, superando ocasionalmente los 1.000 m.

El sector sur se extiende desde el Río Biobío (VIII Región del Biobío) hasta la Península de Taitao. Está constituido principalmente por rocas metamórficas paleozoicas y/o precámbricas, con algunos materiales sedimentarios continentales y marinos del Terciario<sup>12</sup>. La altura es un rasgo importante, y supera ocasionalmente los 1.000 m en la Cordillera de Nahuelbuta (VIII Región del Biobío). Sin embargo, al sur de esta formación vuelve a perder altura y es disectada por valles fluviales originados por los ríos Toltén, Valdivia, Bueno y Maullín. En la Isla Grande de Chiloé, la mayor altitud se encuentra en la Cordillera de Piuchén, que sólo alcanza 500 m.

---

<sup>10</sup> CORFO. 1965. *Geografía Económica de Chile*. Texto Refundido. Editorial Universitaria. 610 pp.

<sup>11</sup> Id. a nota 8.

<sup>12</sup> Id. a nota 8.

### 4.3. Depresión Intermedia

La Depresión Intermedia se extiende desde el límite norte del país hasta Puerto Montt (X Región de Los Lagos), aunque está interrumpida por los cordones transversales entre los ríos Copiapó y Aconcagua. Debido a la acción estructural a que ha sido sometida, ésta no es uniforme a lo largo de su extensión, distinguiéndose tres sectores con características bien diferenciadas.

El primero es el sector norte que se extiende desde el límite con Perú hasta aproximadamente el Río Huasco (III Región de Atacama). Se caracteriza por estar conformada por pampas o extensiones planas de grandes dimensiones, como la Pampa del Tamarugal al norte de Río Loa, y por planicies con frecuentes cordones montañosos oblicuos y transversales al sur del mismo río en el Desierto de Atacama<sup>13</sup>.

El segundo sector corresponde a los valles transversales, desde el Río Copiapó (III Región de Atacama) por el norte hasta el cordón de Chacabuco (Región Metropolitana de Santiago) por el sur, donde las características primarias de la Depresión Intermedia a lo largo del país sólo se dan en sectores pequeños y aislados. En su lugar el relieve adopta la forma de cordones transversales, reconociéndose varias fallas de distinta orientación que no han permitido formar grandes depresiones<sup>14</sup>.

Por último, el tercer sector de la Depresión Intermedia se extiende por 1.000 km desde el cordón de Chacabuco hasta Puerto Montt, caracterizándose por rasgos morfológicos variados y sedimentos de distinto origen. En la parte norte, entre los 33° y 34°30'S, se presenta en forma de cuencas como las de Santiago (Región Metropolitana de Santiago) y Rancagua (VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins), que son cuencas tectónicas rellenas principalmente por sedimentos de origen glacial, fluvial y volcánico.

Desde Curicó (VII Región del Maule) hasta el Río Biobío (VIII Región del Biobío) el sector presenta materiales principalmente de origen fluvio-volcánico, fluvio-glacial y fluviales, abriéndose como una extensa llanura aluvial de ancho variable, entre 45 y 100 km. Al sur del Río Biobío la depresión adquiere la forma de una planicie ondulada, con suaves lomajes de hasta sobre 400 m de altitud. Al sur del Río Toltén se presenta como una planicie sedimentaria que finaliza en la Provincia de Llanquihue (X Región de Los Lagos), y se confunde hacia el este con la planicie costera.

La Depresión Intermedia como rasgo estructural se extiende aún más al sur de Puerto Montt, sumergida en el Seno de Reloncaví, los golfos de Ancud y Corcovado, los canales de Moraleda y Elefantes y la Laguna San Rafael, alcanzando su punto cúlmine en el Golfo de Penas<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> Id. a nota 6.

Id. a nota 8.

<sup>14</sup> Id. a nota 7.

<sup>15</sup> Id. a nota 7.

#### 4.4. Cordillera de los Andes

Esta cordillera es el principal rasgo orográfico del país. A pesar de esto sus características morfológicas, sus materiales y edad no son homogéneos. También aquí es posible distinguir tres sectores con características bien diferenciadas.

El primero corresponde a la parte norte desde el límite con Perú hasta el Salar de Maricunga (III Región de Atacama). En este sector la cordillera andina se presenta como un gran plano inclinado que asciende desde los 2.400 m hasta las altas mesetas situadas a 4.000 m de altitud. Su máxima altitud está dada por cumbres sobre los 6.000 m, como los volcanes Parinacota (6.342 m) y Lullailaco (6.739 m). Durante el Terciario, este sector presentó un activo volcanismo que aportó materiales piroclásticos, inundando y sepultando estructuras preexistentes, de las cuales sólo quedan a la vista las cumbres más altas, como la Sierra de Moreno al norte de la ciudad de Calama (II Región de Antofagasta)<sup>16</sup>. Otro rasgo característico es su extremada aridez, dada por precipitaciones poco frecuentes y la alta evaporación, que se refleja en una vegetación prácticamente nula y que sólo florece cuando las precipitaciones superan los 200 mm.

El segundo sector de la Cordillera de los Andes es su parte central, que se extiende desde el salar de Maricunga hasta el Lago Todos los Santos (X Región de Los Lagos). Está constituida por materiales de la formación porfirítica, con afloramiento de rocas perteneciente al batolito y basalto del Terciario Superior y Cuaternario<sup>17</sup>. Su altitud disminuye paulatinamente hacia el sur, y las cumbres más elevadas están en la III Región de Coquimbo y en la Región Metropolitana de Santiago, superando los 6.000 m como los cerros Las Tórtolas (6.323 m), Olivares (6.250 m) y Tupungato (6.570 m), entre otros. Al sur de este sector, en la VII Región del Maule, la altitud no supera los 4.000 m, y entre las cumbres más elevadas destacan los cerros Las Gualas (3.132 m) y Azul (3.810 m).

El volcanismo es otro rasgo importante de la cordillera andina en este sector, sin mostrar vestigios de actividad moderna en la zona de los cordones transversales. Esta se da más bien a partir de la Región Metropolitana de Santiago hacia el sur, y se caracteriza por una gran distribución de volcanes, entre los cuales destacan El Tupungatito (5.682 m), San José (5.856 m), Tinguiririca (4.625 m), Descabezado Grande (3.830 m), Chillán (3.212 m), Antuco (2.985 m), Villarrica (2.840 m), Puyehue (2.240 m) y Osorno (2.650 m). Todas estas formaciones volcánicas están acompañadas generalmente de campos de lava y cenizas.

El último sector es la parte sur que se extiende desde el Lago Todos los Santos hasta el extremo más austral del continente (56°S). Este sector se caracteriza por la composición compleja de sus materiales constitutivos, que abarcan sedimentos metamórficos, rocas del batolito, y porciones aisladas de las formaciones porfiríticas del Secundario y riolíticas del Terciario<sup>18</sup>.

---

<sup>16</sup> Id. a nota 7.

<sup>17</sup> Id. a nota 8.

<sup>18</sup> Id. a nota 7.

Este sector es más bien bajo, alcanzando altitudes promedio entre 2.000 y 3.000 m que en pocos casos son sobrepasadas, llegando hasta los 4.048 m en el Monte San Valentín y hasta los 3.437 m en el Arenales. Presenta una gran acción glacial del pasado, a la que se suma la penetración del mar hacia el continente y los caudalosos ríos que nacen en el sector andino y/o trasandino que desembocan en el Océano Pacífico, generando un paisaje muy accidentado que dificulta las comunicaciones y el asentamiento humano.

La acción volcánica también ha contribuido al modelado del sector sur, aunque en menor escala. El caso más reciente son las erupciones del Volcán Hudson en 1991.

## 5. Suelos

En la formación de los suelos de Chile interviene una serie de factores, entre los que destaca la gran extensión latitudinal del país, implicando diferentes condiciones climáticas y ambientales. Las tres unidades geomorfológicas de importancia del país, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de los Andes, también generan diferenciaciones zonales en los tipos de suelo del territorio.

Debido a la condición montañosa de Chile, existe una tendencia general en los suelos a presentar poco desarrollo en sus perfiles, por lo que la mayor parte de éstos son suelos jóvenes en su evolución. Esta característica de los sistemas pedológicos va asociada a la geología y geomorfología reciente del territorio. La actividad volcánica en gran parte de la Cordillera de los Andes es un ejemplo claro de incorporación de nuevos materiales a los perfiles en evolución, generando un rejuvenecimiento de éstos. Por otra parte, la actividad fluvial que genera gran actividad erosiva en los suelos de laderas y un aumento de sedimentos en los suelos de los valles medios, es otro caso concreto del permanente rejuvenecimiento de los suelos de Chile<sup>19</sup>.

En Chile los suelos con capacidad de uso se extienden de preferencia entre la III Región de Atacama y X Región de Los Lagos, concentrándose entre la Región Metropolitana de Santiago y la X Región de Los Lagos un 92,5% de suelos clase I, II y III; 97,8% de clase IV; 98,5% de clase V; 95,6% de clase VI; y 94,0% de clase VII (ver Tabla 1.5). Los suelos clase VIII ocupan un 84,0% y están ubicados preferentemente en las zonas montañosas de la cordillera andina y en sectores con pendientes muy fuertes.

El extremo norte del país presenta un mínimo desarrollo de suelos debido principalmente a sus características climáticas. Los escasos suelos se encuentran ubicados en oasis y valles que generan los pequeños cursos de agua en esta zona, lo cual ha orientado su uso principalmente a cultivos de autoconsumo. La excepción son los valles de Azapa y Pica (I Región de Tarapacá), que se dedican a la producción de olivos y cítricos. La II Región de

---

<sup>19</sup> Rovira, A. 1984. *Geografía de los Suelos. Colección de la Geografía de Chile. Torno V.* Instituto Geográfico Militar, Santiago. 180 pp.

Antofagasta se dedica principalmente a la comercialización de productos frutales y hortalizas, como en los casos de Toconao, Chichu, Lasana y Caspana<sup>20</sup>.

**Tabla 1.5**  
**Capacidad de Uso del Suelo por Región Administrativas (ha)**

Región	Clases I,II y III	Clase IV	Clase V	Clase VI	Clase VII	Clase VIII	Total
III	22.527,6	9,2	-	758,8	2.520,3	35.765,6	61.581,5
IV	101.492,8	6.730,0	220,2	15.962,1	45.146,0	159.541,0	329.092,1
V	126.858,4	28.431,9	222,8	68.975,1	336.262,5	546.102,8	1.106.853,5
R.M.	283.036,6	61.417,1	815,8	145.433,5	435.557,5	780.083,1	1.706.343,6
VI	301.341,3	61.885,9	3.932,6	97.829,8	534.967,1	499.852,8	1.499.809,5
VII	556.796,1	101.990,8	1.660,2	313.643,9	1.029.462,2	993.735,8	2.997.289,0
VIII	736.504,8	457.419,9	3.031,3	424.128,6	1.515.646,6	601.170,3	3.737.901,5
IX	561.682,0	444.387,4	7.565,1	410.298,9	1.272.384,1	456.953,8	3.153.271,3
X	668.004,1	432.015,4	11.974,7	480.829,9	1.245.276,8	592.753,2	3.430.854,1
Total	3.358.243,7	1.594.287,6	29.422,7	1.957.860,6	6.417.223,1	4.665.958,4	18.022.995,0

Fuente: Herrera, B. y I. Sandoval. 1973. *Capacidad de Uso de la Tierra. Provincia de Atacama a Magallanes*. Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. pp. 1-17.

Rovira, A. 1984. *Geografía de los Suelos*. Colección de la Geografía de Chile. Tomo V. Instituto Geográfico Militar. 180 pp.

<sup>20</sup> SERPLAC - II Región de Antofagasta. 1988. *Diagnóstico Agrícola de la Provincia de El Loa. Informe Final*. Consultores Ecológicos y Ambientales Ltda. 310 pp.

La III Región de Atacama y la IV Región de Coquimbo presentan condiciones más favorables en cuanto a las capacidades de uso del suelo, contando con un 36,6% y 30,8%, respectivamente, de suelos clase I, II y III, ubicados en los interfluvios de los valles transversales. La III Región de Atacama además presenta una gran cantidad de suelos clase VIII (58%). Por su parte la IV Región de Coquimbo concentra una gran cantidad de suelos clase VII (13,7%) y VIII (48,5%). El uso del suelo en estas dos regiones está orientado principalmente a la producción de frutales (ver Tabla 1.6).

**Tabla 1.6**  
**Uso del Suelo por Regiones Administrativas (ha)**

Región	Cereales, Chacras y Cultivos Industriales	Forrajeras	Praderas	Hortalizas y Flores	Frutales	Viñas	Suelos Arados en Barbecho y Rastrojo	Otros Suelos	Total
II*	-	1.056,7	-	-	5,1	-	685,7	-	1.747,5
III	1.110	660,0	4.780	950	5.930,0	400	4.840,0	11.890	30.560,0
IV	9.280	990,0	23.720	4.000	9.490,0	5.980	14.840,0	34.550	102.850,0
V	21.070	5.560,0	209.350	14.520	33.840,0	130	23.090,0	122.440	430.000,0
R.M.	52.690	7.540,0	254.760	15.220	44.610,0	2.950	16.080,0	97.270	491.120,0
VI	128.310	3.270,0	415.400	11.530	54.400,0	5.310	28.440,0	173.550	820.210,0
VII	165.810	3.180,0	828.550	5.540	26.080,0	22.580	39.220,0	533.050	1.624.010,0
VIII	210.240	11.860,0	896.120	3.500	3.520,0	22.160	55.190,0	731.260	1.933.850,0
IX	256.850	26.950,0	833.290	4.080	2.580,0	-	33.270,0	374.330	1.531.350,0
X	69.080	21.990,0	1.011.640	25.940	6.670,0	-	5.970,0	665.440	1.806.730,0
<b>Total</b>	<b>914.440</b>	<b>83.056,7</b>	<b>4.477.610</b>	<b>85.280</b>	<b>187.125,1</b>	<b>59.510</b>	<b>221.625,7</b>	<b>2.743.780</b>	<b>8.772.427,5</b>

Fuente: \* SERPLAC - II Región de Antofagasta. 1988. *Diagnóstico Agrícola de la Provincia de El Loa. Informe Final*. Consultores Ecológicos y Ambientales Ltda. 310 pp.

Instituto Nacional de Estadísticas, 1991.

La V Región de Valparaíso, al igual que las dos anteriores, presenta un predominio de suelos clase VII (30,4%) y VIII (49,3%). El 11,5% corresponde a suelos de clase I, II y III, que están ubicados de preferencia en zonas de valles más amplios como el del Aconcagua. Los suelos de esta región son usados principalmente en praderas (48,7%) y frutales (7,9%).

El uso de suelos más frecuente en todo el país está orientado principalmente a las praderas, que superan el 45% de la superficie de muchas regiones. Además, entre la Región Metropolitana de Santiago y la IX Región de la Araucanía existe un gran predominio de superficie ocupada en cereales, chacras y cultivos industriales, superando en todos los casos el 10% de la superficie regional usada, con el porcentaje más alto en la IX Región de la Araucanía y el más bajo en la VII Región de Maule (10,2%).

*Capítulo 2*

*Formaciones Vegetacionales de Chile*

*Rodolfo Gajardo M.*

*Universidad de Chile*

## **CAPITULO 2. FORMACIONES VEGETACIONALES DE CHILE**

**Autor:** Rodolfo Gajardo M., Universidad de Chile

### **1. Introducción**

La vegetación es el mosaico de comunidades de plantas vasculares que constituyen el paisaje vegetal y, como tal, está compuesta por diferentes unidades, cuya distribución territorial sigue en general patrones bien definidos. Una unidad de vegetación es reconocible por su composición florística y su estructura, es decir, al modo en que sus elementos se interrelacionan en un espacio limitado.

La composición florística y la estructura de un paisaje vegetal cambian gradualmente de una región a otra. Como resultado, el número de comunidades vegetales, entendidas como unidades del paisaje relativamente uniformes en composición florística y estructura, pueden ser muy amplias.

### **2. Fundamentos Conceptuales para la Clasificación de la Vegetación Chilena**

#### **2.1. Conceptos Básicos**

Flora se define como el conjunto de especies vegetales que se encuentran en un lugar determinado. Este concepto permite circunscribir la noción de elemento florístico como un grupo de especies que comparten una distribución geográfica y probablemente un origen común, permitiendo la caracterización y la delimitación espacial de unidades florísticas.

Vegetación es la estructura o modo en que las especies vegetales ocupan el espacio disponible, o también el aspecto propio que presentan las agrupaciones de plantas como componentes de un paisaje. Una región vegetacional se define por la constitución de límites ambientales y biológicos, dados por factores, tales como: ambientales, geológicos, geomorfológicos, climáticos, edáficos y evolutivos. El efecto de estos factores usualmente determina los modos de vida característicos de los organismos en un ambiente determinado. Debido a los rasgos particulares que adquieren los sistemas ecológicos, y los complejos ambientales en que se asientan, una región puede ser dividida en subregiones, y éstas a su vez en unidades menores. Una comunidad o asociación vegetal es una agrupación local de especies vegetales, que resulta de condiciones específicas del ambiente, logrando establecer la presencia de una especie o un grupo de especies características. Habitualmente la comunidad es denominada por sus dos especies más representativas.

## 2.2. Antecedentes Básicos de los Sistemas de Clasificación de la Vegetación

El primer intento de una descripción de la vegetación chilena fue el de Reiche<sup>1</sup>, usando su experiencia de terreno y las descripciones de otros autores, en especial las de Pöeppig, Gay y Philippi. Sobre esta base Schmithüsen<sup>2</sup> propone un sistema de clasificación de tipo jerárquico, considerando la noción de formación vegetal, que ha tenido poca divulgación en el país. Durante los últimos decenios la clasificación más usual ha sido la de Pisano<sup>3</sup>, que también recurre al concepto de formación vegetal. Posteriormente Quintanilla<sup>4</sup> propone una presentación cartográfica, utilizando como base de su clasificación una combinación de elementos fisionómicos y florísticos. En lo referente a las áreas boscosas, la clasificación oficial de tipos forestales es la propuesta por Donoso<sup>5</sup>. Para evaluar la representatividad de las áreas silvestres protegidas, se ha empleado el sistema de clasificación propuesto para ese objetivo por Gajardo<sup>6</sup>.

Otra clasificación relacionada con la distribución de la vegetación es la de Mann<sup>7</sup>, que establece regiones ecológicas sobre la base del concepto de bioma. En general los trabajos a nivel mundial o de América del Sur no tratan en detalle la vegetación chilena. De ellos se pueden mencionar los estudios de Hueck<sup>8</sup> sobre formaciones boscosas, y de Cabrera

---

<sup>1</sup> Reiche, K. 1907. *Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile*. En: Engler, A. y O. Drude. (eds.). *Die Vegetation der Erde* (Leipzig), 8:1-374.

Reiche, K. 1934. *Geografía Botánica de Chile* (Traducción de G. Looser). Tomo I. Imprenta Universitaria, Santiago. 423 pp.

Reiche, K. 1938. *Geografía Botánica de Chile* (Traducción de G. Looser). Tomo II. Imprenta Universitaria, Santiago. 151 pp.

<sup>2</sup> Schmithüsen, J. 1956. *Die Raunmliche Ordnung der Chilenischen Vegetation*. Bonner Geogr. Abhandlungen (Bonn), 17:1-81.

<sup>3</sup> Pisano, E. 1965. *Biogeografía*. En: CORFO (ed.). *Geografía Económica de Chile*. Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción, Santiago. pp. 228-267.

<sup>4</sup> Quintanilla, V.G. 1981. *Carta de las Formaciones Vegetales de Chile*. En: Universidad de Santiago de Chile. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Area Geociencias I*, 11(47). 32 pp.

<sup>5</sup> Donoso, C. 1981. *Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile*. CONAF/PNUD/FAO, Programa de Investigación y Desarrollo Forestal, Santiago. Documento de Trabajo N° 38. 82 pp.

<sup>6</sup> Gajardo, R. 1983. *Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena*. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal/Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago. 314 pp.

Gajardo, R. 1987. *La Végétation Naturelle du Chili*. Proposition d'un Système de Classification et Représentation de la Distribution Géographique. Tesis Doctoral, Université d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Marsella. 301 pp.

<sup>7</sup> Mann, G. 1960. *Regiones Biogeográficas de Chile*. Investigaciones Zoológicas Chilenas (Santiago), 6:15-49.

<sup>8</sup> Hueck, K. 1978. *Los Bosques de Sudamérica. Ecología, Composición e Importancia Económica*. Ediciones de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica, Eschborn. 476 pp.

y Willink<sup>9</sup> sobre biogeografía de América Latina. Más recientemente, Schnell<sup>10</sup> analizó la flora y la vegetación sudamericana, y Udvardy<sup>11</sup> se ha referido a la biogeografía de Chile, orientándose a la identificación de la biodiversidad con propósitos de preservación.

### 3. Clasificación de la Vegetación Natural de Chile en Regiones y Subregiones Vegetacionales

En este contexto, y para lograr un mayor conocimiento de las formaciones vegetales del país, se ha dividido el territorio nacional en ocho regiones con sus respectivas subregiones, como lo indica la Tabla 2.1. Esta corresponden a: Región del Desierto, Región de la Estepa Alto-Andina, Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, Región del Bosque Caducifolio, Región del Bosque Laurifolio, Región del Bosque Andino-Patagónico, Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas y Región de la Estepa Patagónica.

<b>Tabla 2.1</b>	
<b>Regiones y Subregiones en la Vegetación Natural de Chile</b>	
<b>Región del Desierto (17.100.000 ha; 22,6 %)</b>	
Subregión del Desierto Absoluto	
Subregión del Desierto Andino	
Subregión del Desierto Costero	
Subregión del Desierto Florido	
<b>Región de la Estepa Alto-Andina (12.938.125 ha; 17,1 %)</b>	
Subregión del Altiplano y la Puna	
Subregión de los Andes Mediterráneos	
<b>Región del Matorral y Bosque Esclerófilo (7.868.750 ha; 10,4 %)</b>	
Subregión del Matorral Estepario	
Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso	
Subregión del Bosque Esclerófilo	
<b>Región del Bosque Caducifolio (5.675.000 ha; 7,5 %)</b>	
Subregión del Bosque Caducifolio Montano	
Subregión del Bosque Caducifolio del Llano	
Subregión del Bosque Caducifolio Andino	

<sup>9</sup> Cabrera, A.L. y A. Willink. 1973. *Biogeografía de América Latina*. Organización de Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Serie Biología, Monografía N° 13. 120 pp.

<sup>10</sup> Schnell, R. 1987. *La Flore et la Végétation de l'Amérique Tropicale*. I. Généralités. Les Flores. Les Formations Forestières et les Formations Mésophiles, Paris. 479 pp.

Schnell, R. 1987. *La Flore et la Végétation de l'Amérique Tropicale*. II. Les Formations Xérophiles. La Végétation des Montagnes. La Végétation Azonale et Extra-Zonale. Conclusions. Paris. 447 pp.

<sup>11</sup> Udvardy, M.D.F. 1975. *A Classification of the Biogeographic Provinces of the World*. IUCN Occasional Paper (Gland), 18:1-49.

<b>Tabla 2.1 (continuación)</b> <b>Regiones y Subregiones en la Vegetación Natural de Chile</b>	
<b>Región del Bosque Laurifolio (2.496.875 ha; 3,3 %)</b>	
Subregión del Bosque Laurifolio Valdiviano Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández	
<b>Región del Bosque Andino-Patagónico (5.069.375 ha; 6,7 %)</b>	
Subregión de las Cordilleras de la Araucanía Subregión de las Cordilleras Patagónicas	
<b>Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas (13.694.375 ha; 18,1 %)</b>	
Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo Subregión de las Turberas y de las Estepas Pantanosas	
<b>Región del Matorral y de la Estepa Patagónica (3.102.500 ha; 4,1 %)</b>	
Subregión de la Estepa Patagónica de Aisén Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes	
<b>Nota:</b>	Los valores en paréntesis indican la superficie y el porcentaje correspondiente del territorio nacional. No se incluyen las áreas sin vegetación natural, que corresponden a superficies agrícolas (3.556.250 ha; 4,7%), altas cumbres (2.194.375 ha; 2,9%) y campos de hielo (1.664.375 ha; 2,2%).
<b>Fuente:</b>	Gajardo, R. 1987. <i>La Végétation Naturelle du Chili</i> . Proposition d'un Système de Classification et Représentation de la Distribution Géographique. Tesis Doctoral, Université d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Marsella. 301 p.

Las ocho regiones se distribuyen geográficamente en la Figura 2.1.

#### 4. Región del Desierto

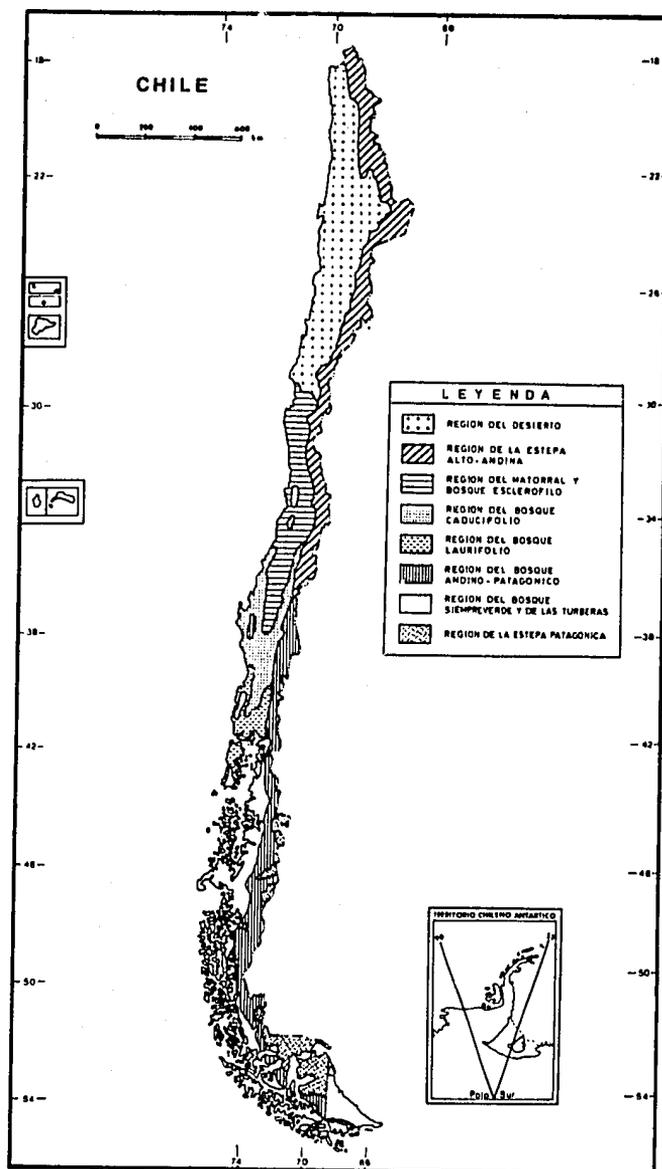
Constituye la parte más austral del desierto costero del Pacífico de América del Sur. Aunque tiene como límite oeste el litoral oceánico, es principalmente un desierto interior, con una altitud media aproximada de 1.500 m. Abarca los abruptos acantilados costeros, las serranías de la Cordillera de la Costa, las grandes depresiones interiores y las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes. Por sus características ecológicas distintivas, es posible reconocer en el desierto cuatro subregiones.

##### 4.1. Subregión del Desierto Absoluto

Corresponde al territorio en que las precipitaciones son insignificantes y el aporte hídrico es de carácter local, proviniendo de la presencia de napas freáticas o de aluviones ocasionales que descienden de los Andes. La vida vegetal está ausente en gran parte de su extensión, salvo en condiciones muy particulares. La rara vegetación presente está muy alterada por la influencia humana. Lo más frecuente son las comunidades rurales presentes en lugares de ocupación humana. Una comunidad vegetal típica para esta situación, es la de brea (*Tessaria absinthioides*) - grama salada (*Distichlis spicata*). Otras agrupaciones vegetales de origen antrópico se encuentran en los grandes valles y quebradas del desierto. Aquí se

presentan una gran cantidad de especies de plantas introducidas con comportamiento de malezas, que son tanto de origen tropical como mediterráneo. Restos de la vegetación natural sólo se hallan en los sectores intermedios de las grandes quebradas.

**Figura 2.1**  
**Distribución Geográfica de las Regiones Vegetacionales de Chile**



Fuente: Gajardo, R. 1987. *La Végétation Naturelle du Chili*. Proposition d'un Système de Classification et Représentation de la Distribution Géographique. Tesis Doctoral, Université d'Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Marsella. 301 pp.

Una vegetación particular, que en el pasado ocupaba una mayor extensión, es la de los bosques espinosos. En su forma actual corresponde principalmente a plantaciones de tamarugo (*Prosopis tamarugo*) y algarrobo blanco (*Prosopis alba*).

En situaciones especiales con influencia favorable para el desarrollo de la vida vegetal, como es en macizos montañosos, con altitudes de hasta 3.000 m, situados en posición costera, se presentan pequeñas comunidades de cachiuyo (*Atriplex deserticola*) - calpiche (*Lycium minutiflorum*). Hacia el límite sur de su territorio, con influencia de precipitaciones ocasionales, se hallan comunidades de cuerno de cabra (*Skytanthus acutus*) - ñañañuca (*Hippeastrum ananuca*), y otras propias del desierto florido.

#### 4.2. Subregión del Desierto Andino

Es el piso vegetacional superior del desierto y está ubicado en las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes, entre altitudes de 1.800 a 3.500 m. Presenta condiciones ambientales más favorables para el desarrollo vegetal, debido al efecto ecológico de la altitud y a influencias marginales de las precipitaciones que ocurren en la alta cordillera, destacando las cactáceas en su fisonomía. Una de las comunidades típicas es la de los quiscos candelabros (*Browningia candelaris*), que se extiende ralmente por las laderas rocosas medias de la precordillera. En el mismo ambiente, pero más hacia el sur, el paisaje está dominado por comunidades del cactus cavul (*Helianthocereus atacamensis*), que suele alcanzar tamaños considerables. El carácter más típico corresponde a las áreas con influencia de los grandes aluviones. Sus comunidades vegetales son especialmente las de ojaral (*Atriplex microphylla*) - malvilla (*Cristaria andicola*), cachiuyo (*Atriplex atacamensis*) - oreganillo (*Acantholippia trifida*).

En sectores de mayor altitud se encuentran comunidades más xerófitas de la estepa alto-andina. Está constituida por arbusto xerófitos bajos y con extensas superficies sin ninguna vida vegetal. Comunidades representativas son las de rica rica (*Acantholippia punenis*) - petaloxa (*Franseria meyeniana*) y allaval (*Adesmia atacamensis*) - cauchal (*Coldenia atacamensis*).

El desierto andino abarca también la gran cuenca del Salar de Atacama y sus alrededores, presentando grandes extensiones sin vegetación, aunque existen comunidades esteparias desarrolladas, dominadas por especies del género *Atriplex*. Una comunidad arbórea de cierto desarrollo, que se encuentra en la parte baja del cauce de las quebradas y en los oasis, es la de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) - chañar (*Geoffroea decorticans*). Comparten los sectores cultivados y sus características son debidas casi totalmente a la influencia humana.

#### 4.3. Subregión del Desierto Costero

Se extiende en forma muy irregular a lo largo de la costa oceánica, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1.500 m de altitud. La vida vegetal presenta un desarrollo excepcional, debido a la acción favorable de frecuentes neblinas costeras. Su fisonomía más característica se encuentra en Paposos (II Región de Antofagasta). La vegetación, a menudo abundante y con endemismos notables, puede describirse a través de dos agrupaciones: una

que crece en las laderas bajo la influencia directa de las neblinas y otra que ocupa las quebradas y aguadas. Las cactáceas columnares y globosas son siempre dominantes.

La comunidad más representativa es la de lechero (*Euphorbia lactiflua*) - rumpa (*Eulychnia iquiquensis*), situándose en los sectores altos de acantilados costeros, en laderas sujetas a la acción de la neblina y en los roqueríos de cumbres cercanas al mar. Otra agrupación típica, la de copiapoa (*Copiapoa haseltoniana*) - sosa (*Nolana villosa*), se presenta en la base de los acantilados y en las cercanías del mar sobre sustratos arenosos. En sitios con fuentes de agua, se halla la comunidad de hierba del salitre (*Frankenia chilensis*) - grama salada (*Distichlis spicata*), ambas especies de amplia distribución.

Una comunidad de sectores marginales, con una influencia sólo indirecta de las neblinas, es la de cuerno de cabra (*Skytanthus acutus*) - malvilla (*Cristaria glaucophylla*), que se adentra bastante en el desierto costero. Existen además comunidades de monte negro (*Heliotropium stenophyllum*) - churqui (*Oxalis gigantea*).

#### 4.4. Subregión del Desierto Florido

Sus características están determinadas por la influencia de precipitaciones irregulares durante el invierno. Se ubica en extensas llanuras arenosas y su fisonomía consiste de una cobertura rala de arbustos bajos, además de numerosas plantas geófitas y efímeras, que surgen cuando ocurren las precipitaciones.

Comunidades vegetales típicas del desierto florido, propias de grandes extensiones llanas arenosas, son las de suspiro (*Nolana baccata*) - hierba rosilla (*Cryptantha parviflora*), cuerno de cabra (*Skytanthus acutus*) - ñañaña (*Hippeastrum ananuca*) y coronilla (*Encelia tomentosa*) - suspiro del campo (*Nolana paradoxa*).

La vegetación del desierto florido también puede encontrarse en los sectores montañosos intermedios, muchas veces como comunidades vegetales de matorral fuertemente raleadas por la sobreexplotación. Uno de los grupos más característicos es algarrobilla (*Balsamocarpon brevifolium*) - pacul (*Krameria cistoidea*), que presenta numerosas especies arbustivas xerófitas y suculentas, poco conocidas y de alto endemismo.

### 5. Región de la Estepa Alto-Andina

Es la vegetación que se desarrolla en los territorios áridos de la Cordillera de los Andes. Las formas de vida vegetales se pueden agrupar en tres tipos biológicos fundamentales: las plantas pulvinadas y en cojín o llaretas, las gramíneas en mechón o pastos duros (conocido como coirones) y los arbustos bajos de follaje reducido o tolas. Durante la estación favorable, a menudo se presenta un denso tapiz de plantas anuales de breve existencia.

A partir de las características ecológicas resultantes del gradiente latitudinal, y la acción del relieve y del clima, es posible distinguir dos subregiones.

## Subregión del Altiplano y de la Puna

Es la estepa alto-andina que se encuentra sobre un relieve de altiplanicies, generalmente con más de 4.000 m de altitud. El altiplano está sujeto a un régimen climático de influencias tropicales con lluvias de verano, que más hacia el sur, en la puna, sólo constituye una influencia marginal, adquiriendo un carácter de mayor aridez.

La comunidad vegetal más típica la constituyen los pajonales, con paja brava (*Festuca orthophylla*) - huaila (*Deyeuxia breviaristata*), en extensas superficies cubiertas por gramíneas en mechón, que se encuentran de preferencia en los grandes llanos arenosos de mayor altitud. Otras agrupaciones características son los tolares, con tola (*Parastrephia quadrangularis*) - paja brava (*Festuca orthophylla*), ampliamente distribuidos y preferentemente en lugares de altitud media, y los llaretales, característicos por la dominancia de la forma de vida pulvinada de la llareta (*Azorella compacta*).

Una agrupación vegetal que recibe el nombre genérico de bofedal, dominada por paquial (*Oxychloe andina*), está constituida por un complejo florístico y vegetacional que se encuentra ubicado en los cursos de agua. Una comunidad arbórea alto-andina son los queñuales, con queñoa (*Polylepis besseri*) - checal (*Fabiana densa*), cuyo dosel superior puede alcanzar varios metros de altura. La explotación de especies leñosas para su uso como combustible ha modificado fuertemente su estructura.

El paisaje vegetal de la puna presenta arbustos bajos esparcidos entre la estepa de gramíneas en mechón con grandes extensiones sin vegetación. Sus comunidades vegetales características tienen una amplia distribución en las estepas alto-montañas. Algunas de ellas son: paja iro (*Festuca chrysophylla*) - pizaca (*Fabiana bryoides*), con dominancia de gramíneas en mechón y que se encuentra de preferencia en sectores llanos y arenosos; pizaca (*Fabiana bryoides*) - tola vaca (*Parastrephia lepidophylla*); tola (*Baccharis incarum*) - lampayo (*Lampaya medicinalis*), frecuente y en el territorio norte de la formación; y coirón amargo (*Stipa chrysophylla*), que es característica de los sectores más altos de la Cordillera de los Andes y señala generalmente el límite altitudinal de la vegetación.

### 5.2. Subregión de los Andes Mediterráneos

Las estepas alto-andinas de los Andes Mediterráneos se caracterizan como unidad natural por dos factores físicos principales: i) es un territorio con precipitaciones invernales, en un gradiente que aumenta de norte a sur, y ii) tiene un relieve abrupto y montañoso, con laderas rocosas escarpadas. La zonación altitudinal de las comunidades vegetales es marcada. La forma de vida dominante son las plantas bajas, herbáceas o arbustivas, de carácter pulvinado, aunque en muchos lugares predominan las gramíneas en mechón o también denominadas coirones.

A mayor altitud la agrupación de llareta (*Azorella madreporica*) - llaretilla (*Laretia acaulis*), constituye una agrupación ampliamente distribuida, dominando las especies de crecimiento compacto, en cojín. Son también frecuentes las poblaciones de gramíneas en mechón, donde predomina el coirón duro (*Festuca acanthophylla*).

La comunidad vegetal típica y más ampliamente distribuida es la de neneo (*Mulinum spinosum*) - chuquiraga (*Chuquiraga oppositifolia*), una estepa de arbustos bajos, a menudo espinosos, asociados a hierbas de florecimiento estival. En sectores de mejores condiciones ambientales existe una mayor presencia del hábito arbustivo, con chuquiraga (*Chuquiraga oppositifolia*) - guindillo (*Valenzuelia trinervis*).

En los bajos de laderas, con fuerte participación de elementos esclerófilos, la comunidad más característica es duraznillo (*Colliguaya integerrima*) - horizonte (*Tetraglochin alatus*), con el aspecto de un matorral bajo y relativamente denso. A veces la fisonomía del paisaje vegetal alcanza un porte arbóreo, con franjel (*Kageneckia angustifolia*) - guindillo (*Valenzuelia trinervis*), agrupación de distribución amplia y en la cual menudo participa el ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y el quillay (*Quillaja saponaria*). Coirón de vega (*Patosia clandestina*) - junquillo (*Juncus balticus*) es una de las agrupaciones más importantes en lugares húmedos o vegas, que son característicos en toda la extensión de los Andes Mediterráneos.

## 6. Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo

Es propia de la zona central del país, con paisajes complejos y muy alterados. Son escasas las muestras de vegetación original. Predominan arbustos y árboles de hojas esclerófilas, y también arbustos bajos xerófitos y suculentas, arbustos y árboles espinosos, y árboles laurifolios con gran desarrollo en altura. El predominio de una u otra forma de vida ha permitido la distinción de tres subregiones.

### 6.1. Subregión del Matorral Estepario

Es un territorio con precipitaciones bajas e irregulares. Un intenso pastoreo y extracción de leña muestran un paisaje dominado por comunidades de arbustos bajos muy esparcidos, con un denso estrato de hierbas anuales. Las formas de vida principales son los arbustos bajos de hojas duras, a menudo espinosos. En temporadas favorables hay un gran desarrollo de un estrato herbáceo primaveral, con lo cual la fisonomía se aproxima al Desierto Florido, pero normalmente hay extensas áreas de suelo descubierto.

En las áreas litorales, sujetas a la influencia oceánica y con frecuentes neblinas, hay una vegetación con mayor cobertura y desarrollo. Una de las comunidades más extensamente repartida es la de palhuén (*Adesmia microphylla*) y alcaparra (*Cassia coquimbensis*), en especial sobre sustratos arenosos. También es frecuente monte negro (*Heliotropium stenophyllum*) y chilco blanco (*Fuchsia lycioides*). Chamisilla (*Bahia ambrosioides*) - cardón (*Puya chilensis*) es la comunidad vegetal característica de las terrazas litorales.

En lugares favorables de las laderas bajas o en el lecho de las quebradas se presenta la comunidad subarbórea de litre (*Lithraea caustica*) y guayacán (*Porlieria chilensis*). En pequeñas cuencas protegidas y en las laderas de exposición sur que presentan condiciones favorables, se desarrollan comunidades boscosas aisladas, con molle (*Schinus latifolius*) y lilén (*Azara celsastrina*). También, boldo (*Peumus boldus*) - mitique (*Podanthus mitique*) es otra comunidad arborescente en este ambiente.

La vegetación que ocupa los llanos y serranías del interior no recibe influencias directa del océano, debido a lo cual la aridez de los ambientes es más acentuada. La maravilla del campo (*Flourensia thurifera*) y el monte negro (*Heliotropium stenophyllum*) forman una comunidad muy repartida y frecuente, ubicándose en las laderas de los cerros. El rumpiato (*Bridgesia incisaefolia*) y la maravilla del campo (*Flourensia thurifera*) se sitúan en las laderas rocosas de exposición norte, especialmente en sectores de mayor altitud, donde a veces se encuentran grandes poblaciones de carbonillo (*Cordia decandra*). En los cauces pedregosos de los ríos y quebradas se observan, junto a los cultivos, reducidas poblaciones de algarrobo (*Prosopis chilensis*) y espino (*Acacia caven*).

## 6.2. Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso

Representa a una vegetación muy heterogénea y modificada por la acción humana. Las formas de vida dominantes son arbustos fuertemente espinosos, a menudo del tipo suculento o caducifolio de verano. En el área norte más xerófita, la vegetación actual es sólo una fracción de la original. Las comunidades típicas son las de algarrobo (*Prosopis chilensis*) y huingán (*Schinus polygamus*), o algarrobo (*Prosopis chilensis*) y espino (*Acacia caven*), que se ubican en los sectores de escasa pendiente de los grandes valles y quebradas. En laderas bajas y pedregosas se presentan agrupaciones de espino (*Acacia caven*) - huañil (*Proustia cuneifolia*), o de espino (*Acacia caven*) - maravilla del campo (*Flourensia thurifera*).

Una comunidad boscosa, presente en los lugares más favorables, es la de quillay (*Quillaja saponaria*) - guayacán (*Porlieria chilensis*). Entre las muchas situaciones degradadas de este bosque están las agrupaciones de colliguay (*Colliguaya odorifera*) - palhuén (*Adesmia microphylla*), en laderas bajas, y colliguay (*Colliguaya odorifera*) - huañil (*Proustia cinerea*) en sectores altos. Sobre los afloramientos rocosos se encuentra chagual (*Puya berteroniana*) - palhuén (*Adesmia arborea*).

Más hacia el sur existe una vegetación de origen secundario, que se ha desarrollado en el territorio de un bosque esclerófilo. Sobre una topografía de cerros, la comunidad dominante en el paisaje vegetal con aspecto de matorral denso es la de trevo (*Trevoa trinervis*) - colliguay (*Colliguaya odorifera*). Una agrupación con fisonomía de matorral alto, frecuente en sectores costeros, es la de boldo (*Peumus boldus*) - trevo (*Trevoa trinervis*). Otra comunidad subarbórea frecuente es espino (*Acacia caven*) - litre (*Lithraea caustica*), ubicada de preferencia en los pie de monte pedregosos. En quebradas y laderas sombrías se encuentran litre (*Lithraea caustica*) - boldo (*Peumus boldus*), comunidad que puede formar bosques. En lugares planos, pendientes suaves y en relieves de lomajes se presentan espino (*Acacia caven*) y maitén (*Maytenus boaria*), agrupación heterogénea en estructura, pero que caracteriza al paisaje vegetal en gran parte de la zona central del país.

## 6.3. Subregión del Bosque Esclerófilo

Se extiende por las laderas medias de ambas cordilleras, con una composición florística dominada por elementos arbóreos esclerófilos. Es un bosque muy intervenido, con diferentes estados regenerativos, que casi siempre le dan un aspecto de matorral.

En áreas próximas a la costa, las comunidades boscosas más representativas son peumo (*Cryptocarya alba*) - molle (*Schinus latifolius*), litre (*Lithraea caustica*) - boldo

(*Peumus boldus*), y palma chilena (*Jubaea chilensis*) - litre (*Lithraea caustica*), con una distribución muy localizada. Una agrupación característica, con componentes esclerófilos y laurifolios es belloto (*Beilschmiedia miersii*) - pataguna (*Crinodendron pataguna*), que se encuentra junto al cauce de quebradas y en laderas muy húmedas.

Matorrales espinosos muy abundantes en las laderas de los cerros, son los de trevo (*Trevoa trinervis*) - colliguay (*Colliguaya odorifera*), y los de chagual (*Puya berteroniana*) - quisco (*Trichocereus chilensis*), que se presenta sobre afloramientos rocosos. En las laderas bajas y medias de la Cordillera de los Andes las comunidades más representativas son de quillay (*Quillaja saponaria*) - litre (*Lithraea caustica*), en las laderas intermedias, y quillay (*Quillaja saponaria*) - colliguay (*Colliguaya odorifera*), en las laderas altas y rocosas. La agrupación boscosa de mayor desarrollo en este ambiente es la de peumo (*Cryptocarya alba*) - quillay (*Quillaja saponaria*), donde ocupa valles y laderas de exposición sur. En quebradas y esteros se encuentra lingue (*Persea lingue*) y chequén (*Myrceugenella chequen*).

Comunidades de amplia distribución son las de litre (*Lithraea caustica*) - boldo (*Cryptocarya alba*), litre (*Lithraea caustica*) - corcolén (*Azara integrifolia*), y quillay (*Quillaja saponaria*) - piche (*Fabiana imbricata*).

## 7. Región del Bosque Caducifolio

Se extiende en un territorio con clima templado y sequía estival breve. En su distribución norte ocupa posiciones montañosas sobre los 800 a 1.000 m de altitud y hacia el sur va progresivamente ocupando la Depresión Intermedia. Su característica es la presencia en el estrato arbóreo de las especies del género *Nothofagus*, que tienen hojas caducas de tamaño mediano. En esta región se pueden determinar tres subregiones según la posición latitudinal y la fisiografía.

### 7.1. Subregión del Bosque Caducifolio Montano

En ambas cordilleras es una situación relictual, en altitud y de reducida extensión, con comunidades vegetales fuertemente intervenidas. La comunidad que define a este ambiente tiene en el estrato superior un dosel continuo de roble blanco (*Nothofagus obliqua* var. *macrocarpa*), con peumo (*Cryptocarya alba*) en una posición intermedia. El sotobosque suele ser muy poco denso. En lugares rocosos o de alta pendiente, la quila (*Chusquea cumingii*) es un matorral con alta cobertura, que da el aspecto de una población pura. En muchos sectores de la cordillera andina se encuentran reducidos rodales de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) - litrecillo (*Schinus montanus*). En los niveles altitudinales inferiores, son frecuentes los componentes esclerófilos, como el quillay (*Quillaja saponaria*) - litre (*Lithraea caustica*).

Más hacia el sur, en las laderas andinas, se encuentra un complejo paisaje de comunidades boscosas, donde resaltan roble (*Nothofagus obliqua*) - zarzaparrila (*Ribes punctatum*), que puede alcanzar un gran desarrollo, y ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) - roble (*Nothofagus obliqua*). En valles húmedos y en las laderas de poca pendiente expuestas al sur se encuentran roble (*Nothofagus obliqua*) - lingue (*Persea lingue*). Una comunidad escasa, que ocurre junto a cursos de agua es la de coihue (*Nothofagus dombeyi*) -

mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna*). En condiciones ambientales más favorables está raulí (*Nothofagus alpina*) - canelo (*Drimys winteri*), masa boscosa de gran riqueza florística, pero escasa.

En la Cordillera de la Costa la vegetación natural se manifiesta especialmente en los bosques de hualo (*Nothofagus glauca*), distribuidos en las cumbres, laderas y quebradas más próximas al litoral. Entre sus comunidades características están hualo (*Nothofagus glauca*) - corcolén (*Azara petiolaris*), que ocupa las posiciones ambientales menos favorables, y hualo (*Nothofagus glauca*) - avellano (*Gevuina avellana*), que representa la fase más húmeda y de mayor desarrollo, distribuyéndose por el cauce de las quebradas y en las laderas de exposición sur. En los sectores más degradados se encuentra la agrupación de litre (*Lithraea caustica*) - corcolén (*Azara integrifolia*).

### 7.2. Subregión del Bosque Caducifolio del Llano

Son bosques de hojas caducas, que se distribuyen en situaciones bajas, ocupando la depresión central y los relieves montañosos de poca altitud. Es el área geográfica típica del roble (*Nothofagus obliqua*). Las comunidades arbóreas más características son roble (*Nothofagus obliqua*) - lingue (*Persea lingue*), frecuente en laderas orientales de la Cordillera de la Costa, y roble (*Nothofagus obliqua*) - laurel (*Laurelia sempervirens*), ampliamente repartida sobre los lomajes de origen morrénico del pie de la cordillera andina. En valles y laderas húmedas es frecuente la asociación boscosa de roble (*Nothofagus obliqua*) - coihue (*Nothofagus dombeyi*), y en sectores sombríos con condiciones ambientales favorables, masas arbóreas laurifolias de olivillo (*Aextoxicon punctatum*) - laurel (*Laurelia sempervirens*).

Una comunidad de carácter invasor es la de lluvia de oro (*Cytisus monspessulanus*) - retamillo (*Sarothamnus scoparius*). Otra agrupación invasora, muy frecuente, es la de zarzamora (*Rubus ulmifolius*) - espinillo (*Ulex europaeus*). Se presenta como masas puras sobre terrenos rozados o quemados, destacándose al borde de los caminos. En sectores más áridos es frecuente la comunidad de roble (*Nothofagus obliqua*) - peumo (*Cryptocarya alba*). En las quebradas húmedas se encuentra roble (*Nothofagus obliqua*) - mañío de hojas largas (*Podocarpus salignus*), frecuente pero de distribución local.

### 7.3. Subregión del Bosque Caducifolio Andino

El Bosque Caducifolio Andino aparece en las estribaciones de la Cordillera de los Andes, que presentan mayor precipitación y temperaturas más bajas que los ambientes de la depresión central. Son bosques densos con un dosel muy alto, penetrados por especies laurifoliadas, con raulí (*Nothofagus alpina*) predominando la fisonomía.

En el área norte, se encuentran bosques de roble (*Nothofagus obliqua*) - raulí (*Nothofagus alpina*), con estructura poco estratificada y con un sotobosque muy denso. Una comunidad frecuente en los niveles altitudinales superiores, en valles y laderas sombrías, es la de coihue (*Nothofagus dombeyi*) - chaura (*Gaultheria phyllyreaefolia*).

Hacia su límite sur, son los bosques de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) los que dominan, distribuyéndose en un estrecho piso altitudinal de situaciones ecológicas más húmedas y frías.

En lugares húmedos y con mayor desarrollo del sustrato, en especial lugares de altitud media, es frecuente coihue (*Nothofagus dombeyi*) - tepa (*Laurelia philippiana*), en laderas bajas se puede observar a olivillo (*Aextoxicon punctatum*) - laurel (*Laurelia sempervirens*).

## 8. Región del Bosque Laurifolio

Se distingue por la presencia de grandes árboles perennifolios de hojas en general grandes, brillantes y de color verde oscuro. La fisonomía es la de un bosque denso de estratificación compleja, casi una selva. El área geográfica del Bosque Laurifolio es reducida y fragmentada. Se considera que la vegetación del Archipiélago de Juan Fernández pertenece a esta región vegetacional, por el parentesco biogeográfico y por la similitud de sus ambientes ecológicos. Esta región está formada por dos subregiones.

### 8.1. Subregión del Bosque Laurifolio de Valdivia

Se encuentra de preferencia en tierras bajas y en los faldeos de ambas cordilleras. En sus comunidades destacan especies como olivillo (*Aextoxicon punctatum*), ulmo (*Eucryphia cordifolia*), tepa (*Laurelia philippiana*) y tinea (*Weinmannia trichosperma*). Hay matices locales a causa de un gradiente climático progresivamente más lluvioso y frío hacia el sur. Esto provoca una mayor abundancia de especies coníferas como mañíos (*Podocarpus, Saxegothaea*) y alerce (*Fitzroya cupressoides*), y la participación del coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*), como elemento importante en las comunidades boscosas. Hay también una variación importante en los pisos altitudinales superiores, donde intervienen como limitantes de importancia las bajas temperaturas invernales y la ocurrencia periódica de fenómenos catastróficos debido al volcanismo. Esto incide en una mayor participación de especies como coihue (*Nothofagus dombeyi*) y coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*).

Una de las comunidades más características y frecuentes es la de olivillo (*Aextoxicon punctatum*) - ulmo (*Eucryphia cordifolia*), que ocupa de preferencia el piso altitudinal inferior. Otra agrupación boscosa es la de ulmo (*Eucryphia cordifolia*) - tinea (*Weinmannia trichosperma*), muy frecuente en el sector más austral, en especial en los pisos altitudinales medios. Son también frecuentes los bosques con coihue (*Nothofagus dombeyi*) - tepa (*Laurelia philippiana*), relativamente más hidrófilas, y de tepa (*Laurelia philippiana*) - arrayán (*Myrceugenella apiculata*), en lugares donde el dosel superior del bosque ha sido intervenido. En sectores muy húmedos y bajos se encuentran densas agrupaciones pantanosas de petro (*Myrceugenia exsucca*) y arrayán (*Myrceugenella apiculata*). El área más austral de este ambiente es ocupado por poblaciones de tepú (*Tepualia stipularis*).

### 8.2. Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández

El mosaico vegetacional del Archipiélago de Juan Fernández es muy heterogéneo por el relieve, las alteraciones provocadas por el hombre y las condiciones ambientales diferentes de cada una de sus islas. A causa de un clima oceánico lluvioso con una baja amplitud térmica, su vegetación es la de un bosque laurifolio.

La comunidad que mejor resume la composición florística de los bosques de montaña baja y media de la Isla de Masatierra es la de lumilla (*Nothomyrcia fernandeziana*) - canelo

(*Drimys confertifolia*). En el bosque o matorral denso de montaña alta o medio domina la agrupación de cuminia (*Cuminia fernandeziana*) - corcolén (*Azara fernandeziana*). En lugares expuestos y en grandes claros de bosque es frecuente una comunidad de pastos, dominada por las gramíneas en mechón como flechilla (*Stipa fernandeziana*) y filipogon (*Polypogon chilense*).

Por el relieve de la Isla de Masafuera, el paisaje vegetal muestra una marcada estratificación altitudinal. La comunidad que representa la composición general del bosque de montaña baja y media en la isla es la de naranjillo (*Fagara externa*) - luma (*Myrceugenia schulzei*). En lugares abiertos se encuentran diversas agrupaciones como la de coironcillo (*Piptochaetium laevissimum*) - flechilla (*Stipa fernandeziana*).

## 9. Región del Bosque Andino-Patagónico

Es el territorio cubierto con bosques de la cordillera andina sur y austral. El paisaje vegetal está dominando por la lenga (*Nothofagus pumilio*), especie caducifolia de hojas pequeñas, presente en varias de las comunidades de este ambiente. Se pueden identificar dos subregiones en esta región.

### 9.1. Subregión de las Cordilleras de la Araucanía

Son bosques alto-montaños, cuya característica es la presencia de araucaria (*Araucaria araucana*), como árbol dominante. La distribución de las comunidades vegetales está definida por la precipitación y el relieve, con excepción de la Cordillera de Nahuelbuta, que es un relicto de eventos biogeográficos del pasado.

La comunidad más característica y ampliamente distribuida es el bosque de araucaria (*Araucaria araucana*) y lenga (*Nothofagus pumilio*), en el nivel altitudinal superior, sujeto a precipitaciones nivales. Otra agrupación boscosa es araucaria (*Araucaria araucana*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*), en los sectores medios de las laderas occidentales de la cordillera de los Andes, donde las precipitaciones tienen una mayor influencia. Hacia las laderas orientales más áridas se encuentran bosquetes de araucaria (*Araucaria araucana*) - coirón (*Festuca pascua*), insertos en un paisaje estepario.

Una asociación boscosa de valles húmedos y fríos, es lenga (*Nothofagus pumilio*) - ñire (*Nothofagus antarctica*). En sectores locales, de condiciones más favorables, se puede encontrar roble (*Nothofagus obliqua*) - vautre (*Baccharis obovata*), comunidad arbórea poco densa.

En el complejo paisaje, con frecuencia participan comunidades arbustivas y herbáceas relacionadas con las estepas alto-andinas y con las formaciones esteparias patagónicas. Las más representativas son la de zarcilla (*Berberis empetrifolia*) - maillico (*Caltha andicola*), con arbustos bajos y a menudo pulvinados, y vautre (*Baccharis patagonica*) - coirón (*Stipa patagonica*), frecuente en las grandes extensiones llanas.

En la Cordillera de la Costa, aparte de las comunidades típicas de araucaria (*Araucaria araucana*) y lenga (*Nothofagus pumilio*), se observan agrupaciones de ñire (*Nothofagus antarctica*), en el nivel altitudinal superior y en los sectores más expuestos; coihue (*Nothofagus dombeyi*) - avellano (*Gevuina avellana*), en piso altitudinal intermedio y en laderas húmedas y sombrías; raulí (*Nothofagus alpina*) - coihue (*Nothofagus dombeyi*), en las laderas occidentales con alta precipitación, y roble (*Nothofagus obliqua*) - raulí (*Nothofagus alpina*), en posiciones intermedias.

## 9.2. Subregión de las Cordilleras Patagónicas

Se extiende por los Andes australes, en condiciones ambientales con cierto grado de continentalidad y precipitaciones reducidas, a menudo en forma de nieve. Con frecuencia limitada a cordones montañosos con presencia de glaciares, su distribución principal es en las vertientes de la cordillera, cubriendo las laderas y los grandes valles.

El paisaje vegetal es homogéneo, de fisonomía boscosa, formada por masas puras, de lenga (*Nothofagus pumilio*) o coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), con un sotobosque ralo y un estrato herbáceo pobre en especies. Las comunidades más típicas de los bosques caducifolios micrófilos son lenga (*Nothofagus pumilio*) - canelillo (*Drimys winteri* var. *andina*), en laderas altas y medias, con distribución geográfica muy amplia, y lenga (*Nothofagus pumilio*) - maitén chico (*Maytenus disticha*), frecuente en toda la formación pero especialmente en su área austral. Posiciones ambientales más húmedas muestran una comunidad mixta y heterogénea, con coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - lenga (*Nothofagus pumilio*). En niveles altitudinales superiores y laderas expuestas al viento, la comunidad característica es de lenga (*Nothofagus pumilio*) - parrillita (*Ribes cucullatum*), con aspecto de un monte achaparrado. Otra comunidad similar en su fisonomía de arbustos intrincados y tortuosos, es la de ñire (*Nothofagus antarctica*), distribuida en los límites altitudinales.

Una agrupación boscosa rara es la de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) - radal (*Lomatia hirsuta*), típica por su dosel arbóreo ralo. Un matorral alto, denso, propio de las laderas rocosas de las montañas, es el de notro (*Embothrium coccineum*) - vauto (*Baccharis obovata*), característico de los valles abrigados en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.

En los sectores más áridos, en el límite con las estepas patagónicas, se encuentran agrupaciones típicas de ñire (*Nothofagus antarctica*) - calafate (*Berberis buxifolia*), con aspecto boscoso y a menudo de matorral alto; ñire (*Nothofagus antarctica*) - vauto patagónico (*Baccharis patagonica*), que conforma pequeños bosquetes de dosel superior ralo, y chaura (*Pernettya mucronata*) - mata verde (*Chiliotrichium diffusum*), conjunto arbustivo ampliamente distribuido, especialmente en el territorio más austral.

Un conjunto boscoso de distribución local, pero frecuente en lugares húmedos, es coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - canelo (*Drimys winteri*). Comunidades características de sustratos pantanosos y turbosos, muy abundantes en la distribución sur, son las de breccillo (*Empetrum rubrum*) - esfagno (*Sphagnum magellanicum*), y la de bolax (*Bolax gumifera*) - chaurilla (*Pernettya pumila*).

## 10. Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas

Es un territorio con altas precipitaciones y temperaturas bajas y estables. El relieve es complejo y diversificado, incluyendo sectores montañosos de las laderas occidentales de las cordilleras patagónicas, campos de hielo y archipiélagos ubicados desde el sur de la Isla de Chiloé (X Región de Los Lagos) hasta el Cabo de Hornos (XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena). En ella se pueden distinguir tres subregiones:

### 10.1. Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas

Son bosques pobremente diversificados, con un dosel relativamente abierto y un estrato arbustivo denso. Los árboles característicos son coníferas, como alerce (*Fitzroya cupressoides*) o ciprés de Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*), acompañados por especies de coihue (*Nothofagus dombeyi*), de hojas pequeñas y perennes, y mañíos (*Podocarpus* o *Saxegothaea*). En la parte más boreal, en laderas bajas y valles occidentales de la Cordillera de los Andes, y en las islas y fiordos próximos, destacan especies de coihue (*Nothofagus dombeyi*), acompañando a alerce (*Fitzroya cupressoides*), en las partes altas, y a ciprés de Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*), en las partes bajas más húmedas. Las comunidades boscosas más comunes son las de alerce (*Fitzroya cupressoides*) - coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*); coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - colihue (*Chusquea macrostachya*), típica en las altitudes mayores; coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - mañío macho (*Podocarpus nubigena*), de amplia repartición geográfica, especialmente en lugares altos; y coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*) - mañío macho (*Podocarpus nubigena*), en sectores bajos y más próximos al mar.

En áreas costeras al sur de Valdivia (X Región de Los Lagos), en las islas y en los archipiélagos más boreales, el paisaje vegetal es de carácter boscoso denso, donde son frecuentes las comunidades arbóreas y arbustivas pantanosas que a menudo llegan a constituir turberas. Entre las agrupaciones más típicas están alerce (*Fitzroya cupressoides*) - tepú (*Tepualia stipularis*), en laderas bajas y planos húmedos; alerce (*Fitzroya cupressoides*) - oreobolus (*Oreobolus obtusangulus*), que es una formación turbosa; y coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*) - mañío macho (*Podocarpus nubigena*), un bosque alto ubicado en lugares bien drenados de laderas superiores.

Otra comunidad característica es la de ciprés de Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*) - tepú (*Tepualia stipularis*), ampliamente distribuida en pendientes suaves y sectores planos inundados. Una fase más húmeda y de menor desarrollo es el ciprés de las Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*) - coicopihue (*Philesia magellanica*), ubicada en los límites altitudinales. En las mesetas, cumbres planas o pendientes suaves, se encuentran ciprés de Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*) - astelia (*Astelia pumila*), agrupación claramente turbosa.

### 10.2. Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo

Es dominada por bosques de coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), árbol perennifolio micrófilo, que es el elemento principal en el paisaje. En su sector norte la comunidad típica es coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - tepa (*Laurelia philippiana*), a veces acompañado de mañío hembra (*Saxegothaea conspicua*). En localidades bajas se encuentra coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - colihue (*Chusquea*

*macrostachya*), un bosque de altura, monoespecífico en el dosel superior y con un sotobosque poco denso, de amplia distribución geográfica. Más al sur el bosque se vuelve más simple y está representado por la agrupación de coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - michay (*Berberis serrato-dentata*), un bosque abierto, de amplia distribución.

Existen componentes caducifolios micrófilos, que ocupan situaciones ambientales específicas. Entre ellas están el matorral de ñire (*Nothofagus antarctica*) - calafate (*Berberis buxifolia*), una agrupación de arbustos altos ubicada en sectores más fríos y en cauces pedregosos, y el bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) - maitén chico (*Maytenus disticha*), que alcanza a veces gran desarrollo en las laderas de las montañas.

En el sector más austral, especialmente en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, los bosques siempreverdes micrófilos adquieren un carácter más hidrófilo. Se ubican en las laderas orientales de las cordilleras y en los sectores más favorables de los archipiélagos, formando un paisaje complejo, ya que se distribuyen en mosaico con los bosques caducifolios y las turberas. Entre las comunidades más características están los bosques de coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - canelo (*Drimys winteri*), en posiciones pantanosas; coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - mata verde (*Chiliodendron diffusum*), en relación directa con la estepa patagónica; y coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - chaura (*Pernettya mucronata*), una situación local, frecuente en el piso altitudinal superior.

En los archipiélagos magallánicos se distribuye ampliamente una comunidad boscosa de dosel bajo, intrincado y subarbóreo, de coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), casi puro. Otras comunidades de interés son canelo (*Drimys winteri*) - leña dura (*Maytenus magellanica*), matorrales arborescentes propios de Tierra del Fuego, y ñire (*Nothofagus antarctica*) - pangue (*Gunnera magellanica*), matorral abierto y frecuente. Entre las comunidades turbosas presentes están brecillo (*Empetrum rubrum*) - bolax (*Bolax caespitosa*); bolax (*Bolax gummifera*) - chaurilla (*Pernettya pumila*); y astelia (*Astelia pumila*) - donatia (*Donatia fascicularis*).

### 10.3. Subregión de las Turberas y de la Estepa Pantanosa

Se caracteriza por ser una vegetación de ambientes casi subantárticos y cubre las islas de los archipiélagos situados en el extremo austral del país. El paisaje está constituido por formaciones de plantas pulvinadas, cespitosas, arbustos bajos y matorrales. En condiciones muy favorables es posible encontrar comunidades boscosas.

En su parte boreal, son frecuentes las agrupaciones de carácter boscoso en laderas bajas protegidas y en los sectores de mejor drenaje. Entre ellas están coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*) - mañío macho (*Podocarpus nubigena*), poco frecuente y siempre cerca del litoral; coihue de Chiloé (*Nothofagus nitida*) - tepú (*Tepualia stipularis*), con fisonomía de matorral alto y denso; coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - mañío macho (*Podocarpus nubigena*), a veces abundante en condiciones locales; y ciprés de Guaytecas (*Pilgerodendron uvifera*) - tepú (*Tepualia stipularis*), frecuente en sectores planos y de poca pendiente.

Hacia la parte austral, las condiciones ambientales más severas limitan el desarrollo

arbóreo. En condiciones favorables, sin embargo, existen formaciones arbustivas y boscosas. Entre ellas están coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), con carácter sucesional y a menudo sobre morrenas glaciares, y coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - chaura (*Pernettya mucronata*), quizás representando un estado más avanzado en la sucesión ecológica.

Otras agrupaciones con plantas leñosas altas son coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - canelo (*Drimys winteri*), de presencia local y poco frecuente; coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) - astelia (*Astelia pumila*), de carácter subarbóreo y presente en áreas turbosas; ñire (*Nothofagus antarctica*) - siete camisas (*Escallonia serrata*), matorral alto frecuente sobre sustratos rocosos; ñire (*Nothofagus antarctica*) - pangué (*Gunnera magellanica*), matorral abierto, propio de sitios húmedos y planos; y chaura (*Pernettya mucronata*) - mata verde (*Chiliorichium diffusum*), matorral bajo que se encuentra ligado a los sustratos pedregosos.

En su distribución sur, y donde las condiciones son más limitantes, predominan formaciones de turbas musgosas y de ciperáceas, junto a matorrales bajos y estepas pantanosas. La vegetación leñosa alta es excepcional y existen extensas superficies desprovistas de vida vegetal.

Las comunidades más frecuentes son de brecillo (*Empetrum rubrum*) - orebolus (*Oreobolus obtusangulus*), comunidad turbosa de condiciones ambientales muy húmedas y frías, y bolax (*Bolax gumifera*) - chaurilla (*Pernettya pumila*), con aspecto de estepa turbosa con plantas pulvinadas similar en fisonomía a brecillo (*Empetrum rubrum*) - bolax (*Bolax caespitosa*), que tiene una amplia distribución en los archipiélagos.

La comunidad turbosa más representativa de este ambiente es la de astelia (*Astelia pumila*) - donatia (*Donatia fascicularis*), que forma las turberas más extensas en las regiones australes. Estrechamente imbricadas con ella están las agrupaciones de brecillo (*Empetrum rubrum*) - esfagno (*Sphagnum magellanicum*), una comunidad compleja que alterna turba musgosa con matorral arbustivo bajo y abundante, y brecillo (*Empetrum rubrum*) - marsipospermo (*Marsippospermum grandiflorum*), una estepa pantanosa con arbustos bajos.

## 11. Región de la Estepa Patagónica

Se encuentra en el extremo árido-frío del gradiente climático de la zona austral del país. Muestra la fisonomía esteparia característica con gramíneas en mechón o coirones y arbustos bajos de hojas reducidas. En su margen occidental ocurren con frecuencia elementos florísticos de los bosques andino-patagónicos. Se distinguen dos subregiones.

### 11.1. Subregión del Matorral y de la Estepa Patagónica de Aisén

Está representada por una estrecha franja de territorio situado en los macizos montañosos patagónicos, donde la gradiente ambiental muestra sus características más limitantes. Destaca la presencia del neneo (*Mulinum spinosum*) y del duraznillo (*Colliguaya integerrima*), aparte de la participación de diferentes especies de coirón (*Festuca* y *Stipa*) y de los cadillos (*Acaena*).

Las agrupaciones donde predominan las gramíneas son coirón (*Festuca pallescens*) - cadillo (*Acaena splendens*), abundante en situaciones favorables, y coirón (*Festuca pallescens*) - neneo (*Mulinum spinosum*), frecuentes sobre suelos con algún grado de erosión. Una estepa de arbustos bajos, casi rastreros, y gramíneas en mechón muy frecuentes, es la de vauto (*Baccharis patagonica*) - coirón (*Stipa patagonica*), una unidad vegetacional denominada coironal, o impropriamente mallín, que se encuentra sobre todo en grandes extensiones llanas y arenosas. Otra comunidad arbustiva frecuente es la de vauto (*Baccharis patagonica*) - cadillo (*Acaena splendens*), que corresponde a estados de degradación del medio.

En situaciones ecológicas especialmente favorables, se encuentran comunidades arbustivas de desarrollo variable. Entre ellas están duraznillo (*Colliguaya integerrima*) - neneo (*Mulinum spinosum*), que forma un matorral abierto; notro (*Embothrium coccineum*) - vauto (*Baccharis obovata*), un matorral subarbóreo; y ñire (*Nothofagus antarctica*) - vauto (*Baccharis patagonica*), agrupación propia de cursos de agua o lugares bajos húmedos.

## 11.2. Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes

Se encuentra hacia el este de los bosques caducifolios. Su fisonomía es homogénea, con extensa dominancia de arbustos bajos aislados, hierbas cespitosas y gramíneas en mechón. Una de las comunidades esteparias más frecuente, donde predominan las gramíneas en mechón, es la de coirón dulce (*Festuca gracillima*) - coironcillo (*Stipa humilis*), que tiene una amplia distribución. Otra agrupación de amplia distribución con predominio de las formas arbustivas, es la de mata verde (*Chilotrimum diffusum*). La comunidad de pichi (*Lepidophyllum cupressiforme*) - coirón dulce (*Festuca gracillima*), está conformada por arbustos bajos, y se presenta localmente en suelos arenosos y pedregosos.

Entre la vegetación arbustiva alta y subarbórea, está el canelo (*Drimys winteri*) - leña dura (*Maytenus magellanica*), matorrales arborescentes cuya distribución ha disminuido por influencia humana.

61'

*Capítulo 3*

*Fauna Terrestre de Chile*

*Juan C. Torres M.*

*Sección Zoología, Museo Nacional de Historia Natural*

**Previous Page Blank**

### CAPITULO 3. FAUNA TERRESTRE DE CHILE

Autor: Juan C. Torres M., Sección Zoología, Museo Nacional de Historia Natural

#### 1. Introducción

La posición geográfica, los climas, el tamaño reducido del área continental y la historia del poblamiento faunístico han determinado una menor riqueza de especies en Chile que la encontrada en otras áreas de Sudamérica. Al mismo tiempo, estos factores contribuyen a un alto grado de endemismo de la fauna terrestre del país, lo que le confiere un gran valor científico. En este sentido, los estudios realizados a la fecha se han concentrado en ciertos grupos taxonómicos en desmedro de otros, y en muchos casos éstos se han realizado por especialistas extranjeros, por lo que las principales colecciones faunísticas se encuentran en el extranjero. Aunque la investigación de nuestra fauna comenzó tempranamente, aún son muchas y muy variadas las preguntas sobre ella'. El presente trabajo es una revisión general del estado del conocimiento de nuestra fauna terrestre y pretende servir de invitación para profundizar en alguno de sus múltiples aspectos.

#### 2. Invertebrados

En general, en los invertebrados se reconocen relaciones de parentesco a nivel de familia y género con Australia y Nueva Zelanda, con el sur de Africa y también con otras regiones de nuestro continente. Por ejemplo, la fauna de insectos presenta nexos evolutivos con los países vecinos, pero conserva también relaciones filogenéticas cercanas con taxa de Australia y Nueva Zelanda. Sin embargo, a nivel de especies y subespecies existe en varios grupos un alto porcentaje de endemismo (más del 50% en varios de ellos).

En grupos como anélidos, arácnidos y miriápodos, aún no se conocen bien ni las especies ni su distribución, así como tampoco se cuenta con monografías o claves de determinación. Dada la gran diversidad de estos animales, los catálogos y revisiones suelen restringirse a una región del país o comprender grupos pequeños (e.g., órdenes, familias, géneros). Entre éstos se cuentan los catálogos de Cekalovic', quien ha revisado algunos

---

<sup>1</sup> Molina, I. 1782. *Saggio sulla Storia Naturale del Chili*. Vol. 8. Bologna. 368 pp.

Gay, C. 1847. *Historia Física y Política de Chile*. Zoología. Tomo I. Imprimerie Maulde et Renou, Paris. 182 pp.

<sup>2</sup> Cekalovic, T. 1983. *Catálogo de los Escorpiones de Chile (Chelicerata, Scorpiones)*. Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 53:43-70.

Cekalovic, T. 1984. *Catálogo de los Pseudoscorpiones y Palpigradi de Chile (Chelicerata)*. Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 55:7-35.

Cekalovic, T. 1985. *Catálogo de los Opiliones de Chile (Arachnida)*. Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 56:7-29.

grupos de arácnidos (escorpiones, seudoescorpiones, palpígrados y opiliones), y de Ringuelet<sup>3</sup>, que realizó una sinopsis de los anélidos hirudíneos. Zapfe<sup>4</sup> lleva a cabo una revisión de la literatura sobre arañas, y entrega una clave para las 39 familias y 147 géneros detectadas en el país en esa época. En el grupo de los ácaros asociados a las habitaciones humanas, dada su importancia sanitaria, se han desarrollado investigaciones que incluyen claves ilustradas de especies y aspectos de biología básica<sup>5</sup>. Otro tanto ocurre con los ácaros fitófagos, que tienen gran importancia como plagas agrícolas<sup>6</sup>. Algunas familias de insectos cuentan con revisiones o claves actualizadas<sup>7</sup>.

Además, diversas especies de insectos han sido introducidas al país y varias de ellas (e.g., mosca de la fruta, polilla del brote, mariposa del repollo, avispa chaqueta amarilla, entre varias otras), se han convertido en plagas de importancia económica por sus efectos negativos sobre la agricultura. Dada la importancia que tiene para la agricultura chilena la existencia de estas plagas, se han realizado numerosos estudios sobre la biología básica de estas especies, los cuales han servido de sustento para su control<sup>8</sup>.

Los insectos son lejos el grupo de invertebrados terrestres que cuenta con el mayor número de publicaciones, con la mayor cantidad de especialistas y con una actividad continua a través del tiempo. Los cultores de esta disciplina se encuentran agrupados en la Sociedad Chilena de Entomología y cuentan con revistas dedicadas exclusivamente al tema, como la Revista Chilena de Entomología y el Acta Entomológica Chilena, y con una monografía que, si bien no incluye todas las especies, trata en forma global los insectos del país<sup>9</sup>.

<sup>3</sup> Ringuelet, R.A. 1985. *Sinopsis de los Hirudíneos de Chile (Annelida)*. Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 56:163-179.

<sup>4</sup> Zapfe, H. 1959. *Clave para Determinar Familias y Géneros de Arañas Chilenas*. Investigaciones Zoológicas Chilenas, 5:149-187.

<sup>5</sup> Artigas, J.N. y M.E. Casanueva. 1983. *Acaros del Polvo de las Habitaciones en Chile (Acari)*. Gayana, Zoología, 47:1-106.

<sup>6</sup> González, R.H. 1989. *Insectos y Acaros de Importancia Agrícola y Cuarentenaria en Chile*. Vértice Comunicación Publicitaria, Santiago. 310 pp.

<sup>7</sup> Angulo, A. y M.E. Casanueva. 1981. *Catálogo de los Lepidópteros Geométridos de Chile (Lepidoptera, Geometridae)*. Boletín Sociedad de Biología de Concepción, 51:7-39.

Artigas, J.N. y N. Papavero. 1988. *The American Genera of Asilidae (Diptera), Keys for Identification with an Atlas of Female Spermathecae and other Morphological Details*. Gayana, Zoología, 52:95-114.

Chiappa, E., M. Rojas y H. Toro. 1990. *Clave para los Géneros de Abejas de Chile (Hymenoptera, Apoidea)*. Revista Chilena de Entomología, 18:67-81.

Elgueta, M. 1993. *Las Especies de Curculionioidea (Insecta: Coleoptera) de Interés Agrícola en Chile*. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 48:2-79.

<sup>8</sup> Id. a nota 6.

<sup>9</sup> Peña, L. 1986. *Introducción a los Insectos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago. 256 pp.

### 3. Peces de Aguas Continentales

Dos especies de agnatos (lampreas o peces sin mandíbula) y 47 especies de teleósteos (peces óseos) conforman la fauna de peces de aguas continentales (i.e. agua dulce) de Chile. De estas especies, los dos agnatos y tres teleósteos se encuentran también en zonas estuarinas y en el mar. En general, los Siluriformes (bagres) y Atheriniformes (carachis y pejerreyes) tienen las distribuciones más restringidas, destacando *Trichomycterus laucaensis* propio del Río Lauca, *Trichomycterus chungarensis* del Lago Chungará y *Micropogon manni* del Lago Budi. Los dos géneros de agnatos presentes en aguas dulces chilenas son endémicos del Hemisferio Sur; *Mordacia* tiene dos especies comunes con Australia y la especie *Geotria australis* se encuentra tanto en Australia como en Sudamérica. Entre los Salmoniformes se encuentran distribuciones más amplias; *Brachygalaxias* está circunscrito a Sudamérica y *Galaxias* se encuentra también en Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Destaca en este aspecto la especie *Galaxias maculatus* que se encuentra también presente en aguas dulces de Australia y Nueva Zelanda.

Además, 19 especies exóticas han sido introducidas con fines ornamentales y/o económicos en las aguas dulces del país, a pesar de que algunas introducciones han desaparecido porque las especies no se han aclimatado. Sin embargo, varias especies de salmones y truchas se han adaptado a nuestros ambientes y constituyen un recurso económico; aunque su acción depredadora no ha sido completamente evaluada, se cree que han afectado negativamente a las especies nativas. La introducción de peces como carpa, dorado, tenca, bagre y chanchito es considerada perjudicial para los ecosistemas chilenos y además no han producido los efectos económicos esperados. A pesar de los efectos nocivos atribuidos a estas especies, en muchos casos no se ha realizado un seguimiento a sus poblaciones y no está claro cuál es el estado actual (distribución geográfica, abundancia, dieta, etc.) de muchas de ellas.

El libro de Mann<sup>10</sup> trata todas las especies de peces conocidas en ese momento en Chile, incluyendo aquellos de aguas continentales. La monografía de Arratia<sup>11</sup> contiene información sobre la anatomía y distribución de los géneros de peces dulceacuícolas. Otros trabajos comprenden aspectos más puntuales o se reducen a un grupo particular. Pequeño<sup>12</sup> actualiza la lista de las especies nativas e introducidas presentes en el país.

### 4. Herpetozoos

Los anfibios chilenos tienen su origen en antiguos componentes de la fauna sudamericana. La familia Leptodactylidae se originó en bosques temperados del sur del continente y el género *Bufo* (fam. Bufonidae), aunque de amplia distribución en el mundo,

---

<sup>10</sup> Mann, G. 1954. *La Vida de los Peces en Aguas Chilenas*. Instituto de Investigaciones Veterinarias, Santiago. 342 pp.

<sup>11</sup> Arratia, G. 1981. *Géneros de Peces de Aguas Continentales de Chile*. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 34:1-108.

<sup>12</sup> Pequeño, G. 1989. *Peces de Chile, Lista Sistemática Revisada y Comentada*. Revista de Biología Marina (Valparaíso), 24:1-132.

también parece tener su origen en esta área. En cuanto a los reptiles, las familias Tropicuridae y Teiidae tienen representantes fósiles desde el Paleoceno o Eoceno, y las especies actuales se originaron en la subregión patagónica del Neotrópico. Los gekos (fam. Gekkonidae) son insectívoros nocturnos de amplia radiación en los trópicos y poco diversificados en el país. También aquí existen pocas especies de culebras (fam. Colubridae), grupo de distribución cosmopolita y ampliamente representado en otras áreas.

Cuarenta especies de anfibios y 75 de reptiles conforman la herpetofauna de Chile (ver Tabla 3.1). En la zona norte diversas especies de anfibios y reptiles se distribuyen en el altiplano de Chile, Bolivia y Perú. Algunas especies de reptiles de ambientes desérticos costeros abarcan en su distribución el norte de Chile y el sur de Perú. La mayor cantidad de especies de anfibios se encuentra en la zona de los bosques húmedos del sur del país, y la mayor riqueza de especies de reptiles está en las zonas norte y centro, de ambientes desérticos y mediterráneos respectivamente. En la zona sur las especies de anfibios y reptiles del bosque húmedo y de la patagonia se encuentran también en Argentina, especialmente en las zonas fronterizas, que comparten los mismos ambientes con nuestro país.

**Tabla 3.1**  
**Grupos Taxonómicos Principales Representados en la Fauna Terrestre de Chile**

Grupo Taxonómico		Especies		
Clase	Orden	Nativas	Introducidas	Total
Pisces	Cyclostomata	2	-	2
	Salmoniformes	9	9	18
	Siluriformes	11	2	13
	Perciformes	7	1	8
	Atheriniformes	16	3	19
	Cypriniformes	4	4	8
		(49)	(19)	(68)
Amphibia	Anura	40	1	41
Reptilia	Squamata	75	-	75
Aves	Struthioniformes	1	-	1
	Tinamiformes	6	-	6
	Galliformes	1	1	2
	Anseriformes	28	1	29
	Piciformes	8	-	8
	Psittaciformes	4	-	4
	Apodiformes	2	-	2
	Trochiliformes	9	-	9
	Strigiformes	9	-	9
	Columbiformes	9	1	10
	Gruiformes	13	-	13
	Ciconiiformes	108	-	108
	Passeriformes	137	1	138
		(335)	(4)	(339)

**Tabla 3.1 (continuación)**  
**Grupos Taxonómicos Principales Representados en la Fauna Terrestre de Chile**

Grupo Taxonómico		Especies		
Clase	Orden	Nativas	Introducidas	Total
Mammalia	Didelphimorpha	1	-	1
	Microbiotheria	1	-	1
	Paucituberculata	1	-	1
	Xenarthra	3	-	3
	Rodentia	59	5	64
	Carnivora	11	2	13
	Chiroptera	10	-	10
	Artiodactyla	5	2	7
	Lagomorpha	-	2	2
		(91)	(11)	(102)

**Notas:** No se incluyen las especies marinas.  
 Los números entre paréntesis son los totales para cada celda.  
 En Ciconiiformes se incluye también los antiguos órdenes Charadriiformes, Falconiformes, Podicipediformes, Pelecaniformes y Phoenicopteriformes.

**Fuente:** Veloso, A. y J. Navarro. 1988. *Lista Sistemática y Distribución Geográfica de Anfibios y Reptiles de Chile*. Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali (Torino), 6:481-539.

Al igual que ocurre con los insectos, Chile destaca por el alto endemismo de su herpetofauna; tres géneros y 24 especies de anfibios (60%) son endémicas. Entre los reptiles, un género y al menos 46 especies (50%) son endémicos. Una especie de anfibio, el sapo de garras (*Xenopus laevis*), fue introducido en la zona central del país alrededor de 1985 y habita en diversos cursos de agua. Aunque se le atribuyen efectos adversos sobre las especies nativas, no se ha publicado ningún estudio sobre su biología. No se registran reptiles introducidos, aunque algunos autores consideran como introducida la tortuga terrestre (*Chelonoidis chilensis*) que se mantiene como mascota<sup>13</sup>.

Los trabajos de Ceí<sup>14</sup> para anfibios y Donoso-Barros<sup>15</sup> para reptiles constituyeron importantes hitos en el conocimiento de esta fauna. Una revisión de la literatura relativa a herpetozoos en los últimos 15 años permite afirmar que las áreas con mayor número de trabajos son sistemática, citogenética y ecología. Con poco desarrollo se encuentran las áreas de paleontología, anatomía y parasitología. Regularmente, en los últimos años se han descrito nuevas especies y hay varias en proceso de descripción, por lo que puede afirmarse que la diversidad de la herpetofauna, a nivel de especies, aún no está completamente conocida. De

<sup>13</sup> Veloso, A. y J. Navarro. 1988. *Lista Sistemática y Distribución Geográfica de Anfibios y Reptiles de Chile*. Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali (Torino), 6:481-539.

<sup>14</sup> Ceí, J.M. 1962. *Batracios de Chile*. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 128 + CVIII pp.

<sup>15</sup> Donoso-Barros, R. 1966. *Reptiles de Chile*. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago. 458 + CXLVI pp.

acuerdo a Núñez y Jaksic<sup>16</sup>, las relaciones sistemáticas entre los reptiles chilenos no están claras, por lo que existe una gran inestabilidad taxonómica y varias zonas del país que carecen de estudios.

## 5. Aves

La fauna de aves terrestres de Chile comprende 339 especies pertenecientes a 13 órdenes y 41 familias, siendo los órdenes Passeriformes y Ciconiiformes<sup>17</sup> los más diversos, tanto a nivel familiar como específico (ver Tabla 3.1). A diferencia de otros grupos, en los últimos años se han agregado especies a la lista de aves del país basándose en observaciones y no en ejemplares, por lo que dichas adiciones no son contrastables. Dada la alta movilidad de las aves, la mayoría de las especies se encuentran ampliamente distribuidas a lo largo del país y sólo 11 especies son endémicas. Entre éstas, tres pertenecen a la familia Rhinocryptidae, de hábitos principalmente terrícolas con baja movilidad, y tres especies habitan en el Archipiélago de Juan Fernández. Considerando la presencia de especies endémicas, la costa del norte del país, la zona centro-sur y el Archipiélago de Juan Fernández constituyen áreas de endemismo importantes en el Neotrópico.

Algunas especies se encuentran sólo en los ambientes desérticos del norte, tanto en los valles (oasis) como en la precordillera y altiplano de esa región. La zona central tiene la mayor diversidad, con especies que habitan los matorrales y bosques; el bosque temperado presenta algunas especies características como carpinteros, loros y chucaos. La zona austral tiene pocas especies propias de esa zona, sólo unas pocas son típicamente patagónicas (por tanto viven también en Argentina). La mayoría de las especies de esa zona tienen distribuciones más septentrionales.

Varias especies de aves han sido introducidas al país. Dos especies, el gorrión (*Passer domesticus*) y la paloma (*Columba livia*), se encuentran en todo el país asociadas a los asentamientos humanos. La codorniz (*Callipepla californica*) habita en la zona central en ambientes de matorral y una especie de pato doméstico se ha asilvestrado en algunos lugares<sup>18</sup>. Varias especies de la zona central han sido introducidas en la Isla de Pascua, desconociéndose cuál es su estado actual y el efecto que han tenido sobre ese ecosistema insular.

Después de los aportes pioneros de C. Gay, R.A. Philippi y F. Albert, la expedición del *Field Museum de Chicago*, que recorrió todo Chile recolectando ejemplares, permitió a

<sup>16</sup> Núñez, H. y F. Jaksic. 1992. *Lista Comentada de los Reptiles Terrestres de Chile Continental*. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 43:63-91.

<sup>17</sup> Sibley, C.G., J.E. Ahlquist y B.L. Monroe Jr. 1988. *A Classification of the Living Birds of the World based on DNA-DNA Hybridization Studies*. Auk 105:409-423.

Sibley, C.G. 1991. *Phylogeny and Classification of Birds from DNA Comparisons*. Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici, Vol I:111-126.

<sup>18</sup> Araya, B., G. Millie y M. Bernal. 1986. *Guía de Campo de las Aves de Chile*. Edición de B. Araya, Santiago. 389 pp.

Hellmayr" la realización de una completa monografía. Posteriormente, el trabajo en terreno de diversos ornitólogos culminó con una obra sobre nuestra avifauna que aún no tiene similar en América Latina". Considerando los temas de las presentaciones de los últimos Encuentros Nacionales de Ornitólogos en 1988 y 1991, puede afirmarse que las áreas que más desarrollo tienen en la actualidad son la ecología y conservación; por el contrario, las áreas con escaso o nulo desarrollo son paleontología, evolución y anatomía. Al revisar la literatura ornitológica chilena publicada entre 1970 y 1992, Lazo y Silva" concluyen que se ha producido una tendencia hacia la profesionalización, un gran desarrollo del área ecológica en desmedro de otras áreas y un mayor énfasis en el estudio de aves terrestres. Actualmente los ornitólogos están agrupados en la Unión de Ornitólogos de Chile y publican el Boletín Chileno de Ornitología.

## 6. Mamíferos

La fauna de mamíferos terrestres de Chile está compuesta por 102 especies pertenecientes a nueve órdenes (ver Tabla 3.1). Además, existen dos especies nativas de artiodactylos que son domésticos. De las especies nativas, los roedores son los más diversos con 59 especies (64%), seguido por los carnívoros con 11 (12%), murciélagos con 10 (11%), ungulados con 5 (5%), armadillos con 3 especies (3%) y tres órdenes de marsupiales con una especie cada uno. Las zonas con mayor número de especies son el altiplano de Tarapacá y las áreas con influencia patagónica del Biobío, Aisén y Magallanes. Por el contrario, el Desierto de Atacama y los bosques temperados costeros del extremo austral son las áreas con menor riqueza de especies". De las 91 especies nativas, 12 son endémicas (13%), 11 de

" Hellmayr, Ch.E. 1932. *The Birds of Chile*. Field Museum of Natural History, Zoological Series, 19:1-472.

\* Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi-B. 1946. *Las Aves de Chile*. Tomo I. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 358 pp.

Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi-B. 1951. *Las Aves de Chile*. Tomo II. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 445 pp.

Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi-B. 1957. *Suplemento de las Aves de Chile*. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. pp. 349-425.

Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi-B. 1964. *2º Suplemento de las Aves de Chile*. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. pp. 443-521.

Johnson, A.W. 1965. *The Birds of Chile and Adjacent Regions of Argentina, Bolivia, and Peru*. Vol. I. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 393 pp.

Johnson, A.W. 1967. *The Birds of Chile and Adjacent Regions of Argentina, Bolivia, and Peru*. Vol. II. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 447 pp.

Johnson, A.W. 1972. *Supplement to the Birds of Chile and Adjacent Regions of Argentina, Bolivia, and Peru*. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 116 pp.

" Lazo, I. y E. Silva. 1993. *Diagnóstico de la Ornitología en Chile y Recopilación de la Literatura Científica Publicada desde 1970 a 1992*. Revista Chilena de Historia Natural, 66:103-118.

\* Contreras, L.C. En prensa. *Biogeografía de Mamíferos Terrestres de Chile*. En: Muñoz, A. y J. Yáñez (eds.). Manual de Mamíferos de Chile.

ellas son roedores y la otra es un carnívoro. De estas siete especies se encuentran en la zona central lo que la transforma en un área de alto endemismo. La mayor parte de los endemismos son especies pequeñas y la excepción es el zorro de Darwin, habitante del bosque de Chiloé.

Once especies de mamíferos han sido introducidas intencional o accidentalmente y se encuentran en estado silvestre en nuestro país. De estas especies, dos son lagomorfos, cinco son roedores, dos son carnívoros y dos son artiodactylos. Una de las áreas con mayor impacto por mamíferos introducidos es el Archipiélago de Juan Fernández, que tiene cinco especies terrestres y ninguna de ellas es nativa.

La expedición del *Field Museum*, de Chicago, y el material recolectado permitió a Osgood<sup>23</sup> efectuar su monografía, la que constituye el punto de partida para el conocimiento moderno de nuestra fauna de mamíferos. Con posterioridad no se ha realizado una obra que comprenda aspectos generales de la biología de todas las especies presentes en el país, aunque cabe citar las de Mann<sup>24</sup> sobre pequeños mamíferos, la guía de Miller y Rottmann<sup>25</sup> y el catálogo de Tamayo y Frassinetti<sup>26</sup>. Una revisión de la literatura relativa a mamíferos chilenos, publicada en los últimos 10 años, permite determinar que ecología, sistemática y citogenética son las áreas que han suscitado mayor interés, en cambio paleontología y anatomía casi no cuentan con trabajos publicados.

## 7. Conclusiones

La fauna terrestre de Chile presenta relaciones de parentesco con aquella de países vecinos y también con la de Australia y Nueva Zelandia. Esto último ocurre especialmente en aquellos grupos que han tenido su origen en el Mesozoico, en el continente Gondwana, que comprendía los actuales Sudamérica, Africa, Australia, Antártica e India. Muchos grupos han tenido su radiación en Chile, lo que se traduce en un alto porcentaje de endemismos y confiere a nuestra fauna un gran valor científico. Varias especies de distintos órdenes han sido introducidas al país y su efecto sobre el ambiente es poco conocido, aunque se cree que es negativo.

Prácticamente no existen guías de campo u obras de divulgación que lleven el conocimiento de nuestra fauna a un público masivo. Una excepción la constituyen las aves que cuentan con una guía para la patagonia<sup>27</sup> y la guía de campo de Araya *et al.*<sup>28</sup> que,

<sup>23</sup> Osgood, W.H. 1943. *The Mammals of Chile*. Field Museum Natural History, Zoological Series, 30:1-268.

<sup>24</sup> Mann, G. 1978. *Los Pequeños Mamíferos de Chile*. *Zoología*, 40:1-342.

<sup>25</sup> Miller, S. y J. Rottmann. 1976. *Guía para el Reconocimiento de Mamíferos Chilenos*. Serie Expedición a Chile, Editorial G. Mistral, Santiago. 200 pp.

<sup>26</sup> Tamayo, M. y D. Frassinetti. 1980. *Catálogo de los Mamíferos Fósiles y Vivientes de Chile*. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 37:323-399.

<sup>27</sup> Venegas, C. 1986. *Aves de Patagonia y Tierra del Fuego Chileno-Argentina*. Ed. Universidad de Magallanes, Punta Arenas. 79 pp.

abarcando la totalidad de la avifauna del país, entrega descripciones, ambientes, distribución e ilustraciones en blanco y negro. A nivel local cabe mencionar el esfuerzo de Garay y Guineo<sup>29</sup>, autores de un libro introductorio al Parque Nacional Torres del Paine, que incluye fotos y descripciones de flora, aves y mamíferos. Aparte del libro introductorio a los insectos ya mencionado<sup>30</sup>, existe también una guía, ilustrada en colores, de las especies más conocidas de coleópteros de la zona central, con información general sobre el grupo<sup>31</sup>. En la década del 70, como parte de la publicación en fascículos denominada "Expedición a Chile", se publicaron guías con dibujos en colores y descripciones generales, sobre coleópteros, mariposas, aves de la ciudad y mamíferos, entre otros temas. En los 80 se publicó una guía sobre mamíferos terrestres, como parte de una serie sobre naturaleza de Chile. Ambas series no se encuentran disponibles en el comercio en la actualidad.

La mayor parte de los análisis zoogeográficos se refieren a grupos específicos o son descripciones de zonas biogeográficas basadas en la vegetación, a las que se insertan algunas especies animales características. Hellmayr<sup>32</sup>, usando las distribuciones de las aves terrestres, separa Chile en tres zonas de vida: tropical, temperada y de la puna. Osgood<sup>33</sup> utiliza como base esta propuesta y la modifica utilizando la distribución de los mamíferos terrestres, realizando una división de la zona temperada de Hellmayr en cuatro áreas para obtener seis zonas mastozoológicas. Goodall *et al.*<sup>34</sup> modifican las propuestas de Hellmayr y Osgood para producir una caracterización de zonas ornitogeográficas. Contreras<sup>35</sup> analiza la distribución de la riqueza de especies, la similitud faunística entre áreas geográficas y el endemismo de los mamíferos terrestres no voladores. Mann<sup>36</sup> utiliza la vegetación y la topografía para definir seis comunidades características y en ellas describe la condición clímax (o comunidad madurada), y también las condiciones preclímax (con menor disponibilidad de agua) y postclímax (con mayor abundancia de agua). En estas comunidades inserta las especies más conspicuas de la fauna. Artigas<sup>37</sup> realiza una aproximación más completa a la zoogeografía de Chile en una revisión de las proposiciones zoogeográficas de

<sup>28</sup> Araya, B., G. Millie y M. Bernal. 1986. *Guía de Campo de las Aves de Chile*. Edición de B. Araya, Santiago. 389 pp.

<sup>29</sup> Garay, G. y O. Guineo. 1991. *Conociendo Torres del Paine*. Edición de los autores, Punta Arenas. 110 pp.

<sup>30</sup> Id. a nota 9.

<sup>31</sup> Sáiz, F., J. Solervicens y P. Ojeda. 1989. *Coleópteros del Parque Nacional La Campana y Chile Central*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso. 124 pp.

<sup>32</sup> Id. a nota 19.

<sup>33</sup> Id. a nota 23.

<sup>34</sup> Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi-B. 1946. *Las Aves de Chile*. Tomo I. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires. 358 pp.

<sup>35</sup> Id. a nota 22.

<sup>36</sup> Mann, G. 1960. *Regiones Biogeográficas de Chile*. Investigaciones Zoológicas Chilenas, 6:15-49.

<sup>37</sup> Artigas, J.N. 1975. *Introducción al Estudio por Computación de las Áreas Zoogeográficas de Chile Continental Basado en la Distribución de 903 Especies Animales Terrestres*. Gayana, Miscelánea, 4:1-25.

diversos autores, y basadas tanto en vegetación, como en invertebrados, vertebrados o zonas bioclimáticas, genera un mapa de regiones biogeográficas en función de la distribución de 903 especies de insectos, arácnidos, crustáceos dulceacuícolas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Como conclusión de este estudio, se divide Chile en cinco áreas zoogeográficas, las que están subdivididas en zonas. Tanto las áreas como las zonas son en varios casos coincidentes con los planteamientos previos de otros autores. En líneas generales, las áreas son: Atacameña (18°S-29°30'S), Santiaguina (29°30'-36°30'S), Valdiviana (36°30'-41°S), Aysenina (41°-48°S), y Magallánica (48°-56°S).

En 1991 la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica constituyó el Comité Nacional de Diversidad Biológica, el que a su vez formó grupos de trabajo a cargo de cada grupo taxonómico principal (mamíferos, aves, herpetozoos, peces, insectos, arácnidos, etc.). Este grupo realizó una encuesta entre los investigadores de todo el país para obtener información sobre el estado actual del conocimiento (número y composición de familias, géneros y especies, a nivel nacional y regional), cantidad y formación de los investigadores, existencia y estado de las colecciones, tipo de financiamiento de la investigación, entre otros tópicos. Con los resultados de esta encuesta se realizó un simposio donde se consolidó un diagnóstico del estado de desarrollo de la investigación sobre la diversidad biológica del país. Los resultados de este trabajo se dan a conocer a la comunidad a través de una publicación.

#### Agradecimientos:

Investigar aspectos de la biología de la fauna mencionada en este trabajo ha sido posible gracias a proyectos del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (87/535; 90/524; 92/142), de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (92/15; 93/19; 94/06) y de *Earthwatch* (Estados Unidos). Agradecemos a la Comisión Nacional del Medio Ambiente por la invitación a participar en esta obra. L.C. Contreras y un revisor anónimo hicieron valiosos comentarios a una versión preliminar del manuscrito.

*Capítulo 4*

*Flora y Fauna Marina de Chile*

*Doris Oliva E.*

*Instituto de Fomento Pesquero, Sede Valparaíso*

*Patricio Camus C.*

*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas,  
Pontificia Universidad Católica de Chile*

## CAPITULO 4. FLORA Y FAUNA MARINA DE CHILE

Autores: Doris Oliva E., Instituto de Fomento Pesquero, Sede Valparaíso

Patricio Camus C., Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile

### 1. Introducción: Características Oceánicas

El ambiente marino se caracteriza principalmente por ser tridimensional y dinámico. En los océanos ocurre una serie de procesos dinámicos entre los que destacan, ordenados desde microescala a macroescala, los procesos de difusión, turbulentos, olas, torbellinos (*eddies*), mareas, corrientes marinas y ondas Rossby (ondas planetarias), entre otros.

El sistema de circulación de las masas de agua en el Pacífico parece haber mantenido su patrón general durante decenas de millones de años<sup>1</sup>. Esta constancia en el tiempo ha permitido el desarrollo de ecosistemas particulares con una flora y fauna cuyos patrones de distribución muestran una asociación relativamente marcada con los patrones de circulación.

En general, la circulación en el Océano Pacífico se caracteriza por la existencia de dos grandes giros anticiclónicos, uno ubicado en el Hemisferio Norte y otro en el Hemisferio Sur (entre 10° y 35 - 40° de latitud). De este modo, la masa de agua del giro del Pacífico Sur se acerca desde el oeste a la costa chilena, aproximadamente a los 45°S, correspondiente al Archipiélago de Chonos, generando dos grandes brazos que fluyen en direcciones opuestas: hacia el norte la corriente Chile-Perú o corriente de Humboldt y hacia el sur la corriente del Cabo de Hornos. La corriente de Chile-Perú se mantiene paralela al continente hasta el norte del Perú (4°27'S), donde se desvía al oeste.

En Chile, frente a los 29°S, se desarrolla un sistema de seis corrientes que fluyen paralelas a la costa, y sus principales características se resumen en la Tabla 4.1. Estas corrientes son: Corriente Oceánica Chileno-Peruana, Contracorriente Oceánica Peruana, Corriente Chile-Perú, Contracorriente Costera de Chile, Corriente de los Fiordos y Corriente de Gunther. La Corriente de los Fiordos, a diferencia de las restantes, presenta una marcada estacionalidad, fortaleciéndose en los períodos estivales.

Las condiciones oceanográficas resultan ser más estables en el sur que en el norte del país. En la zona norte existe un flujo estacional de aguas subtropicales superficiales, relacionadas con fenómenos de surgencia y fenómenos de gran escala como El Niño.

Sobre la base de antecedentes oceanográficos y ecológicos, Bernal y Ahumada<sup>2</sup> proponen el reconocimiento de cinco ecosistemas marinos en nuestra costas, que son:

---

<sup>1</sup> Bernal, P. y R. Ahumada 1985. *Ambiente Oceánico*. En: Soler, A. (ed.). Medio Ambiente en Chile. CIPMA. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 57-105.

<sup>2</sup> Id. a nota 1.

Ecosistema del Giro Central del Pacífico Sur, Ecosistema del Margen Oriental del Pacífico Sureste, Ecosistema Subantártico, Ecosistema de los Fiordos y Canales Australes y Ecosistema Antártico.

**Tabla 4.1**  
**Caracterización de las Corrientes en la Costa de Chile**  
**frente a los 29°S**

Corriente	Dirección del Flujo	Velocidad del Flujo (cm/seg)	Distancia de la Costa (km)
Corriente oceánica chileno-peruana	Norte	4	1.500 - 2.000
Contracorriente oceánica peruana	Sur	6	500 - 1.000
Corriente Chile-Perú	Norte	18	300 - 500
Contracorriente costera de Chile	Sur	14	100 - 300
Corriente de los Fiordos	Norte	6 - 16	50 - 100
Corriente de Gunther	Sur	20	0 - 50

Fuente: Bernal, P. y R. Ahumada 1985. *Ambiente Oceánico*. En: Soler A. (ed.). Medio Ambiente en Chile. CIPMA. Ediciones Universidad Católica de Chile. pp. 57-105.

Estos ecosistemas presentan características propias y sustentan comunidades particulares, diversas y productivas desde el punto de vista pesquero.

Es importante mencionar que algunos procesos físicos, como el acoplamiento a gran escala entre el océano y la atmósfera conocido como El Niño, Oscilación del Sur, afectan significativamente las costas de la zona norte de Chile<sup>1</sup>. Sin embargo, aún no se emprenden en el país estudios de mediano o largo plazo orientados específicamente a evaluar el impacto del fenómeno en organismos litorales. Si bien se ha observado que eventos de El Niño, de gran intensidad, pueden llegar a producir incluso extinciones locales en distintas especies<sup>2</sup>, no se sabe en qué forma inciden o se propagan estos efectos al resto del sistema o a niveles superiores (comunidades, regiones biogeográficas). Sin embargo, existen razones para pensar que El Niño, que ha estado presente desde hace miles de años en el sistema<sup>3</sup>, podría haber influido decisivamente en los patrones de endemismo y distribución geográfica de muchas especies<sup>4</sup>. De hecho, El Niño constituye la principal fuente de variabilidad interanual

<sup>1</sup> Philander, G. 1989. *El Niño and La Niña*. Am. Sci., 77:451-459.

<sup>2</sup> Soto, R. 1985. *Efectos del Fenómeno El Niño 1982-'83 en Ecosistemas de la I Región*. Invest. Pesq. (Chile), 32:199-206.

<sup>3</sup> Tomacic, J.J. 1985. *Efectos del Fenómeno El Niño 1982-'83 en las Comunidades Litorales de la Península de Mejillones*. Invest. Pesq. (Chile), 32:209-213.

<sup>4</sup> Rollins, H.B., J.B. Richardson III y D.H. Sandweiss. 1986. *The Birth of El Niño: Geoarchaeological Evidence*. Geoarchaeology, 1:3-15.

<sup>5</sup> Camus, P.A. 1990. *Procesos Regionales y Fitogeografía en el Pacífico Suroriental: el Efecto de "El Niño - Oscilación del Sur"*. Rev. Chil. Hist. Nat., 63:11-17.

conocida en el océano, y podría seguir siendo una determinante mayor de patrones ecológicos en la zona norte del país<sup>7</sup>.

## 2. Flora Marina

En las costas de Chile se distribuyen un total aproximado de 380 especies de macroalgas verdes, pardas y rojas, los tres grupos taxonómicos principales entre las algas. Existen diversos criterios para agrupar estas especies (e.g., taxonómicos, ecológicos, económicos), pero biogeográficamente, de acuerdo a sus patrones de distribución, Santelices<sup>8</sup> ha reconocido cinco grupos de especies algales:

- a) Subantárticas, formado por 130 especies (34,2% del total) que se distribuyen en las costas de Chile, islas subantárticas, península antártica, Nueva Zelanda, Tasmania y sur de Australia.
- b) Endémicas de las costas de Perú y Chile, formado por 123 especies (32,4%).
- c) Cosmopolitas, formado por 87 especies (22,9%), cuya presencia se ha reportado en diversos lugares del mundo, sin estar circunscritas a una región particular.
- d) Bipolares, formado por 27 especies (7,1%) que se distribuyen en la costa del Pacífico tanto en el Hemisferio Norte como en el Sur.
- e) De aguas cálidas, formado por sólo 3 especies (4,7%), siendo probablemente el grupo menos conocido en nuestro país.

Es necesario acotar que el conocimiento taxonómico de las algas es materia de constante modificación, y es muy probable que el número de especies representado en los diferentes grupos haya cambiado en forma importante por el aumento en el número de localidades estudiadas, y haya mejorado la precisión en la identificación de taxa.

El patrón de distribución de las algas en el Pacífico suroriental (costas de Ecuador, Perú y Chile) es consistente con los patrones de circulación sur-norte de la Corriente Chile-Perú, y por esta razón las especies con afinidades subantárticas conforman el grupo

---

<sup>7</sup> Santelices, B. 1992. *Marine Phylogeography of the Juan Fernández Archipiélago: a New Assessment*. Pac. Sci., 46:438-452.

<sup>8</sup> Camus, P.A., E.O. Vásquez, E.O. González y L.E. Galaz. En prensa. *Fenología Espacial de la Diversidad Intermareal en el norte de Chile: Patrones Comunitarios de Variación Geográfica y el Impacto de Procesos de Extinción - Recolonización Post El Niño 82/83*. Medio Ambiente.

Castilla, J.C. y P.A. Camus. 1992. *The Humboldt El Niño Scenario: Coastal Benthic Resources and Anthropogenic Influences, with Particular Reference to the 1982/83 ENSO*. En: Payne, A.I.L., K.H. Brink, K.H. Mann y R. Hilborn (eds.) *Benguela Trophic Functioning*. S. Afr. J. Mar. Sci., 12(Special volume):703-712.

<sup>9</sup> Santelices, B. 1989. *Algas Marinas de Chile. Distribución. Ecología. Utilización. Diversidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 399 pp.

mayoritario. A medida que se avanza hacia el norte este grupo tiende a reducirse, debido probablemente a la penetración hacia el sur de aguas subtropicales más cálidas. El alto endemismo encontrado en las islas oceánicas (e.g., 32% en islas de Juan Fernández) indica que el giro del Pacífico suroriental podría constituir una barrera geográfica entre dichas islas y el continente.

Aparte de sus rasgos biogeográficos, las algas muestran patrones característicos de zonación vertical a través de la costa, que son mejor conocidos en las especies que habitan ambientes intermareales rocosos relativamente expuestos al oleaje. En estos hábitat, la zonación en distintos puntos del país, al menos entre Arica y Chiloé, es más bien poco variable, debido principalmente a la gran abundancia y representación de unas pocas especies. Existen, sin embargo, modificaciones particulares de la zonación por cambios en factores físicos y reemplazo geográfico de especies<sup>9</sup>, entre otros, pero el patrón global puede considerarse conservativo<sup>10</sup>.

En general, la zona inferior de costas rocosas intermareales se caracteriza por la presencia de una banda de macroalgas pardas que cubre entre 1 a 6 m de extensión vertical<sup>11</sup>, formada principalmente por las especies huiro (*Lessonia nigrescens*) y cochayuyo (*Durvillaea antarctica*). Entre los discos de adhesión de estas especies el sustrato está dominado por algas rojas calcificadas del grupo de las coralinas (géneros como *Lithothamnion* y *Corallina*, entre otros). También aparecen en la zona baja varias especies de algas rojas del género *Gelidium*.

En la zona intermareal media son características las algas rojas como luga (*Iridaea laminarioides*) y el grupo de las Ceramiales, algas pardas de los géneros *Petalonia* y *Colpomenia*, y algas verdes de los géneros *Ulva* (lechuga de mar) y *Enteromorpha*. En la zona intermareal alta se ubica el alga roja *Porphyra columbina* (el luche), con una fenología marcadamente estacional.

Por otra parte, en hábitat submareales de fondos blandos como playas de arena y estuarios, la comunidad de algas es mucho menos diversa por las dificultades que encuentran

<sup>9</sup> Alveal, K. 1970. Estudios Ficoecológicos en la Región Costera de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. (Valparaíso), 14:85-119.

Camus P.A., E.O. Vásquez y L.E. Galaz 1991. Expansión hacia el Intermareal de *Lessonia trabeculata* vill. et Saur. (Laminariales, Phaeophyta) en el Norte de Chile. Medio Ambiente, 11:90-92.

Guiller, E.R. 1959. Intertidal Belt-Forming Species on the Rocky Coasts of Northern Chile. Pap. Proc. Roy. Soc. (Tasmania), 93:35-58.

Oliva, D. y J.C. Castilla 1986. The Effect of Human Exclusion on the Population Structure of the Key-Hole Limpets *Fissurellacrassa crassa* and *F. limbata* in the Coast of Central Chile. P.S.Z.N.I. Mar. Ecol., 7:201-217.

Santelices, B. 1980. Muestreo Cuantitativo de Comunidades Intermareales de Chile Central. Arch. Biol. Med. Exp., 13:413-424.

<sup>10</sup> Id. a nota 8.

<sup>11</sup> Santelices, B., J.C. Castilla, J. Cancino y P. Schmiede. 1980. Comparative Ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in Central Chile. Mar. Biol., 59:119-132.

las plantas para adherirse al sustrato. Las especies más características en estos ambientes son las algas rojas *Gracilaria* (pelillo), aunque gran parte de sus praderas son ahora del género artificiales debido a la intensa explotación comercial de que ha sido objeto en los últimos 15 años<sup>12</sup>.

Otras especies características del submareal son las grandes algas pardas de los géneros *Lessonia* y *Macrocystis* (huiros, denominados *kelps* en inglés), que llegan a formar extensas praderas de bosques que albergan gran cantidad de especies de invertebrados y peces<sup>13</sup>.

Varias de las especies mencionadas tienen importancia económica (e.g., huiros, luga, pelillo), y han llegado a ser parte importante de las exportaciones del sector pesquero.

### 3. Fauna Marina

#### 3.1. Invertebrados

La fauna de invertebrados bentónicos es bastante diversa. Brattström y Johanssen<sup>14</sup> reconocen 240 especies distribuidas en 12 grupos taxonómicos principales: Actinaria (7 especies), Macrura (11), Anomura (25), Brachyura (37), Polyplacophora (17), Gastropoda (43), Bivalvia (39), Asteroidea (23), Ophiuroidea (10), Echinoidea (6), Holothuroidea (8) y Ascidiacea (4).

La riqueza de especies disminuye desde la zona intermareal hacia la zona submareal. El 47% de las especies habita entre la zona intermareal y el submareal somero (hasta los 25 m de profundidad). En esta franja dominan cinco grupos taxonómicos: Actinaria, Cirripedia, Anomura, Polyplacophora y Gastropoda. En el submareal superior (entre 25 y 50 m de profundidad) se encuentra el 41% de las especies, y los grupos dominantes son Asteroidea, Echinoidea y Ascidiacea. En el submareal inferior (50-300 m) sólo se distribuye el 12% de las especies, y los ofiuros constituyen el grupo mejor representado.

Los invertebrados bentónicos son por lo general sésiles o con una capacidad de movimiento muy limitada, y por esta razón su distribución geográfica depende íntimamente del transporte de las larvas en el sistema de corrientes. Así, las larvas de especies intermareales y del submareal somero podrían tener una alta probabilidad de ser dispersadas hacia el norte por la Corriente de Gunther, aunque el conocimiento de los patrones de

---

<sup>12</sup> Id. a nota 8.

<sup>13</sup> Santelices, B. y F.P. Ojeda. 1984. *Population Dynamics of Coastal Forests of Macrocystis pyrifera in Puerto Toro, Isla Navarino, Southern Chile*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 14:175-183.

Vásquez, J.A., J.C. Castilla y B. Santelices. 1984. *Resource Partitioning by Four Species of Sea Urchins in Giant Kelp Forests (Macrocystis pyrifera) at Puerto Toro, Navarino Island, Chile*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 19:65-72.

<sup>14</sup> Brattström, H. y A. Johanssen. 1983. *Ecological and Regional Zoogeography of the Marine Benthic Fauna of Chile*. Sarsia, 68:289-339.

corrientes en sectores costeros (a pocos kilómetros de la costa) es insuficiente como para confirmarlo.

### 3.2. Peces

La ictiofauna chilena está compuesta por un total de 1.016 especies comprendidas en 206 familias". Debe notarse que en estudios anteriores se registraban sólo cerca de 600 especies para las costas de Chile y Perú". Esta diferencia evidencia la importancia de revisar y actualizar el conocimiento taxonómico, un problema que con seguridad afecta a casi todos los grupos de organismos marinos descritos en este capítulo.

Del total de especies listadas por Pequeño", el 91,3% (928 especies) corresponde a peces óseos (teleósteos), el 7,4% (75 especies) a condriictios (tiburones y rayas), el 0,9% (9 especies) a ciclóstomos (lampreas y anguilas babosas), y sólo el 0,4% (4 especies) a holocéfalos (quimeras y pejegallos). De los peces marinos, entre los condriictios las familias más representadas son Squalidae (22 especies) y Rajidae (14 especies), y entre los teleósteos son: Scopelidae (peces linterna, 75 especies), Nototheniidae (peces antárticos, 34), Macrouridae (peces cola de rata, 27), Serranidae (cabrillas y meros, 24), Zoarcidae (21), Carangidae (jureles, 20), Bothidae (lenguados, 19) y Sciaenidae (corvinas, 19). Existen, además de los mencionados, 19 especies de teleósteos introducidos".

### 3.3. Aves

En Chile existen al menos 439 especies de aves, de las cuales 165 son marinas. El grupo más numeroso son los petreles y fardelas, que suman 32 en nuestras costas (Familia Procellariidae). Destacan también los cormoranes (Familia Phalacrocoracidae) que son importantes como productores de guano".

### 3.4. Mamíferos

Los mamíferos marinos que se distribuyen en Chile pertenecen a los órdenes Carnívora y Cetácea. Los carnívoros están representados por tres subórdenes: los mustélidos (chungungos, una especie), los fócidos (cinco especies de focas) y los otáridos (cinco especies

---

" Pequeño, G. 1989. *Peces de Chile. Lista Sistemática Revisada y Comentada*. Rev. Biol. Mar. (Valparaíso), 24:1-132.

" Bahamonde, N. y G. Pequeño. 1975. *Peces de Chile. Lista Sistemática*. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 21:1-20.

Chirichigno, N. 1969. *Lista Sistemática de los Peces Marinos Comunes para Ecuador-Perú-Chile*. Conferencia sobre Explotación y Conservación de las Riquezas Marítimas del Pacífico Sur. 108 pp.

" Id. a nota 15.

" Id. a nota 15.

" Araya, B. y G. Millie. 1992. *Guía de Campo de las Aves de Chile*. Quinta Edición, Editorial Universitaria S.A., Santiago. 405 pp.

de lobos marinos). En el grupo de los cetáceos, Contreras y Yáñez<sup>20</sup> citan un total de 38 especies de ballenas y delfines.

El chungungo se distribuye desde las costas del Perú hasta Tierra del Fuego, y es una especie amenazada registrada en el Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Las poblaciones de fócidos más importantes se encuentran en el continente antártico, islas subantárticas y Tierra del Fuego. Entre los otáridos, el lobo fino austral y el lobo común se distribuyen por el Océano Pacífico desde el Perú hasta el Estrecho de Magallanes y desde allí hasta el Brasil por el Océano Atlántico, y el lobo fino antártico en las islas subantárticas. Los cetáceos, en general, son especies pelágicas con mucha movilidad, y su distribución es cosmopolita.

#### 4. Flora y Fauna Oceánica Insular

Una publicación reciente ha intentado sistematizar el conocimiento que se tiene de la flora y fauna de las islas oceánicas de Chile, principalmente San Félix, San Ambrosio, Archipiélago de Juan Fernández (islas Santa Clara, Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk), Sala y Gómez, e Isla de Pascua<sup>21</sup>. La flora y fauna marina litoral de estas islas es diversa y con un alto grado de endemismo, lo que la hace atractiva desde un punto de vista científico por sus relaciones biogeográficas con otras regiones del globo, como lo establecen Rozbaczly y Castilla en la publicación citada. Debe considerarse que las islas tienen en conjunto una extensión total de costa de 700 km, equivalente al 16,3% de la costa de Chile continental.

Respecto a la flora, se han registrado 166 especies en Isla de Pascua, cerca de 110 en el Archipiélago de Juan Fernández, y sólo 11 en San Félix y San Ambrosio; Sala y Gómez no ha sido estudiada, como lo indica Santelices en la publicación anteriormente citada. Estos estudios son sin embargo limitados, recalcando la necesidad de un muestreo más intensivo. Este es sólo un paso previo frente a posibles perspectivas de utilización o estrategias de conservación de especies algales insulares.

En relación a la fauna marina, aunque algunos registros taxonómicos son inciertos, para el Archipiélago de Juan Fernández se reconocen cerca de 460 especies y subespecies, como lo indican Rozbaczly y Castilla en la publicación citada, siendo los protozoos el grupo más representado (con 204 especies y subespecies), seguido por los moluscos (43), poliquetos (43), briozoos (41), crustáceos decápodos (33), esponjas (19) y equinodermos (17), entre otros. Por otra parte, en Pascua y Sala y Gómez se han identificado, entre otros grupos, cerca de 243 especies de moluscos (133), poliquetos (60), crustáceos decápodos (34) y equinodermos (16), como lo establecen Castilla y Rozbaczly en la publicación citada. Sin embargo, como en el caso de las algas, la exploración de las islas ha sido limitada, y el conocimiento taxonómico descansa en gran parte en los resultados de las grandes

---

<sup>20</sup> Contreras, L.C. y J.L. Yáñez. En prensa. *Estado del Conocimiento de la Diversidad de Mamíferos de Chile*. En: Simonetti, J.A. y A. Spotorno (eds.). *Estado del Conocimiento de la Biodiversidad en Chile*. CONICYT, Santiago.

<sup>21</sup> Castilla, J.C. 1987. *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 353 pp.

expediciones llevadas a cabo en el pasado, por lo que se requiere tanto una reevaluación de este conocimiento como muestreos exhaustivos.

Con respecto a la fauna oceánica de vertebrados, los peces están representados por 10 especies de elasmobranquios y 29 de teleósteos, como lo indican Ojeda y Avilés en publicación citada. Las aves marinas que nidifican o visitan las islas corresponden a un total de 39 especies, como lo indica Schlatter en la publicación citada. El único mamífero es el lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*), aunque existen registros ocasionales de otras especies que aparentemente no llegan a ser residentes, como lo indica Torres en la publicación citada.

83

P A R T E II  
POBLACION Y  
ACTIVIDADES  
ECONOMICAS

45  
*Capítulo 5*

*Características de la Población Chilena*

*Andrés Benítez V.*

*Comisión Nacional del Medio Ambiente*

**Previous Page Blank**

## CAPITULO 5. CARACTERISTICAS DE LA POBLACION CHILENA

Autor: Andrés Benítez V., Comisión Nacional del Medio Ambiente

### 1. Introducción: División Político-Administrativa

En la actual división Político-Administrativa de Chile la región es la unidad territorial mayor con características geográficas, económicas y culturales más o menos semejantes. Cada región cuenta con un centro administrativo (capital regional) que actúa como regulador de sus actividades. Las regiones a su vez están subdivididas en provincias, que son unidades territoriales intermedias con características económicas semejantes, y cuentan con un conjunto de entidades de población, urbana y rural. A su vez las provincias están constituidas por unidades territoriales menores, llamadas comunas, en donde las acciones gubernamentales se ejercen en forma más directa, permitiendo una organización local más eficiente.

El país está dividido en 13 regiones, que se orientan de norte a sur y se extienden entre la línea costera y el límite internacional por el oriente, a excepción de la Región Metropolitana de Santiago, que limita por el occidente con la V Región de Valparaíso.

La Tabla 5.1 muestra la división regional y provincial del país, con sus respectivas capitales.

Tabla 5.1 Regiones y Provincias de Chile, Indicando sus Respectivas Capitales			
Región	Capital	Provincia	Capital
de Tarapaca (I)	Iquique	Parinacota Arica Iquique	Putre Arica Iquique
de Antofagasta (II)	Antofagasta	Tocopilla El Loa Antofagasta	Tocopilla Calama Antofagasta
de Atacama (III)	Copiapó	Chañaral Copiapó Huasco	Chañaral Copiapó Vallenar
de Coquimbo (IV)	La Serena	Elqui Limarí Choapa	Coquimbo Ovalle Illapel
de Valparaíso (V)	Valparaíso	Petorca San Felipe de Aconcagua Quillota Los Andes Valparaíso San Antonio Isla de Pascua	La Ligua San Felipe Quillota Los Andes Valparaíso San Antonio Hanga Roa

Previous Page Blank

**Tabla 5.1 (continuación)**  
**Regiones y Provincias de Chile, Indicando sus Respectivas**  
**Capitales**

Región	Capital	Provincia	Capital
Metropolitana de Santiago (R.M.)	Santiago	Chacabuco Santiago Cordillera Melipilla Talagante Maipo	Colina Santiago Puente Alto Melipilla Talagante San Bernardo
del Libertador General Bernardo O'Higgins (VI)	Rancagua	Cachapoal Cardenal Caro Colchagua	Rancagua Pichilemu San Fernando
del Maule (VII)	Talca	Curicó Talca Cauquenes Linares	Curicó Talca Cauquenes Linares
del Biobío (VIII)	Concepción	Ñuble Concepción Biobío Arauco	Chillán Concepción Los Angeles Lebu
de la Araucanía (IX)	Temuco	Malleco Cautín	Angol Temuco
de Los Lagos (X)	Puerto Montt	Valdivia Osorno Llanquihue Chiloé Palena	Valdivia Osorno Puerto Montt Castro Chaitén
de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo (XI)	Coihaique	Aisén Coihaique General Carrera Capitán Prat	Puerto Aisén Coihaique Chile Chico Cochrane
de Magallanes y de la Antártica Chilena (XII)	Punta Arenas	Última Esperanza Magallanes Tierra del Fuego Antártica Chilena	Puerto Natales Punta Arenas Porvenir Puerto Williams

Fuente: Instituto Geográfico Militar. 1988. *Atlas Geográfico de Chile para la Educación*. Edición Actualizada. 138 pp.

## 2. Distribución de la Población

La distribución de la población en Chile está marcada por una fuerte concentración en la zona central del país, a causa de distintos factores. Entre los factores naturales, el clima juega un papel importante, distinguiéndose tres zonas poblacionales: norte, centro y sur. El extremo norte comprende: I Región de Tarapaca, II Región de Antofagasta y III Región de Atacama, y se caracteriza por un clima con extrema aridez, dificultando las condiciones para el asentamiento humano. La escasa población en estas regiones representa en su conjunto sólo un 7,3% de la población nacional, como lo indica la Tabla 5.2.

Región	Población	Porcentaje	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )
I	339.579	2,5	58.698,1	5,8
II	410.724	3,1	126.443,9	3,2
III	230.873	1,7	75.573,3	3,1
IV	504.387	3,8	40.656,3	12,4
V	1.384.336	10,4	16.396,1	84,4
R.M.	5.257.937	39,4	15.348,8	342,6
VI	696.369	5,2	16.365,0	42,6
VII	836.141	6,3	30.301,7	27,6
VIII	1.734.305	13,0	36.929,3	47,0
IX	781.242	5,8	31.858,4	24,5
X	948.809	7,1	66.997,0	14,2
XI	80.501	0,6	109.024,9	0,7
XII	143.198	1,1	132.033,5	1,1
<b>País</b>	<b>13.348.401</b>	<b>100,0</b>	<b>756.626,3</b>	<b>17,6</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, septiembre 1993. *Resultados Oficiales Censo de Población 1992: Población Total País, Regiones, Comunas, por Sexo y Edad.* Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

El extremo sur tampoco presenta condiciones óptimas para el asentamiento de la población, debido principalmente a su excesiva humedad y las bajas temperaturas. Esta zona comprende: XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, que en conjunto sólo alcanzan al 1,7% de la población del país (ver Tabla 5.2).

Sin embargo, la zona centro, que comprende desde la IV Región de Coquimbo hasta la X Región de Los Lagos, presenta las condiciones climáticas más favorables para los asentamientos poblacionales, encontrándose en ella el 91,0% de la población del país. Dentro de esta zona, a su vez, existe una marcada concentración de población en áreas específicas, como en la V Región de Valparaíso, VIII Región del Biobío y la Región Metropolitana de Santiago (ver Tabla 5.2).

Otro factor natural que influye en la distribución de la población de Chile está relacionado con los diferentes recursos naturales que han sido motivo de las distintas actividades económicas a través de su historia. Por ejemplo, en la zona norte los principales asentamientos urbanos se han desarrollado en torno a la actividad minera. Sin embargo, debido a que esta actividad ha tenido un comportamiento histórico relativamente inestable en la zona, las poblaciones formadas inicialmente en torno a los yacimientos han migrado a ciudades costeras como Arica, Iquique y Antofagasta, cada vez que las actividades de explotación han disminuido.

En este sentido, la mayor disponibilidad de recursos naturales en la zona central del país, junto a mejores condiciones climáticas, han contribuido a una mayor diversidad de la actividad económica, resultando en una mayor homogeneidad en la distribución y ocupación del territorio.

Adicionalmente, el relieve y la altitud constituyen un factor ambiental importante en la distribución de la población chilena. Por ejemplo, más del 60% de la superficie del país presenta elevaciones considerables y, por lo tanto, la población ha tendido a ocupar áreas relativamente bajas y planas, asentándose de preferencia en la Depresión Intermedia. La disponibilidad de agua es otro factor con influencia importante, y está asociado a las condiciones climáticas expuestas en el Capítulo 1.

La zona sur, por su parte, presenta formaciones vegetales que son prácticamente impenetrables y suelos poco aptos para la agricultura, lo que en definitiva dificulta la explotación de estos recursos y limita el asentamiento permanente de la población. La excepción es la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, es decir la Patagonia chilena, en donde se da una ganadería ovina a gran escala, asociada a la explotación petrolera. Estas características hacen que la población se encuentre dispersa en pequeños núcleos, y sólo Coihaique y Punta Arenas constituyen centros urbanos de consideración en esta zona.

Los factores de tipo cultural que han influido en la actual distribución de la población del país están ligados a las etapas históricas de poblamiento y a la centralización político-administrativa<sup>1</sup>. Desde la Conquista en adelante se produjo la ocupación del centro del país, expandiéndose desde allí a los extremos norte y sur. La centralización político-administrativa en Santiago, capital del país, ha creado un crecimiento desmesurado, asentándose en ella más de un tercio de la población nacional.

### 3. Población Urbana y Rural

Hasta 1939 la población rural del país era mayor que la urbana. La Tabla 5.3 demuestra que esta última siguió aumentando en forma gradual y a partir de 1960 experimentó un crecimiento acelerado, mientras la población rural iniciaba una lenta disminución. En la actualidad, la población urbana alcanza al 83,5% y la rural al 16,5%. Proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas para el año 1995 estiman un aumento de la población urbana hasta un 85,8%, y una disminución de la población rural hasta el 14,2%<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Errázuriz, A.M., J.I. González, M. Henríquez, P. Cereceda, M. González y R. Rioseco. 1987. *Manual de Geografía de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago. 415 pp.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadísticas. 1991. *Compendio Estadístico 1991*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Tabla 5.3 Porcentaje de Población Urbana y Rural		
Año	Urbana	Rural
1940	52,6	47,4
1952	60,3	39,7
1960	68,2	31,8
1970	75,6	24,4
1982	80,9	19,1
1985	83,3	16,7
1990	84,6	15,4
1992	83,5	16,5

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1993. *Compendio Estadístico 1993*.  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Las condiciones naturales de cada una de las regiones del país también influyen en la distribución de la población urbana y rural. De tal modo, la Tabla 5.4 muestra que la población rural en las regiones I, II y III concentra el 6,1%, 2,7% y 9,5%, respectivamente, del total regional correspondiente, lo que se relaciona con la escasa actividad agrícola de estas regiones. La XII Región de Magallanes y de la Antártica Chile tiene sólo un 9,2% de población rural a pesar que su actividad ganadera es importante. Sin embargo, sus habitantes están asentados de preferencia en los pequeños centros urbanos de la región. En contraste, la Región Metropolitana de Santiago y la V Región de Valparaíso presentan grandes centros poblados y escasa población rural.

Entre la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y la X Región de Los Lagos, la población rural adquiere una mayor importancia relativa, fluctuando entre 22,6% en la VIII Región del Biobío y 40,2% en la VII Región del Maule (ver Tabla 5.4), situación que se asocia a la intensa actividad agrícola en estas zonas. La IV Región de Coquimbo también posee un elevado porcentaje de población rural (29,6%), que se localiza principalmente en las áreas agrícolas de los valles transversales.

Otra característica importante que diferencia a la población urbana de la rural es su composición por sexo. En la población rural existe predominio de hombres tanto a nivel nacional como regional. En cambio, en la urbana predominan las mujeres a nivel nacional y regional (ver Tabla 5.4).

**Tabla 5.4**  
**Población Rural y Urbana por Regiones**

Región	Rural					Urbana					Total Región
	Hombres	Mujeres	Total	%1	%2	Hombres	Mujeres	Total	%1	%2	
I	12.491	8.163	20.654	0,9	6,1	158.865	160.060	318.925	2,9	93,9	339.579
II	7.699	3.510	11.209	0,5	2,7	199.087	200.428	399.515	3,6	97,3	410.724
III	13.692	8.221	21.913	1,0	9,5	104.143	104.817	208.960	1,9	90,5	230.873
IV	78.995	70.108	149.103	6,8	29,6	170.583	184.701	355.284	3,2	70,4	504.387
V	72.493	63.588	136.081	6,2	9,8	598.396	649.859	1.248.255	11,2	90,2	1.384.336
R.M.	98.371	84.885	183.256	8,3	3,5	2.425.006	2.649.675	5.074.681	45,6	96,5	5.257.937
VI	134.405	116.884	251.289	11,4	36,1	218.974	226.106	445.080	4,0	63,9	696.369
VII	180.717	155.278	335.995	15,2	40,2	240.083	260.063	500.146	4,5	59,8	836.141
VIII	209.192	182.016	391.208	17,7	22,6	648.151	694.946	1.343.097	12,1	77,4	1.734.305
IX	160.994	141.423	302.417	13,7	38,7	228.080	250.745	478.825	4,3	61,3	781.242
X	196.153	172.771	368.924	16,7	38,9	279.605	300.280	579.885	5,2	61,1	948.809
XI	13.717	8.990	22.707	1,0	28,2	28.693	29.101	57.794	0,5	71,8	80.501
XII	9.575	3.665	13.240	0,6	9,2	65.094	64.864	129.958	1,2	90,8	143.198
<b>País</b>	<b>1.188.494</b>	<b>1.019.502</b>	<b>2.207.996</b>	<b>100,0</b>	<b>16,5</b>	<b>5.364.760</b>	<b>5.775.645</b>	<b>11.140.405</b>	<b>100,0</b>	<b>83,5</b>	<b>13.348.401</b>

Notas: %1: porcentaje respecto al total nacional  
%2: porcentaje respecto al total regional

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, septiembre 1993. *Resultados Oficiales Censo de Población 1992: Población Total País, Regiones, Comunas, por Sexo y Edad*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas. 1993. *Compendio Estadístico 1993*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

#### 4. Características Demográficas

Una de las características demográficas importantes del país es la tasa de crecimiento, que muestra dos etapas bien definidas: entre 1835 y 1940 se observó un crecimiento sostenido, y a partir de 1940 se produjo una marcada aceleración en el crecimiento de la población, debido fundamentalmente al descenso de la tasa de mortalidad<sup>3</sup>.

La mayor tasa de crecimiento anual se alcanzó en el período 1970-1982, disminuyendo posteriormente hasta la actualidad, aun cuando el crecimiento efectivo sigue en aumento. Estas características del crecimiento se aprecian en la Tabla 5.5, tanto a nivel nacional como regional.

Región	Tasa Media de Crecimiento (%)		
	1960-70	1970-82	1982-92
I	3,80	3,76	2,15
II	1,68	2,54	1,76
III	3,01	1,46	2,30
IV	0,09	1,79	1,79
V	2,60	1,87	1,27
R.M.	2,76	2,62	1,80
VI	1,62	1,55	1,60
VII	0,96	1,40	1,32
VIII	1,56	1,60	1,30
IX	0,60	1,24	1,04
X	1,11	1,09	1,16
XI	3,07	2,31	2,12
XII	2,15	3,24	0,81
<b>País</b>	<b>1,99</b>	<b>2,03</b>	<b>1,55</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1993. *Compendio Estadístico 1993*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

El mencionado descenso de la mortalidad se inició en 1930, año en el cual la tasa de mortalidad general llegaba a 26,6‰, hasta alcanzar 6,1‰ en 1985, manteniéndose relativamente constante en los últimos 10 años. Esta disminución de la mortalidad se debe principalmente al descenso de la mortalidad infantil, que en el período 1930-1934 era de 20,1‰, llegando a 19,5‰ en 1985 y disminuyendo gradualmente hasta alcanzar un 16‰ en 1990 (ver Tabla 5.6).

<b>Tabla 5.6</b>					
<b>Tasa Media de Mortalidad Infantil según Región entre 1970 y 1990</b>					
Región	Tasa de Mortalidad Infantil (por 1.000 nacidos vivos)				
	1970	1975	1980	1985	1990
I	59,8	55,0	28,0	16,6	12,5
II	76,1	60,3	35,2	18,8	15,7
III	97,4	63,5	32,2	19,3	16,3
IV	94,7	63,7	50,4	22,9	20,2
V	62,4	50,5	31,9	19,7	15,4
R.M.	57,5	34,6	23,3	15,6	14,7
VI	87,8	64,1	40,8	19,6	14,6
VII	107,7	69,9	39,0	24,7	16,7
VIII	110,8	80,3	46,0	26,8	18,7
IX	138,6	95,6	60,0	32,1	26,6
X	148,5	82,8	45,5	25,9	21,5
XI	89,7	82,7	45,9	30,5	21,6
XII	37,7	34,6	23,3	12,6	16,1
País	87,1	60,8	33,0	19,5	16,0

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1977. *Compendio Estadístico 1977*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas. 1985. *Compendio Estadístico 1985*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas. 1991. *Compendio Estadístico 1991*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas. 1992. *Compendio Estadístico 1992*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

La tasa de natalidad ha tenido un comportamiento diferente a la de mortalidad, ya que se mantuvo sin mayor variación entre 1930 y 1960, con valores de 33‰ y 35‰ respectivamente. A partir de 1960 la natalidad presentó un claro descenso debido al Programa de Planificación Familiar impulsado por el Servicio Nacional de Salud, en 1962, llegando a una tasa inferior al 24‰ desde 1982 en adelante.

Paralelamente a los cambios descritos en natalidad y mortalidad, la Tabla 5.7 demuestra que la esperanza de vida de los chilenos ha variado de manera considerable. En el período 1965-1970 era de 61 años, y para el período 1985-1990 llegó a 72 años. Las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas estiman que se mantendrán entre 1990 y 1995<sup>4</sup>.

Período	Esperanza de Vida al Nacer (años)		
	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
1965 - 70	61	58	64
1970 - 75	64	61	67
1975 - 80	67	64	71
1980 - 85	71	68	75
1985 - 90	72	68	75
1990 - 95	72	69	76

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1991. *Compendio Estadístico 1991*.  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago-Chile.

Según la composición de la población por sexo y edad, la Tabla 5.8 indica que Chile presentaba una proporción levemente más alta de mujeres en 1992, existiendo un 50,9% y 49,1% de mujeres y hombres respectivamente. No obstante este predominio de mujeres a nivel del país sólo se refleja en las regiones IV, V, VIII, IX y Metropolitana de Santiago, donde la cantidad de mujeres supera la de los hombres.

Región	Hombres	Mujeres	Total
I	171.356	168.223	339.579
II	206.786	203.938	410.724
III	117.835	113.038	230.873
IV	249.578	254.809	504.387
V	670.889	713.447	1.384.336
R.M.	2.523.377	2.734.560	5.257.937
VI	353.379	342.990	696.369
VII	420.800	415.341	836.141
VIII	857.343	876.962	1.734.305
IX	389.074	392.168	781.242
X	475.758	473.051	948.809
XI	42.410	38.091	80.501
XII	74.669	68.529	143.198
País	6.553.254	6.795.147	13.348.401

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. septiembre 1993. *Resultados Oficiales Censo de Población 1992: Población Total País, Regiones, Comunas, por Sexo y Edad*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas. 1993. *Compendio Estadístico 1993*.  
Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

Por otra parte, la proporción de sexos por edad es variable en los diferentes grupos. Así, entre los rangos de 0 a 4 y 30 a 34 años de edad existe un predominio de hombres, proporción que se invierte a partir del grupo de los 35 a 39 años de edad (ver Tabla 5.9). La composición por edad muestra además que en Chile existe una mayor cantidad de población joven y adulta, que en conjunto alcanzan el 70,6% de la población nacional. A pesar de esto se observa que la población joven ha disminuido entre 1930 y 1992, años en los que respectivamente alcanzaba un 38% y 30,6%, y se espera que para el año 2000 llegue a 28%. Por el contrario, la población anciana ha experimentado un aumento en el mismo período desde 4,8% en 1930 a 6,1% en 1991, y se espera que para el año 2000 llegue al 17,2%. Estos procesos de cambio en la población se deben fundamentalmente a la disminución de las tasas de natalidad y al aumento de la esperanza de vida de los chilenos.

**Tabla 5.9**  
**Población por Grupos de Edad (en años) Estimada al 30 de junio de 1992**

Grupo	Hombres	%	Mujeres	%	Total	%
0 - 4	762.271	11,3	735.637	10,7	1.497.908	11,0
5 - 9	717.794	10,7	693.197	10,1	1.410.991	10,4
10 - 14	633.981	9,4	613.831	8,9	1.247.812	9,2
15 - 19	612.479	9,1	596.123	8,7	1.208.602	8,9
20 - 24	622.263	9,3	609.219	8,9	1.231.482	9,1
25 - 29	620.340	9,2	613.247	8,9	1.233.587	9,1
30 - 34	565.876	8,4	564.974	8,2	1.130.850	8,3
35 - 39	478.702	7,1	483.838	7,0	962.540	7,1
40 - 44	390.689	5,8	401.753	5,8	792.442	5,8
45 - 49	323.361	4,8	340.947	5,0	664.308	4,9
50 - 54	258.701	3,9	280.891	4,1	539.592	4,0
55 - 59	211.486	3,1	240.422	3,5	451.908	3,3
60 - 64	177.423	2,6	213.687	3,1	391.110	2,9
65 - 69	133.626	2,0	172.302	2,5	305.928	2,2
70 - 74	94.034	1,4	132.037	1,9	226.071	1,7
75 - 79	59.905	0,9	94.292	1,4	154.197	1,1
80 y más	53.891	0,8	96.199	1,4	150.090	1,1
<b>Total</b>	<b>6.716.822</b>	<b>100,0</b>	<b>6.882.596</b>	<b>100,0</b>	<b>13.599.418</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1992. *Compendio Estadístico 1992*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago.

**Capítulo 6**

***Descripción de las Actividades Económicas de Chile***

***Juan Le-Bert M.***

***Comisión Nacional del Medio Ambiente***

## CAPITULO 6. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS DE CHILE

Autor: Juan Le-Bert M., Comisión Nacional del Medio Ambiente<sup>1</sup>

### 1. Antecedentes acerca del Desarrollo Económico Chileno

A pesar de que Chile, hasta la Guerra de la Independencia (1810), fue una de las colonias españolas más atrasadas, llegó a ser posteriormente uno de los países con mejor desarrollo en América Latina. En el terreno económico, es evidente el papel que han jugado los recursos naturales, especialmente los minerales. Durante el período del descubrimiento (siglo XVI) fueron preponderantes el oro y la plata, y más tarde, hasta la primera mitad del siglo XIX, el cobre. Además, durante los siglos XVIII y XIX Chile fue un importante exportador de trigo, pero fue la exportación salitrera, que comenzó en gran escala durante la década de 1880, la que significó un cambio en el modo de vinculación entre el país y la economía mundial.

En una perspectiva de largo plazo, los aspectos claves para la economía chilena han sido dos: el grado de apertura de la economía (su orientación hacia adentro o hacia afuera) y la naturaleza del principal agente económico local. La figura tradicional de un país subdesarrollado, cuya conexión básica con la economía internacional es la exportación de alguna materia prima básica bajo control extranjero, se cumple paradigmáticamente en el caso chileno. Durante el período 1880-1930 las exportaciones salitreras dominaron la economía del país, controlando los capitales británicos una proporción importante de tal industria. Entre 1940 y 1970 el principal producto de exportación fue el cobre y las principales minas de este mineral eran de propiedad de un par de compañías norteamericanas. El salitre y el cobre han sido, por lo tanto, los principales protagonistas en este extenso período, y han representado más de la mitad de las exportaciones totales del país.

La industrialización y el papel del Estado fueron consecuencia del impacto de la Gran Depresión de la década de 1930, que provocó una reorientación del patrón de desarrollo: el desarrollo orientado "hacia adentro" reemplazó al desarrollo orientado "hacia afuera". La industrialización pasó a ser considerada como la fórmula para desarrollar la economía nacional. La industrialización basada en la sustitución de importaciones marcó la primera etapa del nuevo proceso de desarrollo, transformando a la industria en el motor del crecimiento. El Estado tuvo un papel de importancia creciente bajo este modelo de desarrollo.

El modelo económico implementado en Chile desde 1973, enfatiza el papel del sector privado, los mercados libres, la liberalización del sector externo y la desregulación en gran escala de la economía. Así, el sector privado es agente principal en el proceso de desarrollo.

Las ventajas comparativas de Chile en la actualidad son estructuralmente las mismas que en el pasado, y cerca del 90% de la canasta de exportaciones depende de la dotación de

---

<sup>1</sup> El objetivo de este capítulo es mostrar las tendencias económicas, por lo que se convino con el autor no poner énfasis en cifras más recientes.

recursos naturales del país<sup>2</sup>. Sin embargo, existen dos diferencias relevantes respecto al pasado. En primer lugar se presenta una clara diversificación de los distintos recursos naturales exportados, significando que la economía chilena no está expuesta a las fluctuaciones en los precios mundiales de materias primas de recursos naturales. Más aún, el colapso del mercado de una materia prima no tendría efectos tan perjudiciales como sucedió con la aparición del nitrato sintético en la década de 1920. En segundo lugar, la mayor parte de las exportaciones son producidas por empresas de propiedad chilena y, por lo tanto, la mayor parte del excedente generado por las exportaciones puede potencialmente ser reinvertido en el país.

## 2. Consideraciones a Partir de la Década de los Ochenta

### 2.1. Crecimiento Económico

El crecimiento de la economía chilena ha sido relevante en el contexto internacional y particularmente en América Latina. No es frecuente encontrar en la actualidad tasas de crecimiento anual del Producto Geográfico Bruto (PGB) de 7% y 10%, como fueron las de Chile en 1988 y 1989, respectivamente. Sin embargo, si se analiza el crecimiento promedio en un horizonte temporal más amplio, se constata que este ha sido variable, como lo indica la Tabla 6.1.

Año	PGB Total		PGB por Habitante	
	(mill. \$ 1977)	Indice	(Miles \$ 1977)	Indice
1980	363.998	100,0	32.661	100,0
1981	386.610	162,2	34.131	104,5
1982	334.079	91,8	29.003	88,8
1983	324.715	89,2	27.714	84,9
1984	343.830	94,5	28.848	88,3
1985	350.597	96,3	28.293	88,6
1986	370.549	101,8	30.060	92,0
1987	391.558	107,6	31.234	95,6
1988	420.314	115,5	32.970	100,0
1989	462.077	126,9	35.651	100,2

Nota: Años 1986-1989 empalmados con las tasas sectoriales del Banco Central de Chile.

Fuente: Banco Central de Chile. 1990. *Cuentas Nacionales de Chile*.

<sup>2</sup> Meller, P. 1990. *Una Perspectiva de Largo Plazo del Desarrollo Económico Chileno. 1880-1990*. En: *Trayectorias Divergentes. Comparación de un Siglo de Desarrollo Económico Latinoamericano y Escandinavo*. CIEPLAN-HACHETTE. Editorial Universitaria, Santiago.

Entre 1980 y 1989 el PGB creció a una tasa promedio anual de 2,9%, con fluctuaciones extremas como la caída de 14% en 1982 e incrementos muy elevados como el 10% de 1989. En consecuencia, tanto el PGB como el consumo por habitante durante esa década crecieron a una tasa inferior al 1% anual. Estas cifras se comparan muy desfavorablemente con las tasas de crecimiento de los años sesenta, donde el PGB creció a una tasa promedio anual cercana al 4,5%. En realidad, parte del aparentemente fuerte crecimiento del PGB en la segunda mitad de la década de los 80 es una recuperación basada en el aprovechamiento de capacidad instalada ya existente.

El comportamiento del gasto del PGB durante la década de los 80 estuvo marcado por un notorio aumento de las importaciones, un también notorio estancamiento del consumo de las personas y un deterioro del consumo de gobierno, como lo demuestra en la Tabla 6.2. El consumo per cápita del sector privado en 1989 fue apenas un 1,9% superior al de 1980, y sólo en dos años de la década se logró superar ese nivel. El consumo total por habitante, a fines de la década, es comparable con el que existía a comienzos de la década de los sesenta. En cuanto al consumo del gobierno, durante toda la década fue inferior en términos absolutos al de 1980. En 1989 este consumo por habitante fue inferior en un 7% al de 1980.

Año	Consumo Hogares	Consumo Gobierno	Form. Bruta Capital Fijo	Exportación	Importación	Gasto del PGB
1980	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1981	113,4	96,9	116,8	91,0	115,7	106,2
1982	96,7	95,1	72,0	95,3	74,8	91,8
1983	91,1	93,9	61,2	95,4	61,4	89,2
1984	91,7	93,2	72,7	97,6	69,5	94,5
1985	90,8	95,6	80,0	109,6	62,3	96,3
1986	95,2	93,6	85,7	120,4	68,4	101,8
1987	99,8	91,6	99,6	130,9	80,0	107,6
1988	109,4	95,9	110,2	138,9	89,7	115,5
1989	118,5	96,8	133,2	161,4	112,4	126,9

**Nota:** Desde el año 1989 en adelante el Banco Central de Chile sólo da cifras provisionales.

**Fuente:** Banco Central de Chile. 1990. *Informe Económico y Financiero al 15 de marzo de 1990.*

En este contexto de lento crecimiento destaca el dinamismo del sector exportador, que prácticamente dobló en promedio la tasa de crecimiento del PGB. En 1974, por ejemplo, las exportaciones representaban el 14% del PGB; en 1980 llegaron al 24% y en 1989 al 30%. Para esos mismos años los porcentajes correspondientes a las importaciones fueron de 26%, 30% y 27%, respectivamente. El lento crecimiento de la economía está relacionado con los niveles de inversión en el período. Cabe destacar que pese al desenvolvimiento de las empresas privadas, nacionales y extranjeras, particularmente después de la crisis de los años 1982-1983, la tasa de inversión ha sido inferior a la de períodos pasados, e insuficiente para sostener una tasa de crecimiento acelerado. Si se toma la tasa promedio anual de inversión, es decir, la formación de capital respecto del PGB, se constata que entre 1980 y 1989 llegó al 16%, en tanto que en el período 1965-1974 fue de 20%.

La falta de crecimiento estable tuvo consecuencias en el empleo. La década del setenta mostró una tasa de desocupación de 6,2% en el período 1970-1974, y de 19,4% en los años 1975-1979. En la década del ochenta, la tasa de desocupación promedio llegó al 15% y si se incluye los desocupados de los programas PEM y POJH, la tasa promedio se elevó a más de 20%. Sin embargo, desde 1983 se registró una sistemática reducción del desempleo hasta llegar en 1989 a una tasa promedio anual del 10% (ver Tabla 6.3).

**Tabla 6.3**  
**Evolución del Desempleo y la Tasa de Desempleo Total País**

Año	Fuerza de Trabajo (personas)	Desocupados Abiertos (personas)	Tasa Desempleo Abierto (%) (promedio año)	Tasa Desempleo Total País (%) (promedio año)
1980	3.728.500	452.400	12,1	17,3
1981	3.815.250	445.900	11,7	16,3
1982	3.888.100	818.950	21,7	27,4
1983	4.051.700	900.650	22,2	34,9
1984	4.148.600	779.900	18,8	27,9
1985	4.251.550	692.900	15,3	23,9
1986	4.351.700	606.400	13,9	19,0
1987	4.520.950	576.300	12,7	15,5
1988	4.645.050	548.800	11,8	12,5
1989	4.694.600	467.950	10,0	10,0

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. 1990. *Encuesta Nacional de Empleo.*

## 2.2. Condiciones Económicas y Tendencias

De acuerdo al Informe sobre el Desarrollo Mundial del Banco Mundial para 1990, Chile está clasificado dentro de las economías de ingreso medio bajo con un PGB per cápita de US\$ 1.979 en 1989. A junio de 1990 la fuerza de trabajo alcanzaba a 4.652.300 trabajadores, y la tasa de desocupación se estimaba en 6,5%. Durante el primer semestre de 1991 el número de personas ocupadas alcanzó en promedio a 4.419.350, de las cuales más del 40% trabajaba en la Región Metropolitana de Santiago. La Tabla 6.4 indica la distribución de la fuerza de trabajo ocupada por ramas de actividad económica en el primer semestre de 1990.

La fuerza de trabajo presenta un nivel de calificación significativamente mayor al de otros países de la región: la matrícula total de educación básica y media alcanzaba a casi 2.772.000 niños y jóvenes en 1988, lo que constituye cobertura completa en educación primaria y 70% en educación media, cifras similares a las que exhiben países industrializados. La matrícula total en la educación superior sobrepasa a los 233.150 jóvenes estudiantes de universidades, institutos profesionales y centros de formación técnica. El promedio de escolaridad alcanzado por la población es de 10 años, el más alto de América Latina.

Actividad	Personas	%
Agricultura y Pesca	843,9	19,1
Minería	106,1	2,4
Industria Manufacturera	735,2	16,6
Electricidad, Agua y Gas	22,6	0,5
Construcción	288,9	6,5
Comercio	764,5	17,3
Transporte y Comunicación	313,9	7,1
Servicios Financieros	196,0	4,4
Servicios Comerciales, Sociales y Personales	1.148,3	26,0
<b>Total</b>	<b>4.419,4</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Banco Central de Chile. 1990. *Informe Económico y Financiero, Segundo Semestre de 1990.*

La participación de los sectores productivos en la generación del PGB chileno muestra que en el largo plazo existe una relativa estabilidad, aun cuando es posible apreciar una tendencia por parte del sector silvoagropecuario y pesquero a aumentar su participación (ver Tabla 6.5).

Sector	1975	1980	1985
Agricultura y Pesca	6,9	7,2	7,5
Minería	10,4	8,6	10,3
Industria Manufacturera	20,3	21,4	21,9
Electricidad, Agua y Gas	2,1	2,1	2,9
Construcción	5,4	5,2	4,1
Comercio	17,3	16,4	14,1
Transporte y Comunicación	5,7	5,1	5,4
Servicios Financieros	6,2	9,5	8,9
Otros Servicios <sup>1</sup>	25,7	24,5	24,9
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Nota: <sup>1</sup> Incluye propiedad de vivienda, administración pública, servicios personales, imputaciones bancarias y tributación a las importaciones.

Fuente: Banco Central de Chile. 1990. *Informe Económico y Financiero 1990.*

El crecimiento de la economía chilena de los últimos años se explica en parte por el dinamismo del sector externo, particularmente de las importaciones. En efecto, medido en términos reales, entre 1985 y 1989 las exportaciones aumentaron en 44%, en tanto que las importaciones lo hicieron en un 80%. Este incremento ha sido posible por las condiciones

favorables de precio que han gozado las exportaciones comparado a la evolución de precios de las importaciones.

La exportación de bienes en la explotación de recursos naturales ha sido históricamente el elemento de mayor dinamismo de la economía chilena. A comienzos de siglo las exportaciones de nitrato constituían la principal fuente de generación de divisas para Chile. Posteriormente, el sector exportador se especializó en el cobre, llegando a constituir el 90% de las exportaciones en 1960. Hoy el cobre es aún el principal producto de exportación, con una participación relativa que supera el 45% del total de las exportaciones.

La estructura de exportaciones de bienes en la Tabla 6.6 muestra que la economía chilena está demasiado concentrada en la exportación de bienes primarios, aunque se aprecia un sostenido aumento en las exportaciones industriales.

Especificación	1971-1975	1976-1980	1980-1985	1986-1989
Cobre	70,6	51,1	46,1	45,7
Otros Minerales	10,8	8,6	10,8	6,7
Agropecuarios y del Mar	3,3	7,0	10,7	14,3
Industriales	15,3	33,3	32,4	33,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Promedio Anual US\$ mill. (F.O.B.)	1.379,4	3.060,4	3.765,5	6.138,6
Fuente: Banco Central de Chile. 1990. <i>Informe Económico y Financiero 1990.</i>				

### 3. Situación y Características del Empleo

Los primeros datos generales de CASEN 90 permiten analizar la forma de inserción en el trabajo de los ocupados (formal o informal), y algunos aspectos vinculados a sus relaciones laborales<sup>3</sup>. El empleo informal representa un 20,4% de la ocupación nacional. En el sector formal se encuentra el 54,8% de dicha ocupación. Los ocupados hombres representan el 68% del empleo total, y las mujeres el 32% restante.

La distribución del empleo a nivel regional se muestra en la Tabla 6.7. La Región Metropolitana de Santiago sigue concentrando la mayor proporción de los empleos del país, con un 43,8% de todos los ocupados. La VIII Región del Biobío y V Región de Valparaíso le siguen en orden de importancia.

<sup>3</sup> CASEN. 1990. *Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional* (Base de Datos Computacional). Departamento de Economía, Universidad de Chile y Ministerio de Planificación y Cooperación.

Regiones	Cantidad de Ocupados		% del Empleo		Empleo Generado 87-90	Tasa de Variación 87-90
	1987	1990	1987	1990		
I	97,4	118,2	2,5	2,7	20,8	6,7
II	105,4	121,9	2,7	2,7	16,5	5,0
III	57,4	60,1	1,5	1,4	2,7	1,5
IV	127,5	151,4	3,3	3,4	23,9	5,9
V	409,1	434,8	10,6	9,8	25,7	2,1
VI	186,8	214,2	4,9	4,8	27,4	4,7
VII	234,1	273,4	6,1	6,2	39,3	5,3
VIII	441,7	504,5	11,5	11,4	62,8	4,5
IX	219,6	235,3	5,7	5,3	15,7	2,3
X	245,8	300,4	6,4	6,8	54,6	6,9
XI	24,9	24,6	0,6	0,6	-0,3	-0,5
XII	43,6	50,6	1,1	1,1	7,0	5,1
R.M.	1.649,1	1.939,1	42,9	43,8	290,0	5,5
País	3.842,4	4.428,5	100,0	100,0	586,1	4,8

Fuente: CASEN 1987. *Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional* (Base de Datos Computacional). Departamento de Economía, Universidad de Chile y Ministerio de Planificación y Cooperación.

CASEN 1990. *Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional* (Base de Datos Computacional). Departamento de Economía, Universidad de Chile y Ministerio de Planificación y Cooperación.

El número total de ocupados del país se incrementó en 586 mil personas, lo que implica una tasa de crecimiento de 4,8% entre esos años (ver Tabla 6.7). La Región Metropolitana de Santiago generó 290 mil empleos en ese período, lo que representa un 43,8% de todos los nuevos puestos de trabajo. Sin embargo, no es posible establecer la proporción de empleos informales de ese total, dado que CASEN 87 no estimó informalidad.

Al comparar las encuestas CASEN 87 y 90 se constata una disminución del desempleo. La tasa de desocupación baja de 10,2% a 8,3%, representando una cantidad de 403.200 desocupados. Los cesantes, es decir los que habían trabajado y perdieron su empleo, llegan a 364.800, cifra mayor en 1990 que en 1987. El empleo informal equivale a un 22,3% de los ocupados y un 20,4% de la fuerza de trabajo. La encuesta PET de junio de 1989 indica un 23 y 19% respectivamente. La situación de informalidad según grupos de edad muestra que entre los 15 y 24 años un 16% de los ocupados aparecen como informales, en cambio en los tramos superiores se incrementa la proporción del empleo informal, llegando a ser un 34% entre los 55 y 64 años y un 41,9% en las edades superiores. Según estos antecedentes, se estaría produciendo una precarización del empleo a medida que aumenta la edad, lo cual reflejaría una situación preocupante.

#### 4. Proyectos de Inversión en el Período 1990-1995

Si bien los proyectos de inversión rentables se distribuyen entre muchas ramas de la actividad económica nacional, es posible identificar cinco sectores principales donde se tienden a concentrar los mayores volúmenes de inversión: minería, industria manufacturera, sector energético, telecomunicaciones e infraestructura (ver Tabla 6.8).

Sector	Mill. de US\$ de 1990	Distribución
Agricultura	7,8	0,1
Comercio	105,8	0,8
Energía	2.970,4	22,4
Industria	3.299,4	24,9
Infraestructura	867,4	6,6
Minería	3.798,5	28,7
Pesca	46,5	0,4
Telecomunicaciones	1.355,4	10,2
Transporte	474,2	3,6
Turismo	306,2	2,3
<b>Total</b>	<b>13.231,6</b>	<b>100,0</b>
Fuente: Aninat, E. 1990. <i>Investment Opportunities in Chile</i> . Boletín de Difusión. Relaciones Exteriores.		

El 28,7% de la inversión proyectada a nivel nacional se destinará en los años 1990-1995 al sector minero, alcanzando un valor nominal de US\$ 3.800 millones. Debido a su intensidad de capital, el sector minero emplea a 90.000 personas, lo cual representa un poco más de 12% de la fuerza de trabajo.

Aparte del cobre, que sigue siendo el principal recurso minero con el 30% de las reservas mundiales conocidas, uno de los productos de mayor potencial en el área minera no metálica es el litio, cuyo mercado mundial se proyecta como de rápida expansión en la década de los noventa. Chile posee las mayores reservas conocidas en este mineral. Dentro de los recursos naturales renovables destaca el sector forestal, que presenta una de las mayores tasas de expansión en la actualidad, con exportaciones que constituyen cerca del 10% de las exportaciones totales chilenas. Otra importante área productiva donde es posible implementar proyectos rentables de inversión es el sector agrícola. Mientras en países como Estados Unidos este sector no representa más del 1% del PGB total, en el país es de significativa importancia dentro de la estructura económica. Además, es el que aporta el mayor número de empleos a la fuerza de trabajo chilena. Por otra parte, se estima que el sector de la industria manufacturera recibirá un aporte de capitales del orden de US\$ 3.300 millones, lo cual representa un 24,9% del valor de la inversión proyectada total para el período 90-95.

Otro importante sector económico receptor de la inversión es el energético, para el cual se estima un volumen de US\$ 3.000 millones, lo que representa el 22,4% del valor de la inversión total. El sector de telecomunicaciones, sin duda de más rápido crecimiento en la actualidad, recibirá el 10,2% de la inversión, lo que equivale a poco menos de US\$ 1.400 millones.

Finalmente, la inversión en infraestructura, sector clave para el desarrollo económico, recibirá inversiones por un monto cercano a US\$ 1.000 millones; esto es un 6,6% de las inversiones totales. La evolución actual del flujo de inversiones respalda estas proyecciones.

Cada una de las trece regiones administrativas recibirán flujos de inversiones de al menos un 16% de su base económica, medida por el PGB regional en el período de 5 años analizado (ver Tabla 6.9). En siete de las trece regiones el impacto proyectado por los flujos de inversión representará más del 60% del valor del PGB regional actual. Este impacto será especialmente significativo en la II Región de Antofagasta, III Región Atacama, VIII Región del Biobío y X Región de Los Lagos, donde los flujos alcanzarán desde un 90% a un 204% de la base económica actual.

Región	Millones de US\$	Distribución Porcentual
I	502,6	3,8
II	2.029,2	15,3
III	947,7	7,2
IV	84,9	0,6
V	421,3	3,2
R.M.	1.744,1	13,2
VI	689,7	5,2
VII	619,7	4,7
VIII	2.043,2	15,4
IX	625,1	4,7
X	1.277,7	9,7
XI	62,5	0,5
XII	271,0	2,0
n.a. <sup>1</sup>	545,5	4,1
Inter-Región	1.367,5	10,3
Total	13.231,6	100,0

Nota: <sup>1</sup> Proyecto con destino regional no determinado.

Fuente: Aninat, E. 1990. *Investment Opportunities in Chile*. Boletín de Difusión. Relaciones Exteriores.

Si se descartan los proyectos de infraestructura, aun aquellos que favorecen directamente a las exportaciones, se observa que la expansión directa de actividades que generan bienes exportables alcanzará US\$ 10.400 millones, lo cual es un 53% de la inversión proyectada total. Dentro del grupo de proyectos de inversión orientados a la exportación, el sector privado es claramente dominante en términos de propiedad, representando los

proyectos conjuntos entre empresarios chilenos y extranjeros del modo típico de financiamiento de los proyectos de exportación. Solamente el 35% de estos proyectos es propiedad exclusiva de inversionistas extranjeros.

La inversión bruta debería crecer en la década de los noventa hasta un nivel cercano al 22% del PGB para mantener una tasa de crecimiento del producto a largo plazo cercana a un 5% real anual. Esto demuestra la necesidad de un mayor esfuerzo de ahorro interno, como también la de un mayor aporte de flujos de capitales externos en la forma de inversión extranjera directa y de préstamos bancarios de mediano y largo plazo.

La Tabla 6.10 muestra las tendencias de la inversión detectadas para el período 1993-1997 por sector económico en los catastros de octubre de 1993 y marzo de 1994. Se reafirma la importancia del sector minero, con una inversión de US\$ 4.000 millones en el período, lo que representa un 31% del total. En general, se observan pocas variaciones en la inversión estimada para el período 1990-1995. En términos absolutos, los sectores que presentan una mayor expansión corresponden al sector infraestructura y minería.

Sector	US\$ Mill.	%
Minería	4.011	31,0
Energía	2.711	21,0
Forestal	589	4,6
Industria	2.062	15,9
Telecomunicaciones	1.442	11,2
Puertos	105	0,8
Inmobiliario	1.189	9,2
Obras Públicas	519	4,0
Otros	301	2,3
<b>Total</b>	<b>12.929</b>	<b>100,0</b>

**Nota:** En abril de 1994 la Corporación de Desarrollo de Bienes de Capital publicó un catastro de proyectos de inversión privada superiores a US\$ 5 millones. El informe compara los catastros realizados por la Corporación en los meses de octubre de 1993 y marzo de 1994. El período de estudio es 1993-1997. La información corresponde a más de 500 proyectos de inversión.

## 5. Breve Descripción de las Actividades Económicas Regionales

### 5.1. I Región de Tarapacá

Alrededor de un tercio de la producción total valorada (35,0%) de esta región corresponde al sector industria, destacando fuertemente el aporte de la actividad pesquera, dedicada fundamentalmente a la producción de harina y aceite de pescado y conservas en general. Le siguen en importancia los sectores servicios (21,4%), comercio (14,4%) y pesca extractiva (12%). La participación actual del sector agricultura es del orden de 2,3%, y de

la minería del 1,5% (en estado de subexplotación). No obstante, las potencialidades de esta última son notables según lo evidencian múltiples estudios de proyectos en cartera.

La posición geográfica de la región, en el contexto de eje relacionador óptimo del conjunto de países del área subcontinental austral, es un factor importante que encierra potencialidades en una perspectiva integradora. Entre las condiciones naturales pueden citarse los recursos marinos, que constituyen la base productiva de mayor impacto en el sector industrial actual, y los recursos mineros metálicos, tradicionalmente subexplotados.

## 5.2. II Región de Antofagasta

La II Región de Antofagasta genera el 5,4% del PGB nacional. Su producto per cápita es el segundo más alto del país, después de la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, y casi el doble del nacional. Sin embargo, estos valores no son representativos del ingreso regional, pues parte importante del producto tiene como destino el presupuesto nacional. Su actividad económica es fuertemente dependiente del sector minero, siendo la única región en que más del 50% de su PGB se genera en una actividad primaria exportadora de recursos no renovables. La región produce el 32% del PGB minero nacional y aporta alrededor del 25% de las divisas generadas por toda la economía del país. Este sector representa el 95% de las exportaciones regionales, siendo el cobre el producto más importante, seguido del salitre. El 5% restante corresponde a exportaciones de narina de pescado. Los sectores comercio y servicios son los que siguen en importancia a la minería, completando estos tres sectores el 77,2% del PGB regional.

Así como la región tiene una marcada especialización productiva, cada una de sus localidades también la posee. En Calama y Chuquibambilla la principal actividad productiva es la explotación de cobre, y el resto de sus actividades se derivan de ella. María Elena y Pedro de Valdivia existen por la explotación del salitre, con características de campamento y sin desarrollo de actividades complementarias. En Tocopilla se sitúan importantes servicios mineros, además de actividades de pequeña minería metálica y de pesca artesanal e industrial. En Mejillones está localizada la principal actividad de pesca industrial. Taltal, que fue un próspero puerto de embarque de salitre, es en la actualidad una ciudad en declinación, incluso con disminución absoluta de su población. Sus actividades principales son la pesca artesanal y la pequeña minería.

Antofagasta es una ciudad principalmente de servicio, y presenta una gran actividad portuaria. Además sus instalaciones portuarias son utilizadas por Bolivia y en menor medida por Argentina. En Antofagasta se encuentra la mayor actividad industrial de la región. En 1990 la inversión efectiva total realizada en la región fue de 5.685.427 (miles de \$ del año).

## 5.3. III Región de Atacama

Esta región, junto a la II Región de Antofagasta, es la zona minera de mayor importancia nacional por su producción. Esta actividad concentra el 7,6% de la población regional. La III Región de Atacama ha tenido grandes fluctuaciones en su actividad

---

<sup>1</sup> MIDEPLAN. 1990. *Estrategias de Desarrollo Regional*. Ministerio de Planificación y Cooperación, Departamento de Desarrollo Regional.

económica a lo largo del tiempo, producto de su especialización en el sector minería. Pese a algunos intentos por diversificar la base económica regional, la minería contribuye con la mitad del PGB regional y con el 90% del total exportado y, dentro de este sector, el cobre sigue siendo el sustentador de la actividad.

El producto geográfico en el año 1985 fue de \$ 7.933 millones, es decir, el 2,3% del PGB nacional con una tasa de crecimiento de 8,16% (6,19% mayor que la nacional). Por otra parte, el PGB per cápita también es favorable debido a que tanto la tasa de crecimiento del PGB regional como la poblacional son menores que las nacionales.

La economía regional presenta un ritmo de crecimiento productivo de bastante dinamismo, y se caracteriza por su bajo nivel de diversificación y una base productiva primaria sensible a la evolución de los mercados externos. Por otro lado, existe una realidad bipolar que recorre todos los sectores económicos de la región: uno tecnológicamente moderno, altamente eficiente e intensivo en capital, frente a un polo tradicional con procesos productivos de tipo artesanal y de escasa productividad.

El sector pesca experimenta un crecimiento notable. De una incipiente pesca artesanal, desde 1978 se han instalado casi una decena de plantas procesadoras de productos marinos, mayoritariamente para la obtención de harina de pescado.

Los parronales son otra actividad relevante, habiendo más de 5.000 ha en el Valle de Copiapó. A partir de 1978, la zona de Atacama comenzó a poblarse de estos parronales y a incorporar tecnología apta para zonas áridas. Esta actividad dio un impulso al sector agrícola de la región generando una mayor cantidad de mano de obra ocupada. Junto a esta zona, el Valle de Huasco presenta una agricultura tradicional, con una tenencia de la tierra más desconcentrada que en el Valle de Copiapó.

Una primera potencialidad regional es la disponibilidad de abundantes recursos naturales asociados a sectores económicos de punta en la economía nacional. Esto se expresa en la cartera de proyectos de inversión privados y públicos (US\$ 1.480 millones) que deberían ejecutarse en el período 1990-1995.

#### 5.4. IV Región de Coquimbo

Durante los últimos años la economía regional ha presentado una evolución positiva, sustentada en el desarrollo alcanzado por los diversos sectores, en especial el comercio, que tiene un 24,1% de participación en el PGB regional; la industria con un 14,0% de participación y la agricultura con un 15,9%. El sector minería aparece con una participación del 8,4% del PGB regional (subvaluada como consecuencia de tributaciones a nivel central), y los otros sectores, que en conjunto aportan el 37,6%, (transporte y telecomunicaciones, energía, salud y educación).

Un factor positivo es el efecto que ha tenido la política económica nacional sobre la economía regional, reflejado en el comportamiento de los índices macroeconómicos regionales de los últimos años, donde el fuerte incentivo a las exportaciones ha beneficiado especialmente al sector hortofrutícola y pesquero.

### 5.5. V Región de Valparaíso

El PGB regional ha crecido con menor dinamismo que el PGB nacional, sin embargo, el efecto conjunto de crecimiento del producto y evolución poblacional a tasas decrecientes implica un aumento del PGB regional per cápita en el mismo período (1970-1982 y proyecciones). La inversión regional per cápita muestra una tendencia al crecimiento y no mantiene una relación con el promedio nacional, salvo entre 1985 y 1986. En relación a lo presupuestado para el año 1990, expresado en moneda del año y sin incluir los fondos municipales, este indicador es de M\$ 14,13 en la región y de M\$ 9,07 en el país.

Las perspectivas del sector agrícola están basadas fundamentalmente en la fruticultura de exportación. La V Región de Valparaíso posee 44.260 ha de terrenos con aptitud frutal, lo que permite estimar que el ritmo de plantaciones podría mantenerse en el mediano plazo. En la actualidad, la región cultiva el 23,3% de los huertos frutales del país y produce el 18% de la fruta.

La potencialidad del sector pesquero regional se basa en el uso de algunos recursos subexplotados como la albacora, el bacalao, la merluza común, el jurel y las machas.

En 1989 la industria tuvo una marcada especialización en los subsectores alimentos, bebidas y tabacos (CIU 311), con un 53,4% de la producción, y textiles, vestuario e industria del cuero (CIU 312), con un 12,8%. Estos dos subsectores se concentran en 254 industrias que representan el 66,2% del total. También es importante el sector industrias químicas, derivados del carbón, petróleo y plásticos (CIU 315).

La inversión regional per cápita muestra una tendencia al crecimiento y en general no mantiene una relación con el promedio nacional. La inversión no se ha concentrado en los sectores sociales, lo que supone un mejoramiento en el nivel de bienestar global aunque ello no se refleja en la evolución de la extrema pobreza.

### 5.6. Región Metropolitana de Santiago

El imperativo de controlar la expansión de la ciudad de Santiago impone a la estrategia de esta región un carácter distinto al resto, centrándose más que en el incentivo a su desarrollo en lograr mayores niveles de control, racionalidad, eficiencia y especialización de las distintas actividades en el espacio regional. La participación de la región en la generación del PGB nacional durante el período de 1970-1974 fue en promedio de 45,75%, descendiendo a 42,0% en el período 1975-1980 y a 41,2% en el lapso 1981-1986.

Por su parte, las migraciones también han mostrado una declinación que se manifiesta en los saldos migratorios netos observados en los últimos períodos intercensales: 31.874 entre 1952-1960, 21.348 entre 1960-1970 y 16.079 entre 1970-1982. Los factores que han incidido en este "decrecimiento" son complejos y múltiples. Sin embargo, puede mencionarse como una causa significativa la aplicación de medidas macroeconómicas que han favorecido el desarrollo de una economía orientada a la exportación de productos primarios regionales y paralelamente al deterioro de las actividades productivas en la región (período 1975-86) con sus consecuentes niveles de desempleo.

### 5.7. VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

En el período 1970-1985, el PGB regional creció a una tasa anual promedio de 2,8%, notoriamente superior al promedio nacional (1,4%). La contribución regional al producto nacional ha pasado del 4,9% en 1970 al 6,0% en 1985. Este importante crecimiento se ha sustentado básicamente en los sectores silvoagropecuario, minería y construcción, los que crecieron a tasas promedio anuales del 3,7%, 4,1% y 4,8%, respectivamente, en el período 1979-1985. Por su parte, el sector industria manufacturera tiene una tasa negativa de crecimiento cercana al 0,5% anual, siendo el único en esta situación.

Los sectores más relevantes de la producción regional son la minería y la actividad silvoagropecuaria, con un aporte del 30,8% y 22,5%, respectivamente, al PGB regional del año 1985. En un segundo orden de importancia están la industria (11,1%), construcción (10,9%) y servicios (11,8%). El sector industria manufacturera está formado en un 68% por el aporte que realiza la industria básica de metales no ferrosos, seguido por la industria alimentaria con un 25%. La minería está concentrada básicamente en el mineral El Teniente, con influencia directa sólo en algunas comunas de la Provincia de Cachapoal y particularmente en la ciudad de Rancagua.

### 5.8. VII Región del Maule

Los suelos, el clima y la hidrografía de la región determinan que su vocación productiva esté íntimamente ligada al sector silvoagropecuario, que aporta un 31,2% del PGB regional. Le siguen servicios (14%), industria (13,8%), comercio (13,1%), electricidad (11,4%) y construcción (7,4%). Menor relevancia presentan el transporte (3,5%), y la minería y pesca (1% cada uno).

La superficie plantada con frutales se incrementó de 7.200 a 25.000 ha en los últimos 25 años. De igual manera la superficie cubierta con plantaciones forestales aumentó de 80.000 a 260.000 ha, ambas situaciones en un esquema de producción moderno que asegura crecientes volúmenes de productos en el corto y mediano plazo.

El sector industrial de la VII Región del Maule se relaciona principalmente con la elaboración de materias primas provenientes del agro y, si bien se puede observar un incremento de su actividad, en los últimos años el nivel medio de industrialización se encuentra por debajo de la media del país. En 1965 este sector aportaba sólo el 11,2% del PGB regional, mientras que a nivel nacional representaba un 25,4%. En 1986 la industria regional participó con el 13,8% del producto, y a nivel nacional representaba un 20%.

### 5.9. VIII Región del Biobío

La contribución de la economía regional al PGB nacional ha fluctuado entre 9% y 10% entre 1970 y 1986. La VIII Región del Biobío es básicamente industrial, ya que aproximadamente un tercio del producto regional es generado por dicho sector. El sector silvoagropecuario y pesca contribuyen con un 16%, y servicios y comercio con un 21% y 12% respectivamente. El producto industrial está altamente concentrado en pocos subsectores. El 79,3% se genera en cinco agrupaciones, destacando la importancia de la fábrica de papel y celulosa (21,0%), industria del hierro y del acero (17,0%), refinería de

petróleo (15,4%) y productos alimenticios (14,2%). Entre las mayores contribuciones de la región al PGB nacional destacan los aportes del sector pesca (más de 21%), el sector silvoagropecuario (15%), el sector energía (20%) y el sector industria (más de un 15%).

El dinamismo de la economía regional y la creación de nuevos empleos están relacionados con el monto y dirección de la inversión. Entre 1986 y 1989 la inversión en los proyectos alcanzó cerca de US\$ 650 millones, concentrándose en el rubro forestal (73%) y pesquero (9%).

La inversión para los años 1990 a 1995, en proyectos en ejecución mayoritariamente, alcanza a más de US\$ 2.000 millones. Del monto total de inversión, el sector forestal participa con casi un 60%. El resto de la inversión en el presente quinquenio se refiere a la industria del acero, refinerías de petróleo, plantas hidroeléctricas y en menor proporción al sector pesca. Este monto de inversión coloca a la región en una posición privilegiada con respecto al resto del país, ya que lo programado en el período supera el 20% de la inversión total proyectada a nivel nacional.

#### 5.10. IX Región de la Araucanía

La región presenta una importante diferencia entre el PGB nacional y regional, que refleja el volumen del esfuerzo productivo regional expresado en términos de su población. Durante el último quinquenio, con cifras confiables para el PGB, se aprecia que la región muestra un resultado de su actividad económica de alrededor de la mitad del promedio nacional, todo esto expresado en cifras relativas por habitante.

Acerca de la participación regional en la composición del PGB nacional, se comprueba que el mayor peso lo tiene el sector silvoagropecuario, que no obstante ha mantenido estacionaria su cuota de aporte al total de la producción nacional en alrededor de un 10%. La participación del sector industrial regional en el total nacional ha tenido un significativo y permanente incremento, pasando de 1,9% a 2,5% en un lapso de cuatro años. Cabe destacar la diversificación y cambio en la composición estructural de la actividad económica regional.

El aporte del PGB regional al nacional aumentó desde 2,8% en 1981 a 3,2% en 1986. Los sectores que dan cuenta del PGB regional en 1986 fueron principalmente servicios (30,4%), silvoagropecuario (29,7%), industria manufacturera (16,1%) y comercio (14%), seguidos por construcción (5,5%), transporte y comunicaciones (3,3%) y finalmente pesca, minería, electricidad, gas y agua, que en conjunto representaron un 0,89%.

Respecto del esfuerzo realizado para ampliar la capacidad de producción regional, se puede establecer que los recursos de inversión aplicados en la región han sido mayores respecto al total del país, es decir, ha habido una intención de revertir una situación de estancamiento regional a través de un mayor esfuerzo de ampliación de su capacidad productiva (ver Tabla 6.11). Las cifras de inversión por habitante permiten apreciar la situación descrita para los últimos años con información confiable.

<b>Tabla 6.11</b>			
<b>Inversión Efectiva Total<sup>1</sup></b>			
<b>(Millones de \$ de 1986)</b>			
<b>Año</b>	<b>Región</b>	<b>País</b>	<b>% Región/País</b>
1982	5.773,5	74.467,4	7,7
1983	3.053,2	62.016,4	4,9
1984	5.438,6	71.089,3	7,6
1985	5.610,2	82.766,7	6,8
1986	4.399,7	90.173,6	4,9

Nota: <sup>1</sup> Comprende inversión sectorial, FNDR (total), municipalidades y fondo social.

Fuente: MIDEPLAN, Departamento Regional. 1987.

### 5.11. X Región de Los Lagos

La región se caracteriza por una estructura productiva basada principalmente en los sectores primarios agrícola, pecuario y forestal, y en segundo grado en los sectores pesquero y turístico. Tradicionalmente, la mayoría de los habitantes del sector rural han estado vinculados a las actividades silvoagropecuaria y pesquera, con bajo nivel de tecnificación, manteniéndose en una etapa de desarrollo a nivel de subsistencia. La apertura de mercados internacionales para productos primarios de las actividades silvícolas, pesqueras extractivas y de cultivo, y en algunos casos de cultivos agrícolas no tradicionales, junto con incentivar la incorporación de mejoras tecnológicas, ha determinado una diversificación y aumento de las exportaciones de productos a partir de 1980. Esto ha permitido un crecimiento global que conforma una buena base para pasar, en una próxima etapa, a exportar productos elaborados provenientes de la agroindustria o de la industria pesquera.

En el período 1970-1986 el PGB regional ha crecido a una tasa promedio de 2,8%, mayor que el promedio nacional de 2,32%. El PGB regional en 1988 fue de 208.113 millones de pesos.

Analizados cada uno de los sectores dentro del PGB regional para el año 1986 se observa que los que tienen mayor incidencia son servicios, agricultura, industria manufacturera y comercio, con una participación de 28,8%, 20,2%, 17,7% y 16% respectivamente. Los sectores que más aportan al producto nacional de su área son el silvoagropecuario con un 10,5% y pesca con un promedio del 11,9% para el período 1984-1986.

### 5.12. XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo

Durante los últimos cuatro años las exportaciones regionales crecieron aproximadamente diez veces. Ha sido notable el incremento del sector pesca, que ha aumentado 17 veces sus exportaciones en el período 1986-1989. El desarrollo de este sector se produjo entre 1985 y 1988, incrementándose los desembarques desde 6 mil a 26 mil toneladas. El creciente valor alcanzado por los cultivos marinos en 1989 ha significado una

participación del 20% del total de exportaciones regionales registradas por las aduanas de la región.

La explotación ganadera es, en general, de carácter extensivo a semiextensivo, con escasa o nula aplicación de tecnología. Predomina el ganado ovino, aunque estimaciones efectuadas en el año 1985 por una comisión CORFO-SERPLAC indicarían una disminución de aproximadamente 25% de la masa ovina y un porcentaje similar de la bovina. La agroindustria se encuentra en estado incipiente en la región, limitando las posibilidades de dar mayor valor agregado y de esa manera acceder a un mercado extranjero interesado por los productos generados de una región descontaminada.

### 5.13. XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena

El indicador de ingreso per cápita o PGB por habitante resulta distorsionador, puesto que muestra en la región un rango superior al del resto del país. La naturaleza extractiva de las principales actividades económicas de Magallanes hacen que el verdadero aporte de las grandes empresas se circunscriba al pago de remuneraciones y a gastos de funcionamiento, siendo ambos *items* de escasa importancia respecto al total de flujos generados. La lejanía de los principales centros productores de bienes de consumo incide en los costos de transporte, por lo que finalmente la comunidad debe enfrentar un nivel de precios superior al resto del país.

Los sectores de mayor incidencia en el PGB regional son minería, comercio y servicios, observándose una creciente participación de la actividad industrial y una declinación del aporte energético debido a la baja en la producción de petróleo. No obstante, la región posee en el carbón un importante recurso energético, con gran potencial de uso, previendo la natural disminución del recurso petróleo a nivel mundial, momento en que la explotación del carbón con estos fines podrá tornarse atractiva.

P A R T E III  
C A M B I O  
G L O B A L

**Previous Page Blank**

**Capítulo 7**

***Efectos del Cambio Global en Chile***

***Eduardo Fuentes Q. y Reinaldo Avilés P.***

***Facultad de Ciencias Biológicas,  
Pontificia Universidad Católica de Chile***

## **CAPITULO 7. EFECTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN CHILE**

**Autores:** Eduardo Fuentes Q. y Reinaldo Avilés P., Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile

### **1. Introducción**

Durante miles de millones de años el planeta y la biosfera han estado cambiando. Esto ha sido así desde mucho antes de la aparición de nuestra especie, pero lo nuevo es que el cambio actual está ocurriendo muy rápido, desde el punto de vista de la capacidad de respuesta de los subcomponentes del sistema y, muy importante, es precisamente el hombre quien lo genera. En el pasado, la especie humana fue más bien receptora de los cambios sobre el planeta y debió adaptarse a ellos (piénsese en las glaciaciones, por ejemplo). Ahora el hombre está produciendo o induciendo las modificaciones, y éstas son tan vastas y profundas que apenas somos capaces de comprenderlas. Los cambios son muy rápidos, lo que limita el tipo de respuestas que pueden mostrar los subsistemas abióticos y bióticos. Esto es importante ya que la adaptación biológica a los cambios demora generaciones, y el proceso que hemos desencadenado tiene un tiempo de recambio muy inferior al tiempo generacional de muchos de los organismos que habitan la biosfera. Lo más preocupante es que las modificaciones son cada vez más frecuentes, es decir, se trata de una tasa de cambio creciente.

Tampoco cabe duda que la especie humana es una adición reciente (cerca de 3 millones de años) a la economía de la naturaleza, y que por su posición de consumidor en el ecosistema puede y debe alterarlo para su existencia. En otras palabras, la existencia humana implica a lo menos algún cambio en la biosfera. Es importante percibir que la creación de alimentos y otros bienes para nuestra especie sólo ocurre por transformación de los recursos existentes. Generalmente, la producción de alimentos, fibras y sustancias que requerimos para nuestra existencia implica una simplificación de los ecosistemas. Además, la especie humana, consciente o inconscientemente, vierte sus residuos al ambiente, en el convencimiento de que la naturaleza reciclará los desperdicios y los transformará en materias primas que podrán reutilizarse.

Reconocer estas dos funciones de los ecosistemas, producción y reciclaje, es clave para entender el proceso de cambio global en que estamos inmersos.

### **2. El Cambio Global de Origen Antrópico**

Históricamente, el hombre ha tenido un papel menor en el manejo de los flujos de materia en los ecosistemas y en la transformación de los paisajes. Hoy esto ya no es así; el hombre se ha convertido en una especie "clave", un agente de transformación ecosistémica a nivel planetario al perturbar y alterar todos sus componentes, si bien las transformaciones de la biosfera no son siempre equivalentes en sus distintas regiones. Estas diferencias geográficas podrían llevar a pensar que se trata de un conjunto de problemas separados, sólo nacionales o regionales, pero con ello se negaría la globalidad de las transformaciones, lo cual dificultaría su comprensión y eventual solución.

Sabemos que los ecosistemas se alteran de distintos modos cuando son perturbados por el hombre, y que no existe un principio que asegure su sustentabilidad. Es decir, no se ha descubierto ningún principio o ley que asegure que los ecosistemas tolerarán nuestras perturbaciones sin degradarse. Baste recordar la desertificación como caso extremo y ejemplar, que los chilenos hemos producido tanto en las zonas áridas del Norte Chico como en las zonas boscosas de Coihaique.

En el pasado, las alteraciones antrópicas fueron menores y más espaciadas, y la influencia humana no revistió mayor importancia. Ahora, las perturbaciones ocurren a gran escala en todas partes y en todos los componentes del ecosistema Tierra. Han dejado de ser independientes entre sí y pasado a formar parte de un solo gran fenómeno de escala planetaria. Debido a la globalización de la economía, los grandes volúmenes involucrados, el aumento de las distancias entre los centros de producción y demanda de productos, y la integración casi fisiológica que ha mostrado la biosfera, se ha desencadenado un proceso de cambio totalmente nuevo que tratamos de entender para poder guiar, mitigar o evitar sus consecuencias negativas.

El cambio global se refiere a todos los cambios que se están produciendo en forma más o menos simultánea en todo el planeta, tales como: el aumento de la población humana y su presencia en toda la biosfera, los cambios en el uso humano de la superficie y atmósfera planetarias, las alteraciones en los flujos de sustancias y elementos químicos, el aumento de sustancias artificiales en el medio, la reducción de la biodiversidad y el aumento en las concentraciones urbanas.

Todos estos síntomas podemos reconocerlos en Chile, y este capítulo intenta mostrar que estos cambios locales son parte de un fenómeno planetario. El cambio global nos afecta, estamos inmersos en él. Lo que se describe en este libro no son sólo problemas chilenos, sino parte de fenómenos globales que se están dando de una u otra forma en todo el planeta, y cuyo factor común es la presencia del hombre y las transformaciones profundas que está introduciendo en la fisiología planetaria. Los cambios no sólo son muy rápidos sino además novedosos desde el punto de vista biológico y cultural; los entendemos sólo parcialmente y estamos todos casi igualmente faltos de herramientas conceptuales y tecnológicas para enfrentarlos.

### **3. La Población Humana y su Impacto Ambiental**

Uno de los fenómenos más complejos de interpretar en relación con el cambio global es el de la población humana. La especie humana ha experimentado durante los últimos miles de años, y especialmente en los últimos 500, un crecimiento y cambios sin precedentes en su distribución poblacional. El aumento poblacional ha ocurrido en casi todos los países, pero especialmente en los del Tercer Mundo, incluido Chile.

Una misma cantidad de población humana, incluso una misma densidad, puede tener efectos ambientales muy distintos, dependiendo de sus relaciones con el entorno. Tecnología mal aplicada o exceso de demanda por sobre lo que el ecosistema es realmente capaz de tolerar, pueden tener efectos de transformación de tipo degradativo. La historia ecológica de Chile nos enseña que éste es el origen de parte de la degradación ocurrida con algunas

especies comerciales, paisajes, acuíferos, lagos, ríos, etc. La degradación ambiental es equivalente, desde el punto de vista ecológico, a una reducción de la superficie y del potencial natural del país y, por lo tanto, debe ser una preocupación fundamental de toda la población.

Una población con economía de subsistencia, sin acceso a oportunidades de tecnología y crédito, puede tener efectos devastadores sobre el ambiente al generar una degradación progresiva del entorno en su intento por sobrevivir a expensas de un medio que cada año tiene menos capacidad de sustentarla. En Chile se conocen casos de este tipo, y aún hoy tenemos un porcentaje considerable de población que no ha sido adecuadamente absorbida por los centros industriales, y vive desde el Norte Chico a los bosques del sur en una economía de supervivencia que lenta e imperceptiblemente va degradando aún más los recursos del paisaje.

La población humana no debe ser vista sólo como número de personas que alimentar y educar, o como recurso, sino también por su efecto sobre el ambiente. Una evaluación del impacto humano sobre la biosfera debe considerar el efecto total producido y compararlo con la capacidad del ecosistema para tolerar el tipo y la cantidad de presión antrópica ejercida en las condiciones tecnológicas actuales. Son estas presiones las que producen degradación. En el futuro puede que ambos factores cambien, pero también es posible que la degradación ya se haya producido. El Norte Chico, por ejemplo, fue degradado (desertificado) en momentos en que nuestra percepción y tecnología eran muy diferentes. Es posible que hoy, enfrentados a la misma situación, no permitiéramos los usos no sustentables que en esa época se hicieron, o propiciaríamos escenarios de uso muy distintos. Ahora el daño está causado y el ambiente ya ha sido degradado. La recuperación de esas enormes superficies es casi imposible económicamente, ya que existen otras urgencias que estarán siempre presentes. Si bien podemos ponerle precio a unas hectáreas desertificadas, es difícil evaluar qué precio tiene para Chile la degradación del Norte Chico. Desde el punto de vista de capacidad de sustentación de población humana, el cambio del Norte Chico ha significado ciertamente una reducción de ella.

Sabemos que las capacidades de sustentación de las distintas zonas del país son diferentes, y para cada zona deben investigarse tanto los efectos ambientales producidos por la población existente como los esperables por la población proyectada en caso de continuar el tipo de relación con el ambiente. Si existe degradación ambiental, aunque la densidad humana parezca baja comparada con la de otras partes del país o del planeta, se deben investigar sus causas y determinar los cambios necesarios.

Debido a que los cambios ambientales pueden ser de difícil reversibilidad, como con la desertificación, o imposibles de recuperar, como cuando se extinguen especies, es importante que los cambios correctivos se lleven a cabo en un plazo suficientemente corto como para no seguir degradando el potencial natural de una zona. No es el propósito de este capítulo detallar todos los problemas globales, pero sí describir la dinámica general en que estamos insertos, permitiendo contextualizar los problemas ambientales descritos en otros capítulos. A continuación nos referimos a algunos de estos problemas.

#### 4. El Efecto Invernadero

Uno de los cambios que el hombre está produciendo es sobre la composición de la atmósfera, y una parte de él alude a la disminución del gas ozono y sus posibles consecuencias sobre los organismos. Este cambio es producido por los denominados gases con efecto invernadero, tales como: anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), metano, clorofluorcarbonos y vapor de agua. Como es sabido, estos gases tienen la capacidad de permitir el paso de la radiación solar incidente y, he aquí el problema, impedir el paso de la radiación reflejada por la superficie del planeta, atrapando la energía y produciendo su calentamiento. Evidentemente, en la medida que aumenta la concentración de estos gases en la atmósfera mayor es su calentamiento.

Es importante notar que el efecto invernadero es un fenómeno natural, no es nuevo en la historia del planeta, y se llama así por analogía con el calentamiento que se produce en los invernaderos como consecuencia de un fenómeno similar que atrapa el calor. Por ello la temperatura de la Tierra es 32°C más alta de lo que sería sin gases invernadero, y la temperatura promedio de los planetas Venus, Tierra y Marte coincide con la calculada sobre la base de este efecto.

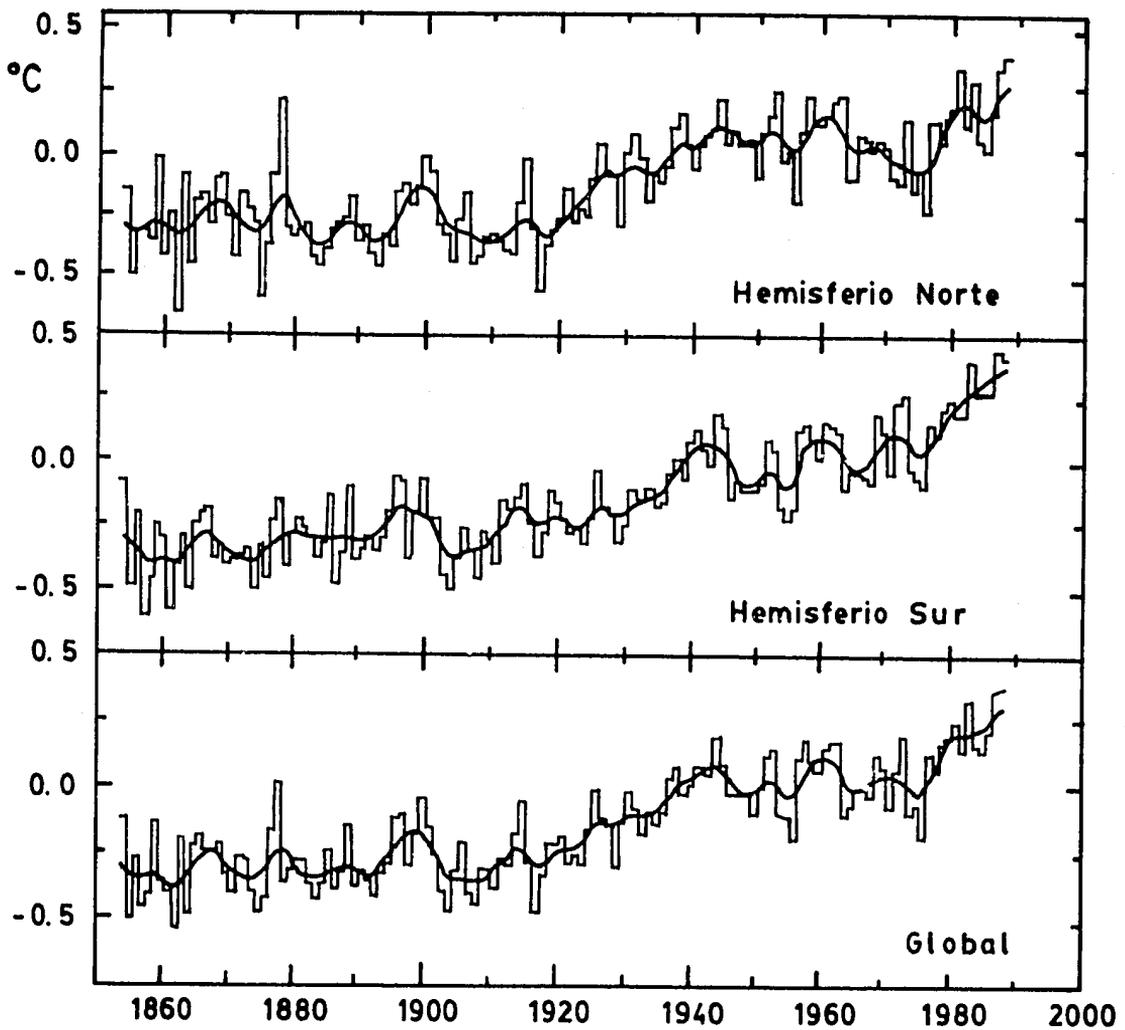
No debe entonces sorprender que al aumentar la concentración atmosférica de los gases invernadero en la Tierra, como consecuencia de algunos procesos industriales, quema de bosques y otros, aumente la temperatura global. De hecho, se sabe que, al menos en los últimos 160.000 años, ha habido una buena correlación entre la temperatura del planeta y la concentración de gases invernadero. En consonancia con estas observaciones, desde comienzos de la Revolución Industrial la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico ha aumentado de 280 a 350 partes por millón (un 25%), y el incremento térmico medido ha sido de cerca de 0,5°C (ver Figura 7.1).

#### 5. Consecuencias del Aumento del Efecto Invernadero

No hay certeza real, ni podría haberla, sobre lo que ocurrirá en el futuro. Se sabe que si se continúa inyectando gases con efecto invernadero a la atmósfera la temperatura promedio continuará aumentando. La incerteza se refiere más bien a la velocidad, magnitud y distribución de los cambios, así como a los efectos que los cambios climáticos puedan producir sobre los ecosistemas y las sociedades humanas.

La Organización Meteorológica Mundial y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente establecieron en 1988 un grupo de alto nivel denominado Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos, para estudiar los posibles cambios climáticos. El propósito de este capítulo no es dar una descripción detallada del problema, sobre el cual existen muchos libros y publicaciones, sino hacer un breve resumen del estado del conocimiento.

**Figura 7.1**  
**Temperatura Media Anual (°C) como Diferencia Respecto de la**  
**Temperatura Promedio entre los Años 1950-1979**



**Nota:** Hay un mayor aumento de temperatura en el hemisferio Sur en la última década.

**Fuente:** Farmer, G., T.M.L. Wigley, P.D. Joes y M. Salmon. 1989. *Documenting and Explaining Recent Global-Mean Temperature Changes. Final Report to NERC-Contract GR3/6565*. 141 pp.

Para realizar predicciones sobre del cambio climático, los meteorólogos construyen modelos de simulación denominados Modelos de Circulación Global (en inglés, *Global Circulation Models* o GCMs), que intentan reproducir los fenómenos de circulación atmosférica y oceánica, y los intercambios de calor y agua que se estarían produciendo a nivel planetario.

Debido a los importantes vacíos de conocimientos actuales, y a la capacidad todavía reducida de los mejores computadores existentes, los modelos son aún elementales y difieren mucho en sus descripciones. Por un lado, la grilla en que parcializan el mundo es muy gruesa, en general entre 4 y 8° de longitud y/o latitud. Por esto, accidentes geográficos como la Cordillera de los Andes, capaces de generar cambios climáticos importantes en distancias de sólo 200 km, no aparecen representados en los modelos. Esta baja resolución implica limitaciones muy serias cuando se quiere discutir los cambios a nivel regional o nacional.

Por otro lado, los modelos difieren en sus premisas y en los procesos que consideran, y todos son incompletos. Distintos modelos incorporan distintas retroalimentaciones entre componentes, e incluso distintos componentes, como por ejemplo los océanos y las nubes que se podrían formar. Por ello no es extraño que sus descripciones de los climas de Sudamérica, en función de la precipitación y temperatura, estén en discrepancia con las mediciones.

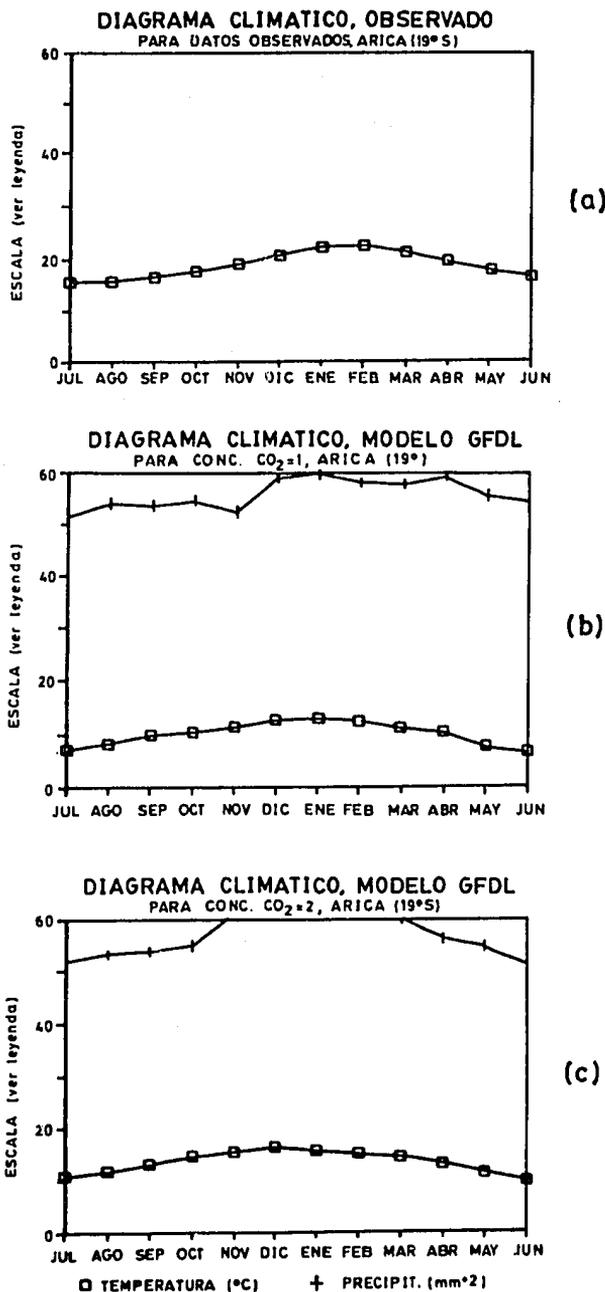
Las predicciones que se hacen para cuando la cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico (en realidad la suma de los efectos de todos los gases invernadero expresadas como efecto sólo de CO<sub>2</sub>) sea el doble en relación a la actual, también difieren entre sí. Algunos modelos predicen sequías donde otros predicen aumentos de precipitación, y aun los incrementos térmicos anticipados son desiguales en las distintas conceptualizaciones.

A modo de ejemplo, aunque sin afirmar que tales predicciones son buenas, se han construido diagramas climáticos para localidades ubicadas en la costa occidental a latitudes comparables en Chile y Norteamérica. Como se sabe, estas costas tienen en la actualidad una gran similitud fisionómica, y es posible observar secuencias antiparalelas de paisajes desérticos a bajas latitudes, matorrales a latitudes intermedias, y bosques lluviosos templados a altas latitudes.

Para ejemplificar el estado de las predicciones teóricas, se efectuó una comparación entre datos reales y simulados por modelos (obtenidos en parte bajo el auspicio del proyecto FONDECYT 614-1989) para dos concentraciones de CO<sub>2</sub>: la actual y otra equivalente al doble de ella. Se usaron los datos generados a partir de tres GMCs: el GFDL (Estados Unidos), el GISS (Estados Unidos), y el UKMO (Reino Unido). En primer lugar se construyeron los diagramas climáticos reales a partir de los datos de las estaciones meteorológicas respectivas en los últimos 15 años. Luego, se compararon esos diagramas con los generados por los modelos para una concentración de CO<sub>2</sub> como la actual. Como los resultados difieren mucho entre sí, para cada localidad se seleccionó el modelo que más se asemejara a los datos observados, descartando los otros dos. El criterio de semejanza fue la mínima diferencia de precipitaciones y temperaturas medias para todos los meses.

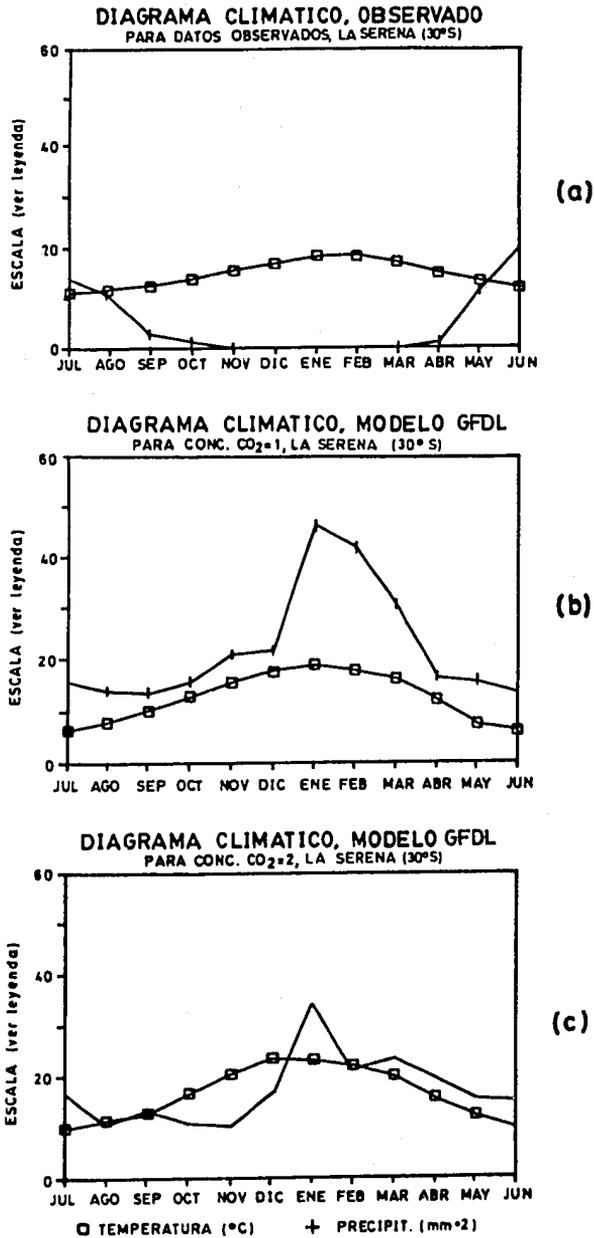
Los resultados que ejemplifican el estado de algunos de los mejores modelos actuales se muestran en las Figuras 7.2 a 7.10. Cada figura contiene el diagrama climático real (arriba), el del mejor modelo para la actual concentración de CO<sub>2</sub> (centro), y el predicho por ese modelo para cuando la concentración de CO<sub>2</sub> sea el doble de la actual (abajo).

**Figura 7.2**  
**Diagrama Climático de Arica (19°S)**



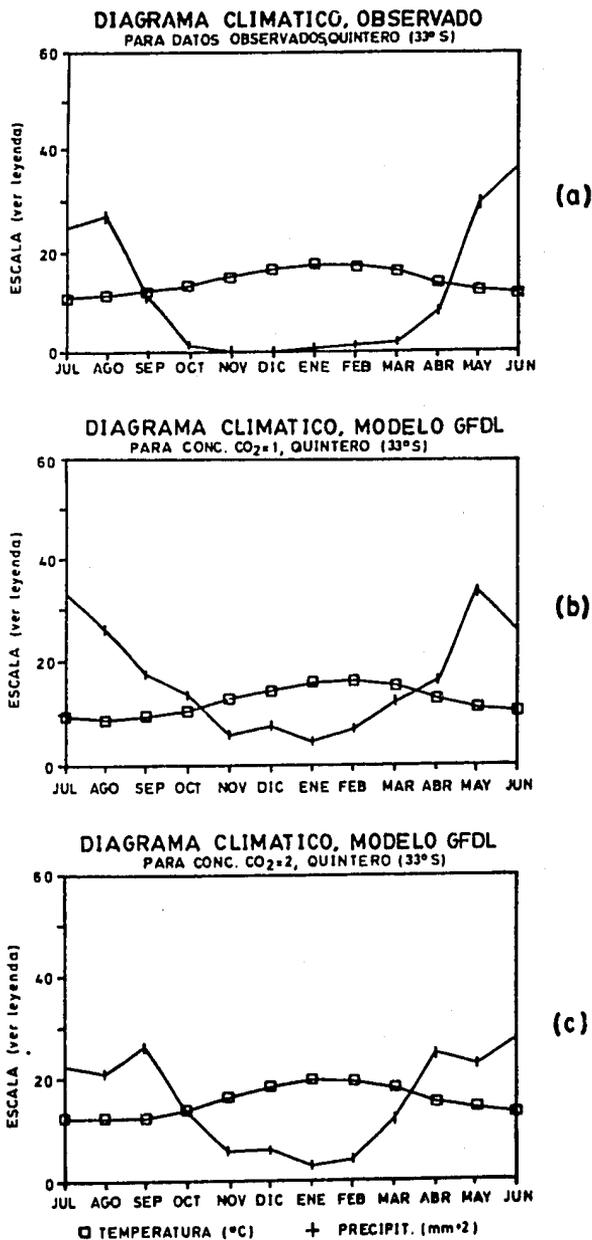
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GFDL) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (GFDL) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Hay una gran diferencia en precipitaciones entre el diagrama observado (a) y el predicho para concentración actual de CO<sub>2</sub>, (b). La predicción de un aumento de precipitaciones y temperatura en este caso es particularmente poco confiable.

**Figura 7.3**  
**Diagrama Climático de La Serena (30°S)**



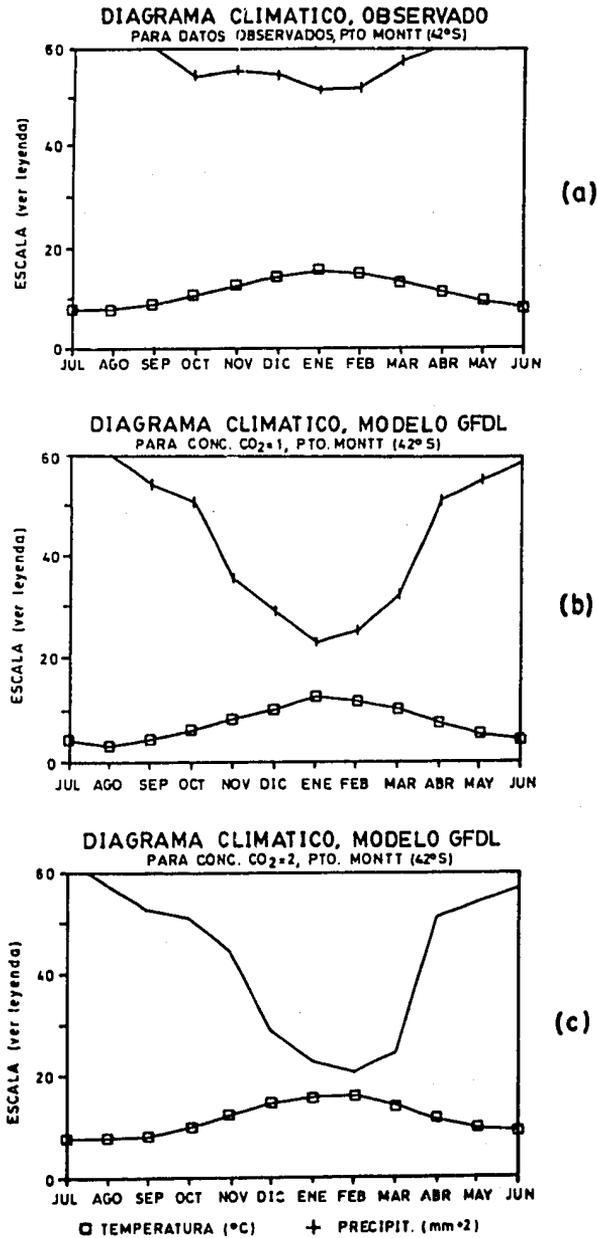
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GFDL) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, (c) Datos generados por GCM (GFDL) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Existe una diferencia en precipitaciones entre el diagrama observado (a) y el predicho para concentración actual de CO<sub>2</sub>, (b), y la predicción de disminución de la pluviosidad es poco confiable.

**Figura 7.4**  
**Diagrama Climático de Quintero (33°S)**



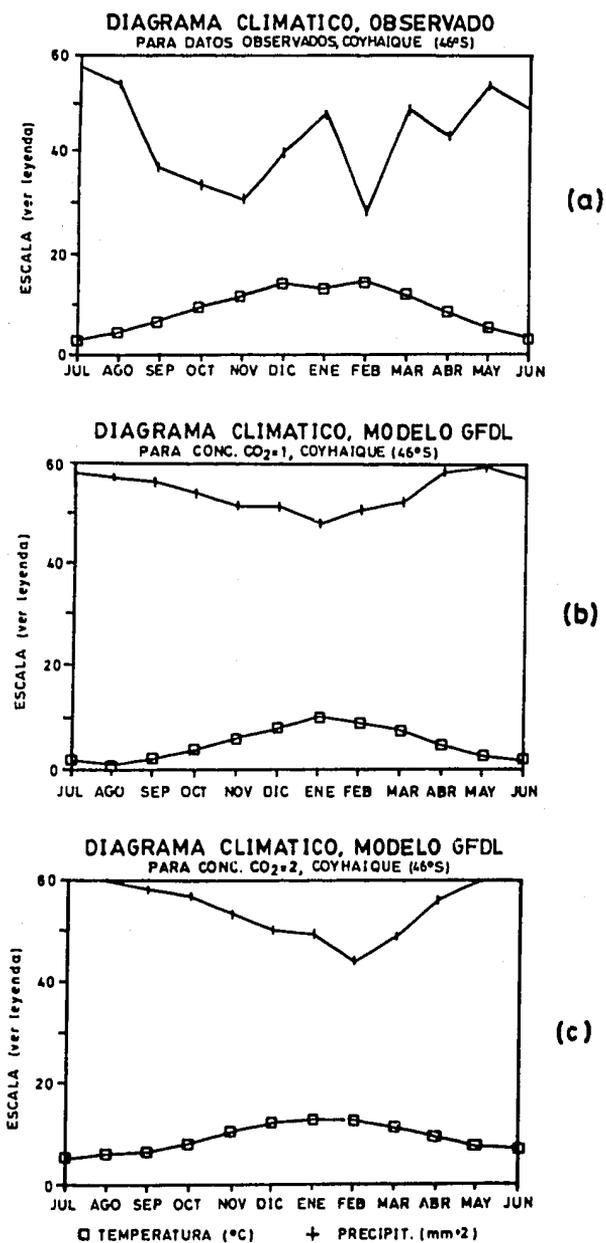
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GFDL) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (GFDL) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Pese a la semejanza entre el diagrama observado (a) y el predicho para concentración actual de CO<sub>2</sub>, el diagrama generado por el modelo corresponde a un clima más húmedo que el observado.

**Figura 7.5**  
**Diagrama Climático de Puerto Montt (42°S)**



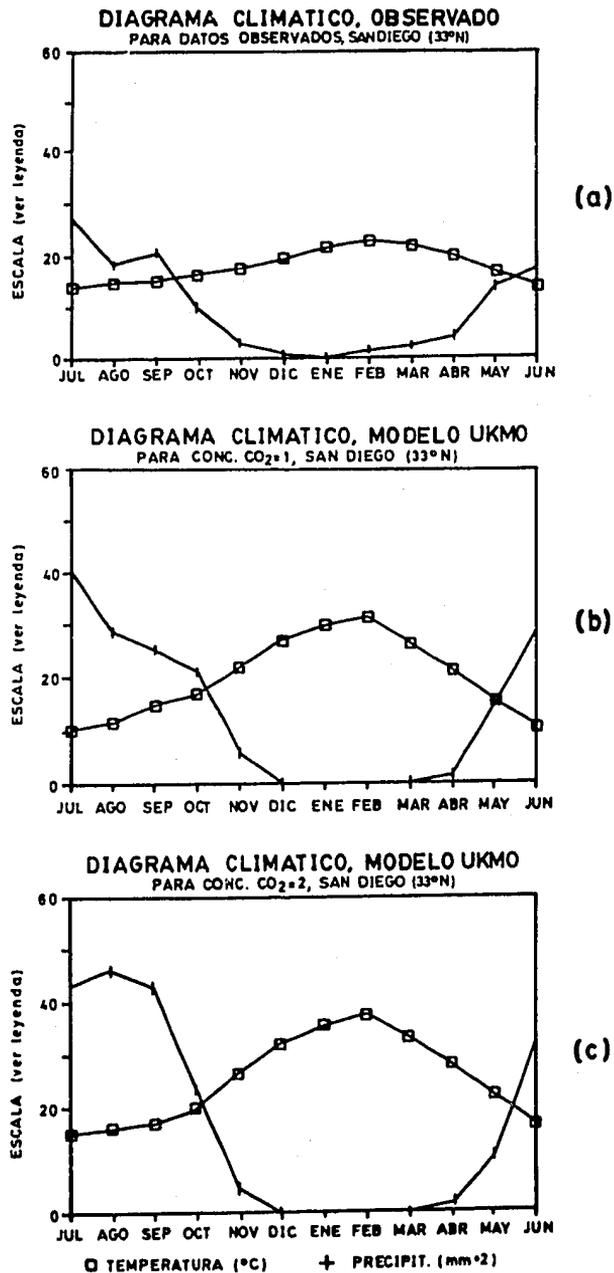
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GFDL) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (GFDL) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Hay una gran diferencia en precipitaciones entre lo observado (a) y lo predicho para concentración actual de CO<sub>2</sub> (b), por lo que la predicción es poco confiable.

**Figura 7.6**  
**Diagrama Climático de Coihaique (46°S)**



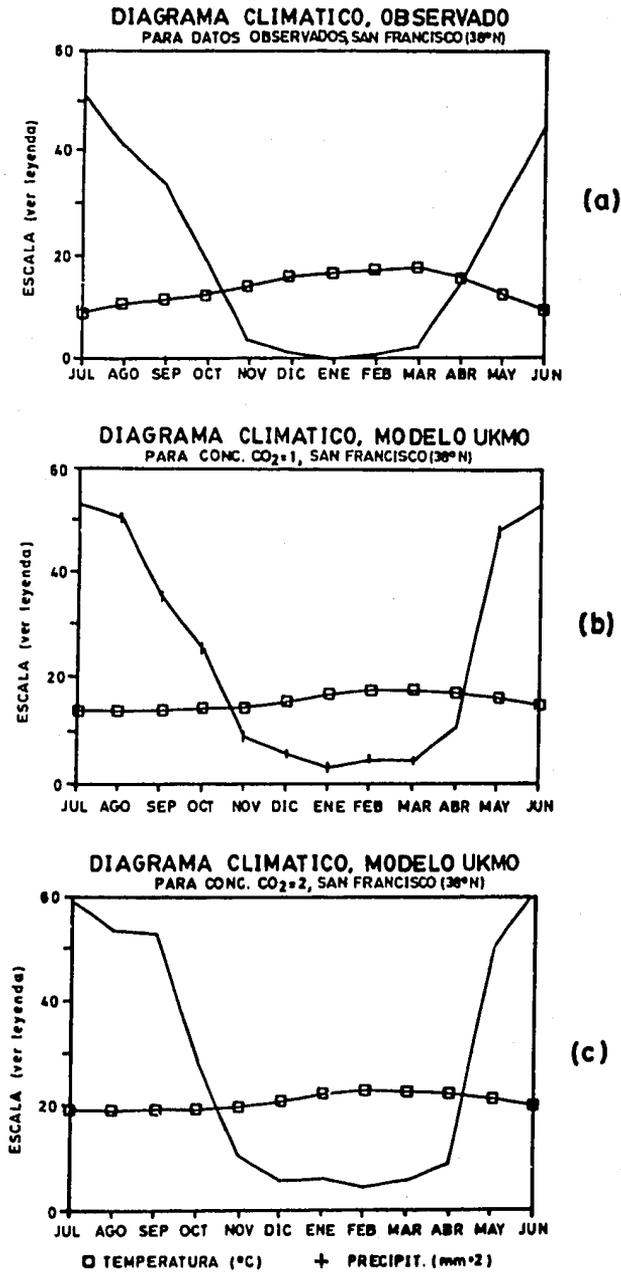
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GFDL) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (GFDL) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. A pesar de la semejanza parcial, el diagrama predicho corresponde a un clima más húmedo y estable que el observado.

**Figura 7.7**  
**Diagrama Climático de San Diego (Estados Unidos) (33°N)**



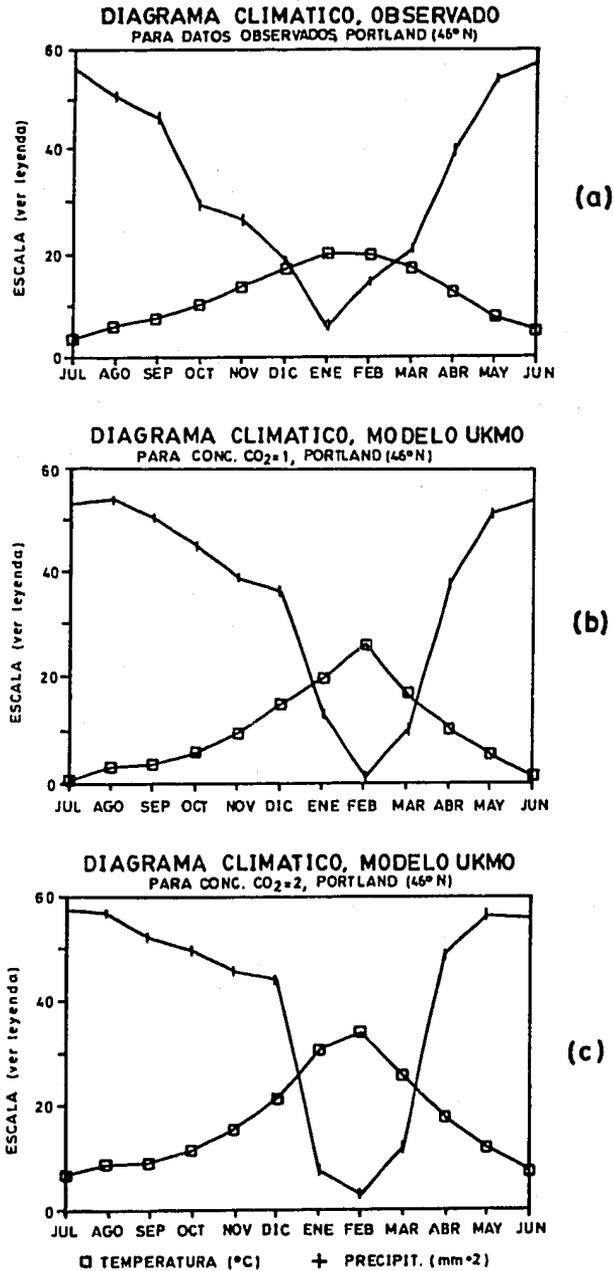
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (UKMO) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (UKMO) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Pese a la semejanza parcial, el diagrama predicho corresponde a un clima más húmedo y cálido que el observado.

**Figura 7.8**  
**Diagrama Climático de San Francisco (Estados Unidos) (38°N)**



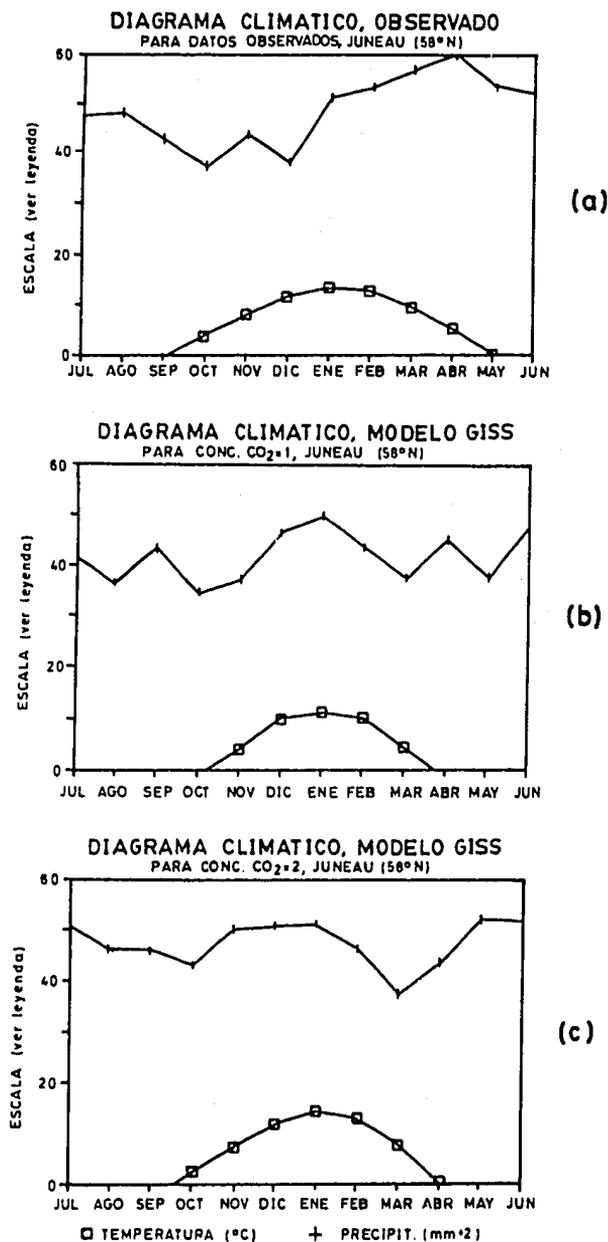
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (UKMO) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (UKMO) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. Pese a la semejanza, el diagrama predicho corresponde a un clima más húmedo.

**Figura 7.9**  
**Diagrama Climático de Portland (Estados Unidos) (46°N)**



**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (UKMO) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (UKMO) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. El diagrama generado por el modelo corresponde a un clima más húmedo que el observado.

**Figura 7.10**  
**Diagrama Climático de Juneau (Estados Unidos) (58°N)**



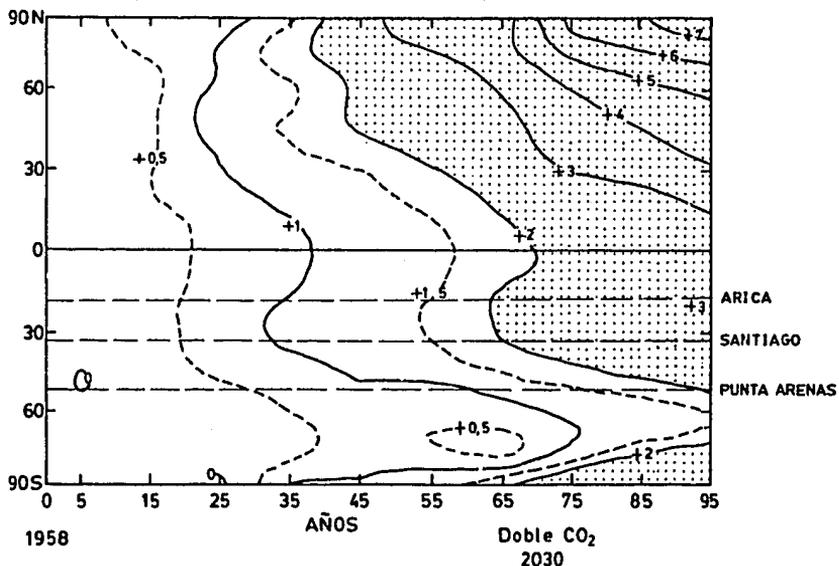
**Nota:** (a) Datos registrados en estaciones meteorológicas; (b) Datos generados por GCM (GISS) para concentración actual de CO<sub>2</sub>, y (c) Datos generados por GCM (GISS) para el doble de la concentración actual de CO<sub>2</sub>. El diagrama generado por el modelo corresponde a un clima más seco y frío que el observado. El aumento predicho en temperatura y precipitaciones podría no estar indicando el cambio real.

Al comparar las figuras es evidente que no existe un único modelo que describa con mayor semejanza toda la situación climática actual. Sin embargo, el UKMO es el que mejor la describe en casi todas las localidades de Norteamérica analizadas, con excepción de la localidad de Juneau (58°N) en Alaska, donde el modelo seleccionado fue el GISS. Para Chile el modelo GFDL produce, para la actual concentración de CO<sub>2</sub>, los resultados más semejantes al diagrama climático real para todas las localidades analizadas.

La semejanza entre los modelos y el diagrama real tiende a ser mayor para las localidades norteamericanas que para las chilenas, y es particularmente baja para las localidades chilenas al norte de los 30°S, donde el efecto de pantalla de la Cordillera de los Andes y el efecto desecante de la corriente fría de Humboldt no fueron considerados. Se infiere que los cambios climáticos no serán paralelos en ambos continentes, y que la antisimetría de los paisajes en sus márgenes occidentales se perdería o disminuiría.

A fin de describir lo que anticipan los modelos, sin considerar que sus predicciones son "correctas", es posible comparar las temperaturas anuales promedio con las predicciones de los modelos para la concentración actual y para el doble de CO<sub>2</sub>. Los resultados para Chile y Norteamérica en la Figura 7.11, sugieren que el cambio significaría para todas las latitudes un aumento de temperatura de más de 3,5°C, pero con diferencias entre ambos hemisferios. En Chile, el cambio sería mayor a medida que aumenta la latitud, mientras en Norteamérica esta tendencia no se advierte claramente, pareciendo incluso inversa.

**Figura 7.11**  
Cambio de Temperatura Media Anual de Equilibrio Esperado al Doblarse la Concentración Actual de CO<sub>2</sub> para Diferentes Localidades en Chile y Norteamérica versus la Latitud Respectiva



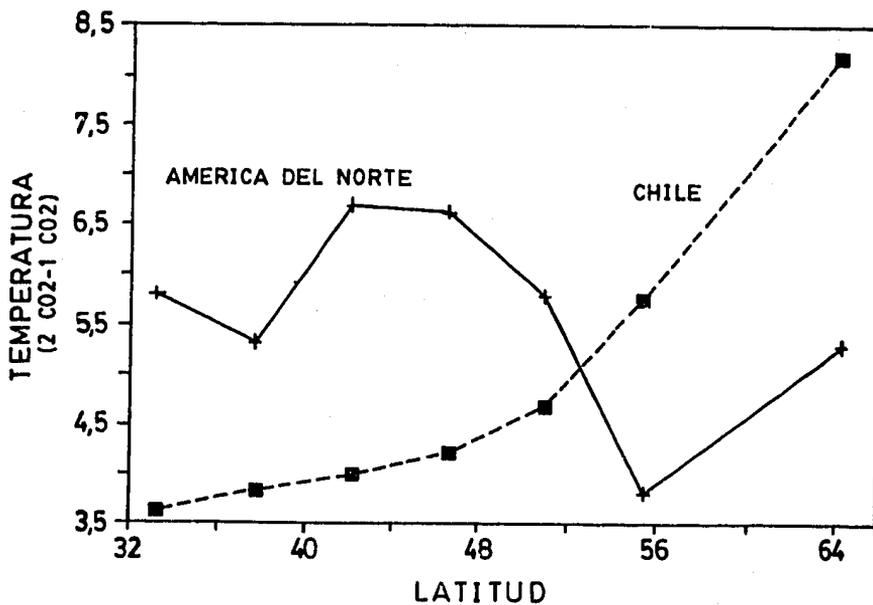
**Nota:** Calculada a partir de los datos generados por los GCMs respectivos.  
Note la asimetría en ambos hemisferios.

La gran discrepancia entre lo indicado por los modelos y lo medido revela que ellos son aún inadecuados como predictores climáticos a escala local. A pesar de ello, a continuación se resumen algunas de las predicciones más actualizadas.

Respecto al calentamiento global se anticipan aumentos de temperatura de 2 a 5°C en promedio una vez que se duplique el CO<sub>2</sub>. Este efecto, debido a la presencia de otros gases, se produciría entre los años 2030 y 2050. Por la asimetría interhemisférica el aumento de temperatura se sentirá unos 20 a 30 años antes en el Hemisferio Norte que en el Sur.

Una predicción reciente que considera la asimetría entre hemisferios anticipa que los cambios serán mucho más lentos y de menor envergadura en nuestro hemisferio (ver Figura 7.12). Debe considerarse que estas predicciones anticipaban para la actualidad incrementos de temperaturas mayores que los medidos. De ser acertadas, corrigiendo por el incremento medido, los sectores más australes de nuestro país apenas percibirán la duplicación del CO<sub>2</sub> en los primeros decenios del próximo siglo, con el incremento de temperatura del orden de 0,5°C.

**Figura 7.12**  
Sección Latitud-Tiempo de la Diferencia en el Promedio (por décadas) de la Temperatura del Aire en la Superficie (°C), entre un Modelo Climático "Procesado" con Décadas de CO<sub>2</sub> Creciente en 1% Anual (Compuesto) y un Control "Procesado" con CO<sub>2</sub> Constante



**Nota:** Un mismo incremento de temperatura (e.g., 0,5°C) se experimenta más o menos en la misma fecha en Arica y en Santiago, pero casi 10 años después en Punta Arenas.

**Fuente:** Stouffer, R. J., S. Manabe, y K. Bryan. 1989. *Interhemispheric Asymmetry in Climate Response to a Gradual Increase in Atmospheric CO<sub>2</sub>*. *Nature*, 342:660-662.

Es necesario repetir que estos valores son muy discutibles, pues no se entiende bien el papel que podrían jugar algunos elementos de la biosfera como las nubes. El agua es un gas invernadero y podría hacer subir la temperatura, pero, por otro lado, si aumenta la nubosidad una fracción mayor de la radiación incidente sería reflejada por las nubes y la temperatura podría aumentar en menor magnitud.

En relación al ciclo hidrológico, se espera que con el aumento de temperatura aumente la evaporación y la nubosidad, lo que aumentaría las precipitaciones, aunque no hay consenso de si será sólo en invierno y en todas partes por igual. Algunos modelos predicen desecación en algunas áreas y aumento de precipitación en otras, pero, sin embargo, no logran coincidir entre sí.

Al considerar el nivel de los mares, se cree que el aumento de temperatura produciría derretimiento de nieves y glaciares, que serían parcialmente compensados por los aumentos de precipitaciones sólidas sobre las grandes masas todavía heladas de Groenlandia y de la Antártica. Se espera que el aumento neto en el nivel de los mares sea del orden de 1-2 mm por año, y que llegue a unos 50 cm con la duplicación de CO<sub>2</sub>. Sobre este punto también existen muchas discrepancias entre los modelos, no obstante, el aumento del nivel de los mares es una posibilidad real.

Otro aspecto es la reducción en la temperatura de la estratosfera. Como consecuencia del efecto invernadero, más calor quedaría atrapado en la atmósfera, y la estratosfera se enfriaría. Debido a ello se favorecería la desintegración química del ozono y habría un aumento en el agujero de ozono antártico. Los clorofluorcarbonos jugarían aquí un papel dual, como gases con efecto invernadero y facilitadores de la reducción del ozono.

En general, las predicciones globales parecen más confiables que las continentales, y las efectuadas para pequeñas áreas o países (como Chile) son absolutamente poco confiables.

Respecto a los ecosistemas, es deseable poder anticipar los cambios climáticos que pueden tener lugar en ellos y sus respuestas, para explorar además sus consecuencias sociales. Lamentablemente, como se mostró, hay dificultades para predecir las consecuencias ecológicas del cambio del clima. Es importante mencionar que desde hace varios años se trabaja en distintas partes del mundo para mejorar el entendimiento de estos cambios. Por otra parte, nunca se han estudiado los efectos de corto o largo plazo al aumentar simultáneamente la temperatura y CO<sub>2</sub> para los organismos, y variar la cantidad de agua disponible. Algunos experimentos muestran respuestas contrapuestas a distintos plazos y con distintas especies. Las respuestas de ecosistemas completos son todavía desconocidas, al igual que para las cadenas tróficas que podrían tener distinta sensibilidad. Sin embargo, ésta también es un área donde existen grandes proyectos internacionales de investigación, y en la que continuamente están apareciendo novedades.

Otro aspecto poco conocido es el de las reacciones humanas ante los cambios climáticos y sus consecuencias. Es de esperar que ante cambios en la distribución de las potencialidades del planeta se observen respuestas psicológicas individuales, así como económicas, sociales y geopolíticas. Por ello, dependiendo de la magnitud local y relativa de los cambios climáticos, podría haber cambios importantes en el orden mundial vigente.

También las respuestas humanas ante el cambio climático están siendo investigadas, y es de esperar que en los próximos años se conozca mejor el tema.

## 6. Cambio Global en Chile

Ante la magnitud del cambio en ciernes, donde se sugiere que habrá cambios en muchas variables simultáneamente y muchas de las cosas que damos por sentadas ya no serán así, cabe preguntarse por las estrategias que países pequeños, como Chile, deben adoptar. En base a los elementos disponibles es posible hacer un par de sugerencias que podrían contribuir a su diseño.

Pareciera que dos elementos fundamentales de esa estrategia debieran ser, por un lado, mantenerse informados acerca de qué se sabe de los cambios y cómo afectarán a distintas partes de la biosfera y, por otro, ponderar la importancia que los distintos componentes del cambio global podrían tener en Chile.

Se mencionó que el cambio global ya se está produciendo, que su complejidad es mayor que la de cambios pasados, y que se está sólo empezando a comprender su magnitud y significado. Sin duda la mejor manera de compenetrarse con lo que sucede es aprender lo que se investiga en otras partes y relacionar esos descubrimientos con la situación chilena. No parece razonable intentar investigar lo que podría suceder en Chile manteniéndose aislado de los avances en el resto del mundo, pero es necesario investigar cómo se dan los fenómenos en el país. Sabemos que la particularidad de los ecosistemas locales es tanta como para que, ni en Chile ni en ninguna otra parte del mundo, pueda descansarse sobre resultados obtenidos en otros lugares y confiar que los sistemas locales responderán en forma similar. Es preciso averiguar cómo responderán nuestros ecosistemas y cómo podrían mitigarse los cambios en sociedades como la nuestra.

Por otro lado, todos los aspectos del cambio global no afectan a todos los países con igual importancia, ni tienen la misma velocidad de desarrollo. Como se mostró, la evidencia disponible sugiere que el cambio climático sería relativamente lento en Chile, comparado con lo esperado a latitudes similares en el Hemisferio Norte. Pero los cambios asociados a la industrialización, al cambio de uso de la tierra y de los recursos, podrían ser mucho mayores y más rápidos. En otras palabras, y a modo de hipótesis, podría ser que los cambios debido al cambio de uso de la tierra y la industrialización fuesen tan rápidos y devastadores que los cambios climáticos queden enmascarados. Por ejemplo, podría ser que cuando haya transcurrido suficiente tiempo y se den las condiciones para verificar el efecto del cambio climático sobre la distribución de los bosques de Chile, ya no queden bosques porque han sido sobreexplotados. Lo mismo podría suceder con otros ecosistemas y con distintas especies.

De tal modo es preciso mantenerse informado del conocimiento existente sobre los cambios globales, puesto que por la globalización de la economía mundial los efectos locales son tan importantes como los relacionados con otros centros de producción y consumo. Esto ocurrirá más rápido en la medida que entendamos que nuestros problemas son parte de un fenómeno más general. Pero, también es necesario reevaluar continuamente la importancia de los distintos aspectos del cambio global y cómo ellos afectan a los ecosistemas de nuestro

país y a su sociedad. Los más capacitados y más interesados en hacerlo somos los chilenos. El país no puede permanecer al margen de la investigación sobre el cambio global que se está produciendo, a riesgo de depender de interpretaciones hechas por otros en base a realidades ecológicas y sociales diferentes.

*Capítulo 8*

*Deterioro del Ozono en Chile*

*Jorge Leiva V. y Rosa Escobar B.*

*Comisión Nacional del Medio Ambiente*

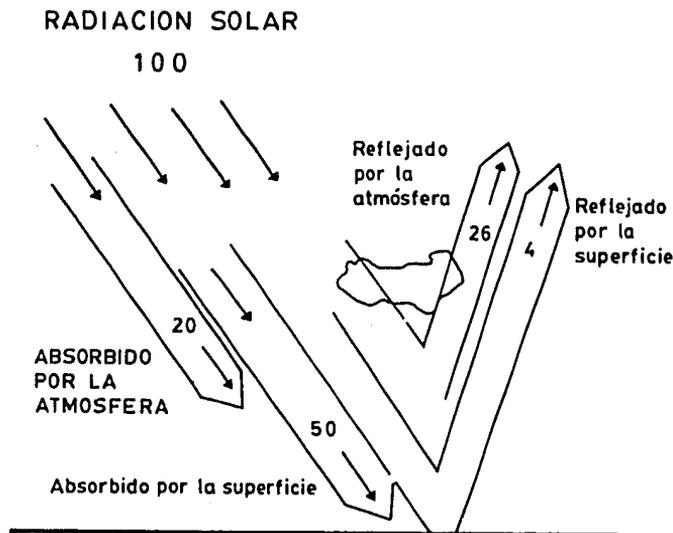
## CAPITULO 8. DETERIORO DEL OZONO EN CHILE

Autores: Jorge Leiva V. y Rosa Escobar B., Comisión Nacional del Medio Ambiente

### 1. La Capa de Ozono y su Degradación

El mundo ha cambiado ostensiblemente desde que investigadores de las más diversas áreas dieran la señal de alarma ante el deterioro ambiental que la actividad descontrolada del hombre estaba creando. Primero fue la comprobación del hecho de que los ecosistemas estaban siendo seriamente afectados por los desechos industriales, nucleares y domiciliarios, y que el uso de combustibles fósiles estaba degradando la calidad de vida de los habitantes de las grandes urbes. Posteriormente, como corolario a todo lo anterior, se descubre que uno de los "pilares" de la comodidad y modernidad de nuestra era, esto es, el uso de refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas y sistemas de prevención de incendios, era el principal causante de la destrucción de la capa de ozono estratosférico. Esto provocó un drástico cambio de actitud respecto al significado del ozono, un compuesto antes poco conocido, cuya importancia radica en que protege toda la cadena de vida del planeta, ya que su estructura permite absorber los peligrosos rayos ultravioletas (UV<sub>A</sub>), disminuyendo considerablemente la cantidad de ellos que alcanza la superficie de la Tierra. La Figura 8.1 muestra el balance energético de las radiaciones de luz solar y los filtros naturales que contribuyen a su reducción.

Figura 8.1  
Balance Energético de la Radiación Solar que Llega a la Tierra



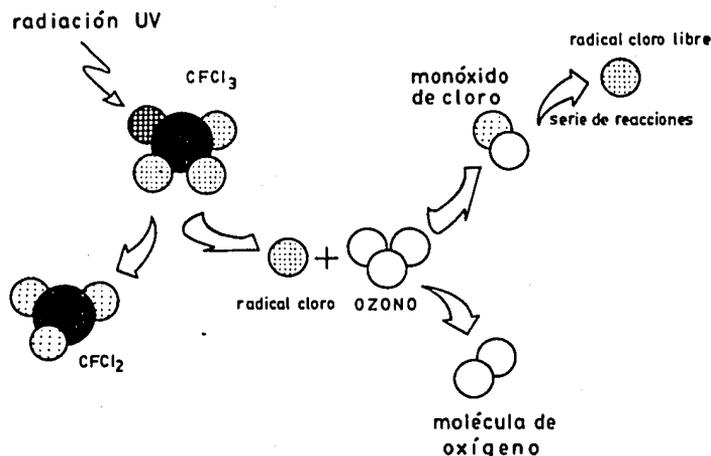
Fuente: Sanhueza, E. 1992. *Global and Hemispheric Changes in Tropospheric Chemistry*. Interciencia, 17:208-217.

Un ejemplo de los efectos negativos de la radiación  $UV_B$  es que puede producir cataratas, las que a su vez generan ceguera si no son tratadas. Además, la radiación  $UV_B$  puede causar mutaciones en el material genético, afectar el sistema inmunológico y puede provocar cáncer a la piel. Igualmente, un excesivo aumento de radiación puede afectar la capacidad fotosintética de algunas plantas y disminuir la densidad del plancton vegetal.

## 2. Los Elementos que Destruyen la Capa de Ozono

La primera voz de alerta provino de un trabajo publicado por Rowland y Molina<sup>1</sup>, quienes pusieron de manifiesto que los clorofluorcarbonos (CFC) usados en refrigeración, aerosoles, aires acondicionados y fabricación de espumas plásticas, eran responsables de la rápida destrucción de ozono. La gran cantidad de trabajos realizados con posterioridad han confirmado y aportado nuevas evidencias sobre el papel de los átomos de cloro y bromo en la secuencia de reacción química que destruye el ozono. En términos simples, el mecanismo de reacción se puede resumir de la siguiente manera: los CFC y Halones (CFBr) son compuestos muy estables que pueden alcanzar una vida media mayor de 100 años, que cuando son liberados a la atmósfera no son degradados y alcanzan la estratosfera, donde son irradiados por la luz UV y se descomponen rápidamente para liberar átomos de cloro y/o bromo, los cuales comienzan una cadena de reacciones fotoquímicas que interfieren con el ozono estratosférico, teniendo como consecuencia la destrucción de este último. Se estima que un átomo de cloro, antes de ser neutralizado, puede destruir 100.000 moléculas de ozono (ver Figura 8.2).

**Figura 8.2**  
**Efecto de los CFC sobre el Ozono Estratosférico**

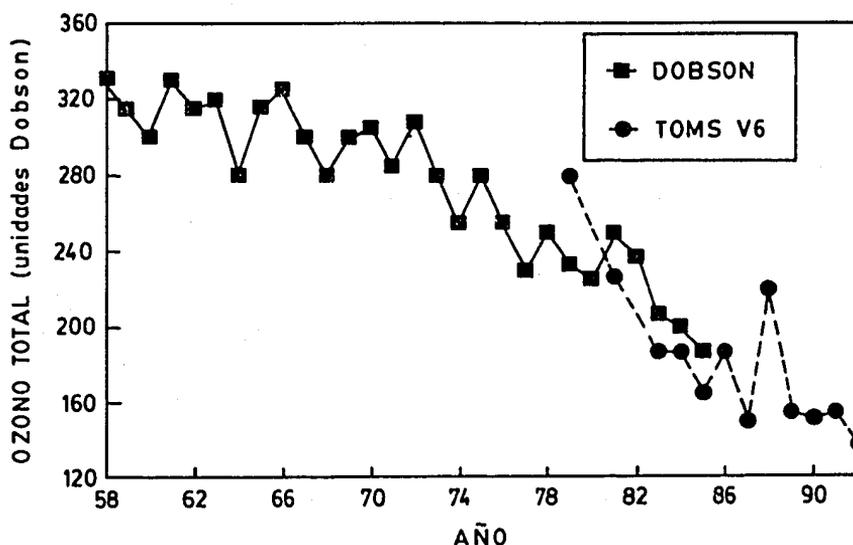


Fuente: UNEP IE/PAC. 1992. *Protecting the Ozone Layer*. Vol. 1.

<sup>1</sup> Rowland, F.S. y M.J. Molina. 1974. *Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine-Atom Catalyzed Destruction of Ozone*. *Nature*, 249:810.

En los últimos años se han realizado numerosas mediciones del nivel de la columna de ozono en la Antártica, registrándose una disminución de 50% en 20 años (ver Figura 8.3).

**Figura 8.3**  
**Concentraciones Promedio de Ozono en la Antártica**  
**(Promedio octubre 1958-1992)**



**Nota:** Estos puntos son concentraciones promedio obtenidas durante la primavera antártica.

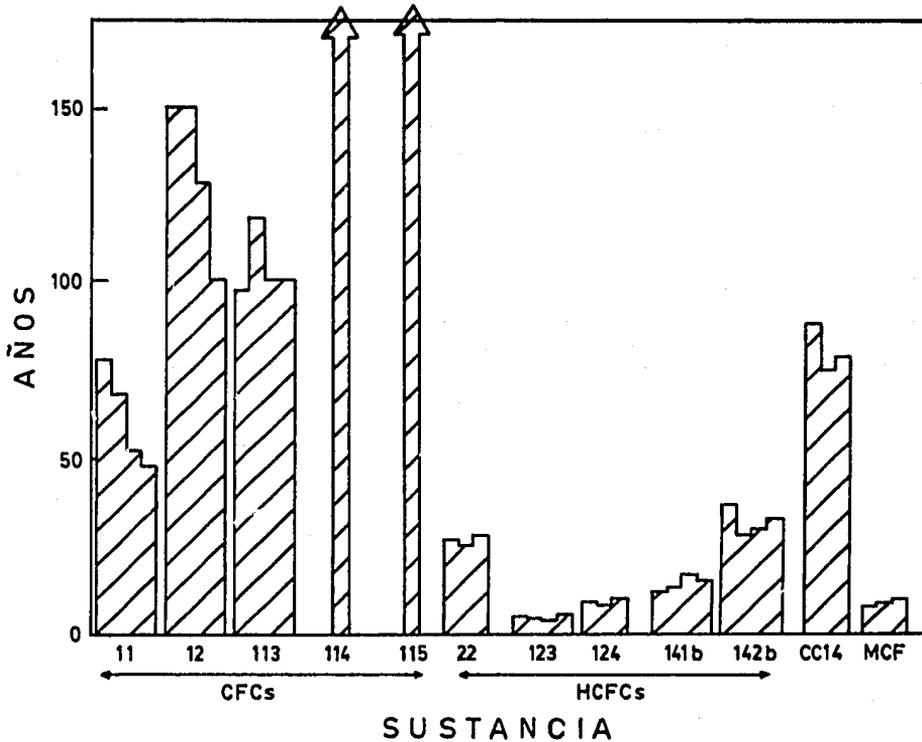
**Fuente:** Universidad de Chile. 1993. *Curso en Química de la Atmósfera: Aspectos Globales y Regionales*. Siglos Biogeoquímicos. Santiago 14-15 de octubre 1993.

Es importante recalcar que, aunque las concentraciones de ozono en la zona antártica son mínimas, en el resto del planeta también se ha registrado una disminución sostenida de los niveles existentes al año 1979. Los estudios científicos efectuados hasta el momento coinciden plenamente al atribuir los bajos niveles de ozono existentes a los cloruros introducidos a la atmósfera, y se ha comprobado que la magnitud del "agujero" de la capa de ozono es prácticamente del tamaño del continente helado<sup>2</sup>.

Otro aspecto importante de señalar es que el esfuerzo que hoy día se realiza para frenar la producción de CFC y CBr tendrá resultados a mediano y largo plazo. En efecto, se calcula que aunque el consumo y producción de estas sustancias se eliminara hoy, posiblemente el restablecimiento de los niveles normales de ozono tomaría a lo menos un par de décadas, debido a que la estabilidad molecular y el período de vida media de los CFC y CBr son extremadamente altos, como lo indica la Figura 8.4.

<sup>2</sup> Crutzen, P.J. y T.E. Graedel. 1993. *Atmospheric Change*. AT&T. Freeman & Company.

**Figura 8.4**  
**Períodos de Vida Media de Clorofluorocarbonos y Halones en la Atmósfera**



Fuente: Sanhueza, E. 1992. *Global and Hemispheric Changes in Tropospheric Chemistry*. Interciencia, 17:208-217.

### 3. El Protocolo de Montreal

La primera iniciativa internacional destinada a proteger la capa de ozono estratosférico se conoce como el Convenio de Viena de 1985, que fue firmado y ratificado por Chile en marzo de 1990, con lo cual adquirió carácter de Ley de la República. Esta ley compromete a nuestro país a la adopción de medidas que disminuyan el consumo de sustancias dañinas para la capa de ozono, a realizar esfuerzos en investigación en torno al tema, al monitoreo sistemático y a la cooperación multilateral científica, tecnológica y legal.

En el marco del Convenio de Viena, en 1987 se firma el Protocolo de Montreal sobre sustancias que destruyen la capa de ozono, el que posteriormente fuera modificado en Londres y Copenhague, en 1990 y 1992 respectivamente. Chile firmó y ratificó el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, acuerdos que también se constituyen en Ley de la República.

El Protocolo de Montreal es un acuerdo internacional que limita y controla la producción y consumo de las sustancias consideradas destructoras de ozono (*Ozone Depleting Substances* o ODS, en inglés), y a la vez que regula su comercio.

Tales compuestos, denominados "sustancias controladas", han sido definidos detalladamente en una serie de anexos al Protocolo:

Anexo A : Clorofluorocarbonos y Halones

Anexo B : Clorofluorocarbonos, tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>) y metilcloroformo

Anexo C : Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)

Anexo D : Listado de productos que contienen sustancias controladas y cuyo comercio está regulado por el Protocolo

Anexo E : Bromuro de metilo

El cronograma de reducción del consumo y producción para cada anexo se muestra en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1 Programa de Reducción de ODS de Acuerdo a la Enmienda de Copenhague						
Sustancia		Acción	Consumo (%)	Producción (%)	Inicio	Magnitud Excepción (%)
Anexo	Grupo					
A	I	Reducción	< 25 *	< 25 *	94	10 *
A	I	Eliminación	0	0	96	15 *
A	II	Eliminación	0	0	94	15 *
B	I	Reducción	< 80 #	< 80 #	93	10 #
B	I	Reducción	< 25 #	< 25 #	94	10 #
B	I	Eliminación	0	0	96	15 #
B	II	Reducción	< 15 #	< 15 #	95	15 #
B	II	Eliminación	0	0	96	15 #
B	III	Reducción	< nivel 1989	< nivel 1989	93	10 #
B	III	Reducción	< 50 #	< 50 #	94	10 #
B	III	Eliminación	0	0	96	15 #

Nota: Existen excepciones referidas a aplicaciones esenciales y a países bajo el Artículo 5.  
 \* nivel en 1986.  
 # nivel en 1989. Estados Unidos y Europa adelantaron la eliminación total de CFC a 1995.

Fuente: CONAMA. 1993. *Programa País para la Protección de la Capa de Ozono*. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Secretaría Técnica y Administrativa, Santiago.

Los países que operan bajo el Artículo 5, Párrafo 1, del Protocolo de Montreal, es decir, países con un consumo per cápita inferior a 0,3 kg/hab, como es el caso de Chile, tienen un plazo de gracia de 10 años sobre todas las fechas citadas en el cronograma de reducción. Además, las disposiciones del Protocolo permiten que los países productores que

no operan según el Artículo 5 puedan producir una cantidad determinada de sustancias controladas, por sobre los valores estipulados en el cronograma de reducción para satisfacer las necesidades de los países consumidores que acceden al período de gracia. Cabe destacar que Estados Unidos y Europa han decidido adelantar para 1995 la eliminación total de CFC.

Por otra parte, el Protocolo controla el comercio de sustancias controladas y equipos definidos en anexos, imponiendo las siguientes restricciones:

- En 1990 se prohíbe la importación de sustancias en el Anexo A desde países no partes.
- En 1993 los países partes no podrán exportar sustancias controladas a países no partes.
- En 1995 se prohíbe la importación de productos del Anexo D desde países no partes a países partes.

Con el propósito de facilitar la reconversión tecnológica que implica la eliminación del uso de las sustancias controladas, el Protocolo de Montreal ha establecido mecanismos de financiamiento, orientados a los países en desarrollo que operan al amparo del Artículo 5, Párrafo 1, y cubren los costos incrementales en que estos países deben incurrir para cumplir con las disposiciones establecidas en dicho Protocolo. El origen de estos recursos es el Fondo Multilateral, financiado con aportes comprometidos por países desarrollados.

#### 4. Situación del Consumo en Chile

En el documento denominado Estudio País se determinó el nivel de consumo de Chile en 1989, estimándose que correspondía al 0,07% del consumo mundial<sup>1</sup>. Este valor se traduce en un consumo aproximado de 0,1 kg de sustancias controladas por habitante, el cual no ha variado sustancialmente en los años posteriores.

Chile no produce sustancias controladas, satisfaciendo sus necesidades con la importación de estos productos. Existe un número reducido de importadores de estas sustancias, que están fuertemente agregados, y cubren la demanda generada principalmente por la fabricación de espumas flexibles y rígidas, la industria de la refrigeración y aire acondicionado, y en menor grado de solventes y extintores. En la actualidad, prácticamente no se fabrican en Chile aerosoles en base a CFC<sup>2</sup>.

El Servicio General de Aduanas mantiene un registro de las sustancias controladas ingresadas al país, aunque en algunos casos los códigos aduaneros son muy generales, lo que dificulta la determinación del monto importado para cada sustancia en particular.

<sup>1</sup> Oxman, S. 1991. *Strategy on Ozone Layer Protection*. Kien Consultores, Santiago.

<sup>2</sup> Cámara Chilena de la Industria Cosmética.

La evolución del consumo de sustancias controladas en el período 1989-1993 se encuentra en la Tabla 8.2. Se puede ver que el perfil de consumo de CFC no sigue un patrón muy definido, ya que su consumo baja o sube sin revelar una tendencia clara. En todo caso, en la actualidad se tiene un consumo de CFC de 846,1 TM, aproximadamente 108 TM menos que en 1989. En este perfil de consumo, los CFC-11 y CFC-12 son las sustancias más utilizadas. Otro dato importante de comentar es que la introducción de HCFC-22 como sustituto ha crecido en forma fluctuante desde 1989 a la fecha, llegando a 287,3 TM en 1993.

**Tabla 8.2**  
**Consumo Global en Chile de Sustancias Controladas por el Protocolo de Montreal**  
**(toneladas métricas)**

Compuesto	Año					
	ODP	1989	1990	1991	1992	1993
CFC-11	1,00	332,8	334,1	355,5	327,9	481,3
CFC-12	1,00	590,8	315,4	339,1	243,7	289,0
CFC-113	0,80	0,0	3,8	25,6	12,5	20,2
CFC-114	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CFC-13	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5
HCFC-21	0,04	7,3	6,3	28,9	9,0	58,6
HCFC-22	0,06	196,6	305,1	311,4	314,9	287,3
Otros CFC	1,00	30,9	11,9	49,5	41,3	41,1
Total CFC	-	954,5	665,2	769,7	625,4	846,1
Total HCFC+CFC	-	1.158,4	976,6	1.110,0	949,3	1.192,0
MCF	0,11	216,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CCl <sub>4</sub>	1,11	12,4	7,3	10,3	13,0	5,9
Bromuro de metilo	1,00	181,2	335,9	256,4	319,5	282,7
Halon 1211	3,00	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Halon 1301	10,00	8,2	7,3	6,3	0,0	3,7
Total Halon	-	36,6	7,3	6,3	0,0	3,7
Total	-	1.604,5	1.327,1	1.383,0	1.281,8	1.484,3

**Nota:** ODP: Potencial destructor de ozono equivalente a la razón entre la capacidad destructora de ozono de una sustancia controlada y la capacidad de destrucción del CFC-11.

**Fuente:** CONAMA. 1992. *Programa País para la Protección de la Capa de Ozono*. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Secretaría Técnica y Administrativa, Santiago.

Durante la Reunión de las Partes realizada en Copenhague en 1992, el bromuro de metilo fue incluido como sustancia controlada, determinándose que en 1995 se congelará su producción a los niveles de 1991. Si bien no se han establecido aún calendarios de eliminación, para nuestro país será de vital importancia contar con productos químicos alternativos o prácticas de conservación adecuadas en el mediano y corto plazo, debido al fuerte impacto que puede tener la eliminación de este fumigante en la exportación de fruta chilena. Actualmente se importan alrededor de 200 ton de este producto, tanto para fumigación de frutas como para desinfección de suelos.

## **5. Programa País para la Protección de la Capa de Ozono**

Comisión Nacional del Medio Ambiente, en su calidad de organismo de Gobierno encargado de la gestión ambiental del país, presentó en 1991 el Estudio País ante el Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal. En este documento se determinó el nivel de consumo nacional para 1989 y se analizó la estructura del mercado interno que utiliza sustancias controladas por el Protocolo.

Posteriormente, en 1992, dicha Comisión preparó y presentó ante el Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal el Programa País para la Protección de la Capa de Ozono, cuyo objetivo es conseguir una reducción del consumo interno de sustancias controladas en aproximadamente un 60% con respecto al año base del Estudio País, esto es 1989, en un plazo de 3 años<sup>1</sup>. El Programa País fue aprobado y será financiado por el Fondo Multilateral del Protocolo, a través del Banco Mundial, por un monto total de US\$ 1.206.000. Este programa contempla cuatro componentes principales, que se estima estarán en plena ejecución durante 1994, y que se describen a continuación.

### **5.1. Campaña de Movilización de Opinión Pública**

Este programa tiene por objeto cambiar los hábitos de la población, tratando de orientar la demanda de los consumidores hacia productos que no contengan sustancias controladas o que no las hayan ocupado durante su proceso de fabricación y, por otra parte, se pretende crear conciencia acerca de los riesgos para la salud asociados al agotamiento de la capa de ozono y el consecuente aumento de radiación ultravioleta.

### **5.2. Implementación del Sello Ozono**

Este sello, ligado a la campaña de opinión pública, es un incentivo adicional para que las empresas procedan a la reconversión, y permitir que el público pueda discriminar entre los productos dañinos para la capa de ozono.

El sello ozono está definido como aquel distintivo que será otorgado a aquellos productos que no contengan, y que en ninguna etapa de su proceso de fabricación hayan utilizado, sustancias agotadoras del ozono.

### **5.3. Subsidio a la Conversión Tecnológica o a la Readaptación de Procesos que Utilizan Sustancias Agotadoras del Ozono**

Este programa está concebido como un incentivo financiero no reembolsable a aquellas empresas o actividades que deseen convertir sus procesos o productos en los cuales utilizan sustancias controladas a tecnologías libres de éstas.

---

<sup>1</sup> CONAMA. 1993. *Programa País para la Protección de la Capa de Ozono*. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Secretaría Técnica y Administrativa, Santiago.

#### **5.4. Cursos de Entrenamiento en el Uso de Nuevas Tecnologías y Optimización de Procesos ya Existentes**

El objetivo de estos cursos es capacitar en el manejo y operación de nuevas tecnologías, así como también en la adaptación de los procesos actualmente en operación en los cuales estén involucradas sustancias controladas. Se abordarán las áreas de espumas flexibles, refrigeración (principalmente en mantención) y conversión de cámaras esterilizantes de hospitales públicos.

P A R T E IV  
ESTADO DE LOS  
COMPONENTES  
AMBIENTALES

155  
**Capítulo 9**

***Contaminación Atmosférica en Chile:  
Antecedentes y Políticas para su Control***

***José Arteaga C. y Hernán Durán F.***

***Comisión Económica para América Latina y el Caribe***

**Previous Page Blank**

## **CAPITULO 9. CONTAMINACION ATMOSFERICA EN CHILE: ANTECEDENTES Y POLITICAS PARA SU CONTROL**

**Autores:** José Arteaga C. y Hernán Durán F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe

### **1. Introducción**

A pesar de que el deterioro de la calidad del aire es un problema de creciente importancia desde hace un par de décadas en el país, la preocupación ciudadana y de las autoridades por el tema es reciente. Esta reacción tardía hace que el problema revista características alarmantes. Santiago, capital del país, es una de las ciudades más contaminadas del mundo, y su población sufre un deterioro creciente en su salud. Además, con la emisión de más de un millón de toneladas de azufre a la atmósfera proveniente de fundiciones de cobre, estamos entre los diez primeros países contaminadores del mundo, sólo comparable con lo que ocurre en algunos países de Europa del Este. En otros puntos focales, como Puchuncaví, Huasco, Chagres y algunos poblados cercanos a plantas de celulosa y fábricas de harina de pescado, el problema pone en tensión a la ciudadanía. Pero no sólo está en juego la salud de la población, el deterioro de nuestros ecosistemas, la respuesta a la ciudadanía de nuestras autoridades y del sistema político y jurídico institucional del país, sino también nuestra imagen internacional como país que se dice impulsor de la modernidad y el progreso. En efecto, es previsible que dado el creciente nivel de conciencia proteccionista a nivel mundial, las exportaciones de productos generados en un ambiente contaminado no soporten las barreras del proteccionismo verde.

En primer lugar, la indiferencia por el tema está asociada a un problema de ignorancia colectiva. Históricamente, se consideraba que el humo era signo de progreso, y sin duda los habitantes del Valle de Puchuncaví, V Región de Valparaíso, vieron con entusiasmo cuando en la década de los sesenta el humo comenzaba a invadir su valle. Lo mismo ocurría en el Valle del Aconcagua, en la misma región, con Chagres, en los setenta con CAP en Huasco, III Región de Atacama, y en diferentes momentos en la propia ciudad de Santiago. A fines de los ochenta el deterioro de la salud de la población y de los ecosistemas naturales y artificiales sometidos a este impacto era evidente, y la población empezó a exigir reparaciones y el control del problema. En segundo lugar, la indiferencia por el tema también se vincula a las prioridades políticas del debate nacional. El tema central de la política durante diecisiete años fue la recuperación de las formas democráticas de organización de la sociedad y el respeto por los derechos humanos. Temas frente a los cuales la preocupación por unos humos más o menos, lamentablemente, parecía banal. En tercer lugar, posiblemente por falta de posibilidades de ejercer presión política, no fue tema de preocupación de las autoridades. Es más, el problema fue sistemáticamente relegado como se observa en la debilidad jurídica e institucional existente en los órganos de poder. Se producen problemas como el de otorgar amplios poderes de fiscalización a las autoridades de salud y no fortalecer la estructura para mejorar sus capacidades.

En nuestra opinión, las actuales autoridades tienen la oportunidad de proteger la imagen ambiental del país a nivel nacional e internacional. En este trabajo, junto con señalar

cuál es la situación actual, se indican una gran cantidad de iniciativas emprendidas entre 1990 y 1994. Sin embargo, surge la legítima pregunta de si el esfuerzo emprendido es suficiente. Nuestra sensación es que es posible hacer más.

Este capítulo se beneficia de tres fuentes de información. La primera, los estudios realizados por la Intendencia Metropolitana y el Banco Interamericano de Desarrollo a fines de la década pasada. La segunda, la legislación nacional reciente sobre la materia. La tercera, los trabajos realizados durante los últimos años por los especialistas en el tema. El análisis del problema se basa principalmente en los trabajos realizados por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en conjunto con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), bajo un convenio de asistencia técnica suscrito por ambas entidades.

Por último conviene destacar que este capítulo se refiere sólo al impacto de las fuentes fijas y, en particular, a las grandes chimeneas, las llamadas megafuentes. Otras fuentes fijas derivadas de la pequeña empresa, hogares, o actividades como las quemas o roces del sector agrícola, todas de alta incidencia en el deterioro de la calidad del aire, no han sido analizadas.

## **2. Existencia del Problema**

En Chile, como en todo el mundo, la calidad del aire está siendo afectada por diversos procesos derivados del desarrollo de la industria, la tecnología y la urbanización acelerada, sobre los cuales no se han tomado los debidos resguardos para controlar sus efectos contaminantes.

Gran cantidad de sustancias contaminantes se vierten masiva y permanentemente en la atmósfera, y con frecuencia sobrepasan su capacidad natural de dilución. El problema se agudiza en las grandes zonas urbanas, por su crecimiento incontrolable de las ciudades y la consiguiente presencia de un parque automotor de gran magnitud, por la habitual existencia en estos lugares de grandes concentraciones industriales y porque, paralelamente, no se toman medidas preventivas o curativas para paliar los efectos contaminantes.

La localización geográfica de algunas ciudades, enclavadas entre zonas montañosas de difícil ventilación y sometidas a procesos climáticos que acentúan esta situación; por ejemplo, dada la magnitud y el número de fuentes contaminantes en el perímetro urbano, la inversión térmica muchas veces contribuye al deterioro de la calidad del aire. En Chile es necesario distinguir la situación de la Región Metropolitana de Santiago, zona de alta concentración poblacional, transporte automotor e industria. Además, su ubicación en una cuenca cerrada y el proceso de inversión térmica que la caracteriza en los meses fríos, son factores adicionales que contribuyen al deterioro de la calidad del aire.

En el resto del territorio nacional se encuentran las principales megafuentes contaminantes, generando problemas de impacto ambiental que han obligado a tomar medidas de control especiales, señaladas más adelante.

Esta diferenciación ha llevado a recomendaciones de políticas de control de diverso tipo en la Región Metropolitana de Santiago y el resto del país. Por ejemplo, en la primera

se recomienda un control sobre las emisiones de las diversas fuentes por unidad de tiempo, debido a que son muchas y es muy difícil distinguir su contribución a la contaminación atmosférica general. En el resto del país, cuando es perfectamente identificable la fuente, se recomienda un control sobre las concentraciones máximas en el punto de mayor impacto<sup>1</sup>.

### 3. Normas de Calidad del Aire

Los contaminantes del aire pueden diferenciarse entre gases y partículas. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), así como la legislación de la Comunidad Económica Europea, señalan que los contaminantes del aire que deben ser vigilados especialmente son: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), hidrocarburos y las partículas, en especial su fracción respirable. En algunos casos, como Alemania, la legislación incluye también algunos metales pesados.

La autoridad chilena ha fijado normas primarias para proteger la salud humana con un razonable margen de seguridad, y normas secundarias para proteger el bienestar humano por causas indirectas, como daños a la agricultura, flora o fauna silvestre. En Chile se definió una Norma de Calidad del Aire en junio de 1978 (Resolución N° 1.215, Delegado de Gobierno en el Servicio Nacional de Salud), la cual se establece como norma primaria basada en los daños de los contaminantes sobre la salud de la población (ver Tabla 9.1).

Tabla 9.1 Norma Chilena Primaria de Calidad del Aire (concentración media-máxima en mg/m <sup>3</sup> )				
Grasas y partículas	1 hora	8 horas	24 horas	1 año
Monóxido de carbono	40.000	10.000	-	-
Dióxido de azufre	-	-	365	80
Ozono	160	-	-	-
Dióxido de nitrógeno	-	-	-	100
Partículas Totales en Suspensión (PTS)	-	-	260	-
Fracción inhalable (PM10)	-	-	150	-

Fuente: Delegado de Gobierno en el Servicio Nacional de Salud. 1978. Resolución N° 1.215.

Existen otros elementos nocivos que son controlados en el monitoreo pero no están incluidos en la Norma Chilena aunque son de interés, como los compuestos orgánicos volátiles (COV), señalados como objeto de vigilancia por la EPA. Los hidrocarburos son un conjunto de sustancias químicas orgánicas que en su mayoría se originan a partir de la evaporación de los COV. Estos se combinan con NO<sub>x</sub> bajo la acción de la luz solar, en una reacción que permite la formación de O<sub>3</sub>.

<sup>1</sup> Stainer, A. 1991. *Principales Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Algunos Medios para su Control*. CEPAL, LC/R. 983.

Las Partículas Totales en Suspensión (PTS) pueden tener una composición química diversa. Las de tamaño inferior a 10 micrones de diámetro (PM10) son de especial cuidado, pues pueden permanecer largo tiempo en suspensión, y al ser aspiradas pueden llegar al interior de las cavidades pulmonares. Este conjunto de partículas es llamado "fracción respirable o inhalable"<sup>2</sup>.

Luego de fijar umbrales de concentración máxima compatibles con la salud humana y los ecosistemas, las políticas públicas deben tender a su cumplimiento por diversos medios y utilizando diferentes instrumentos. La autoridad puede fijar concentraciones máximas para lugares geográficos determinados, como lo ha hecho en el caso de la Fundición de Chagres.

#### 4. Principales Fuentes de Emisión de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana de Santiago

En términos de las principales fuentes de contaminación atmosférica en la Región Metropolitana de Santiago (ver Tabla 9.2), las mediciones de la red MACAM (Monitoreo de la Calidad del Aire en la Región Metropolitana) muestran que las PTS constituyen el contaminante cuya norma se sobrepasa con mayor frecuencia. Su causa principal (72% del total) es el polvo fugitivo que proviene principalmente del tránsito sobre calles, sobre todo de las sin pavimentar. Si consideramos la fracción respirable de las PTS, el polvo de calles sigue teniendo la primera importancia, ocupando el segundo lugar las partículas provenientes de motores Diesel del transporte colectivo. No obstante, en el centro de la ciudad la primera causa de emisión de esta fracción respirable proviene del transporte. Las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>) provienen principalmente del sector industrial, y en segundo lugar está el azufre de los combustibles, con un 28% proveniente de fuentes fijas y un 13% de fuentes móviles.

	PTS	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CO
Calderas y hornos industriales	3.444	4.440	740	472	19.651
Motores industriales de generación eléctrica y otros	1	1	20	9	216
Procesos industriales	4.504	13.878	63	7.891	1.645
Calderas de edificios	209	702	70	5	95
Combustión residencial	1.661	379	237	419	20.114
Quemas a cielo abierto	438	26	161	847	2.377
Evaporación de COV no industrial	-	-	-	5.348	-
Polvos fugitivos sin chimenea	33.910	-	-	-	-
Combustión en fuentes móviles	2.661	3.008	11.530	14.011	183.057
<b>Total</b>	<b>46.828</b>	<b>22.434</b>	<b>12.821</b>	<b>29.002</b>	<b>227.155</b>

Fuente: Intendencia Región Metropolitana/CADE-IDEPE. 1989. *Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos e Inventario Real de Contaminantes para Santiago.*

<sup>2</sup> Sandoval, H. 1991. *La Contaminación del Aire y sus Efectos sobre la Salud.* CEPAL, LC/R. 1025.

En la Tabla 9.2 se observa claramente que la principal fuente de emisión de NO<sub>x</sub> (NO y NO<sub>2</sub>) proviene del tránsito vehicular. Este factor de contaminación es creciente, de acuerdo a la tasa de crecimiento del parque automotriz. El parque de buses y taxibuses de Santiago se duplicó entre 1980 y 1988, y el de automóviles registrados en la Región Metropolitana de Santiago ha crecido un 30% en los últimos tres años, alcanzando a 450.000 en diciembre de 1990<sup>3</sup>. La emisión de COV tiene como primera causa la combustión en fuentes móviles, luego la evaporación de solventes industriales, y en menor grado la de solventes domésticos. Finalmente, como en todo el mundo, la generación de CO tiene como causa principal a las fuentes móviles (81%).

## 5. Principales Fuentes de Emisión de Contaminantes Atmosféricos en el Resto del País

Las megafuentes que emiten gases y partículas que contaminan la atmósfera en el resto del país se pueden ordenar en tres categorías principales: fundiciones, plantas de tostación y grandes consumidores de combustible; las plantas de celulosa, y las plantas de harina de pescado (ver Tabla 9.3).

	ton/año	%
Fundiciones de cobre	1.886.593	91,74
Planta de tostación	38.031	1,85
Plantas termoeléctricas	99.362	4,83
Plantas de cemento	9.408	0,46
Refinerías de petróleo	3.600	0,17
Plantas de azúcar	8.336	0,41
Acerías	11.086	0,54
Total	2.056.416	100,00

### 5.1. Fundiciones, Plantas de Tostación y Grandes Consumidores de Combustible

En este caso nos encontramos con los grandes emisores de SO<sub>2</sub>. Mientras en toda la Región Metropolitana de Santiago el conjunto de las fuentes emitía un total de 22,4 mil ton/año de SO<sub>2</sub>, las megafuentes que ahora consideramos emiten un total de 2,05 millones de ton/año. La metalurgia es la causa principal de estas emisiones, y dentro de ella las fundiciones de cobre son responsables del 92% del total emitido (ver Tabla 9.3). La razón de ello es el alto contenido de sulfuros en el mineral de cobre.

Para controlar las altas emisiones de SO<sub>2</sub> en las fundiciones de cobre, se utiliza tecnología que permite capturar el SO<sub>2</sub> transformándolo en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que es un compuesto líquido. El desarrollo tecnológico de los últimos años permite aprovechar el

<sup>3</sup> Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana. 1990. *Programa de Descontaminación Ambiental del Área Metropolitana de Santiago*.

calor de combustión del azufre para la fusión del concentrado. Uniendo en un solo horno las operaciones antes separadas en el reverbero y en el convertidor, se produce un gas con un  $\text{SO}_2$  menos diluido que permite la operación de una planta de ácido. En Chile se han instalado dos tipos de estos hornos: el convertidor modificado Teniente y el horno *flash* de tecnología finlandesa. De las seis fundiciones en Chile (Potrerillos, Chuquicamata, Caletones, Chagres, Ventanas y Paipote), Chuquicamata tiene horno *flash* y estudia la instalación de otro, y también Chagres estudia un proyecto similar. Convertidores modificados Teniente existen en Chuchicamata, Potrerillos, Paipote, Ventanas y Caletones.

Aparte de las emisiones de azufre, las fundiciones de la minería del cobre dan origen a importantes cantidades de arsénico en sus emisiones gaseosas a la atmósfera<sup>4</sup>. La Tabla 9.4 indica las cantidades de azufre y arsénico emitidas a la atmósfera por las seis fundiciones de cobre en funcionamiento en los años 1988 y 1992, de acuerdo a las inversiones proyectadas para plantas de ácido durante 1988. Las cantidades son significativas, y si bien en 1988 la reducción ya se observaba, se estaba muy lejos todavía de haber neutralizado el problema por completo.

	Azufre		Arsénico	
	1988	1992	1988	1992
Chuquicamata	387	364	2,0	1,1
El Salvador	451	451	0,3	0,3
Paipote	166	s/d	0,4	s/d
Chagres	22	s/d	0	s/d
Ventanas	396	122	0,7	0,3
El Teniente	889	523	0,6	0,3

Nota: s/d: sin dato

Fuente: Durán, H. 1990. *Impacto Ambiental de la Actividad Minera en Chile: Balance Preliminar*. CIPMA. Serie Documentos de Seminario 1990.

## 5.2. Plantas de Celulosa

A fines de 1990 Chile producía más de 7.000 toneladas diarias de celulosa en once plantas ubicadas en las regiones del sur. Estas plantas, de acuerdo al estado de su tecnología actual, emiten importantes cantidades de diversos contaminantes atmosféricos (ver Tabla 9.5). Como se puede apreciar, la industria de la celulosa y el papel produce altas cantidades de contaminantes en la elaboración de la pulpa química, las que podrían ser reducidas con tecnologías más apropiadas. Las emisiones de partículas se originan en las calderas de recuperación, en los hornos de calcinación de caliza y en los estanques de disolución de

<sup>4</sup> Durán, H. 1990. *Impacto Ambiental de la Actividad Minera en Chile: Balance Preliminar*. CIPMA. Serie Documentos de Seminario 1990.

fundido, en tanto que el olor característico del proceso *Kraft* proviene de la emisión de ácido sulfídrico.

Tabla 9.5				
Emisiones de Contaminantes Atmosféricos (ton/año) de las Plantas de Celulosa				
Contaminantes				
PTS	SO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	Sulfurados
5.242	6.827	41.330	12.812	4.340
Fuente: Stainer, A. 1991. <i>Principales Emisiones de Contaminantes Atmosféricos y Algunos Medios para su Control</i> . CEPAL, LC/R. 983.				

### 5.3. Plantas de Harina de Pescado

La emisión más objetable de este tipo de plantas es el olor. Este es más fuerte mientras más descompuesto esté el pescado llevado al proceso de cocción. El horno de secado es la fuente principal de los olores, que provienen del ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) y de la trimetilamina [(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N]. Los olores pueden controlarse con postquemadores, con lavadores de gases con cloro y con condensadores. Para un total anual de producción de harina de pescado igual a 1,33 millones de ton, las plantas chilenas producen 1.794 ton anuales de partículas, 42 ton de ácido sulfídrico y 780 ton de trimetilamina. Estos datos corresponden a un año de muy alta captura (1989, 6,6 millones de toneladas de productos marinos), que se convirtió en 76,9% de harina de pescado y 14,5% de aceite, principales formas del producto final de esta industria que ese año exportó US\$ 934 millones.

Esta industria, y por ende su forma de contaminación, se concentra en unos pocos puntos del litoral chileno, afectando a los centros urbanos cercanos. Desde aquí nacen las presiones para la implementación de técnicas de control más adecuadas para este tipo de contaminación. El impacto de estas plantas sobre poblaciones cercanas se debe a que no se hizo oportunamente la evaluación de su impacto ambiental.

## 6. Impacto Ambiental de la Contaminación Atmosférica

El impacto de los contaminantes atmosféricos está en directa relación a la magnitud y el tipo de emisión contaminante, y a la capacidad del ecosistema para resistir el estrés del impacto cuando es agudo o crónico'. Existe una creciente investigación del peligro o daño potencial de la contaminación atmosférica sobre organismos animales y vegetales (biota), sobre su forma de transporte, y sobre su distribución e incorporación a la biota, así como sobre los métodos para neutralizar estos efectos nocivos. El estudio del efecto de la contaminación atmosférica en la salud humana propia de la Región Metropolitana de Santiago ha tenido un desarrollo significativo gracias a un proyecto de la Intendencia de esa región.

' Mühlhauser, H.A. 1991. *Impacto Ecológico de Contaminantes Atmosféricos*. CEPAL, LCR. 966.

Id. a nota 2.

Se realizó un estudio epidemiológico que comparó poblaciones del Area Metropolitana y la ciudad de Los Andes, cercana a Santiago, de menor tamaño y con niveles de emisión de contaminantes atmosféricos muy inferiores. Respecto a la morbilidad, se demostró que "existe un mayor número de casos de patologías de tipo irritativo y obstructivo, como también de neumonías en la ciudad de Santiago". El estudio de mortalidad encontró "exceso de muertes atribuibles a enfermedades respiratorias asociadas con altos niveles de contaminación", pero al no poder despejar la influencia de variables confundentes (e.g. fumar) no fue posible asociar contaminación con mortalidad.

En base a estos resultados, se recomendó implementar un sistema de vigilancia epidemiológico que permita continuar con los estudios básicos desarrollados en 1988 y el seguimiento de los grupos de población estudiados. Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud pueden clasificarse en agudos, crónicos y diferidos. Entre los efectos agudos están en primer lugar los producidos sobre el aparato respiratorio. Las altas concentraciones de contaminantes producen faringitis, laringitis, traqueítis, bronquitis y neumonías, según sea el segmento del aparato respiratorio afectado. Los sujetos más afectados son los menores de cinco años, los ancianos y los portadores de enfermedades respiratorias. Otro de los efectos agudos observados, en especial asociados a altas concentraciones de CO, es el aumento de las enfermedades cardiovasculares. Los efectos crónicos aparecen con exposiciones prolongadas a altas concentraciones de contaminantes, y se traducen en estados de alteración o daño permanente al organismo y sus funciones. Pueden producirse alteraciones permanentes en los mecanismos de defensa inmunitaria y una mayor reactividad a los estímulos que producen broncoconstricción. También existen evidencias de disminución de la capacidad funcional del pulmón. Entre los efectos diferidos más graves se encuentra la mayor prevalencia de cáncer pulmonar en zonas urbanas contaminadas en contraste con zonas rurales sin contaminación.

En cuanto a los efectos de algunos contaminantes específicos, se puede señalar que los óxidos de nitrógeno (en especial el NO<sub>2</sub>) tienen efectos tóxicos severos, afectando elementos y tejidos desde la sangre hasta el sistema nervioso central, con efectos conductuales y aumento de la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias.

Entre los óxidos de azufre, el SO<sub>2</sub> es el de mayor importancia. Se genera principalmente por la combustión de sustratos fósiles como carbón mineral y petróleo, y en algunas actividades industriales como la minería del cobre chilena. También puede provenir de actividades volcánicas, como ha ocurrido a fines de 1991 con el Volcán Hudson en el sur del país. La oxidación del SO<sub>2</sub> produce el SO<sub>3</sub>, que unido al agua forma los ácidos sulfuroso y sulfúrico. Algo similar ocurre con el NO<sub>2</sub>, el cual forma ácido nítrico, que contribuye a la llamada "lluvia ácida". La liberación a la atmósfera del SO<sub>2</sub>, donde se une a gotas de agua en suspensión, produce un aerosol ácido que también contribuye a la lluvia ácida. En asociación con algunas partículas en suspensión aumenta la frecuencias de neumopatías y enfermedades respiratorias agudas. Los portadores de asma y enfermedades cardiopulmonares se agravan por altos niveles de sulfato en suspensión.

---

\* ARA-SEEBLA-CONSECOL. 1990. *Estudio Epidemiológico sobre Efectos de la Contaminación Atmosférica.*

El CO es un gas altamente venenoso. No tiene olor, sabor ni color, y es difícil de detectar en la atmósfera. Su afinidad con la hemoglobina es muy superior a la del oxígeno, y forma carboxihemoglobina, un compuesto altamente peligroso para la salud y especialmente para el sistema cardiovascular. Con pequeños incrementos de este compuesto se han observado cambios en el rendimiento neuroconductual, disminución del rendimiento mental y afección a las respuestas psicomotoras. Cuando la carboxihemoglobina supera el 10% en la sangre aparecen síntomas de astenia, dolor de cabeza, náuseas, fatiga, deterioro de la memoria y disminución de la coordinación muscular. Por estas razones hay un nexo entre la presencia de monóxido de carbono en las ciudades y la frecuencia de accidentes automovilísticos.

Los hidrocarburos, formados a partir de la evaporación de COV, tienen amplios efectos dañinos sobre la salud, que van desde la acción aguda, irritativa sobre las mucosas del aparato respiratorio, hasta el efecto cancerígeno de varios de ellos, como el benzopireno.

Por su parte los oxidantes fotoquímicos, entre ellos el O<sub>3</sub>, aumentan la frecuencia de ataques asmáticos en sujetos propensos. En estudios epidemiológicos ha aparecido un aumento en la prevalencia de irritación de los ojos, tos y broncoconstricción. También se descubrió que el O<sub>3</sub> daña la función de los macrófagos pulmonares, los glóbulos blancos, que son parte del sistema inmunitario y engruesa las paredes de las arteriolas pulmonares, induciendo enfermedad pulmonar crónica con enfisema e insuficiencia cardíaca. Concentraciones bajas de O<sub>3</sub> pueden producir irritación a la faringe, broncoconstricción, bronquitis, hemorragias, destrucción de tejido pulmonar y envejecimiento prematuro. También actúa como depresor del centro respiratorio, impidiendo una ventilación normal.

Finalmente, las partículas en unión con contaminantes gaseosos pueden tornarlos más peligrosos al facilitar su penetración en las cavidades pulmonares. Interfieren los mecanismos de limpieza del sistema respiratorio, y en general son causa de enfermedades respiratorias y hasta mortalidad mayor en enfermedades respiratorias crónicas.

## **7. Políticas e Instrumentos Legales para el Control de la Contaminación Atmosférica**

Entre las iniciativas legales modernas tendientes a controlar la contaminación y mejorar el medio ambiente, lo primero que cabe señalar es la inclusión en la Constitución Política de la República de Chile del "derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación" (Artículo 19, N° 8).

La disposición se encuentra reforzada en la norma constitucional, al establecer entre las limitaciones y obligaciones relativas a la "función social" de la propiedad privada, aquellas que se derivan de la "conservación del patrimonio ambiental" (Artículo 19, N° 24, inciso segundo). Además, el texto constitucional abre la posibilidad de interponer un recurso especial de protección "cuando el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación sea afectado por un acto arbitrario e ilegal imputable a una autoridad o persona determinada" (Artículo 20, inciso segundo). Aunque este recurso es de difícil

aplicabilidad, los antecedentes citados ofrecen un sólido fundamento y respaldo al perfeccionamiento de nuestro ordenamiento jurídico en materias ambientales<sup>7</sup>.

Existen diversos cuerpos legales, anteriores y posteriores a la Constitución Política de la República de Chile, que norman y reglamentan a las fuentes estacionarias o móviles que pueden originar contaminación atmosférica. Destacaremos algunas políticas o medidas particulares por su relevancia para la Región Metropolitana de Santiago y para las principales megafuentes del país, especialmente las mineras, que han merecido un tratamiento especial por parte de las autoridades. Para los casos de la Fundición de Chagres y la División Chuquicamata de CODELCO-Chile, expondremos brevemente las disposiciones que las regularon por ser ilustrativas de los pasos dados por la autoridad para el control de las megafuentes.

### **7.1. Disposiciones Especiales Aplicables a la Fundición de Chagres**

El 11 de enero de 1985 se dicta el Decreto Supremo Conjunto N° 4, de los Ministerios de Salud, Agricultura y Minería, que reglamenta las actividades de la Fundición de Minerales de Cobre de Chagres, V Región de Valparaíso. El decreto conjunto impuso a la empresa propietaria la obligación de tomar las medidas necesarias para evitar que las concentraciones de anhídrido sulfuroso dañaran a la agricultura circundante. Se fijaron márgenes especiales a las concentraciones, independientemente del cumplimiento de las normas generales vigentes para la protección de la salud de la población. La compañía quedó obligada a proyectar, instalar, operar y mantener a su costa un sistema de vigilancia de las concentraciones de anhídrido sulfuroso en la atmósfera, bajo el control de los organismos de salud y de agricultura regionales. Se constituyó una comisión especial permanente para estos efectos y se establecieron sanciones conforme a la legislación vigente<sup>8</sup>.

En 1991 se dictó el Decreto Supremo N° 28 del Ministerio de Agricultura. Dado que "la capacidad de dilución de anhídrido sulfuroso en la atmósfera del área agrícola circundante a la Fundición de Chagres está prácticamente colmada por las actuales emisiones de la fundición", la ampliación de la planta con un nuevo horno, y la necesidad de actualizar los procedimientos técnicos de monitoreo de calidad del aire, este cuerpo legal establece normas para la concentración de anhídrido sulfuroso en la atmósfera del área circundante a la fundición, y reglamenta la aprobación del proyecto de ampliación de sus operaciones.

### **7.2. Disposiciones Especiales Aplicables a la División Chuquicamata de CODELCO-Chile**

En 1986 los Ministerios de Salud y Minería dictan el Decreto Supremo N° 196 que obliga a la División a proyectar, instalar, operar y mantener a su costa un sistema de vigilancia de calidad del aire en las áreas poblacionales de Chuquicamata y Calama, II Región de Antofagasta. El monitoreo continuo debe dar cuenta de la presencia de anhídrido

---

<sup>7</sup> Valenzuela, R. 1985. *Derecho*. En: Soler, F. (ed.). Medio Ambiente en Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 335-369.

<sup>8</sup> Valenzuela, R. 1991. *Aspectos Jurídicos e Institucionales de la Política de Control y Fiscalización de Fuentes Fijas*. CEPAL, LC/R. 984.

sulfuroso y partículas totales en suspensión, aparte de las variables meteorológicas imperantes. La división quedó además obligada a desarrollar un modelo de dispersión de contaminantes para la zona de Chuchicamata en base a la información de las fuentes emisoras, los datos meteorológicos y la información de la calidad del aire de la red de monitoreo. Se le exigió también el desarrollo de un sistema de predicción de episodios críticos de contaminación y un plan para su prevención. Asimismo, se le impuso la necesidad de diseñar y poner en marcha diversos proyectos tendientes a disminuir sus emisiones, en especial de anhídrico sulfuroso mediante una planta de ácido sulfúrico y del arsénico contenido en los concentrados de cobre. También se le exigió el desarrollo de proyectos en el área de salud para el personal de la división.

### **7.3. Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana de Santiago**

Mediante el Decreto Supremo N° 349 del Ministerio del Interior de 1990 se crea la Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana. Esta entidad interministerial tiene como función principal la formulación de planes para la descontaminación de dicha región y está integrada por un Comité de Ministros, un Comité Operativo y una Secretaría Técnica y Administrativa. La Comisión propuso un Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana que compromete las actividades políticas de los sectores de Transporte, Salud, Vivienda y Urbanismo, Obras Públicas, Industria y Energía, y coordina sus actividades con CONAMA.

El plan parte del análisis de la capacidad física limitada de dispersión y difusión de contaminantes atmosféricos de la cuenca en que se encuentra ubicada la ciudad de Santiago, y propone metas de reducción de los niveles de emisión de las diversas actividades contaminantes respecto de sus niveles de base. En general, propone metas de emisión para las distintas fuentes de acuerdo a sus propias opciones de tecnologías, además de medidas de gestión urbana, administración del transporte, control de actividades industriales, construcción de obras públicas y operación de los organismos de salud, entre otras. La propuesta de la Comisión contempla un plan maestro, un programa de acciones inmediatas y un programa de emergencia.

El plan maestro contiene una serie de medidas, entre las que pueden señalarse: educación e información ambiental, factores de emisión obligatorios para fuentes fijas y móviles, mantención y mejoramiento del inventario de emisiones de contaminación atmosférica, ampliación de la red de monitoreo, vigilancia epidemiológica de los afectados por la contaminación, control de niveles de contaminación, puntos de máximo impacto, modernización del transporte público, optimización del control del tránsito y forestación urbana y de áreas rurales, entre otros.

El programa de acciones inmediatas contempla medidas de cooperación de la ciudadanía en sus hogares, en el uso de vehículos, y en otras actividades, además de algunos estudios necesarios para elaborar proyectos de reducción de los niveles de contaminación atmosférica. Estas medidas incluyen algunas referentes al uso de vehículos; normas del tránsito y transporte; calidad y uso de los combustibles; uso del sistema del metro y sus conexiones; pavimentación de calles; demoliciones y excavaciones; generación, transporte y depósito de escombros, y quemas agrícolas, entre otras.

Finalmente, se establecen diversas medidas para situaciones de emergencia, definidas a partir de los índices de calidad del aire y sus efectos sobre la salud humana. Las situaciones son calificadas en cinco rangos: bueno, regular, malo, crítico y peligroso. El Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, a partir de la información generada por la red de monitoreo, debe informar a la Comisión sobre la situación, la que tomará las medidas de acuerdo a los programas definidos. Si el índice alcanza el nivel definido como "crítico" o "peligroso" se limitan las actividades de fuentes predeterminadas, fijas, móviles o dispersas (domiciliarias), en porcentajes que llegan hasta el 50% en el caso de grandes fuentes fijas, el 40% en fuentes móviles y el 100% para determinados combustibles domiciliarios.

#### **7.4. Control de Megafuentes Contaminantes**

Especial mención merece la dictación del Decreto Supremo N° 185 del Ministerio de Minería del 28 de septiembre de 1991, que reglamenta el funcionamiento de los establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico en todo el territorio nacional. Esta normativa se aplica a establecimientos que emiten cantidades mayores o iguales a tres toneladas diarias de anhídrido sulfuroso, o una tonelada diaria de material particulado. También es aplicable a aquellas fuentes emisoras de los mismos componentes que se ubiquen en zonas saturadas o latentes. Dentro de las megafuentes emisoras que regula este decreto se consideran a las fundiciones de Chuquicamata, Caletones, Potrerillos, Ventanas, Paipote y Chagres; las plantas de tostación de Refimet, El Indio y Molimet; las centrales termoeléctricas de ENDESA, Chilgener y Tocopilla; la Planta de Pellets de Huasco, y las plantas que utilizan carbón como fuente de energía.

En este cuerpo legal se definen normas especiales, primarias y secundarias, para los diversos componentes que se pretende controlar. Asimismo, se establece, como órgano de administración y fiscalización, una Comisión Interministerial de Calidad del Aire, que funciona como subcomité de CONAMA, y que está formada por los Ministerios de Minería, Agricultura, Economía y Salud.

El decreto regula el establecimiento de nuevas fuentes, el funcionamiento de las ya instaladas y de aquellas que podrían modificar sus instalaciones, exigiendo planes de descontaminación para aquellas que sobrepasen las normas y la puesta en práctica de sistemas de monitoreo y vigilancia de calidad del aire. Finalmente, fija las sanciones para aquellas instalaciones que no cumplan lo establecido.

Este decreto es parte de las políticas públicas tendientes a controlar las principales fuentes de contaminación atmosférica, dentro de las cuales las instalaciones y operaciones de la minería tienen una alta cuota de responsabilidad.

#### **7.5. Regulación de Emisiones de Fuentes Estacionarias de la Región Metropolitana de Santiago**

El 2 de marzo de 1992 se publica el Decreto Supremo N° 4 del Ministerio de Salud, el cual establece normas para regular las emisiones de material particulado en la Región Metropolitana de Santiago por parte de las fuentes fijas o estacionarias. Este decreto deroga al Decreto Supremo N° 321 del 7 de marzo de 1991.

El Decreto Supremo N° 4 del Ministerio de Salud establece una norma general de emisión para las fuentes estacionarias existentes, grupales y puntuales, de la región. La norma fija una emisión máxima de  $112 \text{ mg/m}^3$  a partir del 31 de diciembre de 1992. Las fuentes nuevas, es decir, aquellas que se instalen con posterioridad a la dictación del decreto, deberán cumplir con la norma de  $112 \text{ mg/m}^3$  en el caso de las fuentes puntuales y  $56 \text{ mg/m}^3$  para las fuentes grupales no destinadas a la calefacción.

Además, esta normativa establece una segunda meta para las fuentes puntuales, a partir del 31 de diciembre de 1997. Esta meta podrá ser cumplida mediante un sistema de compensación. La fórmula que deberá aplicarse para esta meta de mediano plazo es la siguiente:

$$\text{EMD (Emisión Meta Diaria en kg/día)} = \text{Caudal (m}^3\text{N/hora)} \times 0,000056 \text{ (kg/m}^3\text{N)} \times 24 \text{ (hr/día)}$$

Mediante el sistema de compensación, las emisiones reales de las fuentes medidas sobre la emisión meta deben ser compensadas con la reducción de emisiones de otras fuentes puntuales, por debajo de su emisión meta respectiva. Con este sistema la autoridad se propone congelar las emisiones provenientes de las fuentes estacionarias puntuales en la región.

Esta normativa ha comenzado ya a rendir sus frutos y está impulsando al sector industrial de la Región Metropolitana de Santiago a introducir los cambios técnicos necesarios para cumplirla.

#### **7.6. Proyecto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente con la Comisión Económica para América Latina**

Las unidades CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente y la División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos de CEPAL han venido desarrollando un proyecto sobre Políticas para la Gestión Ambientalmente Adecuada de los Residuos, con el apoyo del Gobierno de la República Federal de Alemania a través de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica. En el marco de este proyecto y del convenio de asesoría a CONAMA por parte de la CEPAL, se realizó primero un taller de trabajo donde se presentaron diversos estudios preparados por consultores y expertos internacionales para temas específicos. Más adelante tuvo lugar un seminario de planificación de proyectos orientados a objetivos sobre las políticas para el control y la fiscalización de la contaminación atmosférica de las fuentes fijas de los sectores productivo y energético. Se definió allí el árbol de problemas vinculados al objetivo focalizado, y se definió una matriz de planificación del proyecto tendiente a la definición e implementación de las políticas necesarias para resolverlos.

El Gobierno de Chile, por intermedio de CONAMA y con la cooperación de CEPAL, entre otras entidades, ha desarrollado el proyecto en sus distintas fases. En ese contexto ha sido dictado el Decreto Supremo N° 185 del Ministerio de Minería, que controla la contaminación atmosférica de las megafuentes, y están en estudio otras medidas.

Otras actividades planificadas tras esos objetivos son la exigencia de auditorías ambientales, la identificación de antecedentes técnicos y científicos para la acción

administrativa del Estado, el incentivo al uso de tecnologías ambientalmente adecuadas, la promoción de instrumentos de política ambiental atinentes a las emisiones de fuentes fijas, el perfeccionamiento de normas de calidad del aire, el mejoramiento y capacitación de instituciones contraloras y fiscalizadoras, y los programas de divulgación de información ambiental relevante'.

A fines de 1991 se realizó un seminario convocado por CEPAL, CONAMA y la Secretaría Regional de Planificación de la Región Metropolitana, sobre los instrumentos económicos y de regulación para políticas ambientales, donde se examinaron y discutieron las diversas opciones de instrumentos que se están aplicando en Chile, en los diversos sectores relacionados con la contaminación. Hubo consenso en que se trata de un tema complejo, que debe permanecer abierto a nuevas discusiones, en la perspectiva de utilizar la gama más amplia de instrumentos, haciendo en cada campo la combinación más adecuada.

En el marco de estas actividades se han realizado estudios sobre las medianas y pequeñas empresas con problemas de contaminación, en colaboración con SERCOTEC. Uno de estos estudios aportó antecedentes probatorios de la rentabilidad positiva de proyectos de innovación tecnológica para disminuir las emisiones contaminantes<sup>9</sup>. Otros estudios han avanzado en la discusión y formulación de instrumentos económicos para la política ambiental nacional, recogiendo en especial la experiencia internacional que existe hoy sobre la materia<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> ZOPP. 1991. *Políticas para el Control y la Fiscalización de la Contaminación Atmosférica de las Fuentes Fijas de los Sectores Productivo y Energético*, Santiago. CEPAL, LC/G. 1661.

<sup>10</sup> Bustos, L. 1993. *Transformación Productiva Ambientalmente Sustentable en Pequeñas Empresas: el Caso de dos Fundiciones y una Planta de Tratamiento Técnico en la Región Metropolitana (Chile)*. CEPAL, LC/R. 1250.

<sup>11</sup> CEPAL. 1992. *Instrumentos Económicos para la Política Ambiental: Documentos Seleccionados*. CEPAL, LC/R. 1138.

171

**Capítulo 10**

***Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile***

***Nora Cabrera F.***

***Superintendencia de Servicios Sanitarios***

## CAPITULO 10. ESTADO DE LAS AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS DE CHILE

Autor: Nora Cabrera F., Superintendencia de Servicios Sanitarios

### 1. Introducción

El agua está relacionada con todos los elementos de los ecosistemas, lo que presenta al hombre una serie de ventajas y desventajas para su uso, siendo necesario manejarla apropiadamente para una adecuada gestión ambiental. El agua dulce es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida e indispensable para gran parte de las actividades económicas y productivas del hombre, el cual sólo puede usar un pequeño porcentaje del agua disponible en el planeta. Los lagos y ríos corresponden a apenas 93 mil km<sup>3</sup> de agua dulce, es decir, un 0,0067% del total del agua existente en el planeta.

El crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, contribuyen a lo que es una amenaza para el hombre contemporáneo, el deterioro de su medio ambiente. Desde su origen, los grupos humanos se establecieron en las cercanías de los ríos, lagos o áreas costeras, por su dependencia vital del medio acuático, provocando así los primeros indicios del deterioro de la calidad del agua y evidenciando la contaminación.

En 1979 la *Ohio River Water Sanitation Commission Twenty Second Year Book* definió la contaminación como la alteración de las características físicas, químicas o biológicas del medio ambiente, que lo transforma en peligroso o dañino para la vida humana, animal, o bien que empeora su calidad. Esta alteración puede ser natural o artificial. En la contaminación natural, el agua de mar, ríos o lagos disuelve los minerales (sales) formando una solución salina que afecta su uso posterior, convirtiéndose en contaminantes si su concentración excede ciertos límites establecidos por las normas de calidad. La contaminación artificial es provocada por el hombre al usar las aguas de ríos, lagos y océanos en forma directa o como receptora de los desechos de sus actividades domésticas, agrícolas e industriales. La disposición de las aguas servidas domésticas y de las aguas ocupadas en procesos productivos que se descargan a cauces receptores sin tratamiento adecuado, provocan problemas de deterioro en la calidad de los cursos o masas de agua debido a que contienen sustancias nocivas como gérmenes patógenos, materia orgánica o productos tóxicos.

El deterioro de la calidad del medio ambiente ha ido empeorando progresivamente en el país, llegando a despertar una gran preocupación por compatibilizar los procesos de desarrollo con la protección ambiental. Esta compatibilización requiere conocer el estado de la calidad del agua para determinar el uso que se le puede dar al cauce receptor aguas abajo de las descargas. La definición de la calidad del agua para los diferentes usos y la utilización que tiene cada curso de agua, permitirá tomar las medidas de protección correspondientes en los efluentes contaminantes generados por las actividades del hombre.

**Previous Page Blank**

## 2. Antecedentes Generales sobre la Contaminación Hídrica

Pese a la crisis económica que afectó la región latinoamericana durante la mayor parte del decenio pasado, se ha seguido intensificando el uso de los recursos hídricos, donde las mayores demandas siguen siendo por el agua potable y para riego y generación de electricidad.

Característica notable de esta última parte del siglo XX, en lo que se refiere al uso de los recursos hídricos, ha sido la aparición de fenómenos de contaminación como rasgos sobresalientes y alarmantes en muchas masas de agua. Entre los factores que explican este deterioro destacan el rápido crecimiento de la población, sobre todo la urbana, el mejor abastecimiento de agua potable y servicios de alcantarillado, y la expansión de la industria y la tecnificación de la agricultura, que no ha sido acompañada de sistemas adecuados de tratamiento de desechos y control de la contaminación hídrica. Este aumento del uso del agua resulta en una alta contaminación en las zonas costeras y un alto impacto sobre los caudales de las principales cuencas hidrográficas.

El cuerpo receptor actúa transportando el contaminante (propiedad que confiere al problema un carácter social y obliga la existencia de regulaciones que garanticen el derecho de los afectados), introduciendo un retardo en su impacto, diluyendo la concentración del contaminante y finalmente produciendo procesos de transformación físicos, químicos y biológicos, como la autopurificación, atenuación y bioacumulación, entre otros.

Existe gran preocupación por definir medidas para proteger las aguas interiores, tanto nacionales como transfronterizas, contra la contaminación provocada por actividades riesgosas, producto de aquellas de origen terrestre o de catástrofes relacionadas con fenómenos naturales extremos (como inundaciones y sequías), debido a su estrecha relación con los daños económicos, sociales y culturales.

Existe una serie de relaciones complejas y específicas entre la actividad humana, la generación de desechos, la capacidad de absorción y la contaminación resultante en cualquier curso o masa de agua. También es importante la contaminación no puntual que resulta de la infiltración, precipitación o escorrentía no controlada, que lava suelos agrícolas tratados con pesticidas. En la actualidad se importa y produce una gran variedad de pesticidas que son aplicados directamente en los campos agrícolas y forestales. Muchos de ellos son de largo efecto residual por la necesidad de evitar el ataque de plagas en un largo período. Parte importante de ellos se depositan en el suelo, y con el riego terminan en los cursos de agua.

Respecto a los abonos, su aplicación es directa en la tierra donde se produce el proceso de lixiviación, en que un pequeño porcentaje es absorbido por la planta pero la mayor parte se infiltra en el terreno. En este caso la contaminación se produce finalmente en las aguas subterráneas y su efecto acumulativo se verá en el largo plazo.

Por otra parte, debido a que la gran mayoría de los productos silvoagrícolas son exportados, se requiere el uso de preservantes para aumentar su vida útil o resistir el ataque de algún factor natural, como los hongos originados por la humedad en la madera. En este campo es conocido el uso de sales en base a cobre, arsénico y otros.

### 3. Antecedentes sobre la Preocupación Internacional por la Contaminación Hídrica

La inquietud por el problema de la contaminación de las aguas adquirió relevancia a nivel mundial con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en Estocolmo, Suecia, en 1972, donde se definieron los principios de la declaración sobre el medio ambiente humano. El principio N° 2 enuncia la importancia de los recursos naturales: "Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna, y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga"<sup>1</sup>.

En Mar del Plata, Argentina, en 1977, se desarrolló la Conferencia Internacional sobre Agua y el Medio Ambiente, donde se definieron cuatro principios fundamentales:

- a) El agua dulce es un principio finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
- b) El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
- c) La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.
- d) El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

En 1992 se realizó en Dublín, Irlanda, la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, la más importante desde Mar del Plata. En ella se hace un "...llamado para que se dé un enfoque radicalmente nuevo a la gestión de los recursos de agua dulce, enfoque que sólo se puede conseguir con un compromiso político y una participación que abarque desde las altas esferas de los gobiernos hasta las comunidades más elementales. Este compromiso habrá de apoyarse en inversiones considerables e inmediatas, en campañas de sensibilización, modificaciones en el campo legislativo e institucional, desarrollo de tecnología y programas de creación de capacidades. Todo ello basado en un mayor reconocimiento de la interdependencia de todos los pueblos y del lugar que les corresponde en el mundo actual"<sup>2</sup>.

El tema de las aguas marinas está presente en la región desde 1952. En ese año se creó la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) como respuesta de tres países soberanos decididos a defender sus mares territoriales. De ahí surgió la política de establecer las 200 millas como parte del mar territorial, que hoy es acogida y ratificada internacionalmente. En 1978, con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Medio

---

<sup>1</sup> Naciones Unidas. 1972. *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Humano*. Estocolmo.

<sup>2</sup> Naciones Unidas. 1992. *Declaración de Dublín e Informe de la Conferencia*. Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI, Dublín.

Ambiente, la CPPS organizó la primera reunión regional para definir la estrategia a seguir respecto al estado de las aguas marinas y su protección. En 1981, en Lima se firmó el Convenio y Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Areas Costeras del Pacífico Sudeste, con participación de Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile. El Plan de Acción permitió adoptar acciones tendientes a desarrollar investigaciones coordinadas en la región para obtener un conocimiento adecuado del estado de las aguas marinas, sus problemas de contaminación y la protección de sus recursos vivos.

La expresión "contaminación del agua de mar" fue definida en una reunión de expertos en Roma, en 1970, convocada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La contaminación del agua de mar es la introducción directa o indirecta por el hombre de sustancias o energía en el ambiente marino, que resulta o pueda resultar en efectos deletéreos o peligrosos para la salud humana, daños para los recursos vivos y no vivos, impedimentos para el desarrollo de actividades marinas, incluyendo la pesca y otros usos legítimos del mar, además de la reducción de usos recreacionales.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992, resuelve en la Agenda 21 la aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce, y la protección, utilización racional y desarrollo de sus recursos vivos en los océanos y mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados, semicerrados y zonas costeras<sup>9</sup>.

Todas estas reuniones convergen en un punto común: las aguas continentales son un recurso valioso, escaso y se deben proteger.

#### 4. La Contaminación Hídrica a Nivel Nacional

En Chile, la mayor parte del crecimiento demográfico se presenta en las cuencas de ríos como el Elqui, Aconcagua, Maipo, Mapocho, Rapel, Maule, Biobío, Valdivia, etc., y por ello son los ríos que presentan un mayor grado de contaminación.

En la Región Metropolitana de Santiago, por ejemplo, los principales cauces receptores de aguas servidas son el Zanjón de la Aguada y el Río Mapocho, que reciben en forma directa más de un 60% y 35% respectivamente del total de las aguas servidas de Santiago. El volumen de aguas servidas descargado diariamente en el país se estimó en 1,8 millones de m<sup>3</sup> durante 1992, siendo gran parte de este volumen utilizado en riego de hortalizas que se consumen crudas. Esta práctica ha causado el más alto índice de enfermedades infecciosas del país en la Región Metropolitana de Santiago, provocadas por agentes patógenos que generalmente se encuentran presentes en las aguas servidas. La importante campaña del sector salud respecto a las medidas preventivas sobre el cólera ha permitido una notable disminución de las enfermedades entéricas en las principales regiones en que se hacía uso de aguas servidas para riego de hortalizas. Es así como el refuerzo de los programas ambientales sobre calidad del agua potable, calidad sanitaria de los alimentos, restricción de cultivos regados con aguas contaminadas y otros, permitieron en 1992, por

---

<sup>9</sup> Naciones Unidas. 1993. *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo*. Río de Janeiro, Brasil, 3-14 de junio de 1992. Nueva York.

primera vez, disminuir las tasas de morbilidad de fiebre tifoidea y paratifoidea en la Región Metropolitana de Santiago, llegando a ser más bajas que el promedio nacional.

Las aguas marinas son afectadas directamente por la descarga de aguas residuales domésticas e industriales, y las derivadas de actividades agrícolas o forestales (descargas no puntuales), que llegan directamente al mar sin tratamiento adecuado en las principales ciudades costeras, o en forma indirecta a través de las hoyas hidrográficas que reciben a su paso el mismo tipo de descargas (ver Tabla 10.1).

<b>Ciudad</b>	<b>Población</b>
Arica	171.452
Iquique	160.220
Antofagasta	228.806
Tocopilla	24.597
Chañaral	12.076
La Serena	110.371
Coquimbo	110.499
Valparaíso	255.301
Viña del Mar	314.562
Quintero	13.626
San Antonio	74.167
Constitución	27.556
Talcahuano	241.344
Tomé	38.118
Penco	40.951
Coronel	84.285
Puerto Montt	96.109
Castro	19.698
Ancud	25.645
Puerto Natales	15.200
Punta Arenas	115.463
<b>Total</b>	<b>2.180.046</b>

Fuente: SISS. 1993. *Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos*. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.

Para evaluar el estado del medio acuático es necesario abordar la situación en forma global e integrada, analizando los distintos factores que pueden influir en el deterioro de su calidad, diferentes vías de transporte de descargas (como lanzamientos directos o indirectos), y procedencias de sistemas distintos (como aire, tierra o mar). El presente perfil se basa en una evaluación del estado de las aguas en Chile realizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que considera como principal causa de contaminación de las aguas a las cargas procedentes de efluentes de origen doméstico e industrial, sean éstas directas al mar o indirectas a través de los ríos. La carga contaminante se estimó en función de parámetros y factores de emisión indicados por la Organización Mundial de la Salud

(OMS), la cual propuso una metodología que sienta las bases para evaluar los desechos de fuentes de contaminación.

En los países en desarrollo como Chile, para implementar estrategias de prevención y control de la contaminación, se requiere caracterizar sus principales fuentes. En Latinoamérica esta caracterización suele dificultarse por limitaciones de la información disponible y de recursos económicos para una evaluación exhaustiva por medio de muestreos y análisis sistemáticos. En ocasiones los datos obtenidos con alto costo y esfuerzo son utilizados extemporáneamente, resultando inexactos o con falta de vigencia. A pesar de sus limitaciones, la metodología basada en los factores definidos por la OMS, referida a establecimientos industriales con tecnología y eficiencia diferentes a las nuestras, permite disponer de un elemento de juicio para una aproximación a la definición de órdenes de magnitud y prioridades en contaminación ambiental.

## 5. Procedimiento de Evaluación de Descargas Contaminantes

Las descargas de origen doméstico y las de origen industrial, minero o agrícola, son las que más contribuyen a deteriorar la calidad del medio acuático en el país, tanto en la costa como en ríos o cursos de agua. Otras fuentes importantes, no abordadas en este capítulo, son el uso agrícola de pesticidas, los problemas de erosión y los sitios de perforación, terminales y refinerías de petróleo.

Las principales fuentes de desechos se ubicaron geográficamente y se identificaron y cuantificaron según su origen. Las unidades básicas para su caracterización fueron el número de habitantes, la dotación de alcantarillado y el nivel de producción de las industrias involucradas. Las fuentes de desechos domésticos e industriales fueron consideradas como descargadas a hoyas hidrográficas o directamente al mar. Para establecer con precisión cuáles son las fuentes principales de contaminación hídrica y evaluar cualitativamente su contenido, la SISS terminó en 1993 un Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos. Se consideraron las industrias y establecimientos conforme a ciertos criterios de selección, tales como consumo de agua y carga contaminante potencial. Dentro de este universo, se identificaron las industrias y servicios sanitarios que producen las mayores cargas contaminantes y los usos principales de los cuerpos receptores afectados por las descargas. Las industrias, servicios sanitarios y establecimientos de salud encuestados a nivel nacional se ordenaron por cuencas y áreas costeras. Este catastro se basó en la respuesta a una encuesta tipo, posteriormente verificada, a los responsables de las descargas, permitiendo definir en forma cualitativa el nivel de contaminación hídrica en el país.

La mayoría de las descargas de origen doméstico son vaciadas a un medio receptor sin tratamiento, y en 1992 sólo un 9,3% de la población servida contaba con algún tipo de tratamiento o con disposición final adecuada de aguas servidas. En general, los efluentes industriales líquidos también son descargados sin haber sido sometidos a un tratamiento adecuado. Los contaminantes y fuentes de desechos considerados en la estimación de cargas contaminantes anuales desde fuentes de origen terrestre se muestran en la Tabla 10.2.

<b>Tabla 10.2</b>			
<b>Contaminantes y Fuentes de Desechos Considerados en la Estimación de Cargas Contaminantes Anuales Descargadas en la Zona Costera desde Fuentes de Origen Terrestre</b>			
	<b>Desechos Domésticos</b>	<b>Desechos Industriales</b>	<b>Descargas Ríos</b>
<b>1. Volumen total</b> Total descarga	X	X	X
<b>2. Materia orgánica</b> DBO <sub>5</sub> DQO	X X	X X	X X
<b>3. Nutrientes</b> Nitrógeno Fósforo	X	X	X
<b>4. Sólidos</b> SST SDT	X X	X X	X X
<b>5. Metales</b> Cu Cd Pb Zn	- - - -	X X X X	X X X X
<b>6. Orgánicos</b> Aceites y grasas	-	X	X
<b>7. Otras</b> Alcalinos	-	X	X
<b>Nota:</b> X: cargas de importancia			
<b>Fuente:</b> SISS. 1993. <i>Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos</i> . Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.			

## 6. Descargas de Origen Doméstico

La zona costera de Chile recibe descargas de aguas servidas domésticas en forma directa e indirecta a través de 27 hoyas hidrográficas. Las zonas más afectadas por descargas de origen doméstico son la Bahía de Valparaíso, el Río Maipo, con las descargas del Área Metropolitana de Santiago, y la Bahía de Concepción. El total descargado en el país alcanza a 672,4 millones de m<sup>3</sup>/año, con una carga orgánica asociada de 166,9 millones ton/año.

Para el cálculo del volumen y la carga contaminante a nivel del país, se utilizaron principalmente los factores de conversión de la OMS, considerando las descargas directas o indirectas que se vacían al mar según si cuentan o no con tratamiento previo (ver Tabla 10.3). Las Tablas 10.4 y 10.5 incluyen el cálculo mencionado según hoyas hidrográficas y descargas directas al mar de aguas servidas domésticas. La Tabla 10.6 resume las descargas de aguas servidas en el país hasta 1992.

**Tabla 10.3**  
**Cálculo de Desechos y Contaminantes Provenientes de**  
**Descargas de Origen Doméstico - Coeficientes Utilizados**

Volumen de desechos	73,0 m <sup>3</sup> /persona/año - Población con servicio de alcantarillado 7,3 m <sup>3</sup> /persona/año - Población sin servicio de alcantarillado
DBO <sub>5</sub>	19,7 kg/persona/año - Población con servicio de alcantarillado 6,9 kg/persona/año - Población sin servicio de alcantarillado
DQO	44,0 kg/persona/año - Población con servicio de alcantarillado 16,0 kg/persona/año - Población sin servicio de alcantarillado
SS	20,0 kg/persona/año - Población con servicio de alcantarillado 16,0 kg/persona/año - Población sin servicio de alcantarillado
SDT	36,5 kg/persona/año
N	3,3 kg/persona/año
P	0,4 kg/persona/año

Fuente: WHO. 1982. *Rapid Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution*. Offset Publication N° 62. World Health Organization, Geneva.

**Tabla N° 4.**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert .	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>II Región</b>							
<i>Río Loa</i>							
Calama	100.533	67%	15.636	67.601	4.935	1.332	Sin trat.
Total	100.533		15.636	67.601	4.935	1.332	
<b>III Región</b>							
<i>Río Copiapó</i>							
Copiapó	96.469	87%	20.952	83.532	6.098	1.646	Con trat. (L.de E.)
Tierra Amarilla	8.443	61%	1.155	5.131	375	101	Con trat. (L.de E.)
Total	104.912		22.107	88.663	6.473	1.747	
<i>Río Salado</i>							
D. de Almagro	8.940	35%	746	3.151	230	62	Sin trat.
El Salado	1.146	7%	18	76	6	1	Sin trat.
Total	10.086		764	3.227	236	63	
<i>Río Huasco</i>							
Vallenar	42.266	89%	9.318	37.555	2.742	740	Sin trat.
Freirina	3.838	61%	652	2.322	170	46	Con trat. (L.de E.)
Total	46.104		9.970	39.877	2.912	786	

**Tabla 10.4 (continuación)**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>IV Región</b>							
<i>Río Elqui</i>							
Vicuña	8.046	80%	1.396	6.437	470	127	Con trat. (L.de E.)
Total	8.046		1.396	6.437	470	127	
<i>Río Limarí</i>							
Ovalle	53.211	98%	11.979	51.987	3.795	1.024	Sin trat.
Combarbalá	4.866	75%	1.194	3.664	267	72	Con trat. (L.de E.)
Monte Patria	3.771	33%	271	1.260	92	25	Con trat.
Total	61.848		13.444	56.911	4.154	1.121	
<i>Río Choapa</i>							
Illapel	19.263	77%	3.210	14.755	1.077	291	Con trat. (L.de E.)
Salamanca	9.039	69%	1.575	6.237	455	123	Con trat. (L.de E.)
Total	28.302		4.785	20.992	1.532	414	
<b>V Región</b>							
<i>Río La Ligua</i>							
La Ligua	13.494	79%	2.615	10.687	780	211	Sin trat.
Cabildo	11.345	74%	2.147	8.429	615	166	Con trat. (L.de E.)
Petorca	2.800	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Total	27.639		4.762	19.116	1.395	377	
<i>Río Aconcagua</i>							
La Cruz	8.477	59%	955	5.018	366	99	Sin trat.
Quillota	52.033	94%	12.214	48.807	3.563	961	Sin trat.
La Calera	46.760	65%	5.538	30.394	2.219	599	Sin trat.
Artificio	9.572	54%	887	5.207	380	103	Sin trat.
Nogales	6.341	65%	993	4.090	299	81	Con trat. (L.de E.)
Hijuelas	6.959	40%	418	2.784	203	55	Sin trat.
San Pedro	3.169	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Limache	29.221	86%	5.528	25.210	1.840	497	Sin trat.
Catemu	5.808	77%	795	4.490	328	88	Con trat. (L.de E.)
San Felipe	45.531	98%	10.938	44.393	3.241	875	Sin trat.
Putendo	5.727	51%	1.080	2.915	213	57	Con trat. (L.de E.)
Llay Llay	16.083	76%	2.585	12.303	898	242	Con trat. (L.de E.)
Santa María	3.966	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Los Angeles	41.747	98%	9.402	40.889	2.985	806	Sin trat.
Calle Larga	4.503	0%	1	2	0	0	Sin trat.
Total	285.897		51.334	226.502	16.535	4.463	
<i>E. Marga Marga</i>							
Quilpué	105.680	84%	20.095	88.243	6.442	1.738	Sin trat.
Villa Alemana	72.275	82%	14.744	58.976	4.305	1.162	Sin trat.
Total	177.955		34.839	147.219	10.747	2.900	

**Tabla 10.4 (continuación)**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>2</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<i>E. Casablanca</i>							
Casablanca	9.801	71%	1.701	6.949	507	137	Con trat. (L.de E.)
<b>Total</b>	<b>9.801</b>		<b>1.701</b>	<b>6.949</b>	<b>507</b>	<b>137</b>	
<b>VI Región</b>							
<i>Río Rapel</i>							
Requínoa	7.742	49%	670	3.786	276	75	Con trat. (L.de E.)
Rancagua	183.712	93%	38.291	171.374	12.510	3.376	Sin trat.
Rengo	24.792	79%	4.757	19.699	1.438	388	Sin trat.
Graneros	18.276	85%	2.869	15.599	1.139	307	Sin trat.
S.Fco. Mostazal	10.544	83%	1.722	8.763	640	173	Sin trat.
Codegua	4.018	1%	11	40	3	1	Sin trat.
San Vicente T.T.	14.506	68%	1.890	9.837	718	194	Sin trat.
Machalí	17.790	68%	2.127	12.066	881	238	Sin trat.
Las Cabras	5.149	78%	864	4.001	292	79	Con trat. (L.de E.)
Doñihue	5.642	13%	174	734	54	14	Con trat. (F. Sept.)
Rosario	5.946	33%	543	1.984	145	39	Con trat. (L.de E.)
San Fernando	43.391	78%	7.652	33.959	2.479	669	Sin trat.
Santa Cruz	13.445	85%	2.540	11.494	839	226	Sin trat.
Malloa	2.299	26%	111	599	44	12	Con trat. (L.de E.)
Peumo	10.415	54%	906	5.672	414	112	Sin trat.
Pichidegua	4.864	46%	540	2.224	162	44	Sin trat.
Pelequén	2.479	56%	298	1.383	101	27	Con trat. (F. Sept.)
Chimbarongo	11.556	38%	945	4.426	323	87	Con trat. (L.de E.)
Nancahua	5.810	85%	1.179	4.928	360	97	Con trat. (L.de E.)
Chépica	4.488	24%	235	1.095	80	22	Con trat. (L.de E.)
Peralillo	4.538	54%	484	2.435	178	48	Sin trat.
Lo Miranda	6.207	1%	16	66	5	1	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>407.609</b>		<b>68.824</b>	<b>316.164</b>	<b>23.081</b>	<b>6.229</b>	
<i>E. Nilahue</i>							
Lolol	1.677	48%	199	800	58	16	Con trat.
<b>Total</b>	<b>1.677</b>		<b>199</b>	<b>800</b>	<b>58</b>	<b>16</b>	
<b>VII Región</b>							
<i>Río Mataquito</i>							
Licantén	2.945	49%	309	1.437	105	28	Sin trat.
Curepto	3.192	64%	408	2.031	148	40	Sin trat.
Curicó	77.676	97%	17.443	75.346	5.500	1.484	Sin trat.
Teno	5.002	81%	922	4.057	296	80	Sin trat.
Hualañé	4.729	52%	400	2.469	180	49	Sin trat.
Romeral	3.284	59%	393	1.933	141	38	Sin trat.
Molina	19.229	85%	2.413	16.345	1.193	322	Sin trat.
Lontué	6.442	69%	801	4.467	326	88	Sin trat.
Rauco	2.733	74%	486	2.010	147	40	Sin trat.
Los Queñes	449	24%	57	106	8	2	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>125.681</b>		<b>23.632</b>	<b>110.201</b>	<b>8.044</b>	<b>2.171</b>	

**Tabla 10.4 (continuación)**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<i>Río Maule</i>							
Talca	158.418	98%	32.349	155.250	11.333	3.058	Sin trat.
San Clemente	11.498	58%	991	6.645	485	131	Sin trat.
San Rafael	3.539	12%	78	431	31	8	Sin trat.
Pelarco	1.666	65%	173	1.077	79	21	Sin trat.
San Javier	17.086	76%	2.592	13.044	952	257	Sin trat.
Linares	61.648	90%	11.832	55.536	4.054	1.094	Sin trat.
Parral	24.869	78%	3.536	19.322	1.411	381	Sin trat.
Longaví	5.582	42%	500	2.338	171	46	Sin trat.
V. Alegre	4.874	62%	676	3.020	220	59	Sin trat.
Retiro	3.478	95%	638	3.308	241	65	Con trat. (L.de E.)
Cauquenes	28.219	90%	5.303	25.287	1.846	498	Sin trat.
Chanco	4.265	64%	551	2.735	200	54	Sin trat.
Y. Buenas	1.546	85%	277	1.313	96	26	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>326.688</b>		<b>59.496</b>	<b>289.306</b>	<b>21.119</b>	<b>5.698</b>	
<i>Río Loanco</i>							
Empedrado	2.254	19%	118	437	32	9	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>2.254</b>		<b>118</b>	<b>437</b>	<b>32</b>	<b>9</b>	
<b>VIII Región</b>							
<i>Río Itata</i>							
Chillán	137.668	91%	27.210	125.793	9.183	2.478	Sin trat.
San Carlos	26.562	68%	3.952	18.027	1.316	355	Sin trat.
Bulnes	9.594	62%	1.398	5.922	432	117	Sin trat.
Ñipas	1.497	23%	115	344	25	7	Sin trat.
Huépil	5.655	36%	447	2.008	147	40	Sin trat.
Ninhue	1.079	502%	167	5.414	395	107	Con trat. (L.de E.)
Quinhue	6.923	44%	630	3.056	223	60	Sin trat.
Coihueco	5.561	56%	754	3.108	227	61	Sin trat.
Yungay	7.538	49%	793	3.713	271	73	Sin trat.
Pemuco	3.106	46%	337	1.422	104	28	Sin trat.
Coelemu	9.842	22%	386	2.143	156	42	Sin trat.
El Carmen	3.828	5%	36	210	15	4	Con trat. (L.de E.)
<b>Total</b>	<b>218.853</b>		<b>36.225</b>	<b>171.160</b>	<b>12.494</b>	<b>3.372</b>	
<i>Río Andalién</i>							
Florida	3.203	8%	53	256	19	5	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>3.203</b>		<b>53</b>	<b>256</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	
<i>Río Biobío</i>							
Negrete	3.874	68%	664	2.630	192	52	Sin trat.
Concepción	219.335	78%	30.026	171.858	12.546	3.386	Sin trat.
San Pedro	41.725	86%	11.404	35.842	2.616	706	Sin trat.
Chiguayante	51.849	45%	4.206	23.177	1.692	457	Sin trat.
Los Angeles	96.414	96%	17.612	92.557	6.757	1.823	Sin trat.
Mulchén	20.428	34%	1.415	7.007	512	138	Sin trat.
Laja	18.308	47%	1.898	8.544	624	168	Sin trat.
Nacimiento	19.807	49%	1.668	9.610	702	189	Sin trat.

Tabla 10.4 (continuación)							
Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas a Diciembre de 1992							
	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<i>Río Biobío (cont.)</i>							
Sta. Bárbara	5.932	63%	815	3.728	272	73	Sin trat.
Yumbel	7.113	42%	954	2.975	217	59	Sin trat.
Cabrero	9.320	19%	319	1.778	130	35	Con trat. (L.de E.)
Quilaco	1.439	24%	71	339	25	7	Sin trat.
Angol (IX)	39.011	90%	8.220	35.161	2.567	693	Sin trat.
Lonquimay (IX)	2.822	77%	576	2.173	159	43	Sin trat.
Collipulli (IX)	12.235	71%	2.099	8.728	637	172	Sin trat.
Los Sauces (IX)	4.039	82%	784	3.328	243	66	Sin trat.
Renaico (IX)	5.285	72%	889	3.814	278	75	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>558.936</b>		<b>83.620</b>	<b>413.249</b>	<b>30.169</b>	<b>8.142</b>	
<i>Río Lebu</i>							
Lebu	20.200	45%	2.066	9.184	670	181	Sin trat.
Curanilahue	32.883	43%	2.484	13.977	1.020	275	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>53.083</b>		<b>4.550</b>	<b>23.161</b>	<b>1.690</b>	<b>456</b>	
<i>Río Paicavi</i>							
Cañete	16.714	45%	1.526	7.493	547	148	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>16.714</b>		<b>1.526</b>	<b>7.493</b>	<b>547</b>	<b>148</b>	
<b>IX Región</b>							
<i>Río Imperial</i>							
Victoria	21.071	67%	3.737	14.192	1.036	280	Sin trat.
Traiguén	12.505	80%	2.606	10.004	730	197	Sin trat.
Curacautín	12.848	51%	1.686	6.552	478	129	Sin trat.
Ercilla	1.980	49%	266	980	72	19	Sin trat.
Purén	7.194	74%	1.339	5.324	389	105	Con trat. (L.de E.)
Temuco	200.839	89%	40.966	179.148	13.078	3.529	Sin trat.
Lautaro	15.413	65%	2.354	10.018	731	197	Sin trat.
Nueva Imperial	12.194	36%	1.067	4.390	320	86	Con trat. (L.de E.)
Carahue	7.837	58%	1.084	4.545	332	90	Sin trat.
Galvarino	3.342	85%	630	2.839	207	56	Sin trat.
Cholchol	3.208	10%	62	321	23	6	Sin trat.
Lumaco	1.283	80%	252	1.025	75	20	Con trat. (L.de E.)
Vilcún	3.790	40%	437	1.516	111	30	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>303.504</b>		<b>56.486</b>	<b>240.854</b>	<b>17.582</b>	<b>4.744</b>	
<i>Río Toltén</i>							
Villarrica	20.123	60%	3.066	12.074	881	238	Sin trat.
Pitrufquén	10.383	50%	1.449	5.192	379	102	Sin trat.
Nueva Toltén	2.082	72%	430	1.490	109	29	Sin trat.
Gorbea	6.788	35%	658	2.376	173	47	Sin trat.
Freire	3.684	70%	655	2.579	188	51	Sin trat.
Cunco	5.304	44%	595	2.334	170	46	Sin trat.
Pucón	7.844	37%	949	2.919	213	58	Con trat.
<b>Total</b>	<b>56.208</b>		<b>7.802</b>	<b>28.964</b>	<b>2.113</b>	<b>571</b>	

**Tabla 10.4 (continuación)**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>X Región</b>							
<i>Río Calle Calle</i>							
Loncoche (IX)	12.619	51%	1.698	6.436	470	127	Sin trat.
Valdivia	97.973	5%	652	4.692	343	92	Sin trat.
Lanco	7.166	42%	587	3.021	221	60	Sin trat.
Pallaco	8.858	40%	618	3.547	259	70	Sin trat.
Los Lagos	7.798	49%	680	3.802	278	75	Sin trat.
San José M.	5.987	18%	199	1.078	79	21	Sin trat.
Máfil	3.195	52%	350	1.670	122	33	Sin trat.
Panguipulli	10.323	45%	652	4.692	343	92	Con trat. (F. Sept.)
<b>Total</b>	<b>153.919</b>		<b>5.436</b>	<b>28.938</b>	<b>2.115</b>	<b>570</b>	
<i>Río Bueno</i>							
Río Bueno	14.701	72%	1.757	10.527	768	207	Sin trat.
La Unión	24.382	96%	3.772	23.285	1.700	459	Sin trat.
Osorno	114.808	89%	20.478	102.179	7.459	2.013	Sin trat.
Purranque	11.540	68%	1.387	7.842	572	154	Sin trat.
Río Negro	6.899	50%	670	3.450	252	68	Sin trat.
San Pablo	3.271	65%	397	2.122	155	42	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>175.601</b>		<b>28.461</b>	<b>149.405</b>	<b>10.906</b>	<b>2.943</b>	
<i>Río Maullín</i>							
Puerto Varas	17.540	82%	2.499	14.337	1.047	282	Sin trat.
Llanquihue	10.350	85%	1.462	8.789	642	173	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>27.890</b>		<b>3.961</b>	<b>23.126</b>	<b>1.689</b>	<b>455</b>	
<b>XI Región</b>							
<i>Río Aisén</i>							
Puerto Aisén	13.236	48%	1.473	6.300	460	124	Sin trat.
Coihaique	36.227	80%	6.752	28.837	2.105	568	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>49.463</b>		<b>8.225</b>	<b>35.137</b>	<b>2.565</b>	<b>692</b>	
<b>Total sin R.M.</b>	<b>3.339.815</b>	<b>76%</b>	<b>549.234</b>	<b>2.521.688</b>	<b>184.085</b>	<b>49.678</b>	
<b>R. Metropolitana</b>							
<i>Río Maipo (EMOS)</i>							
Gran Santiago	4.040.705	97%	834.231	3.932.745	287.090	77.475	Sin trat.
Curacaví	11.525	56%	1.769	6.454	471	127	Sin trat.
Isla de Maipo	7.714	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Melipilla	45.681	82%	9.801	37.458	2.734	738	Con trat.
Tiltil	4.627	125%	0	5.805	424	114	Sin trat.
Talagantes	35.310	57%	6.269	20.127	1.469	397	Sin trat.
Peñaf-Mall-P.Hurt.	68.208	63%	8.354	42.971	3.137	847	Sin trat.
El Monte-El Paico	16.157	37%	1.496	5.978	436	118	Sin trat.
Buín-Maipo-V.Paine	36.838	51%	3.976	18.787	1.371	370	Sin trat.

**Tabla 10.4 (continuación)**  
**Situación de Hoyas Hidrográficas por Descargas de Aguas Servidas**  
**a Diciembre de 1992**

	Pobl. Urbana	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil/m <sup>3</sup> )	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<i>Río Maipo (cont.)</i>							
Paine	10.009	58%	1.750	5.805	424	114	Sin trat.
S.José Maipo-otros	7.970	24%	631	1.913	140	38	Sin trat.
Calera de Tango	5.959	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Pirque	1.450	7%	26	103	8	2	Sin trat.
<b>Total EMOS</b>	<b>4.292.153</b>	<b>95%</b>	<b>868.303</b>	<b>4.072.341</b>	<b>297.281</b>	<b>80.225</b>	
<i>E. de Agua Potable:</i>							
Lo Castillo	257.685	94%	48.807	242.960	17.736	4.786	Sin trat.
Manquehue	5.489	100%	1.277	5.489	401	108	Sin trat.
Los Domínicos	7.125	83%	1.487	5.883	429	116	Sin trat.
Alc.Maipú	389.357	97%	82.130	377.676	27.570	7.440	Sin trat.
SERVICOMUNAL	34.973	85%	5.720	29.727	2.170	586	Con trat.
<b>Total R.M.</b>	<b>4.986.782</b>	<b>95%</b>	<b>1.007.724</b>	<b>4.724.076</b>	<b>345.587</b>	<b>93.261</b>	
<b>Total descargas a hoyas hidrográficas</b>	<b>8.326.597</b>	<b>87%</b>	<b>1.556.958</b>	<b>7.255.764</b>	<b>529.672</b>	<b>142.939</b>	
<b>Resumen</b>							
Servicios sin tratamiento					123		
Servicios con tratamiento					36		
Total					159		
Población servida sin tratamiento					6.859.083		
Población servida con tratamiento					396.681		
% de población servida con tratamiento					5,5		
Población total servida					7.255.764		
Nota: <sup>1</sup> Estimados en base a factores para efluentes domésticos adaptados para su uso en países en desarrollo por la OMS.							
Fuente: SISS. 1993. <i>Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos</i> . Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.							

**Tabla 10.5**  
**Situación del Litoral Chileno por Descargas Directas de Aguas Servidas**  
**Domésticas a Diciembre de 1992**

	Pobl. Total	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil. de m <sup>3</sup> /año)	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>I Región</b>							
Arica	171.452	98%	36.924	167.680	12.241	3.303	Emisario sub. 2.000 m. Sin trat.
Iquique	160.202	96%	32.815	153.153	11.180	3.017	
<b>Total</b>	<b>331.654</b>	<b>97%</b>	<b>69.739</b>	<b>320.833</b>	<b>23.421</b>	<b>6.320</b>	

**Tabla 10.5 (continuación)**  
**Situación del Litoral Chileno por Descargas Directas de Aguas Servidas Domésticas a Diciembre de 1992**

	Pobl. Total	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil. de m <sup>3</sup> /año)	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>II Región</b>							
Antofagasta	228.806	81%	37.446	185.787	13.562	3.660	Con trat. sólo el 10% de la pobl. Sin trat. (emisario de 300 m.) Sin trat. (emisario de 200 m.) Sin trat.
Mejillones	5.496	89%	1.225	4.877	356	96	
Taltal	10.293	77%	1.896	7.926	579	156	
Tocopilla	24.597	87%	5.243	21.356	1.559	421	
<b>Total</b>	<b>269.192</b>	<b>82%</b>	<b>45.810</b>	<b>219.946</b>	<b>16.056</b>	<b>4.333</b>	
<b>III Región</b>							
Caldera	12.458	42%	1.930	5.259	384	104	Con trat. (L.de E.) Sin trat. Sin trat.
Chañaral	12.076	88%	2.921	10.652	778	210	
Huasco	6.681	67%	1.259	4.444	324	88	
<b>Total</b>	<b>31.215</b>	<b>65%</b>	<b>6.110</b>	<b>20.355</b>	<b>1.486</b>	<b>402</b>	
<b>IV Región</b>							
La Serena	110.371	90%	23.707	99.334	7.251	1.957	Emisario submarino 2.550 m. Sin trat. Sin trat.
Coquimbo	110.399	85%	22.182	93.924	6.856	1.850	
Los Vilos	8.972	69%	1.712	6.227	455	123	
<b>Total</b>	<b>229.842</b>	<b>87%</b>	<b>47.601</b>	<b>199.485</b>	<b>14.562</b>	<b>3.930</b>	
<b>V Región</b>							
Valparaíso	255.301	83%	51.730	213.119	15.558	4.198	Sin trat.
V. del Mar	314.562	92%	59.804	290.655	21.218	5.726	
Concón	16.799	60%	2.164	10.079	736	199	
Quintero	13.626	85%	3.684	11.528	842	227	
San Antonio	74.167	86%	15.782	63.635	4.645	1.254	
El Quisco	4.478	15%	376	658	48	13	
Algarrobo	3.428	82%	2.122	2.825	206	56	
Cartagena	7.704	73%	2.598	5.609	409	110	
El Tabo	1.573	38%	547	596	44	12	
<b>Total</b>	<b>691.638</b>	<b>87%</b>	<b>138.807</b>	<b>598.704</b>	<b>43.705</b>	<b>11.794</b>	
<b>VII Región</b>							
Constitución	27.556	86%	3.496	23.706	1.731	467	Sin trat. Sin trat. Sin trat.
Pelluhue	1.460	28%	152	402	29	8	
Curanipe	842	53%	192	444	32	9	
<b>Total</b>	<b>29.858</b>	<b>82%</b>	<b>3.840</b>	<b>24.552</b>	<b>1.792</b>	<b>484</b>	
<b>VIII Región</b>							
Talcahuano	21.344	89%	41.657	214.785	15.679	4.231	Sin trat. Sin trat. Sin trat. Sin trat.
Tomé	38.118	33%	2.372	12.742	930	251	
Dichato	3.001	9%	97	260	19	5	
Penco	40.951	55%	2.942	22.523	1.644	444	

**Tabla 10.5 (continuación)**  
**Situación del Litoral Chileno por Descargas Directas de Aguas Servidas Domésticas a Diciembre de 1992**

	Pobl. Total	Cobert.	U.D.	Pobl. Servida	Vol. Total Desechos <sup>1</sup> (mil. de m <sup>3</sup> /año)	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup> (ton/año)	Tratamiento
<b>VIII Región (cont.)</b>							
Lota	33.845	57%	6.204	19.294	1.408	380	Sin trat.
Coronel	84.285	61%	11.744	51.324	3.747	1.011	Emisario sub.
Arauco	12.791	53%	1.601	6.803	497	134	Sin trat.
Lirquén	11.081	0%	0	0	0	0	Sin trat.
Lota-ENACAR	33.845	57%	6.204	19.294	1.408	380	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>499.261</b>	<b>70%</b>	<b>72.821</b>	<b>347.025</b>	<b>25.333</b>	<b>6.836</b>	
<b>X Región</b>							
Puerto Montt	96.109	66%	15.080	63.624	4.645	1.253	L.de E. 17% de pobl.
Corral	3.527	38%	152	1.356	99	27	Sin trat.
Chonchi	2.689	23%	159	610	45	12	Sin trat.
Dalcahue	3.063	50%	205	1.532	112	30	Sin trat.
Chaitén	3.848	50%	450	1.909	139	38	Sin trat.
Calbuco	8.726	33%	542	2.859	209	56	Sin trat.
Castro	19.698	79%	3.110	15.613	1.140	308	Sin trat.
Ancud	25.645	46%	2.395	11.821	863	233	Sin trat.
Achao	2.829	45%	228	1.273	93	25	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>166.134</b>	<b>61%</b>	<b>22.321</b>	<b>100.597</b>	<b>7.344</b>	<b>1.982</b>	
<b>XII Región</b>							
Pto. Natales	15.200	92%	4.320	13.984	1.021	275	Sin trat.
Punta Arenas	115.463	90%	26.146	103.917	7.586	2.047	Sin trat.
Porvenir	4.537	63%	780	2.875	210	57	Sin trat.
<b>Total</b>	<b>135.200</b>	<b>89%</b>	<b>31.246</b>	<b>120.776</b>	<b>8.817</b>	<b>2.379</b>	
<b>Total descargas directas</b>	<b>2.383.994</b>	<b>82%</b>	<b>438.295</b>	<b>1.952.273</b>	<b>142.516</b>	<b>38.461</b>	
<b>Resumen</b>							
Servicios sin tratamiento					36		
Servicios con tratamiento					5		
Servicios con emisarios submarinos					3		
Población servida sin tratamiento					1.493.829 (77% del total servida)		
Población servida con tratamiento					140.106 (7% del total servida)		
Población servida con emisario submarino					318.338 (16% del total servida)		
Total población con emisario submarino					1.952.273		
Nota: <sup>1</sup> Estimados en base a factores para efluentes domésticos adaptados para su uso en países en desarrollo por la OMS.							
Fuente: SISS. 1993. <i>Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos</i> . Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.							

<b>Tabla 10.6</b>	
<b>Resumen de las Descargas de Aguas Servidas por Servicios de Alcantarillado en el País a Diciembre de 1992<sup>1</sup></b>	
<b>Descargar a hoyas hidrográficas</b>	
Servicios sin tratamiento	123
Servicios con tratamiento	36
Población servida sin tratamiento	6.859.083
	(95,6%)
Población servida con tratamiento	396.681
	(5,5%)
Población total servida	7.255.764
Población total urbana considerada	8.326.597
<b>Descarga en el litoral</b>	
Servicios sin tratamiento	36
Servicios con tratamiento	5
Servicios con emisarios submarinos	3
Población servida sin tratamiento	1.493.829
	(77,0%)
Población servida con tratamiento	140.106
	(7,0%)
Población servida con emisario submarino	318.338
	(16,0%)
Población total servida	1.952.273
Población total urbana considerada	2.383.994
<b>Otras (Pozo Almonte y Pica)</b>	
Servicios con tratamiento	2
Población servida con tratamiento	3.490
	(100%)
Población total servida	3.490
Población total urbana considerada	6.111
<b>Nota:</b> <sup>1</sup> Se consideran todos los servicios explotados por empresas sanitarias que atienden 500 o más arranques o uniones domiciliarias.	
<b>Fuente:</b> SISS. 1993. <i>Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos</i> . Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.	

## 7. Descargas de Origen Industrial

En Chile las descargas industriales más relevantes en el deterioro de la calidad del medio acuático provienen de la minería del cobre, fábricas de celulosa y papel y las industrias pesqueras. Los aportes más significativos de carga orgánica producto de los residuos industriales líquidos los entregan las cuencas de los ríos Maipo, Aconcagua, Andalién y Biobío, sin considerar sus caudales de dilución. Las áreas marinas más afectadas respecto a carga orgánica son las bahías de Valparaíso y Concepción.

Problemas de contaminación producidos por efluentes de industrias mineras ocurren principalmente en ciertas áreas del norte del país, donde grandes cantidades de relaves y residuos son depositados en el mar, produciendo embancamientos y el deterioro de la flora y fauna.

## 8. Resultados de la Evaluación de Cargas Contaminantes

En el catastro realizado por la SISS, del total de encuestas completas a nivel nacional según tipo de establecimiento se analizaron 1.432 industrias (73,3%), 238 servicios sanitarios (12,2%), y 284 de instituciones de salud (14,5%).

Con respecto al tipo de receptor de las descargas industriales, considerando sólo el número de descargas sin distinguir caudales o cargas contaminantes, un 65,4% se disponen en las redes de alcantarillado, 15,4% al suelo, 6,3% a ríos y 5,8% al mar (ver Tabla 10.7).

Descargas	Industrias	Instituciones de Salud	Servicios Sanitarios	Total
Río	154	3	436	593
Lago	6	0	9	15
Mar	141	1	149	291
Canal Riego	87	2	11	100
Alcantarillado	1.591	419	0	2.010
Suelo	374	9	8	391
Otros	79	1	27	107
<b>Total</b>	<b>2.432</b>	<b>435</b>	<b>640</b>	<b>3.507</b>

Fuente: SISS. 1993. *Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos*. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.

Respecto al uso, existen 61 subcuencas afectadas por descargas de aguas servidas domésticas (17,3% del total del país). Existen 640 descargas de aguas servidas, 1.248 fuentes hídricas, 989 captaciones agrícolas, 184 áreas recreacionales, 62 captaciones de agua potable y fuentes de energía eléctrica, y 13 captaciones industriales. La Tabla 10.8 muestra los aportes netos de contaminantes, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos y coliformes fecales en las principales zonas del país. La carga orgánica generada por industria por región se muestra en la Tabla 10.9.

Zona	Nombre de Cuenca	DBO <sub>5</sub> (ton/mes)	Sol. Suspendidos (ton/mes)	Col. Fecales (x10 <sup>17</sup> coll/)
Norte	Río San José de Azapa	688,5	549,7	0,88
	Cuencas costeras, salares Soronal y Grande	671,9	430,6	0,75
	Cuencas costeras entre Río Loa y Antofagasta	99,7	85,7	0,01
	Quebrada de Caracoles	0,9	0,4	-
	Cuencas costeras entre Antofagasta y las quebradas Pan de Azúcar y de Taltal	220,9	-	1,80

**Tabla 10.8 (continuación)**  
**Cuencas Afectadas a Nivel Nacional**  
**Aporte Neto de Contaminantes DBO<sub>5</sub>, Sólidos en Suspensión y Coliformes Fecales**

Zona	Nombre de Cuenca	DBO <sub>5</sub> (ton/mes)	Sol. Suspendidos (ton/mes)	Col. Fecales (x10 <sup>17</sup> coll/)
Norte (cont.)	Río Salado	43,1	66,3	0,49
	Cuencas costeras entre los ríos Salado y Copiapó	273,8	306,4	0,06
	Río Copiapó	127,4	8,4	1,30
	Río Huasco	68,2	3,3	0,20
	Río Elqui	83,0	40,6	0,30
	Cuencas costeras entre los ríos Elqui y Limarí	200,5	-	1,50
	Río Limarí	99,4	54,1	1,48
	Río Choapa	33,9	16,4	0,50
	Estero Pupio y quebrada costera entre los ríos Choapa y Limarí	5,8	-	0,05
		<b>Subtotal</b>	<b>2.617,0</b>	<b>1.561,9</b>
Centro	Río La Ligua	21,6	-	0,05
	Cuencas costeras entre los ríos La Ligua y Aconcagua	405,9	92,6	2,90
	Río Aconcagua	2.018,0	1.151,9	6,15
	Cuencas costeras entre los ríos Aconcagua y Maipo	1.552,3	369,9	4,01
	Río Maipo	4.239,5	2.488,6	1,50
	Río Rapel	471,2	89,4	10,16
	Cuencas costeras entre el Río Rapel y el Estero Patacán	0,8	-	-
	Río Mataquito	188,6	57,7	1,23
	Río Maule	1.284,3	1.140,5	2,90
	Cuencas costeras entre el Río Maule y el Estero Pullay	28,4	-	0,13
		<b>Subtotal</b>	<b>10.210,6</b>	<b>5.390,6</b>
Sur	Río Itata	1.022,7	807,6	0,58
	Río Andalién y quebrada y estero costero entre los ríos Itata y Biobío	1.696,3	908,4	-
	Río Biobío	2.237,3	2.157,0	0,24
	Cuencas costeras entre los ríos Biobío y Carampangue	1.415,5	1.214,5	-
	Río Carampangue	1.207,9	696,8	0,03
	Cuencas costeras entre los ríos Lebu y Paicaví (incluido)	7,1	-	0,03
	Río Imperial	346,1	7,0	1,10
	Río Toltén	40,1	2,9	0,14
	Río Valdivia	154,4	42,5	8,90
	Cuencas costeras entre los ríos Valdivia y Huicolla (incluido)	0,8	-	0,01
	Río Bueno	512,8	485,9	0,75
	Cuencas costeras entre los ríos Bueno y Puelo	191,6	34,0	1,37
	Cuencas costeras entre los ríos Puelo y Yelcho	2,7	-	0,02
	Islas de Chiloé	49,1	2,9	0,27

<b>Tabla 10.8 (continuación)</b>				
<b>Cuencas Afectadas a Nivel Nacional</b>				
<b>Aporte Neto de Contaminantes DBO<sub>5</sub>, Sólidos en Suspensión y Coliformes Fecales</b>				
Zona	Nombre de Cuenca	DBO <sub>5</sub> (ton/mes)	Sól. Suspendidos (ton/mes)	Col. Fecales (x10 <sup>17</sup> coll/)
Sur (cont.)	Río Aisén	45,6	1,7	0,37
	Cuencas costeras entre el Río Aisén y el Campo de Hielos Norte	0,2	0,1	-
	Península e isla entre Fiordo Peel y Estero Sarmiento hasta Golfo A.M.	19,1	8,1	-
	Península entre Seno Otway y Estrecho de Magallanes	219,2	43,5	0,47
	Isla de Tierra del Fuego	13,2	6,3	-
Subtotal		9.181,7	6.419,2	14,28
Total		22.009,3	13.371,7	52,63

Fuente: SISS. 1993. *Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos*. Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.

<b>Tabla 10.9</b>			
<b>Descarga por Región en Cuencas y Costas de 882 Industrias</b>			
Región	Nombre Cuenca	DBO Cuenca (kg/mes)	Caudal (m <sup>3</sup> /mes)
I	Río San José de Azapa	481.396	331.826
	Costeras y salares Soronal y Grande	486.432	408.805
II	Quebrada de Caracoles	11.788	10.231
	Río Loa	-	10.446
	Costeras entre Río Loa y Antofagasta	66.627	125.344
	Quebrada La Negra	-	9.970
III	Río Salado	-	878.371
	Río Huasco	2.805	10.843
	Costeras entre los ríos Salado y Copiapó	263.102	320.814
	Río Copiapó	7.792	20.080
IV	Río Elqui	86.519	84.467
	Río Limarí	57.111	28.402
	Río Choapa	14.025	588.500
	Costeras entre los ríos Elqui y Limarí	820	6.627
V	Río Maipo	3.749.967	3.654.896
	Costeras entre los ríos La Ligua y Aconcagua	109.773	352.744
	Costeras entre los ríos Aconcagua y Maipo	323.051	290.564
	Río Aconcagua	2.011.105	1.685.607
VI	Río Rapel	345.000	2.939.872
	Río Mataquito	224.922	438.624
	Río Maule	1.117.745	539.166

**Tabla 10.9 (continuación)**  
**Descarga por Región en Cuenca y Costas de 882 Industrias**

Región	Nombre Cuenca	DBO Cuenca (kg/mes)	Caudal (m <sup>3</sup> /mes)
VIII	Río Biobío	1.855.611	3.446.718
	Riío Carampanque	1.200.010	3.736.052
	Río Itata	1.047.226	4.211.159
	Río Lebu	45	26
	Costeras entre los ríos Biobío y Carampanque	1.331.714	1.375.709
	Río Andalíen y quebradas y esteros costeros	2.214.187	1.963.459
IX	Río Toltén	7.029	40.817
	Río Imperial	55.445	72.236
X	Río Valdivia	24.517	226.844
	Costeras entre los ríos Bueno y Puelo	73.060	105.261
	Isla de Chiloé	24.335	18.477
	Río Bueno	428.689	383.894
XI	Río Aisén	8.151	50.539
	Costeras e islas entre el Río Aisén y el Campo de Hielos Norte	243	72
XII	Isla de Tierra del Fuego	27.304	21.640
	Península entre Seno Otway y Estrecho de Magallanes	118.952	5.308.267
	Península e isla entre Fiordo Peel y Estero Sarmiento hasta Golfo A.M.	13.280	7.242
Total		17.789.776	33.704.609
Fuente: SISS. 1993. <i>Catastro Nacional de Descargas de Residuos Industriales Líquidos</i> . Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago.			

Respecto a su distribución geográfica, las descargas de origen doméstico más significativas están en la V Región de Valparaíso, Región Metropolitana de Santiago y VIII Región del Biobío, las cuales poseen los centros urbanos de mayor importancia.

Llama la atención que la contribución de carga contaminante por parte de la actividad industrial obtenida, en términos regionales, resulta menor que la de origen doméstico. Un catastro del gran número de industrias del país es difícil de obtener para cada región, y la información suministrada por los responsables de las descargas puede haber omitido antecedentes importantes por el desconocimiento o poco interés que hasta ese momento había imperado en el país en cuanto a su clasificación, producción y niveles de vertimiento.

## 9. Prevención y Control de la Contaminación Hídrica

Las actividades de prevención deben estar dirigidas a estudios y métodos de aplicación para el control de la contaminación en el medio acuático debido a las descargas de aguas servidas y de residuos industriales líquidos. Al respecto, debida consideración debe ser dada a los sistemas de tratamiento de las aguas servidas domésticas e industriales que permiten, a través de la separación del líquido de los constituyentes indeseables o la alteración de sus

propiedades fisicoquímicas o biológicas, que no deterioren o alteren el medio acuático receptor. Existe una gran variedad de procesos que pueden ser usados para el tratamiento y su selección se basa en consideraciones de orden tecnológico y económico.

Los sistemas de tratamiento biológico más usados son los filtros percoladores, lagunas de estabilización y lodos activados, previo a la desinfección, que sin presencia de sustancias tóxicas permiten reducciones importantes de materia orgánica, sólidos y bacterias. Otra alternativa es el aprovechamiento del potencial autodepurador del mar, por medio de sistemas de disposición marina, emisarios submarinos y difusores proyectados, diseñados apropiadamente. Su objetivo es utilizar toda la capacidad natural de que dispone el medio acuático para asimilar los desechos a costos razonables, teniendo presente que no se trata de un vaciado directo de desechos crudos al océano. Estos sistemas pueden proporcionar un medio seguro y económico cuando los flotantes y sustancias tóxicas como pesticidas, metales pesados y otros, se eliminan antes de la descarga a través del control de la fuente y el sistema comprende medidas para una adecuada dilución inicial, dispersión subsecuente y suficiente período de viaje de las aguas servidas como para cumplir con criterios estéticos, de salud pública y vida acuática.

En relación a los residuos industriales, los efectos a corto y largo plazo de la introducción en el medio acuático de sustancias tóxicas o residuos conservativos son difíciles de evaluar, dado el insuficiente conocimiento de los factores que regulan su destino final en las aguas, lo que indica la necesidad de incentivar aún más la investigación al respecto. Esta falta de conocimiento provoca que, a pesar de la gran preocupación internacional por las descargas en zonas costeras a través de emisarios submarinos, su manejo racional sea difícil de plantear. Lo más efectivo para afrontar este problema a futuro es la recuperación de las materias primas y la reutilización de los desechos.

## **10. Medidas Implementadas para el Manejo del Recurso Hídrico**

La apremiante necesidad de detener el deterioro de la calidad de vida de la población, debido a la destrucción de los ecosistemas causada por la contaminación de residuos industriales líquidos y aguas servidas domésticas, ha hecho que las autoridades incorporen políticas para el control y fiscalización de la contaminación urbana y de los sectores productivos. En el aspecto institucional, la Ley N° 18.902, que creó la SISS, le asignó a este nuevo organismo la fiscalización de los servicios públicos sanitarios y el control de los residuos industriales líquidos, siendo la agencia estatal encargada de la aplicación de la Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382/88), y la Ley N° 3.133, de 1916, sobre neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales. Es así como ha habido un cambio en la situación desde fines de 1989, cuando no existía un control sobre los residuos industriales líquidos y escasos sistemas de tratamiento de aguas servidas domésticas, a otra etapa en 1994, donde se han impulsado los instrumentos para garantizar el control y tratamiento de dichos residuos.

Sobre el marco jurídico descrito, la SISS ha formulado las líneas básicas de su accionar. Respecto a los sistemas de tratamiento de las aguas servidas domésticas, las empresas sanitarias tienen la obligación de incorporarlos, en plazos definidos, dentro de los planes de desarrollo de cada servicio público de recolección. Respecto a los residuos

industriales líquidos, se ha congelado la contaminación de los recursos hídricos exigiendo a toda nueva industria tratar sus residuos. Además, se han establecido instrumentos de control apropiados, disponiéndose de una norma de emisión provisoria a la espera de los estudios en ejecución por parte del Instituto Nacional de Normalización, con la participación de todos los sectores involucrados, para establecer la norma definitiva además de normativas de muestreo y análisis. En esta misma línea, para hacer operables los instrumentos de control, se ha actualizado el reglamento de la Ley N° 3.133, adecuándolo a la actual organización del Estado, y se ha dictado el reglamento del DFL N° 382 sobre concesiones de servicios sanitarios.

## **11. Perspectivas**

A futuro, en base a la información obtenida de los diagnósticos realizados, la SISS definirá e implementará un muestreo de las descargas de estos efluentes contaminantes y de los cursos de agua receptores afectados a objeto de caracterizarlos con información analítica objetiva. Esta información enfocará el accionar de la SISS y fundamentará la elaboración de un programa nacional de descontaminación de los recursos hídricos, otorgando prioridad a las áreas y usos más afectados, a fin de alcanzar gradualmente niveles de calidad de agua compatibles con mejores estándares de vida.

*Capítulo 11*

*Estado de la Contaminación de los Suelos en Chile*

*Sergio González M.*

*Estación Experimental La Platina,  
Instituto de Investigaciones Agropecuarias*

## CAPITULO 11. ESTADO DE LA CONTAMINACION DE LOS SUELOS EN CHILE

Autor: Sergio González M., Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias

### 1. Introducción

Uno de los conflictos ambientales más importantes se genera en torno al recurso suelo, por presentar la dicotomía de constituir uno de los pilares básicos en que se sustenta el equilibrio biótico natural y ser, al mismo tiempo, uno de los factores de producción más importantes de actividades humanas, los cuales poseen un alto potencial modificador de los recursos y sistemas ambientales, como son la agricultura, la ganadería y la silvicultura. Los suelos poseen un umbral específico de estabilidad, es decir, una capacidad para asimilar las intervenciones humanas sin entrar en procesos de deterioro, la que varía en función del tipo de suelo y de su entorno. Por lo tanto, una misma acción puede inducir efectos de diferente magnitud en función inversa de sus umbrales de estabilidad. Al hablar de acción humana, no sólo se alude al manejo silvoagropecuario de los suelos sino que también a acciones en escenarios ajenos, como sería la contaminación por residuos industriales, mineros o urbanos. Debido a la intercomunicación entre los recursos que constituyen una unidad ambiental, los efectos de la acción humana desencadenante pueden ser propagados, hasta repercutir en toda una unidad.

Una de las actividades con mayor riesgo ambiental es la minería metálica, representada en Chile por el cobre, debido a su poder modificador del paisaje y a sus descargas de residuos tóxicos. Siendo un país de gran riqueza minera, Chile tiene que enfrentar el riesgo permanente de sufrir una profunda alteración ambiental, lo que presiona el establecimiento de una estricta política ambiental preventiva. Por otra parte, la agricultura chilena ha sufrido una verdadera revolución tecnológica desde fines de los setenta, basado en un uso masivo de agroquímicos. Dado el potencial tóxico de los plaguicidas la sociedad se muestra sensible al tema de la eliminación de residuos de estos componentes, por lo que se hace aconsejable preocuparse de su residualidad en recursos ambientales, específicamente en suelos y aguas subterráneas, y por sobre todo su perdurabilidad en los alimentos.

### 2. Aspectos Conceptuales de la Contaminación Ambiental

#### 2.1. Características Definitivas

La contaminación puede ser considerada como un proceso de incorporación de información nueva o adicional a una unidad ambiental, a través de un punto de ingreso llamado recurso receptor primario. Esta información puede transmitirse a los restantes comportamientos ambientales, modificando el estado de equilibrio dinámico de la unidad total, desde  $E_0$  a  $E_1$ . El nuevo estado de equilibrio  $E_1$  será inestable, preservándose sólo si persiste la acción que genera el cambio. Por información debe entenderse el ingreso de residuos de actividades antrópicas; nueva si son sustancias no existentes en el ambiente receptor, pudiendo ser de síntesis artificial o naturales, o adicional si son preexistentes.

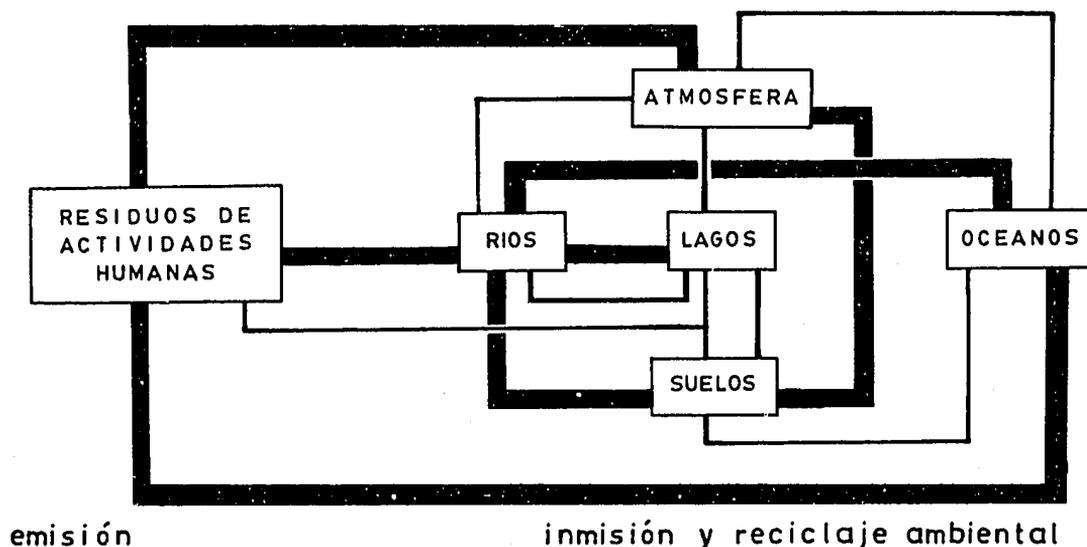
La contaminación puede clasificarse desde muchos ángulos. Uno es según la actividad humana generadora. Así, se habla de contaminación minera, industrial, urbana, agrícola o doméstica. También se clasifica según el residuo vertido, empleándose términos tales como contaminación con metales pesados, residuos de plaguicidas o radiactividad, entre otros. Lo más frecuente es clasificarla según el recurso receptor primario, hablándose así de contaminación atmosférica, hídrica, marina o de los suelos.

Los contaminantes pueden estar representados tanto por sustancias materiales como también por formas de energía residual. Tampoco lo son sólo por sustancias de síntesis artificial, ya que esto dejaría afuera muchos residuos mineros, como el cobre o el anhídrido sulfuroso. Procesos naturales como el vulcanismo, no obstante la similitud con lo expulsado por chimeneas industriales, no entran en el ámbito de la contaminación ambiental. Esta distinción permite separar los procesos no controlables de aquellos susceptibles de serlo.

## 2.2. Reciclaje Ambiental de Contaminantes: dispersión-acumulación

La Figura 11.1 esquematiza la dinámica ambiental que puede asumir un contaminante en una unidad ambiental, una vez ingresado por un recurso primario. La extensión del ciclo ambiental queda supeditada al balance de dos variables, usualmente contrapuestas: la dispersión de los contaminantes en los medios receptores (atmósfera y ríos), y su acumulación en recursos de acopio (suelos, lagos, mares). A medida que se aleja del punto de vertido, la dinámica asumida por el contaminante es progresivamente asimilada a la dinámica del ambiente, dejando de depender de la descarga.

**Figura 11.1**  
**Esquema General de Circulación Ambiental de Residuos Antrópicos,**  
**Indicando las Vías de Interconexión y Fases de Acumulación**



Fuente: González, S.P. 1991. *Estrategias para la Evaluación de Impactos de Procesos Contaminantes en la Agricultura. El Conflicto Minería-Agricultura en Chile*. Simiente, 61:65-77.

La persistencia ambiental de un contaminante condiciona la magnitud de las variables dispersión y acumulación, aunque la cuantía de la descarga también debe tomarse en cuenta. En el largo plazo, la extensión geográfica de la dispersión y la cuantía de la acumulación en suelos y cuerpos de agua serán función directa de la persistencia ambiental del contaminante. En general, esta última está dada por su naturaleza, en alguna medida un concepto de valor relativo, ya que los contaminantes biodegradables pueden persistir por tiempos superiores a sus tasas de degradación, lo que es función del balance entre modalidad de descarga y ambiente receptor.

El tiempo de residencia de un contaminante en el ambiente receptor es otra variable importante en la evaluación del contaminante pues, apunta a la reversibilidad del proceso. El tiempo de residencia será función inversa de la degradabilidad del contaminante y directa de la capacidad ambiental para impedir su remoción y extracción. En suelos de textura franca, por ejemplo, la residencia del cobre o plomo es superior a 100 años cuando el pH es 4,2, y baja a unos pocos años a pH de 2,8<sup>1</sup>.

En ecosistemas terrestres y para un mismo contaminante, la extinción, dispersión, remoción, acumulación y residencia alcanzarán valores específicos según el balance entre la capacidad de retención de los suelos y el aporte atmosférico y de aguas. Así, en ambientes húmedos y/o dominados por suelos de baja capacidad de retención, se favorecerá la dispersión y remoción del contaminante a unidades vecinas. Ambientes áridos y/o con suelos con alta retención privilegiarán la acumulación y residencia.

Los contaminantes degradables tienden a mantenerse en la vecindad del recurso receptor primario; son procesos reversibles, de bajo riesgo ambiental en el largo plazo, aunque puede ser alto en el corto plazo. En el otro extremo, los persistentes tenderán a abarcar toda la unidad ambiental; son procesos de lenta reversibilidad, con alto riesgo ambiental en el largo plazo.

El estado físico del contaminante condiciona fuertemente su ciclo ambiental. Los gases tenderán a difundir antes que a acumularse y a degradarse más que a persistir, y sus ciclos ambientales podrán ser extendidos pero de corta duración. Los sólidos tienen baja capacidad de dispersión, alta persistencia y baja cobertura, pero son más duraderos. Los líquidos e las sustancias disueltas en agua se comportan más como gases que sólidos.

### 2.3. Daños Asociados a la Contaminación Ambiental

La simple detección de residuos antrópicos en ambientes y/o recursos naturales no implica contaminación, pues es preciso que dicha presencia cause daños en los seres vivos que habitan o se sirven de la unidad ambiental afectada. Los efectos de la contaminación pueden llevar a reducir las densas poblaciones o los números de especies en las comunidades, reducir en el suelo la actividad enzimática y poblaciones de microorganismos o el potencial para sustentar cubiertas vegetales, reducir el rendimiento, inducir cosechas alteradas y/o rechazo de los consumidores en ambientes agrícolas, ganaderos y silvícolas, emergencia de enfermedades, morbilidad, mutagenicidad, teratogenicidad y mortalidad en humanos, y

---

<sup>1</sup> Tyler, G. 1989. *Leaching Rates of Heavy Metals in Forest Soils*. Water, Air, and Soil Pollution, 9:137-148.

deterioro de variables sociales, culturales y económicas<sup>2</sup>.

Generalmente se habla de contaminación a partir de la excedencia del umbral crítico del contaminante, límite que es específico para cada ambiente y genotipo. Se entiende que la contaminación de rápida acumulación será de máximo riesgo ambiental, pues el tiempo para alcanzar el umbral crítico será menor. Como base de evaluación se establece que un proceso contaminante será de mayor impacto si los efectos se generan en menor tiempo, son de mayor magnitud, tienen máxima cobertura espacial y son perdurables. Obviamente, estos criterios identifican a las descargas de sustancias persistentes, como los metales. Si a la persistencia se une un alto potencial de daño biocida (toxicidad, mutagenicidad, etc.), el impacto del contaminante se incrementa producto de umbrales críticos menores. El tiempo de extinción de los efectos no depende sólo de la persistencia del contaminante, ya que ciertos contaminantes, como las radiaciones, pueden tener una extinción instantánea, pero inducen efectos perdurables al actuar sobre los códigos genéticos, lo que hace a los daños incluso transmisibles a las descendencias.

En ambientes terrestres, los suelos son parte substancial en la neutralización de contaminantes, por su capacidad para insolubilizarlos o retenerlos con más energía que la succión de las raíces, con lo que se hacen no disponible para las plantas y, por ende, para los seres vivos que se nutren de éstas. La expresión del potencial de daño, reflejado inversamente por los niveles críticos, será función inversa de esta capacidad de amortiguación o tampón.

La composición florística y la estructura poblacional también condicionan el impacto contaminante. En áreas silvestres donde coexisten poblaciones numerosas de distintas especies, el impacto contaminante tiende a diluirse, incluso en especies sensibles. En áreas agrícolas, con muy bajo número de poblaciones de unas pocas especies, el impacto podría ser máximo si coincide con la etapa sensible del crecimiento.

Un aspecto trascendente en la búsqueda del desarrollo sustentable es poder estimar a priori el tiempo de espera (tiempo para exceder el umbral crítico) para un proceso específico, sobre todo cuando se trata de procesos muy lentos, imperceptibles en el corto plazo, cuyos efectos podrían emerger en plazos superiores a la vida humana. La inferencia de efectos en tiempo y espacio, básico para compatibilizar intereses económicos y ecológicos, representa quizás la principal debilidad para una eficiente gestión ambiental.

### 3. Contaminación con Elementos Traza

#### 3.1. Génesis del Conflicto Minero-Agrícola en Chile

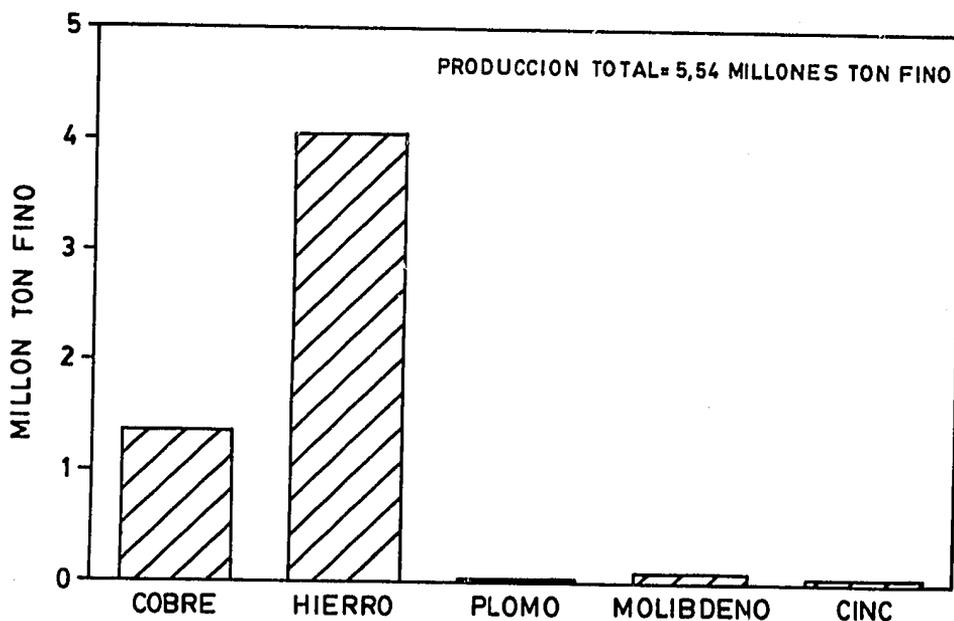
Chile posee una extraordinaria riqueza metálica, lo que se ha traducido en el desarrollo de una minería extractiva de gran peso en la economía del país. Baste mencionar que el cobre es el producto que más divisas genera al país, aunque el metal con mayor volumen de producción es el hierro (ver Figura 11.2). Por la concentración de sus

---

<sup>2</sup> Tiller, K. G. 1989. *Heavy Metals in Soils and their Environmental Significance*. *Advance Soil Science*, 9:113-142.

yacimientos en la III Región de Atacama y la IV Región de Coquimbo, y por su baja toxicidad, el hierro presenta un riesgo ambiental muy inferior al cobre y otros metales. Por su parte, las descargas mineras que incluyen plomo también son de menor riesgo ambiental que las de cobre, no por razones de toxicidad sino porque los principales yacimientos están en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, donde hay más eficientes sistemas naturales de dispersión y dilución.

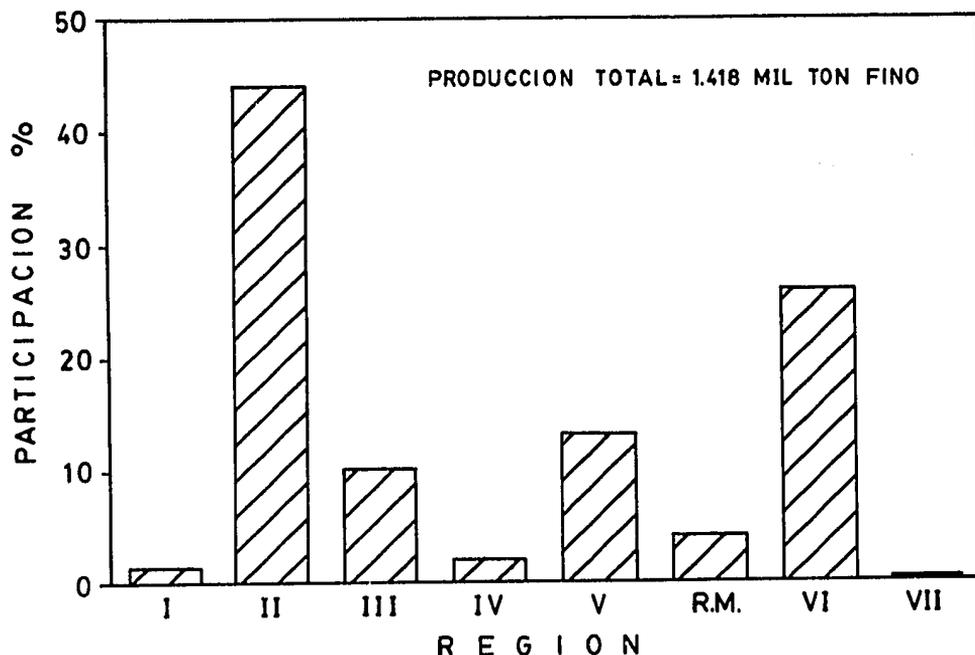
**Figura 11.2**  
**Producción Nacional de Metales en 1987**



Fuente: INE. 1987. *Anuario de la Minería Año 1987*. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago.

De la Figura 11.3 se deduce que el escenario potencial para el conflicto minería del cobre-agricultura se extiende desde la I Región de Tarapacá a la VII Región del Maule, especialmente donde coinciden los valles transversales (con la agricultura más productiva del país) con los mayores yacimientos de cobre o las fundiciones más importantes, como el Valle de Copiapó (fundición en Paipote), Valle del Aconcagua (mina en Saladillo y fundición en Chagres), Valle del Mapocho (minas en Los Bronces, Pudahuel y La Africana) y Valle Cachapoal (mina El Teniente).

**Figura 11.3**  
**Participación Regional en la Producción de Cobre durante 1987**



Fuente: INE. 1987. *Anuario de la Minería Año 1987*. Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago.

Los mayores yacimientos de cobre están en la Cordillera de los Andes o en áreas precordilleranas, lo que obliga a los centros de extracción a servirse de los ríos, usados aguas abajo para abastecer a la población y regar los suelos agrícolas. Esto genera el primer conflicto minero-agrícola, ya que los centros mineros devuelven aguas con calidad disminuida, conteniendo relaves y residuos químicos de muy variada naturaleza<sup>3</sup>. Aparte de ello, la expansión minera exige el uso de caudales crecientes, en desmedro también de la actividad agrícola, como ha ocurrido con las comunidades que habitaban las riberas del Río Loa.

El segundo conflicto se genera por las emisiones fumígenas de fundiciones de minerales, que afectan drásticamente y rápidamente las áreas receptoras en sus recursos biológicos y tecnoestructura. Las fundiciones en Chuquicamata (II Región de Antofagasta), Potrerillos

<sup>3</sup> González, S.P. 1991. *Estrategias para la Evaluación de Impactos de Procesos Contaminantes en la Agricultura. El Conflicto Minería-Agricultura en Chile*. Simiente, 61(1):65-77.

y Paipote (III Región de Coquimbo), Chagres y Ventanas (V Región de Valparaíso) y Caletones (VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins), están emitiendo inmensos volúmenes de anhídrido sulfuroso, arsénico y particulado sólido<sup>4</sup>.

El cobre, un elemento que conjuga abundancia, distribución y toxicidad en Chile, tiene la mayor probabilidad de estar presente en las emisiones mineras. De acuerdo a los niveles de producción minera, otros elementos con potencial de contaminación ambiental son el arsénico, fierro, molibdeno, plomo y cinc.

### 3.2. Elementos Descargados por las Actividades Mineras

Como se deduce de la Figura 11.1, las sustancias descargadas por la minería entran en un proceso de reciclaje ambiental, dominado por la dinámica del ambiente receptor, y en algún momento tendrán que llegar obligatoriamente a los suelos, donde tenderán a ser acumulados. Si la descarga persiste el tiempo suficiente, se podrían exceder los umbrales de seguridad ambiental.

Los elementos metálicos emitidos son llamados metales pesados, que son todos aquellos con densidad igual o mayor a 5 g/cc. El concepto abarca 60 elementos, de casi todos los grupos del sistema periódico, muy diversos y algunos de síntesis artificial; sin embargo, excluye elementos no metálicos y/o de densidad menor, como el selenio, molibdeno y arsénico, que son contaminantes mineros de alto impacto<sup>5</sup>. Para identificar mejor al grupo de elementos contaminantes, términos tales como elementos traza o microelementos, a pesar de no tener especificidad química, por lo menos restringen el grupo a elementos de síntesis natural en la litósfera en baja concentración (ver Tabla 11.1).

Elemento	Rango en Suelos	Promedio en Rocas
Arsénico	0,10 - 40,0	-
Boro	2,00 - 100,0	-
Cadmio	0,01 - 1,0	0,20
Cinc	10,00 - 300,0	70,00
Cobalto	1,00 - 40,0	25,00
Cobre	2,00 - 100,0	55,00
Cromo	5,00 - 1.000,0	100,00

<sup>4</sup> González, S.P. 1987. *El Impacto de las Fundiciones de Minerales sobre las Actividades Agropecuarias*. I.P.A. La Platina, 39:46-48.

González, S.P. y E. Bergqvist. 1989. *Contaminación por Desechos Mineros de la Agricultura*. I.P.A. La Platina, 54:50-56.

<sup>5</sup> Martin, M.H. y P.J. Coughtrey. 1982. *Biological Monitoring of Heavy Metal Pollution: Land and Air*. Pollution Monitoring Series ASP, New York. 475 pp.

Tabla 11.1 (continuación)		
Contenidos Naturales (mg/kg) de Elementos en Suelos y en Rocas		
Elemento	Rango en Suelos	Promedio en Rocas
Estaño	< 1,00 - 10,0	2,00
Estroncio	50,00 - 1.000,0	-
Flúor	30,00 - 300,0	-
Hierro	1x10 <sup>5</sup> - 2x10 <sup>6</sup>	6x10 <sup>4</sup>
Litio	5,00 - 200,0	-
Mercurio	< 0,01 - 0,5	0,08
Manganeso	100,00 - 4.000,0	950,00
Molibdeno	0,20 - 5,0	1,50
Níquel	5,00 - 500,0	75,00
Oro	-	0,05
Plata	0,01 - 5,0	0,07
Plomo	2,00 - 200,0	13,00
Selenio	0,10 - 2,0	-

Fuente: Bridges, E.M. 1991. *Dealing with Contaminated Soils*. Soils Use and Management.

Berrow, M. y J.C. Burridge. 1977. *Trace Element Levels in Soils: Effects of Sewage Sludge*. En: *Inorganic Pollution and Agriculture*. Reference Book N° 326. Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food, Her Majesty Stationary Office. pp. 159-183.

Davies, B. 1984. *Soil and Plant Analysis for Heavy Metals and the Quality of our Environment*. *European Spectroscopy News*, 54:19-22.

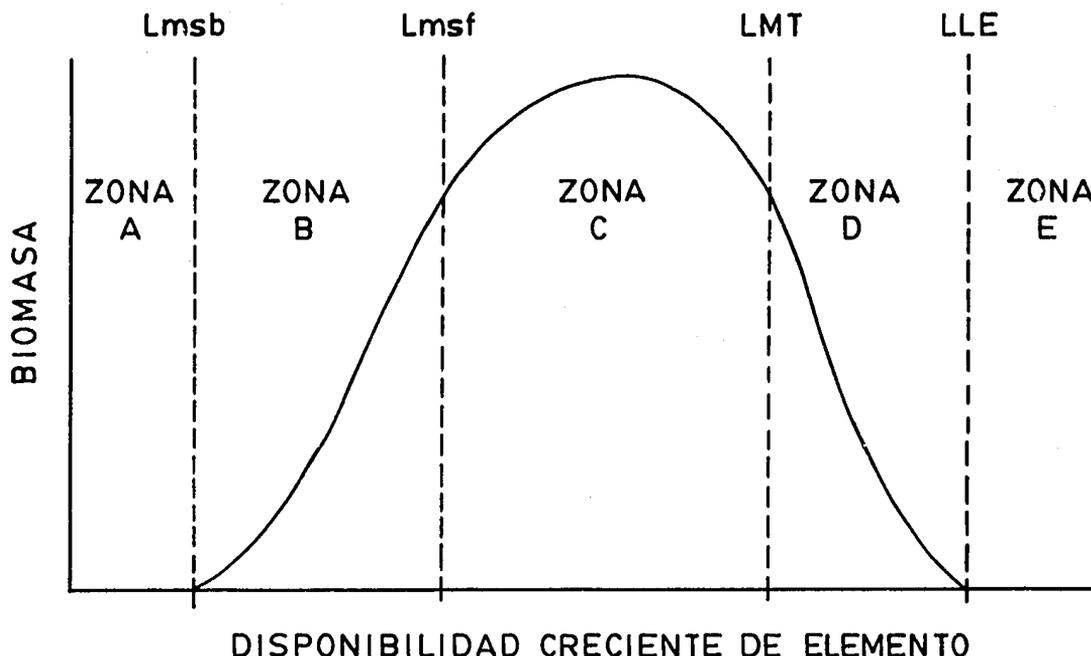
Independiente del término empleado, lo importante es que las descargas mineras aportan al ambiente una carga adicional de elementos persistentes y con alto potencial tóxico, muchos de ellos biomagnificables y con largos tiempos de residencia en los suelos. Para un ambiente dado, el impacto de esta contaminación, medido por la magnitud e irreversibilidad de los daños, extensión de superficie afectada e instantaneidad de emergencia, es función del elemento y del estilo de descarga.

La respuesta de una especie vegetal en un suelo, a la disponibilidad creciente de un elemento esencial, puede describirse por las siguientes cinco zonas indicadas (Figura 11.4):

- A. ausencia de la especie, por disponibilidad del metal bajo el límite crítico de subsistencia (Lcsb);
- B. desarrollo poblacional deficiente (individuos mal desarrollados, densidad poblacional baja o distribución irregular), entre los límites críticos de subsistencia (Lcsb) y de suficiencia (Lcsf);
- C. tolerancia y desarrollo óptimo de la población, entre el límite crítico de suficiencia (Lcsf) y el máximo de tolerancia (LMT);

- D. desarrollo poblacional deficiente (similar a B), entre el límite máximo de tolerancia (LMT) y el límite de letalidad (LLE), y
- E. ausencia de la especie (similar a A.) sobre el límite de letalidad (LLE)\*.

**Figura 11.4**  
**Modelo de Respuesta Vegetal**



Fuente: Baker, A.J.M. y P.L. Walker. 1989. *Physiological Responses of Plants to Heavy Metals and the Quantification of Tolerance and Toxicity*. Chem. Speciation Bioavailability, 1:7-17.

El grupo de límites críticos será específico para cada trío elemento-especie-suelo, reflejando la cuantía en que el elemento es requerido, su potencial tóxico, la sensibilidad de la especie afectada y la capacidad tampón a ese elemento, que posee el suelo donde se produce el contacto elemento-planta.

La evaluación de un proceso de aportes de metales es muy compleja, ya que las respuestas vegetales no siempre son coherentes. Algunas especies son tolerantes selectivas, es decir, tolerantes a unos elementos y sensibles a otros. Otras presentan exclusividad en sus respuestas, siendo siempre tolerantes, semitolerantes o sensibles. La respuesta de una especie

\* Baker, A.J.M. y P.L. Walker. 1989. *Physiological Responses of Plants to Heavy Metals and the Quantification of Tolerance and Toxicity*. Chem. Speciation Bioavailability, 1:7-17.

no debe verse a nivel de individuo sino poblacional, ya que puede existir una amplia variación en la sensibilidad individual al contaminante.

Como ejemplo del potencial tóxico expresado por un elemento frente a una especie, una experiencia nacional de cultivo de alfalfa en diferentes suelos del país dio un LMT de cobre variable desde  $> 1.600 \text{ mg/kg}$  a  $< 100 \text{ mg/kg}$ '. En general, la toxicidad del cobre fue reducida por la concurrencia de al menos una de las siguientes condiciones: una abundante fracción arcilla dominada por minerales, una abundante fracción orgánica y una abundante dotación de calcio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros países'.

En términos generales, la biomagnificación tiene una relación inversa con la esencialidad del elemento. Los elementos no esenciales tienden a ser absorbidos por vía pasiva en función a su disponibilidad en el suelo, mientras los esenciales son absorbidos activamente.

### 3.3. Ciclos Ambientales de los Elementos Traza

A diferencia de las sustancias artificiales, los elementos traza están siempre presentes en la corteza terrestre, por lo que aportes antrópicos se sumarán al contenido basal cambiando el estado de equilibrio original de la unidad receptora, en relación directa a la cuantía de los aportes (ver Figura 11.5)'. En general, el suelo presenta una gran afinidad por estos elementos, por lo que se espera que su ciclo ambiental esté dominado por fases de acumulación y prolongada resistencia, siendo menor su dispersión y remoción.

En relación a la nutrición vegetal, si bien la aparición de daños a largo plazo podría asociarse al contenido total de un elemento en el suelo, en el corto plazo la carga agregada tiende a mantenerse en la forma en que fue emitida (no soluble). Para que esta carga adquiera forma soluble capaz de inducir efectos tóxicos, la masa sólida debe ser procesada por el suelo. Por ello, más que determinar los daños actuales de una contaminación específica, debe poder inferirse los daños de largo plazo, determinando el área total de dispersión probable y el tipo y tiempo de emergencia de daños futuros.

---

' González, S.P. 1991. *Upper Critical Level of Copper to Alfalfa in Ten Chilean Soils*. Water, Air, and Soil Pollution, 57/58:201-208.

\* Huc, N.V., J.A. Silva y R. Arifin. 1988. *Sewage Sludge-Soil Interactions as Measured by Plant and Soil Chemical Composition*. Journal of Environmental Quality, 17(3):384-390.

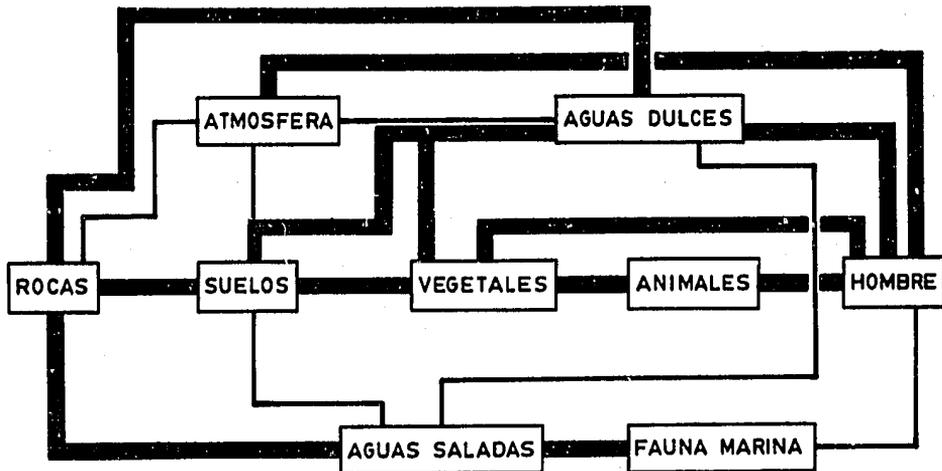
McBride M.B. 1989. *Reactions Controlling Heavy Metal Solubility in Soils*. Advance Soil Science, 10:1-56.

Petrucelli, G., G. Guidi y L. Lubrano. 1978. *Organic Matter as an Influencing Factor on Copper and Cadmium Adsorption by Soils*. Water, Air and Soil Pollution, 9(3):163-169.

Id. a nota 2.

\* Id. a nota 3.

**Figura 11.5**  
**Equilibrio Natural de Elementos Traza en el Ambiente**



Fuente: González, S.P. 1991. *Estrategias para la Evaluación de Impactos de Procesos Contaminantes en la Agricultura. El Conflicto Minería-Agricultura en Chile*. Simiente, 61(1):65-77.

#### 4. Contaminación con Residuos de Plaguicidas

##### 4.1. Generalidades

Chile no escapa a la tendencia mundial, originada en países desarrollados, de considerar a los agroquímicos como insumos de producción que deberían ser excluidos. De las cifras publicadas por la *General Accounting Office* de los Estados Unidos en 1990, se desprende que en gran medida la problemática chilena no es la de Estados Unidos o Japón, aun considerando que nuestra agricultura esté sobre el promedio latinoamericano y posea rubros en los que la aplicación de plaguicidas sea similar a la de Estados Unidos (ver Tabla 11.2). Chile posee una condición de "isla biológica", con barreras naturales para la propagación de plagas sólo franqueables en la medida que se permita, voluntariamente o por negligencia. Esto significa que la producción agrícola nacional tiene una menor incidencia de plagas, y por tanto requiere de menores tasas de aplicación de plaguicidas. Mantener esta ventaja comparativa involucra un uso racional de plaguicidas y la mantención de barreras artificiales que impidan el ingreso de nuevas plagas. Esto resalta la necesidad de proteger esta condición natural de "isla" vía barreras fitosanitarias estrictas.

Continente/País	Consumo al Año (k/ha)
Japón	10,79
Europa	1,87
Estados Unidos	1,49
América Latina	0,22
Oceanía	0,20
Africa	0,13

#### 4.2. Tipos de Plaguicidas Modernos

Los plaguicidas que hoy dominan el mercado son compuestos orgánicos de síntesis artificial, aplicados a los cultivos para impedir la proliferación de parásitos en las plantas. Si bien subsisten plaguicidas de base mineral, su uso está prácticamente discontinuado y no parecen representar un riesgo ambiental masivo. La Tabla 11.3 presenta las generaciones de plaguicidas orgánicos, desde los organoclorados (OC), grupo de sustancias orgánicas unidas a átomos de cloro, a los piretroides sintéticos, primera generación de plaguicidas de base natural, que reproducen un compuesto que otorga resistencia contra insectos a las plantas del género *Chrisantenum*, existente en Kenya.

Plaguicida	Uso Principal	Estructura Química	Toxicidad Especificidad	Persistencia	Acción Biológica
Organoclorados (OC)	Insecticida Acaricida	Cadenas aromáticas y alifáticas con átomos de cloro	Muy tóxicos a tóxicos; No específicos	Prolongada (años)	Afecta el metabolismo del calcio y sistema nervioso central
Organofosforados (OP)	Insecticida; Acaricida; Fungicida	Cadenas orgánicas con base en el ácido fosfórico	Muy tóxicos a tóxicos; No específicos	Prolongada (meses)	Afecta la acción de la acetilcolinesterasa
Carbamatos y ditiocarbamatos	Fungicida; Insecticida	Basado en ácidos carbámico y ditiocarbámico	Tóxicos a moderadamente tóxicos; Especificidad creciente	Moderada (días)	Afecta la acción de la acetilcolinesterasa
Piretroides sintéticos	Insecticida Acaricida	Síntesis artificial de la piretrina	Escasamente tóxicos; Mayor especificidad	Escasa (horas)	No se conoce acción tóxica
Hormonas vegetales	Herbicida; Control de crecimiento	Síntesis artificial de hormonas vegetales	No tóxicos; Específicos	Escasa (horas)	No se conoce su acción tóxica

El mayor riesgo ambiental se asocia a los plaguicidas OC, pues los factores de deterioro, como inespecificidad de acción, fuerte toxicidad para mamíferos superiores y prolongada persistencia ambiental, manifiestan una máxima expresión favoreciendo su acumulación y un máximo potencial de biomagnificación. En general, el riesgo sigue la secuencia organoclorados > organofosforados > carbamatos > piretroides sintéticos.

#### 4.3. Regulaciones al Uso de Plaguicidas

La regulación al uso de plaguicidas en Chile empezó al dictar el Ministerio de Salud una resolución que fijó los niveles residuales máximos de éstos en alimentos de consumo humano<sup>o</sup>. Debido a denuncias de residuos de DDT en leche de vacas, e incluso en leche de mujeres parturientas, el Ministerio de Agricultura dictó una resolución que prohibió su uso en empastadas de la IX Región de la Araucanía y X Región de Los Lagos, y en todo subproducto vegetal susceptible de usarse en alimentación vacuna<sup>a</sup>. Esta resolución fue complementada por otra que prohibió completamente el uso de DDT en la agricultura chilena<sup>a</sup>. Finalmente, una tercera resolución prohibió la importación, fabricación, comercialización y uso en áreas agrícolas de todos los plaguicidas OC<sup>a</sup>.

### 5. Residuos de Plaguicidas Organoclorados en el Horizonte A,

#### 5.1. Ocurrencia, Identidad y Contenidos de Residuos Organoclorados en Suelos

Entre 1982 y 1984 se efectuó una prospección sobre la ocurrencia, identidad y contenido de residuos de plaguicidas OC en el horizonte A, en suelos del Valle Aconcagua, V Región de Valparaíso. Entre 1987 y 1989 la prospección fue ampliada entre la IV Región de Coquimbo y la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo<sup>a</sup>.

##### 5.1.1. Aspectos Generales

El empleo del Horizonte A, como diagnóstico de la residualidad de plaguicidas OC, es un criterio válido si se considera que su ingreso a los suelos ocurre por la superficie, y que son sustancias lipofílicas retenidas preferentemente por la fracción orgánica del suelo.

<sup>a</sup> Ministerio de Salud Pública. 1982. *Resolución N° 1.450 exenta (13/12/82): Fija tolerancias máximas de residuos de pesticidas en los alimentos de consumo interno*. Diario Oficial República de Chile N° 31.456.

<sup>a</sup> Ministerio de Agricultura. 1983. *Resolución N° 4 exenta (18/01/83): Impone restricciones al uso de plaguicidas DDT, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Clordano y Heptacloro*. Diario Oficial República de Chile N° 31.469.

<sup>a</sup> Ministerio de Agricultura. 1984. *Resolución N° 639 (07/05/84): Prohíbe la importación, fabricación y uso del plaguicida DDT*.

<sup>a</sup> Ministerio de Agricultura. 1987. *Resolución N° 2.142 exenta (19/10/87): Prohíbe la importación, fabricación, venta, distribución y uso de Deldrín, Endrín, Heptacloro y Clordano*. Diario Oficial República de Chile N° 32.902.

<sup>a</sup> INIA. 1986. *Proyecto FIA 72/80 Contaminación en el Valle Aconcagua, V Región, Informe Final*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago. 125 pp.

Los resultados se presentan en las Figuras 11.6 y 11.7. En general, el porcentaje de ocurrencia regional de residuos OC disminuye consistentemente hacia el sur, con valores extremos de 88% (V Región de Valparaíso) y 27% (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo). Paralelamente, se detectó una gama de residuos variables de acuerdo a la ocurrencia. Así, la mayor cantidad de residuos (5) se identificó en la V Región de Valparaíso, mientras que la menor (1) correspondió a la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.

Figura 11.6  
Porcentaje de Muestras por Región, según Número de Residuos

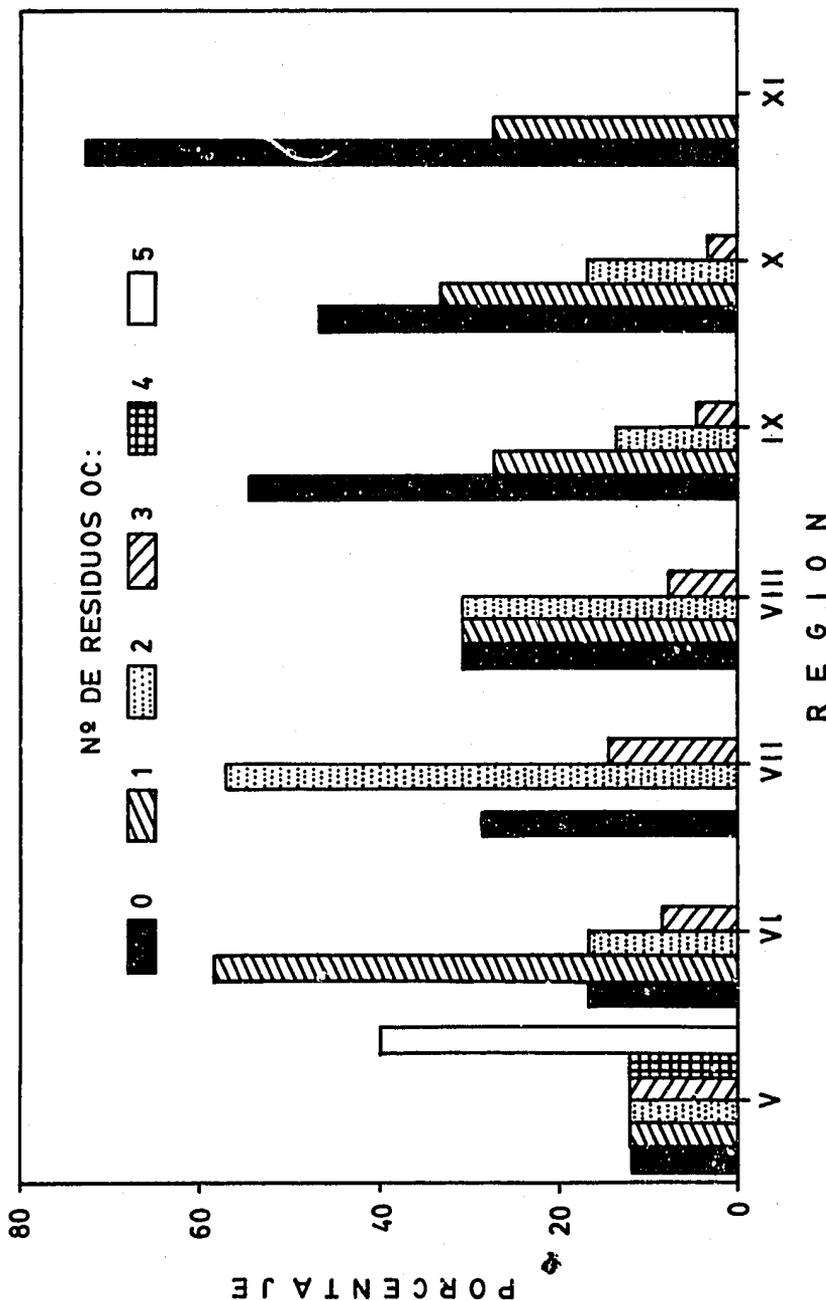
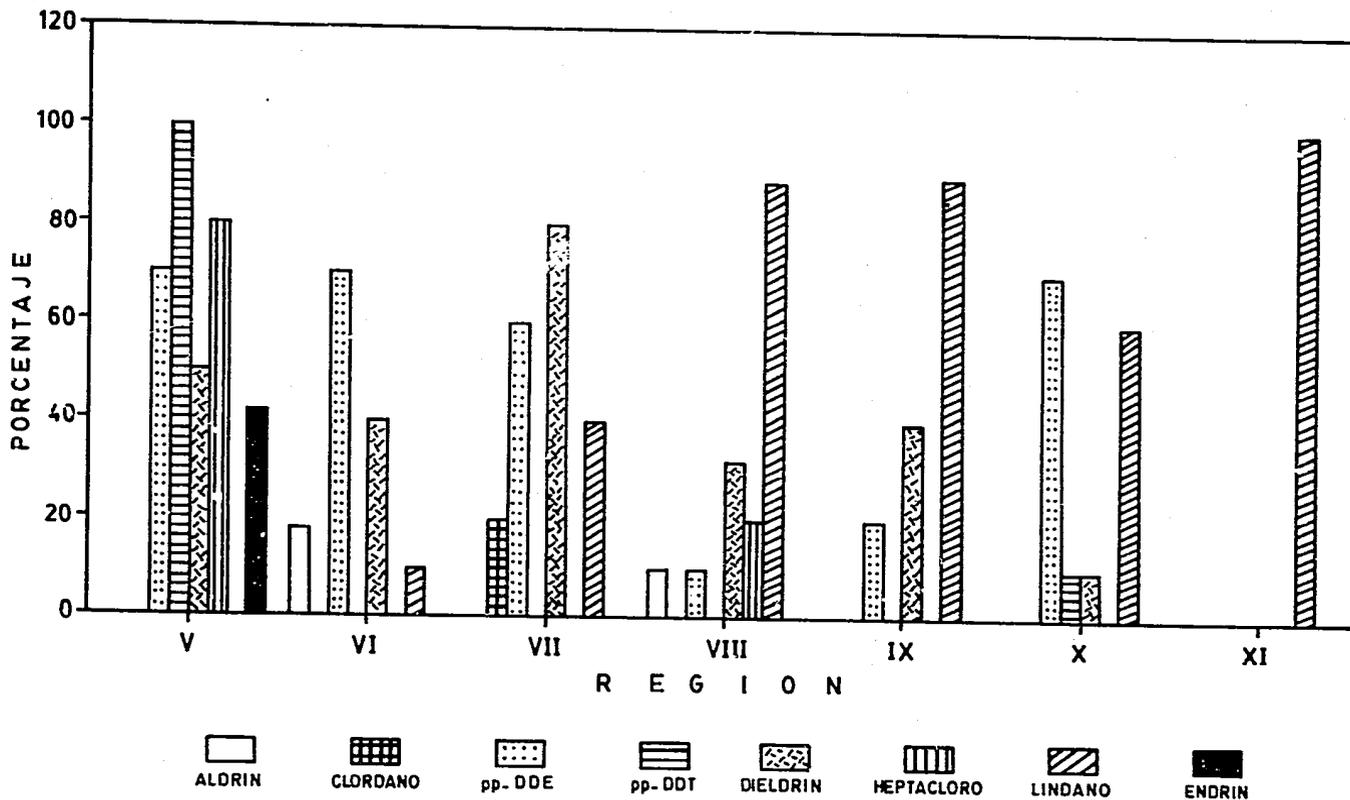


Figura 11.7  
 Identidad y Ocurrencia de Residuos Organoclorados en Suelos entre la V Región de Valparaíso y la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo



La Tabla 11.4 presenta los rangos de contenidos de residuos OC. Los mayores valores, porcentajes de ocurrencia y gama de residuos se dieron en la V Región de Valparaíso, siendo escasos en las restantes regiones. Esta diferencia tendría relación con las distinta época en que fueron tomadas las muestras. En esta región ocurrió entre 1982 y 1984, antes que se decretara su prohibición, en tanto que entre la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo fue entre 1988 y 1989, 3 a 4 años después de su prohibición. Antecedentes propios indican que la presencia de residuos OC inició un descenso, tanto en frecuencia como en contenido, desde que se dictó su prohibición total en 1985<sup>15</sup>.

Tabla 11.4							
Rangos de Contenido ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) de Residuos de Plaguicidas Organoclorados en Suelos							
Residuo	Regiones						
	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Aldrín	ND	0,5	ND	0,5	ND	ND	ND
Clordano	ND	ND	0,5	ND	ND	ND	ND
pp-DDE	3,0 - 105,0	0,5 - 6	0,5 - 2,4	0,5	0,5 - 2,0	0,5 - 15	ND
pp-DDT	4,0 - 105,0	ND	ND	ND	ND	4,0	ND
Dieldrín	3,0 - 247,0	0,5 - 50,0	0,5 - 11,0	0,5 - 4,4	0,5 - 4,0	16,0	ND
Endrín	3,0 - 32,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heptacloro	3,0 - 5,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hep.-Epóxido	ND	ND	ND	0,5 - 3,2	ND	ND	ND
Lindano	ND	0,5	0,5	0,5 - 6,3	0,5 - 6,0	0,5 - 3,2	0,5 - 2,0

Nota: Límite de detección: 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$   
ND: contenido no detectado

### 5.1.2. V Región de Valparaíso

El estudio prospectivo del Valle Aconcagua y sector costero de Puchuncaví mostró un 88% de ocurrencia de residuos OC, siendo el más alto del país<sup>16</sup>. Todas las muestras positivas provinieron del Valle Aconcagua, por lo que en él la ocurrencia es 100%, lo que sumado a la mayor gama de residuos (5) refleja la intensidad de su agricultura. Entre las muestras positivas, el 40% contuvo cinco de los residuos identificados, el 54% contuvo más de tres y el 69% más de dos. En orden decreciente de importancia, los residuos fueron: pp-DDT en el 100% de las muestras (asociado a pp-DDE en cerca del 90%) y Dieldrín y Endrín en 40 al 50% de los casos. Esta es la única región donde fue detectado Endrín. La presencia de pp-DDE, metabolito producido en los suelos por degradación microbiana, acusa la aplicación de DDT en el pasado. Sin embargo, la ubicuidad del DDT en los suelos del Aconcagua revela su uso masivo al momento del estudio.

<sup>15</sup> INIA. 1990. *Proyecto FIA 1/86 Fuentes de Contaminación en Sectores Agrícolas, Regiones IV a XI, Informe Final*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago. 362 pp.

<sup>16</sup> Id. a nota 14.

Llama la atención la ausencia de Lindano, con mayor presencia en las demás regiones y especialmente en aquellas dedicadas a la producción ganadera. Dado que este producto continúa siendo de uso permitido en sanidad animal, su ausencia en el Valle Aconcagua refleja la inexistencia de ganadería.

### 5.1.3. VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins

La ocurrencia de residuos OC en los suelos de los valles Cachapoal y Tinguiririca fue de 84%, estando el 70% de las muestras contaminadas con un solo residuo (casi siempre pp-DDE), el 20% con dos residuos, y cerca del 10% con tres. Se identificó cuatro compuestos, siendo el pp-DDE el de mayor frecuencia de ocurrencia (70% en muestras positivas). También se detectó Dieldrín (40%), Aldrín (20%) y Lindano (10%), el que inicia su curva ascendente hacia el sur reflejando la importancia creciente de la ganadería. La presencia de pp-DDE y la ausencia de DDT indican claramente una contaminación relicta sin aportes frescos de DDT, lo que pondría de manifiesto el acatamiento de las disposiciones legales que prohíben su uso (y de todos los OC) en la agricultura.

### 5.1.4. VII Región del Maule

En los suelos aluviales de los valles Teno, Lontué y Maule, la ocurrencia de OC alcanzó un 71%, estando el 80% de las muestras contaminadas con dos residuos, normalmente Dieldrín y pp-DDE. El restante 20% contuvo tres residuos, no habiéndose detectado casos con uno o más de tres residuos. Se identificó residuos de cuatro compuestos, siendo el Dieldrín el de mayor ocurrencia (casi 80%). Paralelamente se detectó pp-DDE (60%), Lindano (40%) y Clordano (20%), este último encontrado sólo en esta región. La inexistencia de DDT y presencia de pp-DDE indican una contaminación residual.

### 5.1.5. VIII Región del Biobío

Las llanuras de los ríos Laja y Biobío presentaron una ocurrencia de residuos OC cercana al 70%, manteniendo la tendencia decreciente hacia el sur del país. La casi totalidad de las muestras contaminadas presentaron uno o dos residuos distintos, correspondiendo casi siempre a Lindano, solo o asociado a otro compuesto. Una proporción menor de las muestras contuvo tres residuos. La región presentó una gama de cinco compuestos OC, aunque en contenidos substancialmente inferiores a los de la V Región de Valparaíso. El compuesto dominante fue Lindano (90% de las muestras), y en orden decreciente de importancia, Dieldrín, Heptacloro-epóxido, Aldrín y pp-DDE. La no detección de DDT permite asumir que la presencia de OC responde a una contaminación relicta, producto de la baja tasa de degradación de los residuos generados por aplicaciones pasadas.

### 5.1.6. IX Región de la Araucanía

En esta región la ocurrencia de residuos OC sufre una fuerte caída, más de la esperada por la tendencia global. Esto puede explicarse por la existencia de numerosas reducciones indígenas cuyos suelos no contienen residuos. Si no se consideran estos predios, la ocurrencia alcanza un valor similar al de la X Región de Los Lagos. Más de la mitad de las muestras positivas contuvo un compuesto (Lindano o Dieldrín), un tercio contuvo dos, y sólo una pequeña proporción contuvo tres residuos. Aparte de Lindano, presente en casi

todas las muestras, y Dieldrín, con 40% de ocurrencia, se identificó pp-DDE en no más del 20% de las muestras, y los resultados reflejarían un buen acatamiento de las disposiciones que prohíben su uso.

#### **5.1.7. X Región de Los Lagos**

En esta región, a diferencia de la IX Región de la Araucanía, la ocurrencia de residuos OC se enmarca en la tendencia nacional con un valor que bordea el 55%. La frecuencia de residuos por muestra es similar en ambas regiones. De cuatro residuos indentificados, el de mayor frecuencia (casi 80%) fue pp-DDE, seguido por Lindano (60%). Dieldrín y DDT tuvieron una mínima presencia. Se presume que la contaminación es relicta; sin embargo la detección de pp-DDT indican casos puntuales de aplicación al tiempo del estudio, en contravención a las disposiciones legales.

#### **5.1.8. XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo**

Esta región, en particular los sectores agrícolas intensivos en áreas aledañas a Coihaique, Puerto Aisén, Ñireguao, Balmaceda y vecindades del Lago General Carrera, presentó la menor ocurrencia de compuestos OC a nivel nacional, con un 27%. Se detectó un solo compuesto (Lindano), indicando que los plaguicidas OC no alcanzaron a ser masivamente usados en esta región, y por el contrario, ello se debería al uso de Lindano en sanidad animal.

### **5.2. Conclusiones**

Es indudable que la dictación de una serie de disposiciones legales por el Ministerio de Agricultura, prohibiendo el uso de plaguicidas OC en áreas agrícolas, se tradujo en una reducción significativa de los residuos acumulados en los suelos, hasta alcanzar niveles de poca trascendencia. Sin embargo, la labor de prospección de residuos en recursos del ambiente está recién empezando. Un campo de gran importancia a explorar es la posible contaminación de recursos ambientales por la amplia gama de agroquímicos actualmente en uso, de los que no se conoce su reciclaje ambiental. A modo de ejemplo, la introducción de cero labranza, práctica de resultados halagüeños en el establecimiento de cultivos sin riesgo de erosión, está condicionada al uso de grandes volúmenes de herbicidas, muchos de ellos con alta toxicidad. Igualmente, los huertos frutales en la zona central basan parte de su éxito productivo en el uso de herbicidas invernales de prolongada persistencia.

Es necesario determinar la degradación/extinción, retención en suelos, preservación por absorción y capacidad de biomagnificación de estos residuos, a fin de evaluar su conducta ambiental, conocimiento básico para la toma de decisiones tendientes a prevenir la ocurrencia de problemas.

## 6. Contenido de Cobre y Otros Elementos en el Suelo

### 6.1. Contenido en Elementos Traza en el Horizonte $A_p$

Entre 1981 y 1990 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias estudió el contenido en suelos de algunos elementos metálicos, especialmente cobre, cuya presencia en descargas mineras había sido detectada desde el valle del Río Huasco (III Región de Atacama) hasta las vecindades del Lago General Carrera (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo). El objetivo fue determinar los contenidos para la producción agrícola. La contaminación de suelos se inicia por su horizonte superficial  $A_p$ , el cual fue escogido para muestreo. También se estimó el nivel de disponibilidad de cobre para los vegetales (extraído con EDTA), además de su contenido total, determinado también para todos los elementos incluidos.

### 6.2. Aspectos Generales

Los resultados de contenidos totales de los distintos elementos metálicos se presentan en las Figuras 11.8 a 11.12. En áreas no contaminadas, los parámetros calculados permiten estimar en términos preliminares la riqueza nativa de los suelos, en tanto que en las contaminadas, la riqueza basal se refleja por los valores mínimos, siendo los máximos una aproximación de la acumulación alcanzada, y los valores promedios una estimación de la extensión superficial del proceso.

En relación al cobre total, se detectó que los suelos de los valles Huasco, Elqui, Limarí, Maipo y Tinguiririca, y de la VIII Región del Biobío, IX Región de la Araucanía y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, aparentan una situación normal, con un valor promedio equidistante de los extremos; en esas áreas se estima que lo medido debe corresponder a lo nativo.

Una situación anormal se da en las áreas con gran actividad de la mediana y gran minería del cobre, como los valles Aconcagua, Mapocho, Cachapoal, y en el sector de Puchuncaví, ya que si bien los mínimos no difieren de los de otras unidades el rango de variación es muy amplio. A juzgar por la posición relativa del promedio, la cobertura geográfica de los suelos cúpricos estaría restringida a sectores vecinos a los centros mineros. Una excepción sería el Valle del Cachapoal, por su promedio de cobre total equidistante de los extremos.

Figura 11.8  
Perfil de Cobre Total en Suelos

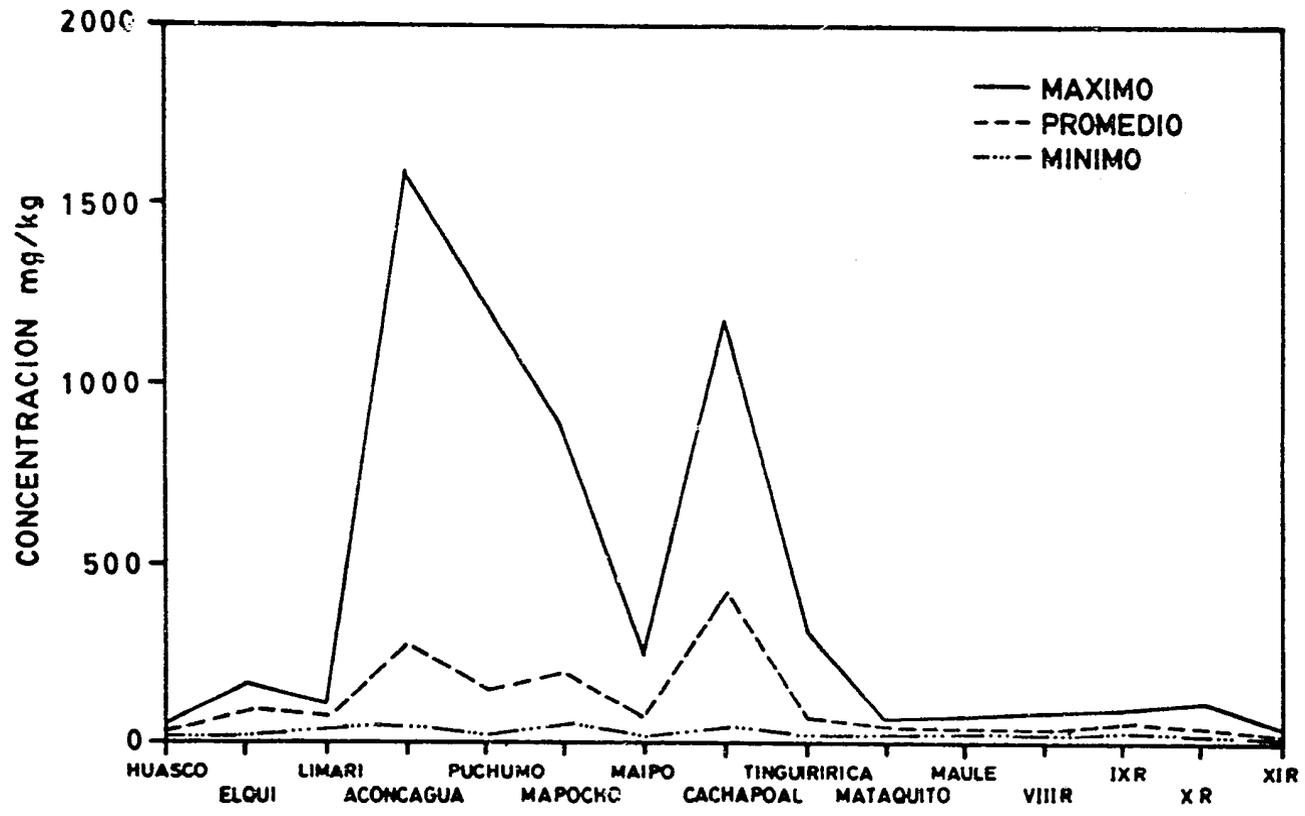


Figura 11.9  
Perfil de Cinc Total en Suelos

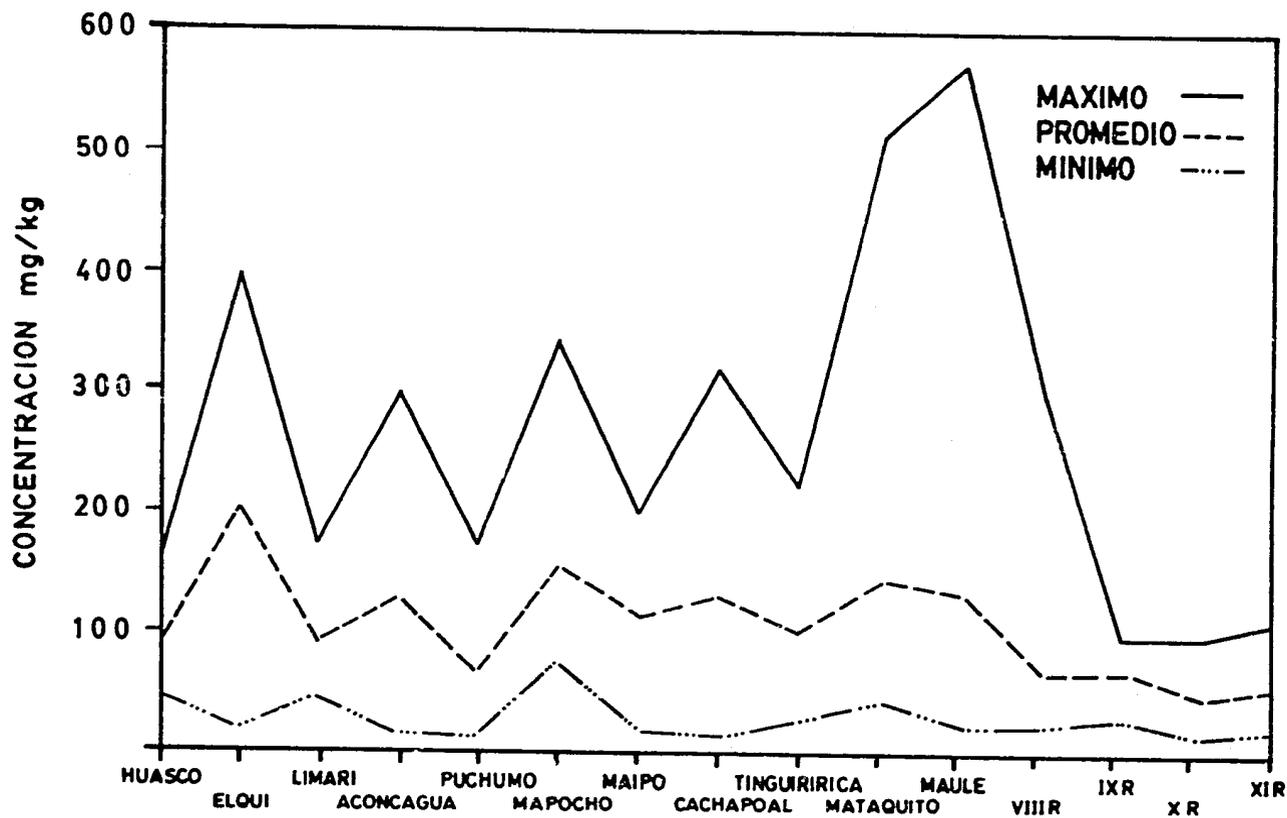


Figura 11.10  
Perfil de Plomo Total en Suelos

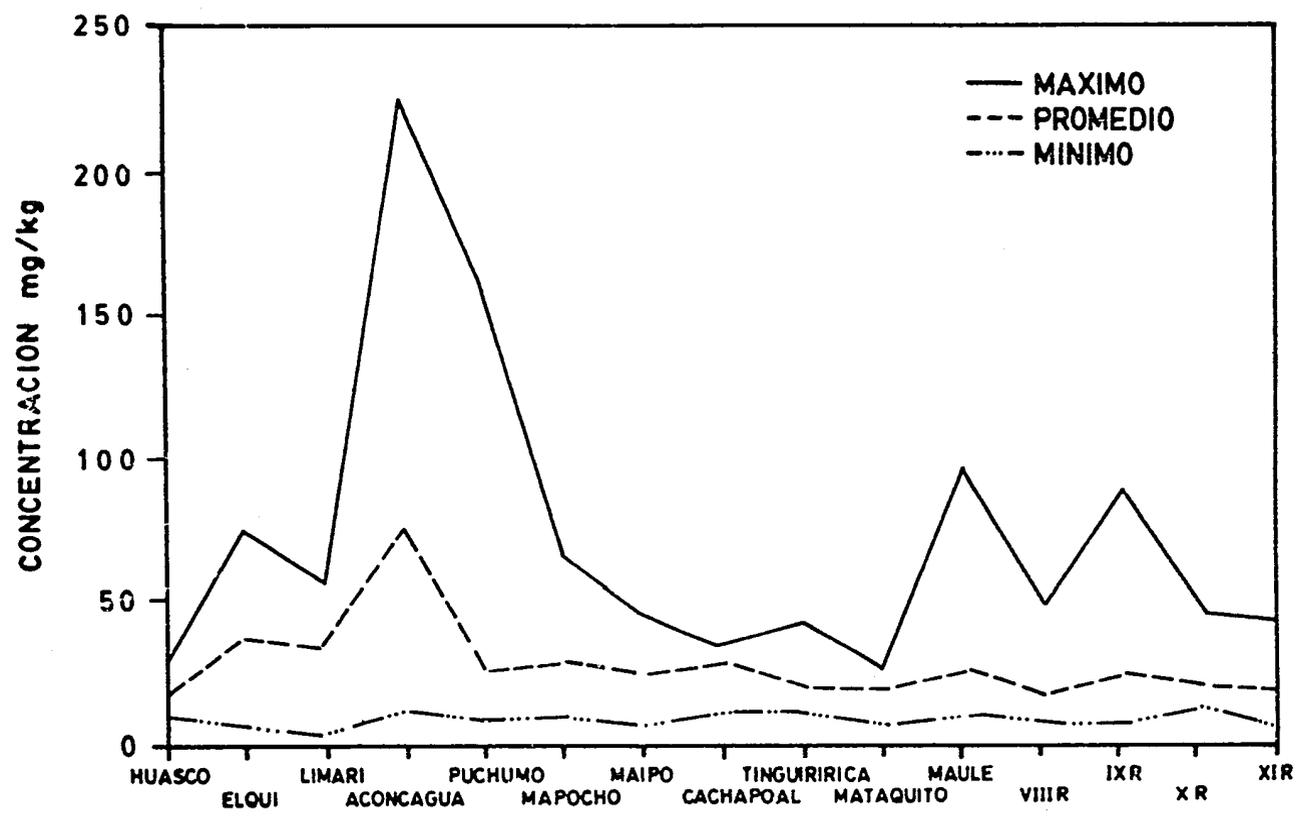


Figura 11.11  
Perfil de Manganeso Total en Suelos

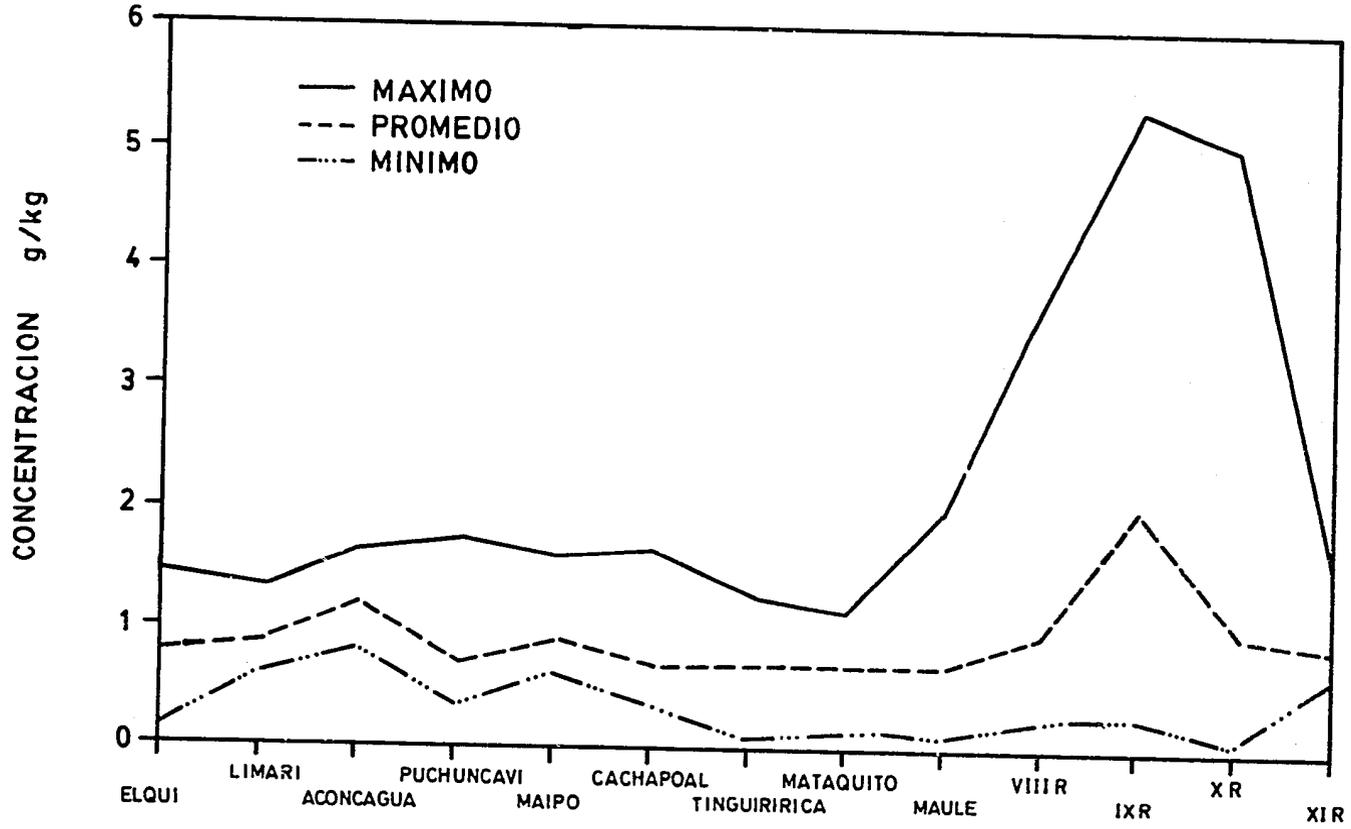
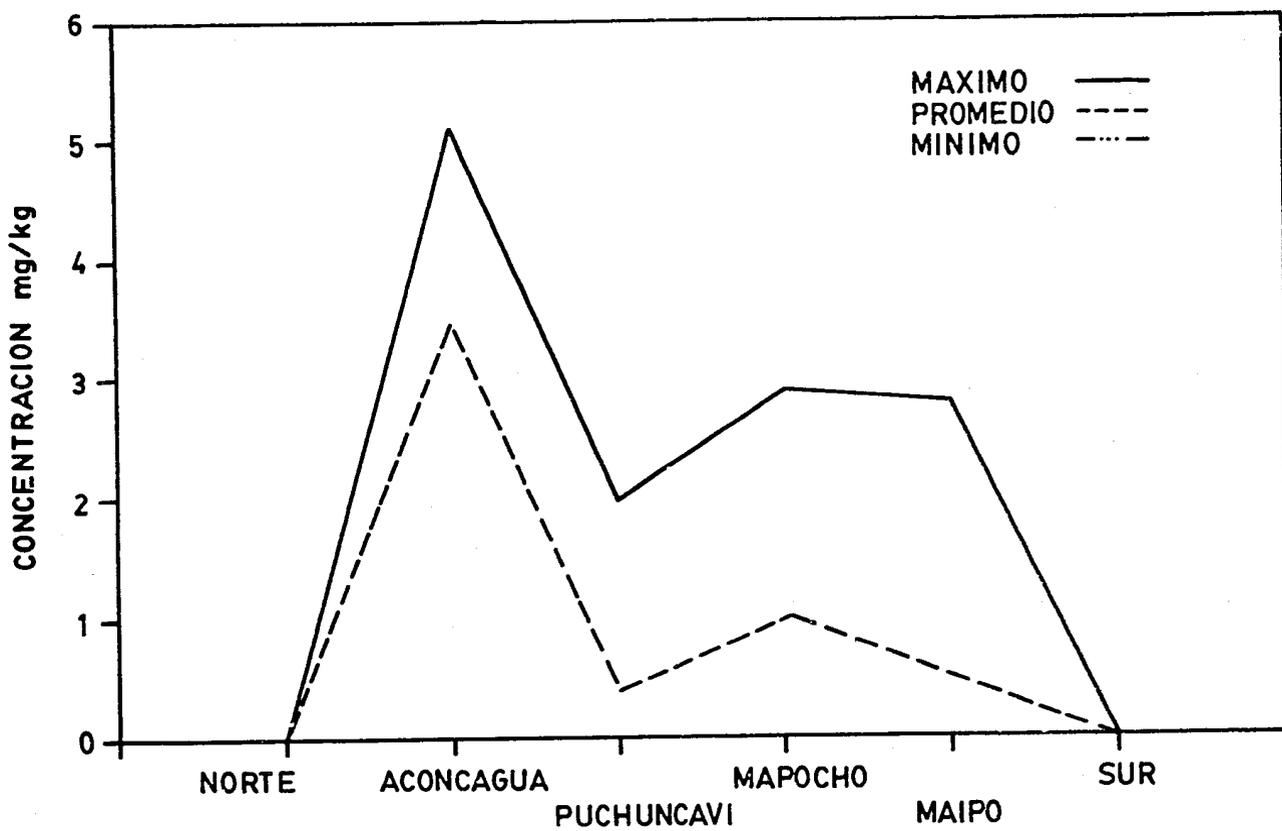


Figura 11.12  
Perfil de Cadmio Total en Suelos



Lo anterior también concuerda con los antecedentes de la literatura<sup>1</sup>. Aceptando amplias variaciones del contenido de cobre en suelos, podría concebirse a priori un límite de 100 mg/kg para el primer llamado de atención sobre una probable existencia de suelos contaminados. No obstante, la certificación de la ocurrencia de un proceso contaminante estará en el conocimiento del contenido de cobre nativo para el área en cuestión, pudiendo éste diferir grandemente.

Los promedios por unidad de la proporción de cobre-EDTA, con respecto a cobre Total, fluctúan entre 23 (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo) y 59% (Valle Aconcagua), con un promedio nacional cercano al 40% (ver Figura 11.13). Es motivo de inquietud que las máximas proporciones de cobre-EDTA se den en las áreas con máximos contenidos de cobre, como Aconcagua, Mapocho, Cachapoal y Puchuncaví, así como que las mínimas se den en las áreas más pobres en cobre. En el primer caso, es posible que haya suelos con contenidos cúpricos tóxicos para los vegetales en Aconcagua, Mapocho, Cachapoal y Puchuncaví. Según MacNicol y Beckett<sup>2</sup>, MISR-SAC<sup>3</sup>, Kabata-Pendias y Pendias<sup>4</sup>, González<sup>5</sup>, González y Bergqvist<sup>6</sup> e INIA<sup>7</sup>, los efectos tóxicos podrían iniciarse desde 50 mg/kg de cobre-EDTA, dependiendo de la especie y el suelo. En el segundo caso pueden haber suelos deficitarios en cobre en el sur y áreas costeras. De acuerdo a antecedentes de Escocia, país con suelo deficitario en cobre, el límite mínimo de suficiencia (Lmsf) fluctuaría alrededor de los 10 mg/kg de cobre-EDTA<sup>8</sup>.

---

<sup>1</sup> Kabata-Pendias, A. y H. Pendias. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Ratón, Florida. 315pp.

Lepp, N.W. 1981. *Copper*. En: Lepp, N. W. (ed.). *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants*. Vol. 1: Effects of Trace Metals on Plant Function. Pollution Monitoring Series ASP, New York. 312 pp.

MacLaren, R.G. y D.V. Crawford. 1973. *Studies on Soil. I: The Fractionation of Copper in Soils*. Journal of Soil Science, 24:172-181.

Mengel, K. y E.A. Kirby. 1987. *Principles of Plants Nutrition*. Cuarta Edición. International Potash Institute, Berna. 687 pp.

<sup>2</sup> MacNicol, D. y P.H.T. Beckett. 1985. *Critical Tissue Concentration of Potentially Toxic Elements*. Plant and Soil, 85:107-129.

<sup>3</sup> MISR-SAC. 1985. *Advisory Soil Analysis and Interpretation*. Macaulay Institute for Soil Research-Scottish Agricultural Colleges, Aberdeen. Bulletin N° 1. 13 pp.

<sup>4</sup> Kabata-Pendias, A. y H. Pendias. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Boca Ratón, Florida. 315pp.

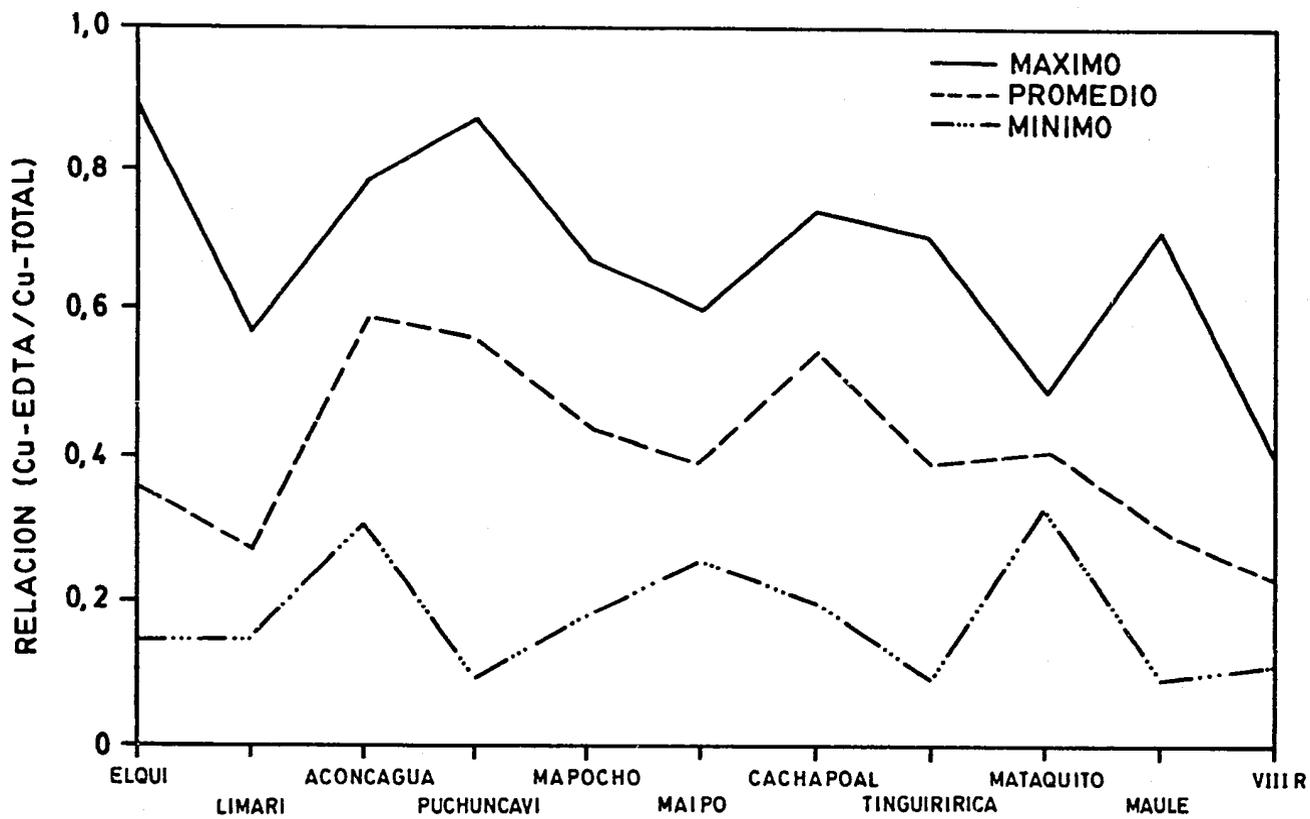
<sup>5</sup> Id. a nota 7.

<sup>6</sup> González, S.P. y E. Bergqvist. 1985. *Suelos Contaminados con Metales Pesados. Efectos sobre el Desarrollo Vegetal*. IV Simposio sobre Contaminación Ambiental, INIA-SEREMI Agricultura R.M. y Intendencia R. M., Santiago. Tomo I:24-26.

<sup>7</sup> Id. a nota 14.

<sup>8</sup> Berrow, M.L. y G.A. Reaves. 1985. *Extractable Copper Concentration in Scottish Soils*. Journal of Soil Science, 36:31-43.

Figura 11.13  
Proporción de Cobre-EDTA respecto del Cobre Total



El perfil del cinc total es muy diferente al del cobre, ya que es muy variable tanto entre áreas como dentro de ellas. Las áreas con máximos contenidos de cinc no son las que poseen los máximos de cobre. En todo caso, la coincidencia de bajos contenidos de cinc y cobre en ciertas áreas (IX Región de la Araucanía, X Región de Los Lagos y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo), y también de altos contenidos en otras (Valle de Aconcagua), sugieren una asociación al menos parcial entre ellos. No se detectó anomalías en los contenidos de cinc, suponiéndose que deberían representar la riqueza geoquímica natural de cada cuenca porque en general se enmarcan en valores considerados naturales<sup>24</sup>.

En relación al plomo, resalta la coincidencia de sus máximos promedios y máximo absoluto con los de cobre en una misma unidad agroecológica: el Valle Aconcagua. Esta coincidencia, sumada al hecho que ambos metales exceden lo que puede estimarse como nativo en suelos, podría evidenciar una asociación entre ellos a nivel de proceso contaminante<sup>25</sup>.

Por otra parte, el perfil de manganeso diferencia a dos zonas: una desde la III Región de Atacama a VIII Región del Biobío, con contenidos promedio entre 700 y 1.100 mg/kg y rangos comparables de variación, y otra desde la IX Región de la Araucanía a XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, con una mayor riqueza evidenciada por altos máximos regionales. En la IX Región de la Araucanía el promedio se eleva sobre los 2.000 mg/kg, y es posible que los altos valores puntuales tengan relación con las cenizas eruptadas recientemente por el Volcán Lonquimay.

El perfil de cadmio no se compara al de los restantes elementos, quizá por estar en cantidades muy bajas en la corteza terrestre (< 1 mg/kg), lo que dificulta su estudio masivo<sup>26</sup>. Se detectó una asociación con cobre a nivel de emisiones de centros mineros en la V Región de Valparaíso, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Región Metropolitana de Santiago. En la V Región de Valparaíso la presencia de cadmio fue detectada sólo en las vecindades de las fundiciones de cobre<sup>27</sup>. La presencia de cadmio

---

<sup>24</sup> Mengel, K. y E. A. Kirby. 1987. *Principles of Plants Nutrition*. Cuarta edición. International Potash Institute, Berna. 687 pp.

Id. a nota 20.

<sup>25</sup> Davics, B. 1984. *Soil and Plant Analysis for Heavy Metals and the Quality of Our Environment*. European Spectroscopy News, 54:19-22.

Mengel, K. y E.A. Kirby. 1987. *Principles of Plants Nutrition*. Cuarta edición. International Potash Institute, Berna. 687 pp.

<sup>26</sup> Id. a nota 20.

<sup>27</sup> González, S.P., E. Bergqvist y R. Ite. 1984. *Contaminación con Metales Pesados del Area Vecina a una Fundición de Cobre, Catemu, V Región*. Agric. Técnica (Chile), 44:63-68

González, S.P., E. Bergqvist y R. Ite. 1985. *Evidencias de Contaminación con Metales Pesados en Catemu, V Región*. En: IV Simposio sobre Contaminación Ambiental INIA-SEREMI Agricultura R.M.-Intendencia R.M., Santiago. Tomo I:27-30.

González, S.P. y E. Bergqvist. 1986. *Evidencias de Contaminación con Metales Pesados en un Sector del Secano Costero de la V Región*. Agric. Técnica (Chile), 46(3):299-307

sugiere un extraordinario impacto ambiental (incluyendo la salud humana) por ser muy tóxico para los seres vivos, con inducción de daños en vegetales a partir de 1 mg/kg de cadmio disponible<sup>29</sup>, y por ser capaz de biomagnificarse, como ha ocurrido en países como Japón<sup>30</sup>.

### 6.3. III Región de Atacama

El valle del Río Huasco, en su trama entre Freirina y Huasco, ha llegado a ser conocido en el país gracias a las denuncias de daños por la nube de material particulado emitido por una planta de pellets de hierro<sup>31</sup>. Puesto que se trata de partículas con alto contenido de hierro, es difícil que su ingreso en los suelos repercuta significativamente, ya que sus contenidos totales (entre 1,1 y 2,5%) caen dentro de los rangos comunes<sup>32</sup>.

Por pertenecer a una cuenca pobre en cobre, estos suelos tienen contenidos totales relativamente bajos (13 a 53 mg/kg), similares a los de regiones sureñas reconocidamente pobres en metales.

Ya que el contenido de plomo y cinc en los particulados es muy bajo, sus contenidos totales (44 a 140 y 10 a 25 mg/kg respectivamente) en suelos parecen ser los nativos.

### 6.4. IV Región de Coquimbo

Como es sabido, la IV Región de Coquimbo tiene escasa riqueza cúprica, localizada en la alta cuenca del Río Turbio, afluente del Elqui. En esa zona funciona el único centro minero importante de la región, y no sorprende que los suelos de los valles Elqui y Limarí presenten contenidos cúpricos moderados, aunque superiores al del Valle Huasco. Tampoco extraña que el promedio y valor máximo de cobre sean mayores en el Elqui (87 y 160 mg/kg respectivamente) que en el Limarí (65 y 120 mg/kg). Siempre se ha temido que el centro minero aludido sea una fuente contaminante hídrica, de alto impacto negativo en el riego del valle del Elqui. Los antecedentes disponibles indican que sus descargas parecen alterar fuertemente la calidad del agua del río receptor primario, pero la dilución posterior del acuífero es eficiente, y el Río Elqui nace con agua con aptitud de riego no restringida.

Ante la ausencia de otros centros mineros en ambos valles, se supone que los contenidos determinados reflejan la riqueza natural metálica de sus suelos. El mayor rango de variación en los suelos del Elqui evidencia una distribución más heterogénea del cobre, producto quizás de un relleno sedimentario con materiales líticos muy diferentes en su riqueza cúprica, lo que no habría ocurrido en el Valle del Limarí. Respecto a la fitodisponibilidad del cobre, se concluye necesariamente que los suelos de ambos valles

---

<sup>29</sup> Id. a nota 20.

<sup>30</sup> Purves, D. 1975. *Trace-Element Contamination of the Environment*. Fundamental Aspects of Pollution Control and Environmental Science 1. Elsevier, New York. 260 pp.

<sup>31</sup> Id. a nota 15.

<sup>32</sup> Mengel, K. y E.A. Kirby. 1987. *Principles of Plants Nutrition*. Cuarta Edición. International Potash Institute, Berna. 687 pp.

pueden satisfacer adecuadamente las necesidades de cobre de los cultivos, sin generar toxicidad. A nivel de composición de materiales parentales, podría existir alguna relación basal entre cobre, cinc y plomo, puesto que también sus promedios y rangos de variación son mayores en Elqui, en tanto que los valores mínimos se detectan en Limarí. Pese a haber valores puntuales elevados de cinc y plomo en el Valle del Elqui, no fue posible encontrar alguna causa antrópica.

### 6.5. V Región de Valparaíso

En esta región se estudió el valle del Río Aconcagua y parte del secano costero en la Provincia de Valparaíso, comunas de Puchuncaví y Quintero, conocidas simplemente como Puchuncaví. Al inicio del estudio existía una gran inquietud entre los agricultores por una supuesta contaminación del Río Aconcagua, fuente de riego para el valle y parte de la Provincia de Chacabuco (Región Metropolitana de Santiago), con relaves descargados al Río Blanco desde un centro minero en Saladillo, además de las emisiones fumígenas de una fundición de cobre en Chagres. El sector de Puchuncaví fue incluido por recibir desde principios de la década del sesenta emisiones fumígenas de una fundición de cobre y una planta generadora de electricidad en Ventanas.

Lo más relevante en esta región es su fuerte cupricidad, evidenciada por altos valores promedio y sus máximos absolutos: 275 y 1.601 mg/kg y 145 y 1.214 mg/kg, para Aconcagua y Puchuncaví, respectivamente. Esto permite definir una primera asociación con la minería. El que los mínimos alcancen valores considerados naturales, 42 y 15 mg/kg para Aconcagua y Puchuncaví, y que los promedios están desplazados hacia ellos, estaría indicando que los suelos cúpricos no son de ocurrencia generalizada.

Si el Valle Aconcagua se divide en áreas bajo influencia de la fundición (Catemu), otra por relaves por derrumbe de tranque en 1965 (Nogales), y área "no contaminada" del valle, se evidencia que los parámetros de cobre total en esta última son similares a los del Elqui, con rango de variación (42-82 mg/kg) y promedio dentro de niveles "normales" (ver Figura 11.14). Cabe señalar que, a partir de 1981, se ha dado solución al problema de bajada de relaves en el Río Aconcagua.

La alta cupricidad de los suelos de Catemu, producto de las emisiones de la fundición, pareciera estar asociada también a plomo y cadmio, que muestran notorios enriquecimientos en este sector<sup>33</sup>. Paralelamente, el contenido de cinc fue menor que en el resto del valle, lo que indica su no asociación con los otros metales. En el área de Puchuncaví también se detectó una importante acumulación metálica en suelos vecinos a la zona industrial de Ventanas, que disminuye al alejarse de ésta<sup>34</sup>. El sector más alejado muestra valores totales de cobre, plomo, cinc y cadmio propios de zonas hipometálicas, contrastando con la riqueza en metales de la zona vecina a las industrias producto de sus emisiones (ver Figura 11.15).

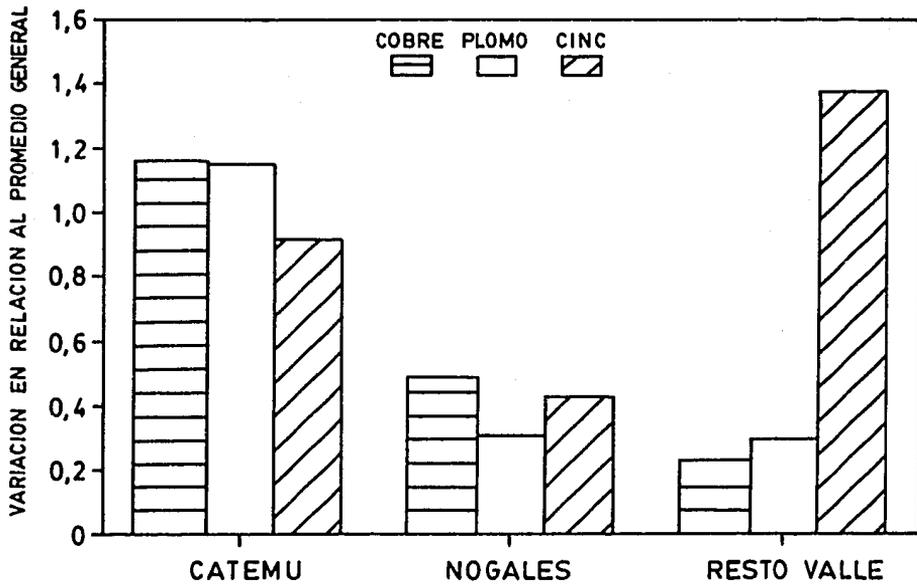
---

<sup>33</sup> González, S.P., E. Bergqvist y R. Ite. 1984. *Contaminación con Metales Pesados del Area Vecina a una Fundición de Cobre, Catemu, V Región*. Agric. Técnica (Chile), 44:63-68

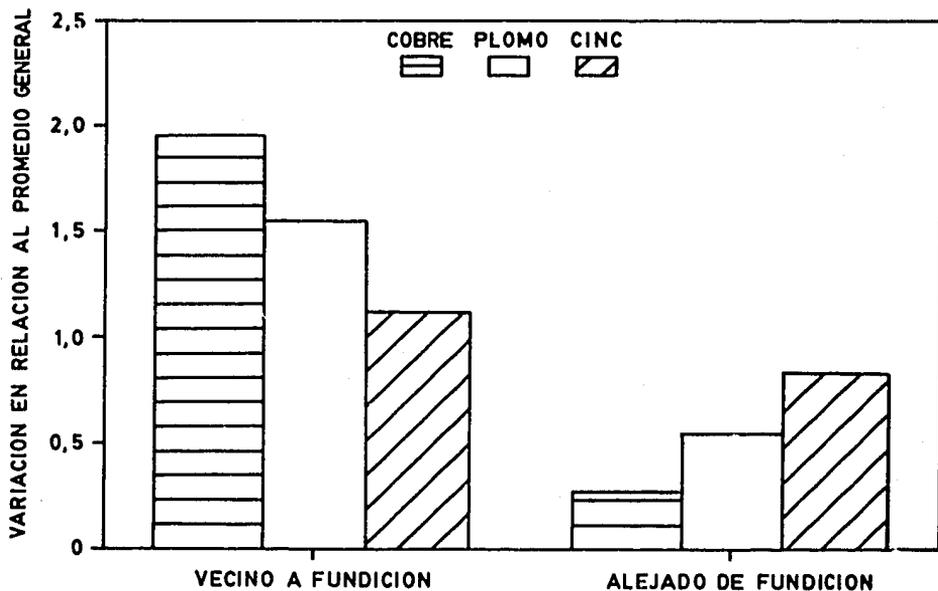
Id. a nota 22.

<sup>34</sup> González, S.P. y E. Bergqvist. 1986. *Evidencias de Contaminación con Metales en un Sector del Secano Costero de la V Región*. Agric. Técnica (Chile), 46:299-307.

**Figura 11.14**  
**Variación del Contenido Metálico (R) según Sectores del Valle Aconcagua, V Región de Valparaíso**



**Figura 11.15**  
**Variación del Contenido Metálico (R) según Sectores del Area de Puchuncaví, V Región de Valparaíso**



La participación de varios metales en la contaminación ya había sido comprobada por Parada *et al.*<sup>29</sup> al estudiar las anomalías presentadas por un rebaño vacuno en el sector de Valle Alegre. En todo caso, no puede descartarse la posible influencia de una refinería de petróleo en Concón sobre parte de los contenidos de plomo en los suelos de la zona.

De acuerdo a la Figura 11.13, la fracción de cobre-EDTA en la región es claramente mayor que en las otras unidades, con un promedio entre 55 y 60% del total y máximos sobre 80%. Consecuentemente, el umbral crítico supuesto de toxicidad de cobre es claramente excedido en los suelos con contenidos total de cobre de 180 mg/kg.

## 6.6. Región Metropolitana de Santiago

La Región Metropolitana de Santiago está constituida por dos cuencas mayores, las de los ríos Maipo y Mapocho. En general, la cuenca del Maipo posee una escasa riqueza minera, fundamentalmente plomo y cinc en la subcuenca del Río El Volcán. Gracias a una eficiente dilución por el acuífero, el Río Maipo se muestra netamente oligometálico. La cuenca del Mapocho está conformada por dos cuencas menores: del Río San Francisco, rico en cobre y con algo de cinc, y del Río Molina, oligometálico. En este caso por la dilución insuficiente el Río Mapocho nace con una alta carga de cobre. Las descargas al Río San Francisco desde un centro minero incrementan esta condición cúprica natural<sup>30</sup>.

Como muestra la Figura 11.16, que presenta la distribución del cobre total, en el Mapocho los suelos cúpricos están restringidos a la zona terminal del valle (área hortícola de Pudahuel-Maipú) y a la llanura colindante con los cerros del Cordón Lo Prado. Al parecer, esta cupricidad obedece a un proceso de quimiogénesis natural, por disolución de cobre de yacimientos cordilleranos, transporte por aguas hacia zonas inferiores, y su precipitación en sectores inferiores. Esta hipótesis parece avalada por la existencia de yacimientos cupríferos en estos sectores, aunque no se descarta la posibilidad de que se trate de yacimientos *in situ*.

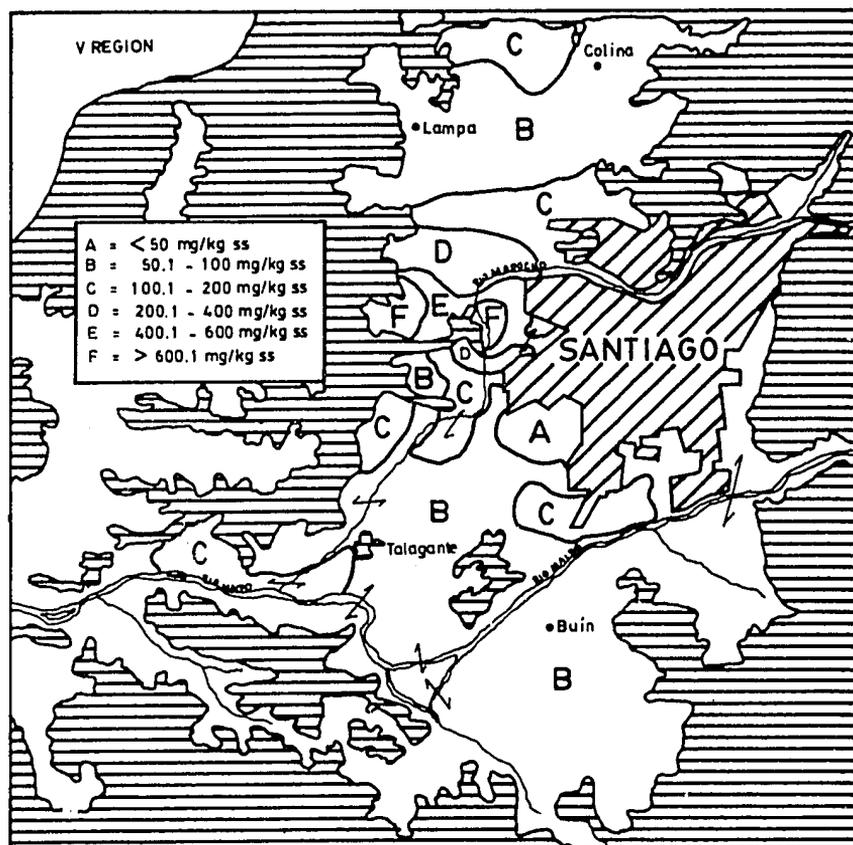
En el Valle del Maipo, la única situación anormal en contenido metálico del horizonte A, se da en el área de influencia de la zona industrial de Nos, Comuna de San Bernardo. El cobre ha llegado a 700 mg/kg a 300 m al norte, bajando a 24 mg/kg a 1.500 m al norte de las industrias. Existe una relación con cinc y plomo, que muestran ligeros aumentos en esta zona.

---

<sup>29</sup> Parada, R., S.P. González y E. Bergqvist. 1987. *Industrial Pollution with Copper and Other Heavy Metals in a Beef Cattle Ranch*. *Vet. Human Toxic.*, 29:122-126.

<sup>30</sup> González, S.P. 1991. *Elementos Traza en Recursos Agrícolas de Chile*. 2. Aguas de los ríos Maipo y Mapocho, Región Metropolitana. *Agric. Técn. (Chile)*, 51:22-29.

**Figura 11.16**  
**Curvas Isocuánticas de Cobre Total en Suelos de la Región Metropolitana de Santiago**



Como es sabido, el valle está bajo la influencia de las emisiones atmosféricas de múltiples industrias. La primera señal de alarma correspondió a animales bovinos intoxicados por alimentarse con pasto conteniendo particulado industrial, tipificado por Parada<sup>37</sup> como producto de una ingesta excesiva de molibdeno, existente en las partículas industriales.

En los suelos cúpricos del Mapocho, el cobre-EDTA podría exceder el umbral crítico teórico de 100 mg/kg. Sin embargo, en ensayos de invernadero estos suelos están demostrando poseer una fuerte afinidad por el cobre, y su toxicidad está fuertemente atenuada, tal como evidencia la no detección de efectos en vegetales<sup>38</sup>. Los contenidos totales de plomo y cinc en estos suelos son muy altos por razones naturales y por el aporte de aguas servidas, y se presume una asociación con el cobre que se extiende también al cadmio. Los valores cuantificados parecen reflejar adecuadamente la riqueza metálica nativa.

<sup>37</sup> Parada, R. 1981. *Molibdenosis Industrial en Bovinos*. En: II Simposio de Contaminación Ambiental. INIA-Intendencia R.M., Santiago. Anales: 37.

<sup>38</sup> Id. a nota 15.

## 6.7. VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins

La VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins posee una estructura geomorfológica similar a la Metropolitana de Santiago, conformada por dos cuencas: la del Río Tinguiririca, marcadamente oligometálica, y la del Cachapoal, equivalente a dos cuencas menores, una oligometálica (Río Pangal) y otra fuertemente cúprica (Río Coya y afluentes)<sup>39</sup>. Así como la subcuenca del San Francisco proporciona todo el cobre metropolitano, la del Río Coya hace lo mismo en esta región. En los suelos del Valle Tinguiririca se detectaron contenidos totales de cobre relativamente bajos, con pocos valores sobre 100 mg/kg, mientras en el Valle del Cachapoal los suelos pueden ser clasificados como cúpricos. Este hecho ya era conocido para un sector vecino a Requinoa por un estudio de Sudzuki<sup>40</sup>, quien estimó su origen en el riego con aguas contaminadas por descargas desde un importante centro minero en la cuenca del Río Coya. Sin embargo, la prospección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias reveló una mayor cobertura de los suelos cúpricos. Estos suelos se ubican sobre ambas riberas del Río Cachapoal (ver Figura 11.17) distribuidos irregularmente, lo que induce a pensar en un origen natural por herencia de la carga cúprica de los sedimentos parentales. Sin embargo, el aporte por las aguas de riego está induciendo un proceso poco perceptible de acumulación de cobre en los suelos. Al igual que en otras regiones, se detectó la existencia de suelos con valores de cobre-EDTA mucho más altos que el límite crítico de 100 mg/kg. Su impacto debe ser mayor en esta región por un menor poder tampón de los suelos debido a una menor alcalinidad. De hecho, existen registros de anomalías en el desarrollo de algunos cultivos en sectores del Valle Cachapoal, e incluso en cultivos industriales como la remolacha azucarera<sup>41</sup>, el tabaco<sup>42</sup> y la maravilla. En ninguno de los valles de la región se logró asociar los contenidos de cobre con otros metales, los que reflejaría la riqueza nativa de estos suelos.

Una situación preocupante en un sector del secano costero de la región han creado las descargas de aguas mansas de un tranque de relaves, en funciones desde 1986 en Loncha. Existen altos índices de molibdeno disuelto (5-10 mg/l) y sulfatos en aguas que podrían usarse en riego o alimentar el lago Rapel. A pesar de los beneficios inmediatos y directos del riego con estas aguas en una zona de secano con suelos pobres en metales, el riesgo ambiental es grande, ya que el molibdeno tiene alto potencial tóxico<sup>43</sup>, y, por tanto, su aporte antrópico debe estar estrictamente regulado.

---

<sup>39</sup> Id. a nota 15.

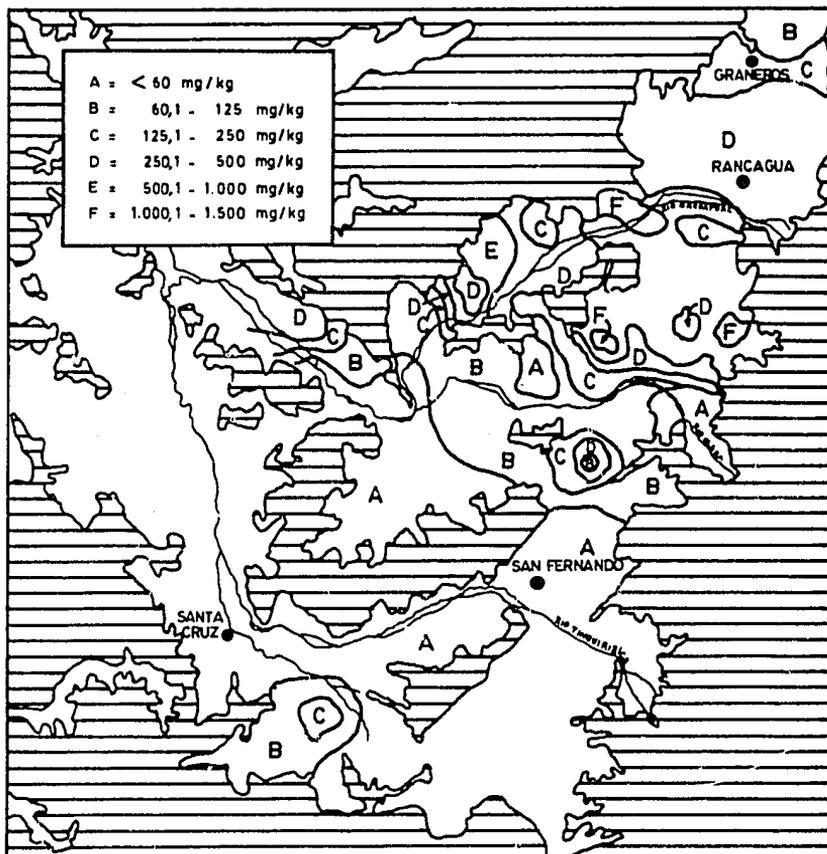
<sup>40</sup> Sudzuki, F. 1964. *Relaves de Cobre y Aguas de Riego del Río Cachapoal*. Agric. Técnica (Chile), 23-24:1562.

<sup>41</sup> Comunicación personal con J. Arentsen, IANSA S.A. 1988.

<sup>42</sup> Rodríguez J. y D. Suárez. 1987. *Diagnóstico de la Toxicidad de Cobre en Plantaciones de Tabaco*. En: V Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo (Valpso., 26-28/10). Anales Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Valparaíso: 164-169.

<sup>43</sup> Id. a notas 15 y 20.

**Figura 11.17**  
**Curvas Isocuanticas de Cobre Total en Suelos de la**  
**VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins**



## 6.8. VII Región del Maule

Debido a la inexistencia de una actividad minera e industrial de relevancia, debe asumirse que la caracterización del Horizonte A, en valles de la VII Región del Maule permite determinar la riqueza metálica nativa de los suelos. Con excepción del cobre, cuyo promedio regional y por valle es claramente inferior a los de otras regiones, los restantes elementos mantienen niveles similares. Llama la atención la existencia de suelos con alta carga de cinc probablemente de origen natural.

Con relación a la disponibilidad de cobre para las plantas, es factible encontrar suelos con contenidos menores a 10 mg/kg, lo que sugiere la ocurrencia de episodios de deficiencia de cobre en la fase de crecimiento activo de algunos cultivos, situación sobre la que no hay casos documentados.

## 6.9. VIII Región del Biobío

Los contenidos totales de metales en los suelos de esta región son bajos, situación lógica por el clima y la riqueza mineral de los materiales parentales. Puesto que no existe una actividad minera que pueda influir sobre la calidad de los suelos de las áreas de inundación de los ríos Laja y Biobío, estos contenidos se consideran nativos. Hubo una intensificación en los contenidos de cinc, y en menor grado de plomo, y se observó un incremento en los contenidos totales de molibdeno, que se acentúa hacia el sur. El cadmio y molibdeno se mantuvieron bajo sus respectivos lmd.

Dado los menores contenidos totales de cobre en los suelos, es muy probable que su disponibilidad (y la de otros microelementos) para las plantas sea insuficiente, transformándose en una limitante adicional del rendimiento de los cultivos.

## 6.10. IX Región de la Araucanía, X Región de Los Lagos y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo

Dada la inexistencia de actividades productivas de envergadura, los suelos de estas regiones no debieran reflejar alteraciones por contaminación química, con excepción de los centros de extracción de plomo y cinc cerca de los lagos Pedro Aguirre Cerda y General Carrera en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.

El manganeso presenta en estas regiones los máximos valores nacionales, mientras los restantes elementos (cobre, cinc, plomo) presentan los mínimos. En este caso sigue siendo válido lo expresado para la VII Región del Maule y VIII Región del Biobío, respecto a una insuficiente disponibilidad de microelementos para los cultivos. El éxito de algunos cultivos en la VIII Región del Biobío, como la remolacha azucarera, está condicionado a un programa de fertilización que incluya microelementos como el cinc.

## 6.11. Conclusiones

En Chile, el elemento más importante en términos de contaminación del suelo es el cobre, presente en algunos sectores en niveles muy elevados, significativamente por encima de los valores naturales basales definidos por la literatura internacional y por la prospección a nivel de unidades agroecológicas. En ciertas zonas esta abundancia se debe a las actividades relacionadas con la minería, y en otras parece ser la resultante conjunta de procesos naturales de mineralización cúprica y de contaminación por las actividades mineras.

La tendencia de las inversiones extranjeras en Chile indica que la minería metálica en general, y la del cobre en particular, expandirán fuertemente sus actividades en un futuro cercano, con lo que el riesgo de extensión y agudización de los casos de conflicto minero-agrícola se verá incrementado si la minería mantiene su tradicional desaprensión por materias de sanidad ambiental.

Es cada vez más evidente que se requiere con urgencia, generar estándares de calidad de agua, aire y suelos, adecuados a las diversas realidades ambientales nacionales, que permitan armonizar los intereses de la minería con la agricultura. Obviamente, estos estándares deben provenir de la investigación que se realice en el país, y deben constituir los

umbrales de discriminación entre riesgo aceptable e inaceptable, entre daño y no daño. Además, en forma de normas de calidad ambiental, deben formar parte de un grupo de disposiciones legales que definan y organicen el sistema global de gestión ambiental. Afortunadamente, la minería grande y mediana (no así la pequeña) están dando señales de integrar efectivamente la dimensión ambiental en su quehacer, reconociendo y superando su condición de actividad fuertemente contaminante, con el objeto de lograr su integración armónica a las unidades ambientales locales.

No obstante la aprensión sobre la validez de los resultados aportados, es necesario destacar que hay empresas mineras dispuestas a invertir fondos en materias de carácter ambiental, sin productividad directa, como ocurre con las aguas mansas del tranque de relaves Carén, o los materiales particulados férricos circulantes en el valle del Huasco, III Región de Atacama.

Finalmente, cabe expresar que estudios como el informado son incipientes en el país, y no puede considerarse que el diagnóstico de la contaminación en suelos por causas mineras o de otra índole esté terminado. Por el contrario, el conocimiento alcanzado debe considerarse como preliminar.

295  
**Capítulo 12**

***Manejo de Residuos Sólidos Urbanos e Industriales en Chile***

***Hernán Durán F.***

***Comisión Económica para América Latina y el Caribe***

## CAPITULO 12. MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS E INDUSTRIALES EN CHILE

Autor: Hernán Durán F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe

### 1. Introducción

En Chile, al igual que en la mayoría de los países del mundo, el desarrollo de las ciudades y de sus zonas industriales trae consigo la generación de enormes cantidades de desperdicios de naturaleza muy variada, que afectan la calidad de vida de la población y cuya adecuada gestión constituye un desafío de complejidad creciente. Según su origen, los desechos pueden diferenciarse entre domésticos e industriales. A su vez, los desechos domésticos pueden ser de origen habitacional, hospitalario o provenir de actividades comerciales o de servicios en general.

Entre los residuos más tóxicos a nivel mundial están los producidos por la industria química y los desechos de productos químicos usados en sectores urbanos. Entre ellos destacan las dioxinas, el cloruro de vinilo y los bifenilos policlorados contenidos en el aceite de transformadores eléctricos. Pueden mencionarse, además, arsénico, plomo, mercurio y cromo, sin contar los de carácter radiactivo.

En países como el nuestro, con poca gravitación estructural de la industria química, normalmente la industria más tóxica es la del papel y la celulosa, pero también es importante la extracción y refinación de petróleo, la minería del cobre (azufre y arsénico residuales), y la minería del oro (residuos de mercurio y cianuro).

El efecto nocivo de los residuos es distinto, dependiendo de sus características físicas, químicas o biológicas, y del lugar donde son generados y depositados. En términos generales, algunos afectan al medio por sus efectos depredadores directos e indirectos, otros por su capacidad de transportar vectores de enfermedades y otros por producir perjuicios de tipo estético.

Para desarrollar el tema existen varias preguntas relevantes sobre los residuos: ¿qué son?, ¿cuáles son los principales residuos domésticos e industriales?, ¿cómo se generan y se manejan? y, por último, ¿qué hacer con ellos? Estas son preguntas formuladas en toda sociedad, que requieren respuestas urgentes, especialmente en países con desarrollo tardío en materias ambientales.

Para responder estas preguntas es necesario conocer las características, dimensiones y peculiaridades regionales de los residuos, tomar en cuenta sus efectos sobre la salud humana, la fauna y flora (natural o artificial), los otros componentes naturales y los objetos de la cultura, sean éstos edificios, monumentos u otras instalaciones.

Por otra parte, debido a la necesidad de tomar medidas generales y especiales sobre los residuos, ha surgido una variada legislación sobre el tema. Desde el ángulo económico también se han establecido diversas definiciones y clasificaciones de los residuos por su distinto valor económico, según sean aprovechables en procesos posteriores a su generación.

El estado actual de los estudios conducentes a formular políticas relativas a la gestión de los residuos ha llegado a establecer una serie de principios de creciente aceptación, que tratan en general de ordenar y regular los enfoques sociales, y en especial el tratamiento jurídico y económico de los diversos tipos de residuos en las sociedades modernas. Estos principios son cada vez más una piedra angular en la cual basar la legislación y el ordenamiento ambiental de los países, y tienen claras derivaciones económicas en la medida que son incorporados en los cuerpos jurídicos y en las convenciones y tratados internacionales. Los más importantes son los principios de "quien contamina paga", "precautorio" y desarrollo sustentable.

Los procesos productivos requieren utilizar una gran cantidad de insumos para generar el producto final, y el volumen de los residuos generados dependerá de su grado de utilización y aprovechamiento en el proceso. Esto está en directa relación con las tecnologías utilizadas y con los valores económicos implicados. En algunos casos los desechos pueden ser reutilizados incorporándolos como insumo de otros procesos, ya sea como energía o materias primas o auxiliares. En las actividades domésticas y de servicios también se generan residuos que pueden adquirir un valor económico; el que esa potencialidad se transforme en beneficio real dependerá del tratamiento que se les dé en el proceso posterior a su generación. Entre los objetivos de las políticas para gestión de los residuos estará, por estas razones, el minimizarlos y aprovechar su valor económico.

La generación, tratamiento y confinamiento final de los residuos, han dado origen a un nuevo e importante sector de la industria, en especial en países desarrollados. Las necesidades de minimización, manejo, aprovechamiento y adecuado confinamiento de los residuos, se han convertido en uno de los factores de impulso a la investigación científica y al desarrollo tecnológico moderno. Incluso, los procesos educativos están siendo afectados por la necesidad de crear nuevos valores y hábitos de conducta apropiados para reducir el impacto social negativo de los residuos.

Por otra parte, la gestión de los residuos domésticos e industriales se puede realizar paralela o conjuntamente, aprovechando elementos comunes. En nuestros países una buena parte de los residuos industriales tiene destino desconocido, y se considera un logro cuando un sistema formal de recolección y disposición, como el de residuos domiciliarios, se hace cargo de una parte de ellos, depositándolos en algún relleno sanitario controlado. En definitiva, la gestión del ciclo de vida del residuo es un problema industrial en sí, y es legítimo sostener que el enfoque sistémico del problema nos lleva a entender esta actividad como una nueva industria de transformación. Este acento ambiental en la reconversión industrial lo hemos llamado transformación productiva sustentable.

En este capítulo las materias tratadas se distribuyen en cuatro secciones. La primera vincula la generación de residuos a coordenadas macroeconómicas y sociales, como niveles de desarrollo y estilos de vida, comparando países desarrollados y en desarrollo. La segunda aborda la generación y gestión de residuos domésticos en Chile en base a sistemas utilizados para las diversas fases de tratamiento. La tercera aborda el tema de los desechos industriales en el país a través de una metodología indirecta para estimar los volúmenes generados. La cuarta aborda la solución al problema, enfatizando el tratamiento de los desechos domésticos, políticas de control, agentes involucrados, principios en juego e instrumentos con que se puede actuar.

La solución de los problemas ambientales, reconocidamente interdisciplinarios, adquiere una forma que anuda la voluntad de muchas instancias de la sociedad. Además, el problema de los residuos ha adquirido dimensiones globales, ya sea por su impacto ambiental que en algunos casos traspasa las fronteras nacionales, o por los recursos económicos y tecnológicos que moviliza para alcanzar soluciones.

## 2. Generación de Residuos, Niveles de Desarrollo y Estilos de Vida

La estadística mundial destaca que los residentes de Nueva York, Estados Unidos, descargan cerca de 24 mil ton al día de todo tipo de residuos sólidos, conteniendo toda clase de elementos orgánicos e inorgánicos, además de desechos tóxicos como mercurio de las baterías, cadmio de las luces fluorescentes, papel y plástico reciclable, y productos tóxicos de los solventes.

También se sostiene que una ciudad como San Francisco, Estados Unidos, dispone en sus desechos de más aluminio del que es posible obtener de una pequeña mina de bauxita y más cobre que una mina mediana del mineral. Por ello se señala que "San Francisco es una mina" y que el problema consiste en saber explotarla de la forma más efectiva y obtener el máximo valor en la recolección de materiales'. Obviamente la situación de San Francisco dista mucho de ser parecida a cualquier ciudad chilena, incluso en términos de la calidad de sus basuras.

Sin embargo, a pesar de que en general a mayor desarrollo económico y social existe mayor generación de basura, esto no es siempre así. En efecto, no es posible pensar que las condiciones de vida en Nueva York sean dos veces mejor que en Roma porque Nueva York genera el doble de basura.

Los valores de la generación de residuos per cápita en la Tabla 12.1 ordena a las ciudades en parte, según los niveles socioeconómicos de la población y, quizás, algunos rasgos culturales.

<b>Ciudades industriales</b>	<b>kg/día</b>
Nueva York	1,80
Singapur	0,87
Hong Kong	0,85
Hamburgo	0,85
Roma	0,69

<sup>1</sup> Pollock, C. 1987. *Realizing Recycling's Potential*. En: Brown R. y J. Chandler (eds.). *State of the World 1987: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. W.W. Norton & Company, Nueva York/Londres. pp: 101-121.

Tabla 12.1 (continuación) Generación de Desechos per Cápita en Algunas Ciudades	
Ciudades de bajo ingreso	kg/día
Santiago, Chile	0,65
Lahore, Pakistán	0,60
Túnez	0,56
Bandung	0,55
Medellín	0,54
Calcuta	0,51
Karachi	0,50
Manila	0,50
Kano, Nigeria	0,46

Fuente: Cointreau S. 1982. *Environmental Management of Urban Solid Wastes in Developing Countries*. Banco Mundial, Washington D.C.

Un factor que dé cuenta de las diferencias entre ciudades de similar nivel socioeconómico podría ser la tendencia al consumo superfluo de las sociedades más avanzadas, donde la apariencia de los bienes de consumo (*e.g.*, envoltorios) es importante desde el punto de vista del comportamiento del consumidor. De hecho, los envoltorios contribuyen con cerca del 30% del peso y el 50% del volumen de la basura domiciliar en Nueva York. Cerca de 1 de cada US\$ 10 que se gastan en alimentos y bebidas en Estados Unidos corresponde a envoltorios, y su habitantes en 1986 gastaron más en envoltorios de alimentos que el ingreso que recibieron los agricultores de ese país. El mismo año, el mercado de los envoltorios fue de US\$ 28 mil millones, correspondiendo a 1,5 veces la deuda externa de Chile.

En América Latina las características fisicoquímicas de la basura son radicalmente diferentes de la de países desarrollados. Por tanto, hay que considerar que las técnicas para su tratamiento y disposición final son diferentes y será la región quien tendrá que buscar las formas de eliminar o neutralizar sus propios desechos. La composición física de los residuos sólidos domésticos es heterogénea, y entre muchas formas de clasificación se pueden considerar cuatro grupos: inertes, fermentables, combustibles y otros. Las ciudades latinoamericanas se caracterizan por un bajo contenido de metal y vidrio, y un alto porcentaje de materia orgánica (ver Tabla 12.2). Las materias combustibles (papeles, cartones y plásticos) presentan bajos valores, especialmente en contraste con Estados Unidos. Sin embargo, en los últimos años en Santiago se ha registrado una disminución de la proporción de fermentables en favor de un aumento de plásticos y vidrio.

Composición	Europa Occidental	Estados Unidos	São Paulo, Brasil	Santiago *
Inertes				
Metales	8	9	5	2
Vidrios	10	8	3	1
Fermentables				
Materia orgánica	30	27	52	66
Combustible				
Papeles y cartones	25	41	28	15
Plásticos	7	7	6	3
Otros	20	8	6	13
Total	100	100	100	100

Nota: "Otros" incluye tierra, ceniza, madera, goma, textiles, cueros, lozas, escombros, huesos, etc.

Fuente: \* Intendencia Región Metropolitana. 1986. *Tratamiento de los Residuos Sólidos en la Región Metropolitana*. En: Situación de la Basura en la Región Metropolitana Antes y Después de 1976, Santiago.

### 3. La Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Chile

Las acciones que acompañan el ciclo de vida del residuo urbano son un sistema de manejo, y se ordenan en tres etapas: generación y acumulación, recolección y transporte, y disposición final.

#### 3.1. Generación y Acumulación de los Residuos Sólidos Urbanos

La generación de residuos urbanos depende de factores culturales, niveles y hábitos de consumo, niveles de ingreso y estándares de vida de la población además de factores climáticos y características de sexo y edad de los grupos poblacionales. Existen importantes diferencias en la generación de residuos a partir de la población urbana y rural, y dentro de la primera en función de las características de zonas residenciales o de servicios<sup>2</sup>.

La producción diaria de residuos sólidos urbanos en Chile es de 6.700 ton, de las cuales 60,2% corresponde a la Región Metropolitana de Santiago y el 39,8% al resto del país (ver Tabla 12.3)<sup>3</sup>. En las últimas décadas la forma de acumulación de los residuos sólidos urbanos ha evolucionado desde su disposición en los conocidos "tarros" o "cajones para basura" hasta su actual disposición en bolsas plásticas, con una amplia gama de alternativas, dependiendo del nivel de ingresos del sector. En esta etapa algunos países, con mayor o menor éxito, realizan la separación de los componentes de la basura para su reciclaje como parte de su gestión ambiental. En Chile, el Instituto Nacional de Normalización ha elaborado

<sup>2</sup> Otero, L.R. 1988. *Residuos Sólidos Urbanos*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid. pp. 11-17.

<sup>3</sup> Gana, J. 1991. *El desafío de la Basura*. Las Últimas Noticias, 29 de diciembre, Santiago.

una Norma Nacional que establece características de las bolsas plásticas para depositar residuos (Norma N° 1.812 de 1980, Ministerio del Interior), pero que tiene escaso cumplimiento.

**Tabla 12.3**  
**Disposición Final de Residuos Sólidos Domésticos en Chile**

Región	Población	Producción de residuos		Con disposición (%)	Sin disposición	
		ton/mes	%		ton/mes	%
I	311.521	3.738	1,9	0,0	3.738	100,0
II	384.099	4.609	2,3	91,2	406	8,8
III	180.161	2.162	1,1	0,0	2.162	100,0
IV	307.530	3.690	1,8	0,0	3.690	100,0
V	1.179.878	21.238	10,6	86,0	2.978	14,0
VI	366.021	6.588	3,3	73,9	1.720	26,1
VII	434.378	6.516	3,3	80,9	1.427	19,1
VIII	1.234.643	14.816	7,4	62,5	5.552	37,5
IX	422.651	5.072	2,5	14,2	4.350	85,8
X	510.560	7.658	3,8	26,5	5.628	73,5
XI	49.969	600	0,3	71,2	172	28,8
XII	140.610	2.953	1,5	0,0	2.953	100,0
R.M.	4.830.946	120.291	60,2	95,4	5.528	4,6
Total	10.352.967	199.931	100,0	79,9	40.304	20,1

Fuente: Alegría X. *et al.*, 1990. *Residuos Sólidos*. Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana-Instituto de Ingenieros de Chile, Santiago.

### 3.2. Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos Urbanos

El sistema de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos antes de 1981 era administrado y ejecutado en un 100% por las municipalidades. Entre 1981 y 1982 se concretó la participación privada y en 1985, en la Región Metropolitana de Santiago, de un total de 90.847 ton de residuos por mes, 66% fue recolectado y transportado por empresas privadas, mientras el 34% restante fue municipal<sup>4</sup>.

### 3.3. Disposición Final de los Residuos Sólidos Urbanos

En Chile existen "vertederos" con disposición no controlada y rellenos sanitarios como sitios de disposición final de residuos. Es posible distinguir dos tipos fundamentales de vertederos no controlados: "oficiales" y "espontáneos"<sup>5</sup>. Los primeros son los que están autorizados para el vertimiento de basuras y son utilizados principalmente por servicios municipales y privados de limpieza y transporte y empresas de construcción.

<sup>4</sup> Intendencia Región Metropolitana. 1986. *Tratamiento de los Residuos Sólidos en la Región Metropolitana*. En: Situación de la Basura en la Región Metropolitana Antes y Después de 1976, Santiago.

<sup>5</sup> Id. a nota 4.

Ya en 1970 se observaba inquietud por desarrollar la gestión ambiental en el sistema de manejo de los residuos sólidos, en especial en la recuperación de material de acuerdo a su clasificación, ubicación o producción de basura de cada comuna<sup>4</sup>. En el año 1972 el Area Metropolitana de Santiago estaba formada por 17 comunas, que disponían sus residuos en siete vertederos no controlados oficiales. Actualmente ninguno de ellos se encuentra en funcionamiento. Sin embargo, en Lo Errázuriz la experiencia de entregar el manejo del relleno sanitario a una firma privada, sin un control efectivo por las municipalidades, terminó en fracaso<sup>5</sup>. Los efectos molestos que tuvo que soportar la población (olores, gases explosivos, desechos abandonados, etc.) hicieron que nuevamente se cuestionara el concepto de relleno sanitario. Fue necesario volver a crear una empresa pública municipal para corregir los defectos de la empresa privada que administró el depósito.

En el decenio de 1980 se implementaron los rellenos sanitarios, sistema recomendado por diversas organizaciones internacionales (especialmente por la Organización Mundial de la Salud) por representar menor inversión y ser un método utilizado con buenos resultados en países en desarrollo. Las primeras evaluaciones sobre el tema confirmaron la pertinencia de implementar la técnica dadas las peculiaridades del caso chileno, tendencia que continúa hasta hoy<sup>6</sup>.

Entre los problemas que se generan a partir de un equipamiento inadecuado y mal manejo de un sitio de disposición final están los relativos a condiciones higiénicas y de salubridad del lugar, así como de su entorno<sup>7</sup>. En efecto, la contaminación de las aguas superficiales puede ocurrir por contacto directo con las basuras, y la de las aguas subterráneas por la percolación de las aguas lluvias a través de la basura amontonada (lixiviado) y eventualmente conectada con algún acuífero subterráneo, produciendo un deterioro en los recursos hídricos de la zona<sup>8</sup>.

Otro impacto puede provenir de la proliferación de vectores de enfermedades que encuentran en estas áreas el medio ideal para su reproducción<sup>9</sup>. Otro riesgo reside en la frecuencia de incendios, que además de sus humos y olores, y la consiguiente contaminación atmosférica, puede implicar un peligro directo para personas, edificios, áreas verdes o siembras que se encuentren en las proximidades.

---

<sup>4</sup> AICE Consultores. 1972. *Evacuación y Disposición Final de la Basura en el Area Metropolitana de Santiago*. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Santiago.

<sup>5</sup> Id. a nota 4.

<sup>6</sup> Arellano, J. y G. Fernández. 1984. *Evolución de la Disposición Final de los Residuos Sólidos en el Area Metropolitana de Santiago*. XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Santiago, 11-16 de noviembre.

<sup>7</sup> Id. a nota 9.

<sup>8</sup> Arellano, J., A.M. Sánchez, X. Alegría y M. Szantó. 1992. *Experiencia Chilena en Técnicas de Protección de Sitios Contaminados por Depósitos de Residuos Sólidos Urbanos*. The International Solid Waste and Public Cleansing Association (ISWA) 92, Madrid, junio 14-19.

<sup>9</sup> INTECSA. 1976. *Recogida, Transporte y Tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos de Santiago de Chile*. Ministerio de Asuntos Exteriores de España, Tomo 1. pp. 30-31.

### 3.3.1. Región Metropolitana de Santiago

Los siguientes son los rellenos sanitarios oficiales utilizados entre 1977 y 1994 en la Región Metropolitana de Santiago:

- El Relleno Sanitario Lepanto está localizado en la comuna de San Bernardo. Se encuentra en funcionamiento desde 1979 y es un pozo de extracción de arena de propiedad particular. Las municipalidades que disponen ahí sus desechos son San Bernardo, Puente Alto, Buin, Paine, Pirque y Calera de Tango. El relleno sanitario Lepanto recibe un manejo deficiente, y podría considerarse simplemente como un vertedero oficial no controlado.
- El Relleno Sanitario Cerros de Renca está localizado en la Comuna de Quilicura. Comenzó a operar en abril de 1978 abarcando el 30% de los residuos producidos en el Gran Santiago. Es administrado por un consejo de alcaldes, prestando servicio a las comunas de Pudahuel, Renca, Las Condes, Quinta Normal, Lo Prado, Cerro Navia, Quilicura, Colina, Lampa, Conchalí y parte de Santiago. Recibe 30 mil ton de basura por mes y su vida útil se estima hasta 1994. Presta atención diaria a 230 viajes de camiones aproximadamente y la tarifa de recepción por tonelada de basura a fines de 1991 fue de \$ 600 incluido IVA (aproximadamente US\$ 1,8).
- El Relleno Sanitario de Lo Errázuriz está localizado en la Comuna de Estación Central y funciona desde julio de 1984. Es un antiguo pozo de extracción de áridos de alrededor de 20 m de profundidad y una superficie de 38,9 ha, de las cuales 26,9 ha pertenecen a la Empresa Metropolitana de Disposición y Tratamiento de Basuras Ltda. (EMERES). Esta es una empresa sin fines de lucro, formada por 15 municipios beneficiados: Maipú, Estación Central, Santiago, Providencia, La Reina, La Florida, La Granja, Ñuñoa, San Ramón, Peñalolén, La Pintana, Pedro Aguirre Cerda, El Bosque, Lo Espejo y Cerrillos. Después de una fracasada gestión privada, EMERES se hizo cargo del funcionamiento de este relleno.

De las 4.000 ton diarias de residuos domésticos que se generan en esta región, 2.500 se reciben en Lo Errázuriz, relleno que recibe también residuos de otro tipo (de industrias alimenticias, supermercados, aeropuertos y otros). Lo Errázuriz atiende aproximadamente 400 viajes de camiones diarios. A fines de 1991 las tarifas de recepción por tonelada fluctuaban entre 700 a 1.500 pesos (US\$ 2 a 5). El relleno Lo Errázuriz presenta implementación de áreas verdes en 3 ha, con especies de raíces poco profundas.

### 3.3.2. Resto del País

La frecuencia y cobertura de recolección a nivel nacional es satisfactoria, pero se observa una marcada deficiencia en la disposición final sanitaria en la regiones del norte y sur del país<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Servicio de Salud Ñuble y Biobío. 1989. *Informe Interno*.

Según datos del Ministerio de Salud, de las 370 localidades urbanas que cuentan con servicio de recolección sólo 127 realizan disposición final sanitaria, lo que significa que aún existe un 65,7% de localidades cuyos residuos se disponen, luego de recolectados, en basurales a cielo abierto. No obstante, la población cubierta por los 127 servicios con sistemas de disposición final asciende al 74,2% del total de la población urbana que goza de servicios de recolección, situación en la cual Santiago gravita fuertemente. Estos sitios de disposición sanitaria incluyen los de disposición final, donde los residuos reciben cobertura diaria con una capa de tierra de al menos 15 cm de espesor<sup>13</sup>.

En 93,5% de las 370 localidades urbanas y pueblos rurales del país que cuentan con servicio de recolección de residuos sólidos, éste se entrega con una cobertura superior al 80%, en tanto que en el 1,9% de los casos la cobertura se encuentra dentro del rango de 80% a 50%, y en el 3,0% es inferior al 50%. Lo anterior se traduce en que el 98,9% del total de la población urbana del país dispone de servicios de recolección de residuos<sup>14</sup>.

El 95% de las localidades urbanas que cuentan con servicio de recolección son atendidas con una frecuencia satisfactoria, definida como al menos una vez por semana en sectores residenciales y al menos dos veces por semana en sectores comerciales.

Un balance de la disposición final entre 1980 y 1988 muestra un avance a nivel nacional de casi 50% en la disposición sanitaria, pasando de 62,2% en 1980 a 79,9% en 1988<sup>15</sup>.

### 3.4. El Costo del Manejo de los Residuos

Los costos de recolección y transporte constituyen la mayor parte del total de costos para los tres rellenos sanitarios del Área Metropolitana, siendo más alto en el relleno de Cerros de Renca, seguido por Lepanto y Lo Errázuriz. El orden en cuanto a costo de manejo es el inverso (ver Tabla 12.4).

	<b>Lo Errázuriz (%)</b>	<b>Cerros de Renca (%)</b>	<b>Lepanto (%)</b>
Total Transporte y Recolección de Basura	75	90	80
Costo Manejo de Relleno Sanitario	25	10	20
Total	100	100	100

<sup>13</sup> MINSAL. 1988. *Ministerio de Salud. Anuario Nacional*.

<sup>14</sup> Id. a nota 13.

<sup>15</sup> Alegría, X. *et al.*, 1990. *Residuos Sólidos*. Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana-Instituto de Ingenieros de Chile, Santiago.

Por otra parte, en las ciudades pequeñas las condiciones de disposición de residuos no están garantizadas de manera adecuada, pues, entre otras cosas, el costo unitario en los rellenos sanitarios pequeños es más alto. El costo unitario observado a fines de 1991 en los rellenos sanitarios de la Región Metropolitana de Santiago, que fluctúa entre US\$ 1,5 y 3,5 por tonelada, no es aplicable al resto del país. Al considerar US\$ 5 como el costo de tratar cada tonelada en las ciudades pequeñas, el total de 481.488 ton/año no tratadas representa un costo aproximado de US\$ 2.400.000 anuales<sup>4</sup>.

### 3.5. Conclusiones Preliminares

Si se compara la cobertura, forma de recolección, transporte y disposición de residuos domésticos en Chile con la de otros países de similar nivel de desarrollo socioeconómico, se podría calificar de satisfactoria. Sin embargo, estamos lejos de ser un país moderno y "limpio". La situación es especialmente dramática en carreteras y calles de ciudades, consideradas por transportistas de todos los niveles sociales como basureros personales, dejando un espectáculo deplorable en los 4.000 km de largo del país. Más allá de los efectos nocivos sobre la salud humana, dichas prácticas atentan contra las posibilidades reales del turismo de calidad externo e interno.

Respecto a los residuos domésticos podríamos concluir que en Chile hemos dado los pasos necesarios en términos cuantitativos, pero es necesario un cambio cualitativo, es decir mayor compromiso por parte de la población. El sistema educacional deberá obviamente jugar un papel activo, por cuanto se trata de inducir nuevos hábitos para elevar el nivel de respeto y cuidado por el medio ambiente.

## 4. La Generación y Manejo de Desechos Industriales

### 4.1. Criterios para Diferenciar y Clasificar Desechos Industriales

Las condiciones variables de la tecnología, la posibilidad de conversión física y química de los estados de los residuos, la relatividad de las condiciones ambientales, la propia variabilidad de las percepciones sociales y jurídicas de ellos, y otras condiciones, hacen que la diferenciación y clasificación de desechos industriales estén sujetas, en algunos casos, a relatividades difíciles de superar. Según el medio en que los desechos son vertidos, éstos pueden clasificarse en sólidos, líquidos y gaseosos. Sin embargo, existen alternativas tecnológicas en los procesos productivos que permiten optar sobre la forma y el medio donde vertir los residuos.

En Chile existen algunos ejemplos ilustrativos. La minería del cobre emite a la atmósfera cerca de 1,5 millones de ton de dióxido de azufre, pero es posible transformarlo en ácido sulfúrico, un compuesto líquido. Si no se toman medidas para evitar derrames en su transporte y consumo, esta transformación puede originar una nueva fuente contaminante en otro medio y de una peligrosidad focalizada mayor. En el caso del arsénico, que hoy se envía a la atmósfera en más de una fundición minera, la alternativa tecnológica es

---

<sup>4</sup> Id a nota 15.

transformarlo en un residuo sólido, el cual es altamente peligroso y requiere ser confinado bajo estrictas medidas de seguridad.

Por la magnitud y características de su impacto ambiental, los residuos industriales pueden diferenciarse entre peligrosos y no peligrosos. Entre los desechos peligrosos se distinguen, a su vez, los tóxicos, combustibles, explosivos y radiactivos.

La toxicidad de los residuos puede ser de primer o segundo grado, y en el segundo caso deriva de transformaciones sufridas por el residuo en contacto con el medio. El caso más frecuente es la contaminación de aguas superficiales o napas subterráneas, por arrastre de partículas de residuos sólidos por aguas lluvias y percolación, respectivamente.

Los residuos no peligrosos, como el material orgánico o el de construcción, son sobre todo importantes por su volumen. En un sentido estricto el calificativo de no peligroso se refiere más bien a la población humana. Para la flora y fauna acuáticas, por ejemplo, los residuos orgánicos son muy peligrosos, ya que los "biodegradables" consumen el oxígeno disuelto que requieren plantas y animales de ríos y lagos, siendo dañinos para su desarrollo.

Finalmente, existen bases jurídicas para diferenciar y clasificar los desechos industriales. Normalmente la definición es acompañada de reglamentos en que se definen técnicamente las propiedades y características del objeto tratado. Las emisiones serán contaminantes si superan los valores máximos de la norma o estándar de calidad del medio. Con todo, se pueden encontrar divergencias significativas entre los cuerpos legislativos ambientales de los países. Como en Chile no están definidas todas las normas de calidad ambiental, el criterio para calificar la existencia y el grado de contaminación será en algunos casos necesariamente subjetivo.

#### 4.2. El Costo del Manejo de Residuos Industriales

La información nacional sobre la materia es muy pobre, y vale la pena observar la experiencia internacional para tener una base cuantitativa para nuestras conclusiones. Desde hace algunos años en Estados Unidos, más y más comunidades descubren que están viviendo en las cercanías de depósitos de desechos, muchos de ellos especialmente destinados a sustancias altamente tóxicas, que representan una amenaza directa para la población. La *Office of Technology Assessment*, del Congreso de los Estados Unidos, calculó a fines de 1985 que existían al menos 1.000 depósitos de residuos peligrosos en ese país, lo que exige medidas urgentes de tipo correctivo. Se estimó que el costo de estas acciones alcanzaría a US\$ 100 mil millones, es decir más de US\$ 1.000 por cada hogar norteamericano".

Conviene llamar la atención sobre el caso de Alemania, donde existe un cobro por el manejo de residuos que poco a poco se transforma en una tarifa que pretende orientar al sector industrial hacia el uso de tecnologías limpias o métodos de autoeliminación, como incineración, pirólisis, métodos biológicos, etc."

---

" Time Magazine. 1985. 14 de octubre.

" Durán, A.L. 1991. *Análisis Comparativo entre Dos Métodos de Cuantificación de la Producción de Desechos Industriales para Cuatro Países: Argentina, Colombia, Chile y Ecuador*. CEPAL LC/R.1007, Santiago.

### 4.3. Volumen de Residuos Industriales

Los efectos contaminantes de la industrias también se relacionan con el estilo de desarrollo industrial de cada país. En un seminario de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina (1979), se avanzó en el estudio de la vinculación entre desarrollo industrial y medio ambiente, y en particular se analizó el riesgo potencial, para la región, de la contaminación industrial en el medio ambiente hídrico". Se entregó una evaluación preliminar del grado de contaminación que es dable esperar de cada rama industrial.

### 4.4. Cuantificación de Residuos Industriales en Chile

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y de los envases y embalajes del proceso. En sentido estricto, éstas no son variables totalmente independientes, y de hecho la tecnología de un proceso es la que determina las variables siguientes, o por el contrario, la elección de la tecnología está determinada por la disponibilidad, a costos rentables, de determinadas materias primas, energía o materias auxiliares.

Por razones técnicas y económicas el contaminante es normalmente la materia auxiliar, pues la función de producción tratará de aprovechar al máximo otros insumos como materias primas y energía. Por cierto, esta regla tiene excepciones que están determinadas por cuestiones estrictamente económicas.

Las características tecnológicas de un proceso son función del diseño, calidad de la construcción y la operación de la planta. Por esta razón, y en economías abiertas, uno podría suponer que dos procesos industriales en distintos lugares del mundo, que producen un mismo bien, tenderán a tener eficiencias similares y capacidad de generar el mismo número de residuos por unidad de producto. De no ser así, el mercado se encargará de eliminar al más ineficiente. Este enfoque teórico, que encierra todos los supuestos de la competencia perfecta, con sus virtudes y defectos, ha inspirado la formulación de modelos de generación potencial de contaminantes del sector industrial manufacturero. Entre ellos están el método de evaluación rápida de fuentes de contaminación de la Organización Mundial de la Salud y el método INVENT preparado por una firma italiana para el Banco Mundial. El primero se basa en criterios de productividad a partir de la producción física de la rama, y el segundo en la productividad del trabajo. En el primer caso se calcularon promedios de varios países del mundo, y en el segundo se considera la productividad por trabajador por ramas de la industria.

Obviamente, en ninguno de los dos casos se puede saber de los sistemas de tratamiento agregados a los procesos productivos en cada lugar, lo que es función del grado efectivo de control de la contaminación del país. Por esta razón se podría suponer que en el caso de INVENT se están subestimando los valores indicados, pues por el grado de

---

" Durán, H. 1982. *Estilos de Desarrollo de la Industria Manufacturera y Medio Ambiente en América Latina*. Serie Estudios e Informes de la CEPAL N° 11 (E/CEPAL/G.1196), Santiago.

desarrollo industrial de Italia y las exigencias de la Comunidad Económica Europea, sus empresas industriales deberían manejar mejor los residuos que las de países latinoamericanos.

Según estudios de CEPAL, se puede sostener que ambos métodos adolecen de imperfecciones, y no permiten reflejar otra cosa que una estimación de la carga potencial de contaminación<sup>20</sup>. Para tener valores exactos se requeriría hacer un censo industrial de residuos, lo que implica un esfuerzo grande y de pocas posibilidades de éxito. La experiencia demuestra que existen claras reticencias del sector industrial para entregar la información. El beneficio es dudoso por cuanto, independientemente de la precisión del diagnóstico, el objetivo siempre será el de controlar el destino final de los residuos para cada actividad, sin importar, en el caso de los tóxicos, el monto de residuos que genere. En términos más claros, poco importa que una industria se haga o no responsable del destino de los 10 o de 100 kg de arsénico de residuos que genere al día, si sabemos que pocos miligramos son letales para cualquier individuo. Los mecanismos de control sobre ese generador tendrán que ser igualmente eficientes para los 10 o 100 kg, por lo que el diagnóstico cuantitativo pasa a ser irrelevante.

Una primera aproximación a la cuantificación del problema en Chile se obtuvo con el método INVENT de generación de residuos industriales a fines del decenio de 1980, estimando valores para residuos líquidos, lodos y sólidos, ya que el método no entrega información acerca de la emisión atmosférica. El estudio entregó abundante información de la cual se pueden extraer varias conclusiones; entre ellas:

- Se generan potencialmente algo más de 20 millones de ton/año de residuos en la industria manufacturera en Chile.
- Algo más de 1 millón de ton/año corresponden a residuos sólidos y 600 mil a lodos.
- La mayor parte de los residuos corresponden al sector de la industria de alimentos. Esta rama industrial no es la que genera los residuos más tóxicos. Su impacto ambiental es similar al de la parte orgánica de los residuos domésticos, con altos niveles de demanda bioquímica del oxígeno disuelto en los cursos de agua, con deterioro de flora y fauna acuáticas, y deterioro estético de determinados lugares.
- La industria metalmecánica aporta sólo el 1,5% de los residuos sólidos. Es posible que esta información esté subestimando el monto de residuos por cuanto no se consideró todo el sector que labora en la pequeña industria metalmecánica (maestranza, talleres de reparación, galvanoplastia, etc.), que normalmente generan una cantidad importante de desechos.
- La industria metálica básica aporta casi el 22% de los residuos sólidos, en correspondencia con tanta fundición minera. Además, es esperable que estas cifras aumenten en la medida que se controle la contaminación atmosférica.

---

<sup>20</sup> Id. nota 18.

- Los residuos tóxicos del sector industrial alcanzan a 133 mil ton/año, y pueden encontrarse en cualquiera de los estados físicos mencionados, correspondiendo a un 1% del total de residuos.

La industria metálica básica, que en el caso chileno comprende las fundiciones de hierro y cobre, aparece como la rama que genera más residuos tóxicos (34,1%), seguida de la industria química (31,9%), las industrias textil, de prendas de vestir y del cuero (23,1%), fabricación de maquinarias y equipo (8,5%), y el sector de alimentos (0,83%).

## 5. Una Política para la Gestión Ambientalmente Adecuada de Residuos

De los antecedentes anteriores se puede concluir que la gestión de los residuos urbanos domésticos es un problema complejo y abarca un sinnúmero de temáticas que sobrepasan el plano estrictamente tecnológico, y que la gestión propiamente tal de residuos industriales es inexistente en el país.

El tema se podrá resolver en la medida que haya dos cuestiones presentes. Por una parte, una presión creciente por parte de la población, aspecto que pareciera adquirir cierta dinámica como parte de un proceso más global de democratización del país. Por otra, una actitud por parte de la autoridad que reconozca la dimensión multidisciplinaria del problema, es decir, de la conveniencia de adoptar un enfoque holístico para su solución.

¿Qué aspectos tomar en consideración de manera de impedir que el eclecticismo nos conduzca al inmovilismo? En nuestra opinión, la base de una política debe estar constituida por los siguientes cinco aspectos centrales:

- Educación ambiental, como mecanismo para incorporar a la población de una manera consciente a la búsqueda de soluciones a los problemas de residuos.
- Relación entre desarrollo espacial de las ciudades y el manejo de residuos. Una ciudad bien concebida no debiera generar grandes problemas ambientales.
- Economía y medio ambiente: ¿en qué medida el medio ambiente es considerado en nuestros presupuestos?, ¿cuán eficientemente están asignados los recursos? y ¿qué instrumentos son los más convenientes?, sólo por citar algunas interrogantes.
- Aspectos jurídicos e institucionales: el marco jurídico que se requiere, el tipo de normas, las instituciones fiscalizadoras y formuladoras de políticas.
- Finalmente, las soluciones tecnológicas que se pueden implementar.

Por razones de espacio, de tiempo y del grado de avance en las investigaciones actuales, desarrollaremos los tres últimos aspectos.

### 5.1. El Papel de los Agentes y los Mecanismos de Concertación

De la experiencia acumulada en países desarrollados se puede concluir que uno de los problemas de la fijación de políticas para esta actividad es la necesidad de conjugar los intereses de distintos sectores de la población. Es necesario considerar al gobierno, que deberá conciliar los diversos intereses en juego; la industria y la población, cuyos intereses pueden ser expresados por técnicos y expertos en salud. Para estos últimos, "... lo esencial es establecer una agencia responsable de la protección ambiental que deba tener la competencia exclusiva e independiente de otras instituciones, especialmente a nivel económico. Esta agencia incluiría funciones de asesoría, supervisión y control, en especial sobre la implementación y cumplimiento de los reglamentos, con poder para suspender actividades económicas y trabajos de construcción públicos y privados. Aun más, debe tener la suficiente autoridad para intervenir en cualquier proyecto que pudiera tener algún efecto en detrimento del medio ambiente. Esta institución respondería directamente al Jefe de Estado"<sup>21</sup>.

Por otro lado, se ha sostenido que "la solución óptima radica en el uso de tecnologías nuevas e inocuas desde el punto de vista ambiental, que permitan fabricar productos con escasa generación de desechos o de manera que éstos sean fácilmente controlables. Ahora bien, esta solución innovadora exigirá uno o dos decenios de investigación, perfeccionamiento e implantación en la industria. De eso no se dan cuenta a menudo los ecologistas, periodistas y políticos que carecen de formación científica o técnica"<sup>22</sup>.

Con respecto a la participación ciudadana, es necesario destacar algunos casos en que se busca la concertación social al elaborar una legislación sobre el tema. Obviamente es muy distinta la actitud del industrial que debe cumplir límites fijados, del funcionario público encargado de fiscalizar normas, y de la población a través de sus representantes cuando ellos han participado activamente en establecer las normas ambientales y en la búsqueda de soluciones.

Por otra parte, la forma de cómo combatir la contaminación depende del tamaño de las empresas. La pequeña y mediana empresa no parece estar en condiciones de proponer soluciones propias, ni menos tomar el problema en sus propias manos. Se sostiene que es necesario, "por parte de las autoridades locales y el gobierno, determinar qué clase de regulaciones se requieren, cuánto tiempo se requiere para que empiecen a dar algún efecto, y seleccionar el mejor sistema de penalidades e incentivos de concesiones tarifarias, créditos especiales para los bienes de capital, o una combinación de diferentes procedimientos"<sup>23</sup>.

En Chile, durante el gobierno pasado, el tema fue parcialmente discutido gracias a las organizaciones no gubernamentales (ONG), las que se involucraron a través de denuncias, ganando importantes batallas como el caso de los relaves de la mina El Salvador de la

---

<sup>21</sup> Magariños, M.J. 1983. *Lineamientos Generales para una Política Ambiental y Estudio de Caso Preliminar en un País en Desarrollo*. Industria y Medio Ambiente, Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNUMA, París N° 4 (número especial). pp. 53-56.

<sup>22</sup> Koch citado por Magariños M.J. 1983. Id. nota 21.

<sup>23</sup> UNEP. 1987. *Industry and Environment*. UNEP Industry and Environment Office, Paris, 10:

Corporación Nacional del Cobre y su efluente al mar; el proceso contaminante tuvo que detenerse totalmente. En otros casos, las ONG jugaron un papel importante en divulgar el tema en el mundo académico y difundir las investigaciones.

Las nuevas condiciones políticas debidas a la democratización del país han permitido que el tema comience a ser discutido, aunque todavía con poca motivación y poca práctica participativa. El gobierno, el segundo actor, recién ha conseguido la promulgación de una ley que refleja una concepción política sobre el tema; pero aún está lejos de atacar cuestiones tan concretas como las planteadas aquí.

El sector industrial ha evolucionado respecto de posiciones en boga al final del gobierno militar, en que se negaba la validez de principio del que contamina paga, y ha pasado en algunos casos a jugar un papel de vanguardia. En no pocas situaciones esto ocurre más en la palabra que en la acción, pero es un buen avance.

Finalmente, en materia política el tema de la privatización es también importante, y debe tenerse presente la experiencia negativa de Lo Errázuriz, que estuvo a punto de poner en cuestión la propia técnica de los rellenos sanitarios por una experiencia fracasada.

## 5.2. Aspectos Económicos

### 5.2.1. Impacto Económico del Control de la Contaminación

No es evidente que una política ambiental de control a los sectores productivos tenga efectos negativos sobre el desarrollo empresarial e industrial, como se pensaba hasta hace poco, y en efecto la experiencia va demostrando lo contrario.

Según antecedentes difundidos por el Banco Mundial, el problema podría ser expresado de la siguiente manera: "una fuente importante de los nuevos negocios es el control de la contaminación ambiental, particularmente en el proceso de producción de hidrocarburos, el cual captó en 1985 el 12% de los US\$ 3 mil millones invertidos en estos procesos. En la RFA fueron gastados US\$ 50 millones en el control del medio ambiente durante la década de 1971-80<sup>24</sup>. El programa para remover dióxidos de azufre y nitrógeno de los desechos de centrales energéticas creó un mercado de cerca de 20 mil millones de marcos alemanes durante 1986-90<sup>25</sup>.

En Francia, las "ecoindustrias" crearon unos 200.000 empleos, y la aplicación de 200 tecnologías "limpias" en casi la mitad de los casos, habían permitido economizar energía y materias primas. En Dinamarca, el uso de dichas tecnologías entregó beneficios financieros de alrededor del 13% del gasto de inversión en un 44% de los casos. Sin embargo, las tecnologías "limpias" siguen siendo poco aplicadas en la industria<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> Banco Mundial. 1992. *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1992: Desarrollo y Medio Ambiente*. Oxford University Press, Nueva York. 300 pp.

<sup>25</sup> Whitaker, D. 1987. *Bright Future Tinged with Uncertainty*. Development Business 217.

<sup>26</sup> Lykke, E. 1984. *Industria y Medio Ambiente*. Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNUMA, París N° 5 (número especial).

Estimaciones más recientes de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), a nivel mundial, permiten obtener conclusiones como<sup>77</sup>:

- El mercado global de servicios y equipos para la reducción de la contaminación crecerá entre 5 y 6% anual, y alcanzará los US\$ 300 mil millones en el año 2000.
- La venta de tecnologías para control de contaminación cuenta con 1,2 a 1,5% del valor de los bienes y servicios de los países desarrollados, un 80% del mercado mundial.
- Las tecnologías ambientales cuentan hoy con cerca de 2 a 4% del total de inversión en manufacturas en las naciones más ricas.
- El nivel de gastos en investigación y tecnología ambiental de los países de la OCDE es en promedio el 2% del total de los gastos del gobierno en investigación y desarrollo.
- Hay preocupación por el bajo esfuerzo realizado en capacitación de personal técnico.
- Los países de la OCDE se han ubicado de distinta forma en el mercado mundial: los alemanes son más fuertes en tratamiento de aguas, los japoneses en control de contaminación atmosférica y los norteamericanos en tratamiento y limpieza de residuos peligrosos.

A su vez, sin pretender ser exhaustivos, queremos llamar la atención sobre consideraciones de un informe reciente del Banco Mundial<sup>78</sup>:

- Los gastos adicionales de los programas ambientales nacionales, que en muchos casos contribuirían al aumento del empleo y los ingresos, podrían ascender a 2% ó 3% del Producto Interno Bruto de países en desarrollo para finales de los años noventa. Estos gastos cubrirían los sectores de energía, industria y transporte, así como programas ampliados de saneamiento y abastecimiento de agua, conservación de suelos, extensión e investigaciones agrícolas, protección de bosques, planificación familiar y educación femenina.
- En su mayor parte, estas inversiones las pagarán los clientes de empresas privadas y públicas responsables de los daños, y los beneficiarios de la mejora de las condiciones ambientales.
- Las pequeñas empresas son especialmente difíciles de reglamentar o de gravar, ya sea con fines ambientales u otros, y la mayor parte de ellas no están siquiera siendo registradas en las encuestas de establecimientos.

---

<sup>77</sup> Zaracostas. 1992. *Environmental Equipment Sector Set to Surge*. Journal of Commerce.

<sup>78</sup> Id. a nota 24.

- Los primeros pasos del control de la contaminación suelen ser los menos costosos. Es posible eliminar entre un 60% y 90% la contaminación sólo con aumentos pequeños de los costos.

Resulta evidente que el problema de la contaminación y los desechos ya no puede seguir siendo considerado exclusivamente como una carga económica. Está visto que conforma un sector capaz de generar el desarrollo de actividades que por su complejidad e interés se constituyen en factores estimulantes al propio desarrollo, creando un nuevo círculo virtuoso de crecimiento que vincula desarrollo tecnológico, producción de bienes de capital, empleo y disminución de los efectos contaminantes.

Estos elementos sugieren que la industria anticontaminante es una fuente importante de desarrollo industrial y tecnológico. Surgen la pregunta y la inquietud de saber si estaremos en condiciones de aprovechar los mismos efectos dinamizadores sobre nuestra economía.

En resumen, el mayor peso de las actividades ambientales en la economía, resultado de la concreción de las crecientes aspiraciones de la población por vivir en un ambiente sano, ha generado una actividad de servicios ambientales (consultorías e ingeniería) y de fabricación de equipos (bienes de capital) de renovada importancia. Apoyarse en ellas y fomentar su desarrollo constituyen un objetivo de la política ambiental, la cual debe ayudar a generar un mayor interés social y económico por respuestas ambientales por parte de los gobiernos locales y/o nacionales.

### 5.2.2. El Papel de los Instrumentos

En materia de instrumentos para el control de la contaminación, la experiencia es demasiado corta y variada como para sacar una conclusión única. Es evidente que el problema de la eliminación de desechos a ritmos y costos razonables no está resuelto en su totalidad. Existen políticas tecnológicas de aproximación sucesiva para su desarrollo endógeno.

Conviene distinguir el instrumental a utilizar con respecto a los residuos sólidos domésticos del necesario para los residuos industriales. Para los primeros se requiere influir para disminuir su generación, economizar en su transporte y aumentar las alternativas de reciclaje. Para disminuir su generación es necesario actuar sobre la calidad del producto, disminuyendo todo lo que sea superfluo y peligroso. Una de las herramientas o instrumentos más adecuados pareciera ser el sello ambiental otorgado por instancias autónomas de los productores.

Además, y para los mismos efectos, es necesario actuar sobre la norma de calidad, que habitualmente no considera los componentes superfluos de los bienes y su destino una vez que han sido utilizados. Las exigencias del mercado europeo relativas a exportaciones de fruta chilena y su embalaje ilustran esta tendencia. El objetivo perseguido es no generar residuos, lo que trae consecuencias inmediatas en las actividades nacionales que se dedican a la exportación.

En lo que se refiere a la gestión empresarial, la tendencia fundamental es ir hacia la gestión de calidad total, que significa un esfuerzo orientado no sólo al producto final sino

también a todo el proceso productivo. Este objetivo es, desde el punto de vista ambiental, del más alto interés.

Las tarifas de recolección y el manejo del relleno sanitario deben reflejar los costos reales y específicamente deben considerar el volumen de residuos. En Chile la tarifa está incluida en el impuesto de las Contribuciones a los Bienes Raíces, y no establece relación directa con el volumen o cantidad de residuos generados. Es posible seguir innovando, dándole una mayor participación a la comunidad. Este es uno de los temas más conflictivos ya que los generadores de basura quieren minimizar sus gastos, y cada vez son menos las comunidades dispuestas a aceptar rellenos sanitarios en sus límites, por razones subjetivas y objetivas.

Los residuos industriales están sujetos a las mismas restricciones y orientaciones que los residuos domésticos. Sin embargo, aquí aparece un nuevo concepto tecnológico que empieza a ser cada vez más importante, y que consiste en la disminución paulatina de la contaminación hasta llegar a la contaminación cero de los procesos productivos. Esta tendencia se ve reforzada por la necesidad que tienen de una modernización que los haga más competitivos en un mercado crecientemente abierto. Un indicador de esta eficiencia se desprende en relación inversa con la cantidad de residuos que generan las empresas.

Como antecedente adicional es sabido que en América Latina el 95% de las empresas industriales que producen el 65% del producto industrial no tienen acceso real al crédito<sup>29</sup>. Difícil sería pedirles una reconversión industrial, aun cuando fuera un excelente negocio, si es que no se les crean formas adecuadas de acceso al sistema financiero.

### **5.3. Aspectos Jurídicos e Institucionales**

La experiencia internacional demuestra que el marco jurídico institucional de aplicación de la política ambiental es un tema central y de desarrollo complejo, probablemente por dos motivos principales: lo novedoso del tema ha impedido que se decante la experiencia, y ha existido una cierta negligencia en nuestros países por la falsa creencia de que nuestros recursos naturales y espacio son ilimitados, y siempre habrá un lugar para nuestros residuos.

Donde más se ha avanzado en materia jurídica, naturalmente, es en el manejo de residuos peligrosos (tóxicos, combustibles, explosivos, etc.) en países desarrollados, donde detrás de su generación hay comprometidos grandes intereses económicos, principalmente de la industria química. Las reglas y asignación de responsabilidades tienen que estar muy claramente prefijadas, pues en caso de accidentes su impacto es de grandes consecuencias sociales y económicas. Los casos del famoso accidente de la Cambridge en Bophal y Exxon Valdez en Alaska, son ejemplos ilustrativos.

La experiencia acumulada ha permitido elaborar algunos criterios y principios que son de gran importancia y utilidad para el diseño e implementación de las políticas. Algunos de estos principios son el resultado de un detallado análisis en países desarrollados, y han sido

---

<sup>29</sup> Fajnzylber, F. 1992. *El Enfoque Empresarial del Desarrollo Sustentable en América Latina*. Reunión CEPAL/BCSD, LC/IN 130, Santiago.

aceptados internacionalmente, constituyéndose en recomendaciones de las Naciones Unidas para su aplicación.

El principio de "quien contamina paga" es la base de todo el ordenamiento jurídico de los países desarrollados, y en alguna medida de los nuestros. El principio "de la cuna a la tumba" es esencial para asegurar que el generador de los residuos responda por el control en todo su ciclo de vida. La no aplicación de ambos principios implica continuar con la situación en que la comunidad debe asumir los costos ambientales de las actividades productivas. Esta situación no es compatible con los objetivos de "modernidad", que exigen que las externalidades sean recibidas y cobradas por los causantes.

El principio de desarrollo sustentable, que busca asegurar el desarrollo de las generaciones futuras en un ambiente sano, es un criterio que refuerza los anteriores.

El principio precautorio permite que la autoridad actúe sin tener que demostrar científicamente la sensatez de su accionar. Sin este principio, el fiscalizador quedaría atado de manos. La demostración científica de la inocuidad de sus residuos es responsabilidad del emisor.

Estos y otros principios están comenzando a ser aplicados en nuestros países, pero las realidades económicas y sociales son diversas, de modo que deberá darse un proceso de adaptación complejo. Los intereses de los sectores sociales y las prioridades de los gobiernos son diferentes.

Los aspectos institucionales son también de gran interés. En la Conferencia de Estocolmo, en 1972, sólo 26 países tenían agencias nacionales vinculadas al tema, y diez años después 144 países lo habían hecho. Este crecimiento ha sido acompañado de un incremento de más de 5.000 ONG relacionadas con problemas ambientales, muchas de ellas ubicadas en países en vías de desarrollo. Una encuesta reciente entre población involucrada en los problemas de protección ambiental, en 72 países en vías de desarrollo, mostró que una gran proporción (88%) pensaba que los esfuerzos de protección actual eran inadecuados; la misma relación para los países desarrollados era del 55%\*.

En algunos países se han creado ministerios conjuntos de medio ambiente y vivienda o recursos naturales, o comisiones interministeriales. En otros países se ha creado ministerios de medio ambiente (Venezuela e Indonesia), y también hay consideraciones ambientales en los planes nacionales. Existen estándares de calidad en un número importante de países, al igual que procedimientos para evaluar el impacto ambiental".

---

\* World Environment Center. 1983. *World Environment Handbook*, New York.

" Gladwin, T.N. 1987. *Environment, Development and Multinational Enterprise*. En: Pearson C. (ed.). *Multinational Corporations, Environment and the Third World*. World Resource Institute, Durham.

## 5.4. Aspectos Tecnológicos: hacia una solución industrial del problema de los residuos

### 5.4.1. Alternativas de Tratamiento y Disposición

Es difícil disponer de valores en América Latina y el Caribe sobre la magnitud del problema de los desechos industriales, y con mayor razón sobre los recursos comprometidos en su solución. Las alternativas disponibles son básicamente dos: i) rellenos sanitarios controlados para residuos domésticos e industriales (en este caso con controles especiales), y ii) sistemas de incineración y pirólisis, que se justifican para los residuos peligrosos tóxicos, pero su dificultad es económica, ya que para magnitudes pequeñas los sistemas son demasiado caros. Como ejemplo, en el Reino Unido la capacidad autorizada de almacenamiento en rellenos sanitarios varía de 10.000 a 200.000 ton/año, considerablemente más alto que la capacidad máxima de una planta de incineración típica, que es aproximadamente 20.000 ton/año<sup>2</sup>.

La experiencia muestra que la incineración, único medio de destrucción directa, tiene la desventaja de no ser adecuada para cierto tipo de desechos, y genera productos gaseosos tóxicos y partículas no incineradas.

Existen diversos tipos de hornos experimentales que buscan incorporar sistemas que impidan el aporte de contaminantes atmosféricos (humos). En Chile la basura contiene alrededor de 72% de humedad y más de 60% de materia orgánica, confiriéndole un bajo poder calorífico<sup>3</sup>. En el caso de Santiago, el poder calorífico es de menos de 1.000 kcal/kg de basura, lo que le impide ser autocombustible para un proceso de incineración, a menos que se incurra en altos costos de energía externa<sup>4</sup>.

En términos relativos, los costos de incineración son aproximadamente dos veces y media más altos que los de relleno sanitario<sup>5</sup>. Los graves problemas de los incineradores han llevado a desarrollar la pirólisis, en que sólo una fracción de la basura se quema, aprovechando el calor generado para destilar el resto de los desechos. La basura se quema a altas temperaturas, en ausencia de oxígeno, y se obtiene una fracción líquida, otra sólida, gases, brea, carbón, alcoholes, etc. Con ello se obtienen aceites y gases combustibles, pero es un proceso costoso y de alta tecnología, y las plantas existentes son aún experimentales.

---

<sup>2</sup> Pearce, P. 1983. *Relleno Sanitario: ¿Opción a Largo Plazo para la Eliminación de Residuos Peligrosos?* Industria y Medio Ambiente 4 (Número especial). pp. 58-63.

<sup>3</sup> CEPAL. 1991. *Marco Global para la Formulación de Políticas para el Control y Fiscalización de la Contaminación Industrial y Urbana en América Latina*. LC/R.981, Santiago. pp. 29-31.

<sup>4</sup> Peña, V. 1990. *Contaminación Encubierta*. Masterclub, Santiago. pp. 27-30.

<sup>5</sup> Id. a nota 32.

Algunas alternativas orientadas a usar los hornos de plantas de cemento se han estudiado y se están llevando a la práctica en países como Noruega, Alemania, Estados Unidos y Canadá<sup>14</sup>. Existen estudios de factibilidad para la instalación de estos procedimientos en dichos hornos en países del Tercer Mundo, como Malasia, y los resultados teóricos parecen promisorios. En el caso chileno es posible que una alternativa igualmente interesante sean las fundiciones de cobre.

#### 5.4.2. El Subproducto de los Rellenos Sanitarios

El método del relleno sanitario no impide el reciclaje de algunos de los productos que puedan venir en la basura. Se ha intentado recuperar el calor para generar energía eléctrica o para calefacción, pero no se obtienen condiciones económicas convenientes. Actualmente se aplica con cierta deficiencia en la disposición de residuos hospitalarios, por la presencia de agentes patógenos<sup>15</sup>. Para aprovechar las energías residuales, la organización del relleno es un típico desafío de tipo industrial, y el proceso de biodigestión requiere de un manejo cuidadoso.

Entre los rellenos sanitarios de Lo Errázuriz y Cerros de Renca se recupera un promedio de 3 millones de m<sup>3</sup> de biogás (gas metano), de un poder calórico del orden de 4.500 kcal/m<sup>3</sup>. Este biogás es mezclado con gas de petróleo y distribuido a través de la red de tuberías de la ciudad para consumo doméstico, llegando a cubrir entre el 18 y 20% de la demanda total<sup>16</sup>.

Actualmente se encuentra en desarrollo, con la participación del sector salud y las universidades, la investigación de alternativas de utilización de biogás en localidades de tamaño medio que no cuentan con red de distribución de gas<sup>17</sup>.

#### 5.4.3. El Reciclaje

La concepción de la operación del relleno sanitario lo hace incompatible con el reciclaje en el lugar, por lo que hay dos alternativas: o se organiza a partir de una primera selección y clasificación en los hogares, antes del transporte, o bien se crea un centro de separación en las instalaciones mismas del relleno sanitario.

Existen diversas formas de aplicar el reciclaje. En los países desarrollados existen plantas sofisticadas que separan en forma totalmente mecánica los componentes de la basura. El método más común, sin embargo, consiste en colocar la basura en una cinta transportadora y separar manualmente los materiales recuperables.

---

<sup>14</sup> Viken, W. y P. Waage. 1983. *Tratamientos de Residuos Peligrosos en Hornos de Fabricación de Cemento, de acuerdo con un Programa Descentralizado: la Experiencia Noruega*. Industria y Medio Ambiente 4 (número especial). pp. 76-81

<sup>15</sup> Id. a nota 15.

<sup>16</sup> Id. a nota 15.

<sup>17</sup> Arellano, J., J. Monreal y M. Squella. 1990. *Aprovechamiento del Biogás de los Rellenos Sanitarios por la Industria - Caso de Rancagua*. RETAMA. pp. 31-40.

En Chile las experiencias están limitadas muy parcialmente al plástico, papeles y cartones y vidrios, elementos que son retirados por los cartoneros o cachureros en las puertas de los domicilios, generando nuevos problemas de higiene ambiental y riesgos de salud para quienes ejecutan el trabajo.

Los desechos plásticos actualmente procesados son del orden de las 23 mil ton/año, mientras que la producción de basuras es del orden de 2,3 millones de ton/año<sup>10</sup>.

En relación con el papel, según los industriales del sector, el 52% del papel desechado se recicla en el país, porcentaje superior al logrado en países desarrollados como Alemania (39%), Austria (34%) y Canadá (7%). Esta actividad da trabajo a 12.500 personas, desde recolectores, transportistas y personal de plantas receptoras, ubicadas en 10 ciudades desde Arica a Temuco. Cerca de 170 mil ton al año de papel y cartón se reciclan en Chile, y alrededor del 60% se realiza en las plantas de la Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones<sup>11</sup>.

En relación con el vidrio, desde hace algunos años en Chile se están reciclando los envases de vidrio rotos. La importancia de este reciclaje es que por cada tonelada de vidrio reutilizado se ahorra más de una tonelada de recursos naturales. En este proceso, además, se reduce en más del 15% la contaminación producida al obtenerlo de materias primas naturales, y se necesita un 30% menos de energía<sup>12</sup>.

Si bien las cifras están llenas de optimismo, no hay que olvidar que las condiciones de trabajo de la población que obtiene los productos para reciclar constituyen un problema social importante. En la Región Metropolitana de Santiago se estima una cantidad de 30.000 personas, de los sectores más pobres de la ciudad, que se dedican a esta actividad como trabajo y fuente de ingreso. Un medio de enfrentar este problema social es la creación de proyectos para crear microempresas de trabajadores asociados, incorporándolos al sistema laboral<sup>13</sup>.

#### 5.4.4. El Compostaje

Cuando la basura fermenta en presencia del aire, su temperatura sube a unos 70° C, con lo que mueren los organismos patógenos, y queda un material pulverulento llamado *compost*, que puede usarse como mejorador del suelo. A veces se habla de un abono, pero abonos son sustancias que devuelven al suelo los elementos consumidos por la cosecha, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. El contenido de estos nutrientes en el *compost* es muy bajo, por lo que se requerirían cantidades enormes para reemplazar los abonos químicos. En suelos arcillosos, en cambio, el *compost* los esponja, mejorándolos para su uso agrícola, y

---

<sup>10</sup> Jorquera, P. 1991. *Envases y Etiquetas*. El Mercurio, Santiago, 10 de septiembre.

<sup>11</sup> CIPMA. 1991. *El Desafío de la Basura*. Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente (CIPMA). Las Últimas Noticias, Santiago.

<sup>12</sup> Qué Pasa. *Reciclaje de Vidrio*. Santiago, 30 de septiembre de 1991.

<sup>13</sup> La Nación. 1991. *Pareto Seguirá Cerrando Basurales*. Santiago, 31 de agosto de 1991.

en suelos arenosos permite una mejor retención del agua. En consecuencia, habrá mercado para el *compost* sólo si el tipo de suelos de la zona es de las categorías indicadas.

Las plantas de *compost* pueden ser de tipo mecanizado, en que la mezcla de la basura con aire se hace en tambores giratorios o en torres con un sistema de bandejas, o de fermentación al aire libre, en que los desechos se amontonan en el suelo, siendo removidos con *bulldozers* para obtener su aireación. En cualquiera de los sistemas hay que agregar elementos mecánicos para harnear el producto y eliminar el vidrio, metales y otras sustancias indeseables. El costo de las plantas es bastante alto, lo que dificulta la venta del *compost* por el alto precio que resulta.

En Chile, durante 1971 la Corporación de Fomento de la Producción instaló en la ciudad de Antofagasta una planta de compostaje de segunda mano, donde se procesó por un período de tres años la basura de las localidades más cercanas; por razones económicas y culturales no se generó la demanda esperada del producto“.

---

“ Id. a nota 34.

261  
-  
**Capítulo 13**

***Salud Humana y Medio Ambiente en Chile***

***Luis Martínez O.***

***Ministerio de Salud***

## CAPITULO 13. SALUD HUMANA Y MEDIO AMBIENTE EN CHILE

Autor: Luis Martínez O., Ministerio de Salud

### 1. Introducción

La relación entre la salud individual y colectiva con el medio que rodea a los grupos humanos ha sido un fenómeno captado desde muy antiguo por quienes deben dar atención a los que sufren dolor, limitación o incapacidad por la presencia de una enfermedad. Las relaciones de causa-efecto entre ambos componentes surgen a veces con una fuerte evidencia empírica. Este es el caso de las afecciones de carácter agudo que se precipitan por desequilibrios, alteraciones o contaminación del medio ambiente. Entre ellas se encuentran la exacerbación de afecciones respiratorias por contaminación atmosférica y las enfermedades gastrointestinales por contaminación microbiológica de agua y alimentos, entre otras. En otras ocasiones la relación no es inmediatamente evidente y existe un tiempo de latencia, a veces de años. Ejemplos de esta situación son el efecto cancerígeno de sustancias contaminantes de diversos recursos y el aumento de radiación ultravioleta y su relación con afecciones oculares (cataratas) y cánceres de piel.

Estas y otras asociaciones han encontrado explicación científica en la investigación biomédica de carácter básico y epidemiológico. La observación epidemiológica nos permite señalar que a través del tiempo el perfil de morbilidad ha experimentado modificaciones, muchas de ellas derivados precisamente de los cambios ambientales y de la transformación del contexto sociodemográfico.

El acelerado proceso de urbanización trae consigo un gran número de enfermedades, originadas por el desempleo, la vivienda precaria, la congestión vial, la contaminación atmosférica, la acumulación creciente de desechos domésticos e industriales, etc. También se producen y fomentan estilos de vida negativos para la salud, como el consumo de tabaco, el sedentarismo y la sobreutilización del transporte en automóvil. Se establece así una relación que reafirma la concepción integral y moderna que plantea la salud ambiental, lo cual sugiere que un entorno saludable sustenta y mantiene un modo de vida saludable y viceversa.

Los temas de este capítulo son los que desde un punto de vista de salud pública tienen una mayor relevancia y urgencia en el país, con particular énfasis en algunos problemas y aspectos de salud ambiental que se denominan emergentes. Los principales temas a tratar son la contaminación atmosférica, en especial la que afecta la Región Metropolitana de Santiago, la contaminación microbiológica y química de alimentos, el problema de los residuos sólidos, la contaminación de las aguas y, finalmente, los efectos sobre la salud humana de la reducción de la capa de ozono. Existen por cierto innumerables otras situaciones de riesgo ambiental, pero en general su magnitud es más reducida o más localizada.

## 2. Contaminación Atmosférica

El problema de la contaminación atmosférica es quizás uno de los más relevantes, tanto por su gravedad como por su percepción por parte de la comunidad. Los conceptos y análisis que se entregan están generalmente referidos a la ciudad de Santiago, por ser el lugar más intensamente afectado, pudiendo extrapolarse a otras zonas del país, especialmente las con mayor grado de industrialización (V Región de Valparaíso y VIII Región del Biobío). En esta sección se considera que existe contaminación atmosférica cuando el aire contiene impurezas en concentraciones dañinas para la salud del hombre o los animales, o es capaz de causar una pérdida de bienestar mediante la acumulación de polvo, suciedad, emanación de olores desagradables, disminución de rayos solares, etc.

Antes de abordar la relación entre contaminación atmosférica y salud, parece necesario recordar que ésta tiene consecuencias a nivel ecológico global, implicando entre otros daños el referido al ambiente vegetal y animal, e incluso a la cultura. Es así como el fenómeno de la lluvia ácida producida por la emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) a la atmósfera, por procesos industriales, es un problema que preocupa actualmente a importantes regiones del mundo, y afecta fundamentalmente a las aguas de lagos y ríos.

Para analizar la relación de la contaminación atmosférica con la salud del ser humano es necesario precisar lo que constituye su efecto adverso. Esto ha sido discutido en la literatura, pudiendo hacerse una larga lista de posibles efectos adversos, como puede observarse en la Tabla 13.1, donde se anotan sólo los efectos sobre el sistema respiratorio.

<b>Tabla 13.1</b>	
<b>Efectos Adversos sobre el Sistema Respiratorio</b>	
1.	Aumento de mortalidad
2.	Aumento en incidencia de cáncer
3.	Aumento en frecuencia de crisis asmáticas
4.	Aumento en incidencia de infecciones del tracto respiratorio inferior
5.	Exacerbación de la enfermedad en personas con patología cardiopulmonar crónica
6.	Reducción del volumen espiratorio forzado del primer segundo o capacidad vital forzada asociados con síntomas clínicos
7.	Aumento de la prevalencia de sibilancias
8.	Aumento de la prevalencia e incidencia de dolor torácico
9.	Aumento de la prevalencia e incidencia de tos-expectoración que requiere atención médica
10.	Infecciones agudas del tracto respiratorio superior que interfieren con la actividad normal
11.	Infecciones agudas del tracto respiratorio superior que no interfieren con la actividad normal
12.	Irritación de ojos, nariz y garganta

La Sociedad Americana de Tórax define los efectos adversos sobre la salud respiratoria como cambios fisiológicos o patológicos medicinalmente significativos, generalmente evidenciados por uno o más de los siguientes puntos: a) interferencia con la actividad normal de las personas afectadas, b) enfermedad respiratoria episódica, c) enfermedad incapacitante, d) daño respiratorio o permanente, y/o e) disfunción respiratoria

progresiva. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos considera que la irritación de los ojos, nariz y garganta, asociada con la exposición al *smog* fotoquímico no tiene importancia médica y no es un efecto adverso sobre la salud, entrando en el terreno del bienestar. Sin embargo, si esta irritación gatilla o contribuye a una crisis asmática, es un efecto adverso.

Para entender el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud hay que considerar tanto estudios epidemiológico-estadísticos como médico-biológicos y de experimentación en laboratorio. También es necesario tomar en cuenta las variaciones individuales dentro de la población y ciertos subgrupos de ella que son más susceptibles. Se ha optado por entregar una conceptualización ordenada y lógica del problema para describir los principales elementos o componentes de la contaminación atmosférica y sus efectos aislados basados en estudios clínicos y experimentación en animales.

## 2.1. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) se combina con la hemoglobina (Hb) de la sangre formando carboxihemoglobina (COHb), siendo 200 a 300 veces más afín por la hemoglobina que el oxígeno, por lo que disminuye el transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos. Esta disminución puede afectar el sistema cardiovascular, siendo especialmente peligrosa cuando hay alteraciones previas de la función miocárdica. Existe evidencia además de que el CO puede favorecer la arteriosclerosis, especialmente a nivel coronario; situación muy delicada en los fumadores. Existen diversos trabajos que dan cuenta de los efectos del CO sobre el organismo a diferentes niveles de concentración en la atmósfera (ver Tabla 13.2). En general se considera de riesgo una concentración de carboxihemoglobina en la sangre de 4% o más, la que se alcanza con exposiciones a niveles de CO en el ambiente de 25 ppm en 24 horas o de 100 ppm en 1 hora.

**Tabla 13.2**  
**Efectos de la Exposición Continua a Varios Niveles de**  
**Monóxido de Carbono (CO)**

Nivel de CO (ppm)	% de COHb alcanzado	Efectos sobre el organismo humano
10	2	Alteración de la percepción visual
100	15	Cefalea
250	32	Pérdida de conciencia
750	60	Muerte después de algunas horas
1.000	66	Muerte rápida (en minutos)

## 2.2. Partículas en Suspensión

El efecto de las partículas depende de su tamaño, es decir, de los que se denomina la fracción respirable  $< 10 \mu\text{m}$ , destacando las partículas  $< 2 \mu\text{m}$ , que son capaces de llegar hasta los alvéolos, de donde no pueden salir.

Las partículas afectan fundamentalmente el árbol respiratorio (efectos irritativos y

broncoconstrictores) y mucosas (conjuntivas de los ojos), y depende no sólo de las partículas en sí, sino del tipo de sustancias tóxicas absorbidas en la superficie del material particulado, que en el caso de Santiago son plomo, sulfatos, hidrocarburos aromáticos polinucleares y hollín. Cabe señalar que las concentraciones de sulfatos y plomo sobrepasan las normas de referencia de Estados Unidos.

### 2.3. Dióxido de Azufre

Es difícil caracterizar sus efectos sobre el organismo humano, ya que su acción podría potenciarse con humos, ozono ( $O_3$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), material particulado, polen y otros agentes broncoconstrictores. En todo caso se sabe que es un potente broncoconstrictor, tanto en personas sanas como en pacientes con asma, estos últimos mucho más sensibles. El ejercicio físico aumenta este efecto, ya que al aumentar la ventilación aumenta el  $SO_2$  inhalado, siendo suficientes concentraciones aún de 0,25 a 0,5 ppm.

### 2.4. Dióxido de Nitrógeno

El  $NO_2$  es parcialmente responsable del tinte pardusco asociado a la contaminación atmosférica, aunque la mayor fuente de coloración y de disminución de la visibilidad es el material particulado. Es también un contaminante importante al interior de las viviendas donde se utilizan aparatos a gas (*e.g.*, cocinas y estufas). El  $NO_2$  causa broncoconstricción inespecífica tanto en asmáticos como en sanos, y aumenta la reactividad inespecífica de la vía aérea, produciendo un aumento de las enfermedades respiratorias, bajos niveles de función pulmonar y aumento en la frecuencia de infecciones del tracto respiratorio inferior.

### 2.5. Oxidantes Fotoquímicos

El  $O_3$  es el compuesto más representativo de los oxidantes fotoquímicos. La inhalación de estos compuestos también causa broncoconstricción en magnitud similar, tanto en personas sanas como asmáticas. La exposición aguda a oxidantes fotoquímicos también aumenta la reactividad inespecífica de la vía aérea y, en este sentido, induce o exacerba el asma.

### 2.6. Estudios Epidemiológicos

Las condiciones reales en que se constituye la presencia de los contaminantes analizados es compleja y a veces sinérgica, y son prácticamente imposibles de reproducir en forma experimental, por lo que los estudios epidemiológicos son fundamentales. Por otra parte éstos deben considerar tal cantidad de variables que muchas veces sus resultados no son lo suficientemente concluyentes, aunque aportan datos importantes.

Los niños constituyen un excelente grupo de estudio, ya que generalmente no fuman ni están expuestos a contaminantes laborales. Estudios extranjeros utilizando grupos infantiles han sido los más concluyentes en demostrar tanto la aparición de efectos deletéreos en el sistema respiratorio a determinados niveles de contaminación, como la disminución de los efectos al implementar medidas para reducirla.

Muchos estudios comparativos han demostrado que la prevalencia de síntomas y resultados de pruebas de la función respiratoria son peores en áreas de mayor contaminación

independiente del sexo y del tabaquismo, sugiriendo que la exposición a largo plazo produce un daño medible.

En Chile el trabajo de investigación más importante es de Ara-Seebla - Consecol, iniciado en 1988 con auspicio de la Intendencia de la Región Metropolitana. Se utilizaron dos modelos epidemiológicos complementarios entre sí: el Modelo Ecológico, con el cual se comparó un grupo de personas representativas de la población de Santiago, con otro de una ciudad control con menores niveles de contaminación (Los Andes, V Región de Valparaíso), y el Modelo de Exposición, con el cual se compararon los sujetos incorporados al estudio consigo mismos. En el caso de los niños se concluyó que los de Santiago enfermaban mucho más y tenían un deterioro pequeño, pero significativo, en su función respiratoria, siendo posible que esto se deba a la contaminación atmosférica. El estudio también mostró que no sólo había más síntomas de enfermedades respiratorias en escolares de Santiago sino que el síntoma seguía paralelamente al nivel de contaminante. En cuanto a la morbilidad, se pudo establecer que había tres grandes patologías respiratorias que aparecían en exceso en Santiago: enfermedades inflamatorias de la vía aérea superior, accesos de asma bronquial y neumopatías.

Por otra parte, los expertos señalan que no es necesario demostrar epidemiológicamente los efectos adversos antes de concluir que ocurrirán. Muchos de ellos ocurren en corto tiempo, como los ataques de asma. Efectos como el de los oxidantes fotoquímicos aumentan la isquemia en pacientes coronarios, lo que se manifestará como angina y quizás en infartos agudos del miocardio.

## 2.7. Grupos de Riesgo

Los efectos de los diferentes tipos de contaminantes y la frecuencia con que en el año se alcanzan niveles inaceptables permiten inferir que los grupos de la población particularmente afectados son los menores de 5 años, los enfermos respiratorios obstructivos, los enfermos cardiovasculares (coronarios), los senescentes y las embarazadas.

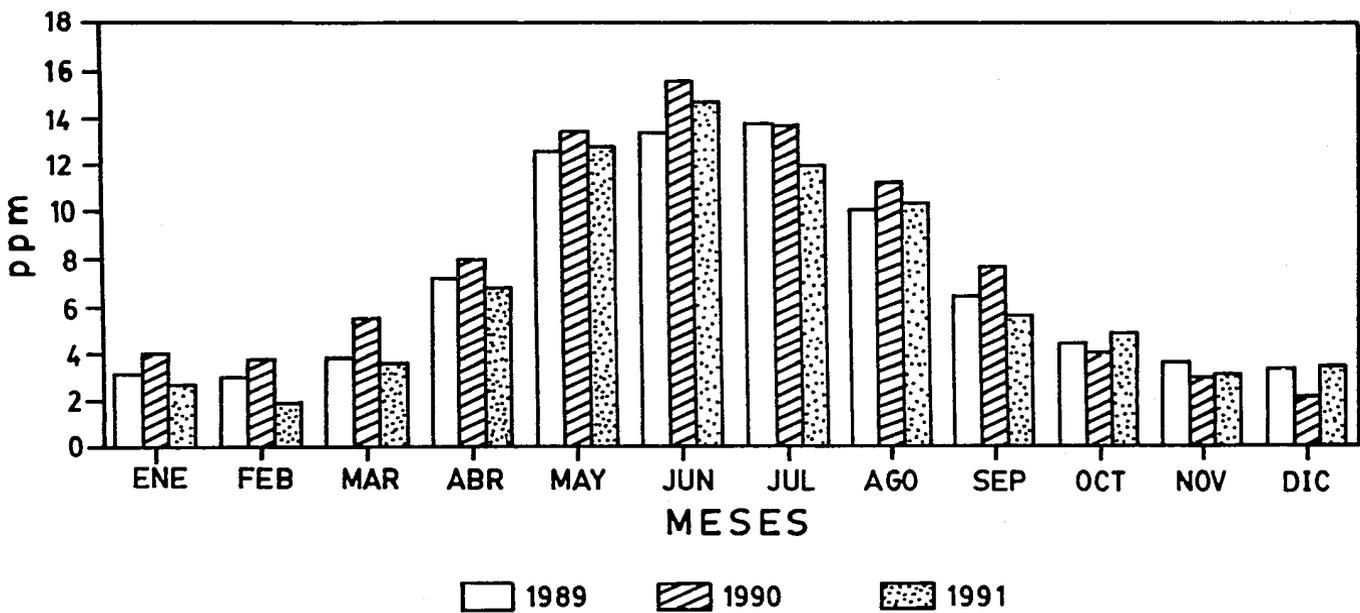
El CO en Santiago es uno de los contaminantes más importantes. Las embarazadas y los enfermos con patología coronaria son uno de los grupos de más alto riesgo. Los enfermos respiratorios crónicos son los más perjudicados por los altos niveles de partículas.

En Santiago la interacción entre las emisiones de contaminantes y las variables atmosféricas y climáticas determina que en invierno, en forma frecuente, se elevan los niveles de CO, especialmente en la zona céntrica, y los niveles de material particulado en forma más homogénea en la ciudad. En verano tanto el CO como las partículas se mantienen en general en niveles aceptables, elevándose los niveles de O<sub>3</sub>.

Los niveles alcanzados por el CO (promedios mensuales) se muestran en la Figura 13.1 para el período 1989-91. Las autoridades han definido tres niveles en relación a la decisión de medidas a adoptar según la calificación del Índice de Calidad del Aire en función de gases (ICA) y partículas (ICAP): a) nivel de alerta (ICA-ICAP 100 a 300), b) nivel de preemergencia (ICA-ICAP 300-500), y c) nivel de emergencia (ICA-ICAP > 500). Las

medidas las define en todos los casos de Comisión Especial de Descontaminación de la Región Metropolitana en coordinación con el sector salud.

**Figura 13.1**  
**Promedios Mensuales de Monóxido de Carbono (CO) en Santiago**  
 (máximos de estaciones A, B, C, D, M)



### **3. Residuos Sólidos y Salud Humana**

#### **3.1. Consideraciones Epidemiológicas con Respecto a los Residuos**

Residuo es todo aquel material cuyo propietario o productor considera que no tiene valor suficiente como para conservarlo. El desarrollo de toda actividad humana presupone la producción, en mayor o menor medida, de algún tipo de residuo, sean éstos sólidos, líquidos o gaseosos, o alguna combinación de ellos. En términos generales, los residuos sólidos son los que por sus características físicas (casi siempre su bajo contenido de humedad) no tienen la propiedad de fluir libremente.

Los residuos sólidos urbanos son todos aquellos que produce la actividad propia de una ciudad, e incluyen los residuos domésticos, industriales, patológicos y provenientes de la limpieza de calles, plazas, jardines, etc. Su manejo comprende varias etapas: acumulación, recolección, transporte, tratamiento y disposición. Cada una de estas etapas plantea problemas ambientales o de salud específicos.

En nuestro país la etapa de acumulación corresponde efectuarla al propio productor de acuerdo a las indicaciones y exigencias que hayan formulado las autoridades competentes. Las etapas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final son responsabilidad de las municipalidades (Código Sanitario, DFL N° 725/67 y Ley Orgánica de las Municipalidades, DL N° 1289/76).

La naturaleza y composición de los residuos sólidos urbanos es variable y depende del tipo de actividad del que provengan. Estas características determinan las modalidades y precauciones con que deberán ser manejados para evitar la generación de problemas ambientales y de salud que puedan afectar a la comunidad.

Los principales problemas que pueden generar los residuos domésticos están relacionados con la contaminación directa del agua, aire y suelo, y con la presencia de vectores sanitarios cuyas actividades y hábitos representan peligros graves para la salud.

#### **3.2. Vectores Sanitarios**

Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas del manejo de los residuos sólidos. En nuestro país los más importantes son las moscas, cucarachas o baratas, ratas, ratones y pulgas.

La mosca es un insecto de hábitos particularmente apropiados para la transmisión mecánica de enfermedades. Se la considera responsables de la transmisión de al menos 20 enfermedades importantes, y en Chile se reconoce su papel en la transmisión de enfermedades graves como la fiebre tifoidea e infecciones intestinales producidas por microorganismos del tipo salmonela. La diarrea infantil y otras afecciones digestivas del lactante experimentan un aumento extraordinario en los meses de calor, coincidentes con el gran número de moscas que invaden los hogares. Su combate radica fundamentalmente en medidas de saneamiento preventivo, que impidan su acceso a medios donde se alimenta o reproduce (basurales, letrinas, estiércol, etc.), complementadas con el uso de plaguicidas.

Las cucarachas o baratas están representadas en Chile por tres especies domiciliarias que viven en lugares donde existe calor, humedad y alimento, como cocinas, despensas, bodegas de alimentos y sitios donde se acumula basura. Pueden transportar agentes patógenos como bacterias, quistes y huevos de parásitos, sobre la superficie de su cuerpo o por su tubo digestivo, eliminándolos a través del vómito o la defecación. Su control se basa en un buen conocimiento de su biología y hábitos, siendo de primera importancia el aseo y limpieza general, la disposición de basuras en recipientes tapados, etc.

La rata y el ratón intervienen en la transmisión al hombre de enfermedades de gran importancia epidemiológica como tifus murino y peste a través de las pulgas del animal; leptospirosis por contacto directo o indirecto con roedores infectados, o con su orina; salmonelosis, enfermedad intestinal que se propaga por la contaminación de alimentos con heces de rata que contienen bacterias, etc. Las medidas de control se relacionan con mejoras en el saneamiento, empleo de recipientes cerrados para depositar desechos, almacenamiento adecuado de comestibles, evacuación y disposición de residuos en forma sanitaria, y eliminación de refugios.

Las pulgas transmiten dos enfermedades graves: la peste bubónica y el tifus murino. La destrucción de pulgas se efectúa usando insecticidas de efecto persistente y manteniendo en buenas condiciones de limpieza y saneamiento el hogar y los lugares públicos.

### 3.3. Situación al Año 1990

Respecto a la situación de la recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos (al 31 de diciembre de 1989), las localidades urbanas en el país que cuentan con servicios de recolección de residuos sólidos suman 364; en el 92% de ellas el servicio de recolección se entrega con una cobertura superior al 80%, en el 1,6% de los casos dentro del 80% al 50%, y en el 6,3% de los casos es inferior al 50%. Lo anterior se traduce en que el 98,5% de la población urbana del país dispone de recolección de residuos sólidos. De las 364 localidades con servicios de recolección, sólo 121 realizan disposición sanitaria, aunque el 66,8% de ellas dispone sus residuos en basurales a cielo abierto. No obstante, la población cubierta por los 121 servicios con sistemas de disposición final asciende al 70,5% del total, situación en la cual la ciudad de Santiago gravita fuertemente.

La posible relación entre una inadecuada o deficiente disposición final de los residuos sólidos y el daño a la salud humana podría producirse por vías de relación indirectas, mediante la presencia de insectos o roedores, que potencialmente pudiesen trasladar enfermedades hacia la población más expuesta. Sin embargo, en el caso de los rellenos sanitarios adecuadamente manejados no hay evidencias empíricas o científicas que demuestren la asociación con enfermedades.

No obstante lo señalado, la cercanía de sectores poblacionales a los vertederos o rellenos sanitarios ha suscitado periódicas quejas por olores pestilentes, provenientes de un manejo inadecuado de líquidos percolados, provocando un deterioro de la calidad de vida de la población cercana. Igualmente, en algunos de estos rellenos su explotación produjo el escape hacia conductos de alcantarillado de gas metano, causando situaciones de peligro y riesgo en la vecindad. Existen desafíos importantes para lograr métodos de manejo cada vez

mejores, ubicar los rellenos en lugares con un balance costo-beneficio apropiado e informar y educar a los involucrados en el uso y correcto empleo de esta solución sanitaria.

Merece una mención aparte la existencia de microbasurales y de basurales clandestinos, que hace necesaria una labor estrecha entre la municipalidad y la comunidad organizada para tomar conciencia, educar y generar conductas que contribuyan al mejoramiento del ambiente comunitario.

### **3.4. Aspectos Ambientales y de Salud Relacionados con las Diferentes Etapas del Manejo de los Residuos Sólidos**

#### **3.4.1. Acumulación**

Los principales inconvenientes sanitarios derivados de una acumulación inadecuada de residuos se relacionan con la atracción y creación de hábitat adecuados para la sobrevivencia de moscas, cucarachas y roedores. Una frecuencia de recolección adecuada y regular es condición previa para el buen funcionamiento de cualquier sistema de acumulación.

#### **3.4.2. Recolección y Transporte**

Los accidentes, enfermedades infecciosas y otras enfermedades de tipo laboral a que está expuesto el personal de recolección y transporte son importantes. En términos generales el riesgo de accidentes será función del tipo de actividad, naturaleza del material manipulado y medidas de protección adoptadas. El personal de recolección enfrenta riesgos de traumatismos (cortaduras, fracturas, lesiones en extremidades superiores e inferiores) durante la manipulación y de accidentes por atropellamiento en la vía pública. Diversos investigadores en varios países consideran que estas labores están entre las de más alto riesgo respecto de la ocurrencia de accidentes.

#### **3.4.3. Disposición Final y Tratamiento**

Cuando se disponen los residuos en forma inadecuada son frecuentes los problemas de salud en el personal de operación, la contaminación del agua, aire y suelo, y la infección de animales domésticos. La disposición incontrolada de residuos casi siempre está aparejada con la aparición de "cachureros", cuya actividad se desarrolla en las peores condiciones sanitarias, exponiéndose ellos y la comunidad a altos riesgos de salud al servir de vehículo de retorno del material contaminado. Este tipo de recuperación de materiales debe ser evitado bajo cualquier circunstancia.

La contaminación del agua subterránea y cursos superficiales que atraviesan lugares de disposición ilegales es en muchos casos irreversible, llegando a inutilizar capas subterráneas situadas a gran distancia. En nuestro país esto ha ocurrido en varias ocasiones. Los Servicios de Salud deben llevar a cabo un seguimiento exhaustivo de la calidad del agua subterránea en las inmediaciones de rellenos sanitarios, a través de indicadores como cloruros, nitratos, nitritos, metales pesados y conductividad.

Finalmente, la quema voluntaria de basuras y los incendios en basurales tiene como consecuencia una importante contaminación del aire, y Santiago, por su ubicación y características meteorológicas, ha tenido en ocasiones ejemplos dramáticos.

#### **4. Contaminación de los Alimentos**

##### **4.1. Control de los Alimentos**

Los criterios esenciales para evaluar la calidad de los alimentos son su valor nutritivo, inocuidad y conservabilidad. Un alimento no es apto para el consumo humano cuando es nocivo para la salud, y esto ocurre cuando está contaminado, alterado y/o adulterado. La nocividad de un alimento no sólo se determina por la presencia de contaminación biológica y química, sino también por compuestos que existen naturalmente en el mundo vegetal y animal, que al sobrepasar los niveles aceptables se transforman en una amenaza para el hombre.

En Chile todos los alimentos están sujetos a la fiscalización de la autoridad sanitaria, de manera que cumplan con las normas reglamentarias del país (Reglamento Sanitario de los Alimentos, Decreto Supremo N° 60/1982) en cuanto a su producción, elaboración, envase, almacenamiento, distribución, venta e importación.

##### **4.2. Contaminación Química**

La producción y elaboración de alimentos sanos está íntimamente ligada a la agricultura, que usa para sus cultivos pesticidas y fertilizantes de origen químico y en su mayor parte considerados peligrosos, como los pesticidas clorados (DDT, Aldrín, Endrín, Heptacloro, etc.) que la autoridad sanitaria y agrícola han debido prohibir. La alta persistencia de algunos de estos productos como DDT en los suelos y agua (alrededor de 30 años) no aseguran su ausencia en los alimentos, leche, carne y grasa animal. Otro tanto se debe agregar respecto a los fertilizantes, especialmente los nitrogenados, que son absorbidos por las plantas. El recurso pecuario resulta otro factor importante debido a la vasta gama de productos o drogas destinados a los tratamientos terapéuticos de los animales, o suministrados con fines de engorda o crecimiento. Tales sustancias pueden estar presentes tanto en la carne como en la leche. Como ejemplo se ha mencionado a los antibióticos estimulantes del crecimiento (especialmente de origen sintético) de acción cancerígena, embriotóxica o genotóxica.

Por otra parte, la contaminación industrial química de sustancias como mercurio, plomo, cadmio, etc., en el agua, cierra el círculo que atenta directa o indirectamente contra la salud de la población.

Los contaminantes químicos en alimentos pueden ser clasificados según su naturaleza y origen. Entre los más importantes se encuentran los elementos tóxicos (particularmente metales), productos químicos industriales (polibifenilos clorados, monómeros del tipo Cloruro de vinilo y detergentes), productos de desinfección (plaguicidas y antibióticos), hormonas, nitratos, nitritos, micotoxinas, toxinas marinas, etc. Algunos de ellos tienen propiedades cancerígenas reconocidas (ver Tabla 13.3).

<b>Agente químico</b>	<b>Organo blanco</b>	<b>Vía principal de exposición</b>
Aflatoxina	Hígado	Oral
Derivados	Piel	Respiratoria
Arsénico	Pulmón	Respiratoria
	Hígado	Oral
Nitrosaminas	Tracto Gastrointestinal	Cutánea
		Oral
Micotoxinas	Sistémico	Oral
Dioxinas	Sistémico	Oral
Plaguicidas	Sistémico	Oral
Organo clorados		
Metilmercurio	Sistémico	Oral
Cadmio	Próstata	Respiratoria
	Pulmón	Oral
Cloramfenicol	Sistema hematopoyético	Oral
		Parenteral
Dietilestilbestrol	Utero	Oral
	Vagina	
Níquel (Refinería)	Cavidad Nasal	Inhalación
	Pulmón	Oral
Cloruro de vinilo	Hígado	Respiratoria
	Cerebro	Cutánea
	Pulmón	Oral

Entre los compuestos de alto riesgo potencial los más estudiados en el país han sido plomo, cadmio, mercurio y arsénico. Las fuentes de contaminación de plomo son entre otras la gasolina, barnices de loza, baterías y soldaduras. El plomo afecta principalmente el sistema hematopoyético y el sistema nervioso central, con alteraciones como anemia, torpeza, irritabilidad, cefalea, pérdida de la memoria, además de severas alteraciones renales. Estudios en la Región Metropolitana de Santiago han detectado y rechazado muestras de enlatados con porcentajes de hasta un 7% de no conformidad. El cadmio, elemento tóxico, proviene de varias industrias y se detecta principalmente en productos marinos.

La contaminación por compuestos orgánicos de mercurio se encuentra particularmente en pescados provenientes de aguas contaminadas por efluentes de industrias que usan cátodo de mercurio para la fabricación de hipoclorito. También se detectan altas concentraciones de metilmercurio en albacora y atún, los cuales lo acumulan naturalmente. Este tóxico, además de originar teratogénesis y otras lesiones, es responsable de un retardo mental comprobado. Se usa como fungicida en semillas y puede ocasionar graves intoxicaciones por su mal uso. La intoxicación aguda por mercurio causa severas gingivitis, trastornos del lenguaje, temblor de manos y desórdenes de personalidad.

Sin embargo, el grupo más importante de contaminantes de alimentos son los compuestos orgánicos, prácticamente todos de origen sintético. Dentro de este grupo los plaguicidas revisten mayor importancia por su potencial riesgo para la salud, tanto por sus efectos agudos como crónicos. Los plaguicidas fosforados de alta toxicidad afortunadamente

son poco residuales, a diferencia de los organoclorados, cuyo representante histórico más conocido es el DDT. Los plaguicidas organoclorados afectan al ser humano alterando la función hepática e interfiriendo en la absorción de vitaminas y el metabolismo hormonal. Un estudio nacional sobre la presencia de residuos organoclorados en alimentos de consumo humano mostró, sin embargo, que el riesgo es menor que lo esperado, pero no es posible descuidar su control<sup>1</sup>.

Por ejemplo, las muestras de carne analizadas contenían dos o más residuos de pesticidas organoclorados, siendo los más importantes Lindano (100%), Heptacloro y Heptacloro-epóxido (87%), Dieldrín (48%), a-Clordano (26,7%), DDT y metabolitos (23%). Sin embargo sus niveles promedio están bajo los límites máximos de tolerancia que recomienda el *Codex Alimentarius*, excepto Dieldrín y Clordano, que exceden los límites máximos residuales (LMR) en 6,6 y 16% respectivamente, y en términos generales el 23% de las muestras de carne serían rechazadas.

Las muestras de harinas de trigo analizadas en este estudio tenían niveles prácticamente trazas de Lindano, Aldrín, y a-Clordano, con máximos muy por debajo de los LMR establecidos. En los huevos se detectó Lindano y Dieldrín, aunque bajo los LMR establecidos por el Ministerio de Salud, la Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Los aceites comestibles de distinta naturaleza de las principales fábricas y refinerías del país no mostraron contaminación. Las frutas exportables mostraron una baja ocurrencia de residuos con niveles de 50 a 500 veces bajo el LMR. No obstante, el número, frecuencia y concentración residual de pesticidas organofosforados en uva de mesa, nectarines y manzanas fue mayor que para organoclorados. Los principales fueron Dimethoate, Ethyl-paration, Phosmet y Diazinon, aunque por debajo de sus LMR. En la producción avícola la presencia de residuos parece provenir de su alimentación. La alta incidencia de Lindano y Aldrín/Dieldrín (53%) en ingredientes y concentrados sugiere que esta sería la vía más común de ingreso, contaminando grasas y huevos.

Respecto a otros factores de riesgo, en Chile existe una alta concentración de nitratos y nitritos en los suelos. Estas sales son precursoras de las nitrosaminas, sustancias cancerígenas potentes, detectadas en nuestro medio en altas concentraciones. Otros productos cancerígenos son Cloruro de vinilo, Estireno y Acrilonitrilo, que pueden estar presentes en los envases de alimentos.

En resumen, los alimentos en todas sus formas, naturales, frescos o industrializados, están afectos a contaminación por sustancias tóxicas de origen natural y/o sintético, por lo que deben estar sujetos a una vigilancia permanente, la única manera por lo demás de predecir situaciones de riesgo que afectan la salud de la población, especialmente cuando las sustancias se manifiestan a largo plazo. Una de las actividades más importantes para estos efectos es mantener en el tiempo un muestreo y análisis de los alimentos. Por su naturaleza prolongada, el muestreo se debe realizar mediante la vigilancia epidemiológica y la inspección.

---

<sup>1</sup> FFI-INIA. 1990. *Fuentes de Contaminación por Pesticidas Organoclorados y Metales Pesados en Areas Agrícolas. Informe Final*. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

### 4.3. Contaminación Microbiológica

El entorno ecológico ha sido dañado por la población humana, cada vez más numerosa, que contamina con sus deyecciones los suelos y el agua. Las aguas servidas son tal vez el mejor ejemplo de la repercusión de la actividad del hombre sobre su propia calidad de vida, ya que contaminan las plantas, cultivos, peces, mariscos, etc., constituyendo una fuente de infecciones bacterianas, virales y parasitarias. Esto es confirmado por la información semanal de enfermedades notificables sobre casos de fiebre tifoidea y paratífica, hepatitis vírica y recientemente cólera, entre otras. Sin embargo aún no se llega a la solución del problema, cual es el tratamiento de las aguas servidas.

El Programa de Control de Alimentos en Chile define dos grupos respecto al control microbiológico:

- a) **Alimentos de mayor riesgo epidemiológico:** mamaderas y alimentos infantiles, productos cárneos, alimentos preparados, conservas, leche y derivados y helados, y
- b) **Alimentos de menor riesgo epidemiológico:** productos grasos no lácteos, confites, azúcares, bebidas analcohólicas y jugos, condimentos y harinas, pan, fideos y pastas.

Del total de muestras de vigilancia realizada por el Ministerio de Salud, un 65% corresponde a análisis microbiológico. En los alimentos de mayor riesgo se practica recuento total, recuento de coliformes (*Escherichia coli*) y se investiga la presencia de gérmenes patógenos como salmonelas, micelios de hongos y levaduras. El análisis parasitológico abarca aproximadamente 2.000 muestras, de las cuales el 90% son alimentos de mayor riesgo. Se investiga la presencia de parásitos en sus distintas etapas evolutivas (insectos adultos, larvas y huevos).

### 4.4. Inspección de Carnes

En el país existen 219 mataderos, de los cuales un elevado porcentaje sólo reúne condiciones sanitarias mínimas. En la casi totalidad del país, con excepción de la Región Metropolitana de Santiago, la inspección sanitaria de los animales y de sus carnes la realizan los Servicios de Salud correspondientes, y se efectúa según normas dictadas por el Ministerio de Salud. El decomiso total o parcial opera en todos los casos de enfermedades que se transmiten al hombre (zoonosis), como también en aquellas propias de la masa ganadera de tipo microbiano, parasitario, o de afecciones como caquexia, tumoraciones, carnes insalubres tóxicas, etc., que hacen impropio su consumo.

Es importante anotar que en el hombre se registran anualmente entre 250 a 300 casos de hidatidosis. La morbilidad es cercana a 0,25 por 100.000 habitantes. En cuanto a triquinosis la tasa de morbilidad oscila alrededor 0,60 por 100.000 habitantes.

## **5. Problemas Emergentes: el Caso del Cólera**

La llamada "sexta pandemia del cólera", iniciada a fines del siglo XIX, se expandió por casi todo el mundo, siguiendo las rutas comerciales hasta llegar a una virtual extinción en 1923. A partir de ese año la enfermedad quedó confinada a sólo algunos focos endémicos en el sudeste asiático. La pandemia actual (la séptima) se inició en 1961 a partir de un foco situado en Indonesia, difundiéndose extensamente hasta alcanzar en 1991 a por lo menos 98 países a través de todos los continentes. A partir de enero de 1991 se desarrolló en Perú una epidemia de cólera de gran magnitud, con elevadas tasas de morbilidad y en una gran extensión geográfica. En los meses siguientes la epidemia siguió su curso afectando en la actualidad a prácticamente todos los países sudamericanos, entre ellos Chile, además de casi la totalidad de los países centroamericanos y México.

En Chile el brote del año 1991 fue muy circunscrito y de escasa magnitud, pues alcanzó sólo a 41 casos con dos defunciones. Las medidas puestas en práctica demostraron ser eficaces, por lo que la enfermedad quedó reducida a un brote controlado. En efecto, el comportamiento de la población ante las recomendaciones técnicas permitió obtener una reducción substancial del riesgo.

Después de la finalización del brote del año 1991, en Chile se mantuvo la vigilancia epidemiológica tanto de las personas como del medio ambiente, configurándose un período en que no se registraron casos (2º semestre de 1991), aunque se continuaba encontrando el vibrión esporádicamente en muestras ambientales.

Durante enero de 1992 se configuró un brote de la epidemia también con las características de un brote controlado, aunque se registraron 40 casos en un período de tres meses, afectando principalmente al extremo norte del país.

### **5.1. Sustitución de Cultivos de Riesgo en Zonas Regadas con Aguas Servidas**

Las encuestas epidemiológicas han revelado que el vínculo de contagio más probable en la mayoría de los casos (junto al consumo de mariscos crudos) fueron las hortalizas de crecimiento a ras de suelo y consumo crudo, que en Chile se riegan en proporción significativa (unas 600.000 ha) con aguas servidas o con aguas contaminadas con materia fecal. Este es un evidente factor de riesgo que sólo podría eliminarse en forma definitiva dando adecuado tratamiento a las aguas servidas urbanas. Las autoridades agrícolas estiman conveniente desarrollar un programa de sustitución de cultivos, desplazando los cultivos hortícolas hacia zonas regadas con agua libres de contaminación y destinar los terrenos regados con aguas servidas a cultivos de bajo riesgo.

### **5.2. Principales Medidas de Control**

#### **5.2.1. Vigilancia Epidemiológica**

En esencia, la vigilancia epidemiológica consiste en un sistema de información y toma de decisiones orientado a la detección precoz de la presencia y circulación del vibrión del cólera y de la ocurrencia de casos de la enfermedad para proceder a su notificación inmediata, con el propósito de tomar las medidas necesarias para evitar la aparición de

nuevos casos y, en general, para impedir la propagación de la enfermedad. La eficiencia de la vigilancia epidemiológica internacional permitió a Chile conocer oportunamente la presencia de la enfermedad, haciendo posible la adopción y puesta en práctica de las medidas de emergencia que han permitido limitar la invasión del *Vibrio cholerae* y reducirla a focos escasos.

### **5.2.2. Programa de Saneamiento Básico**

El adecuado saneamiento básico, junto a la necesaria educación sanitaria de la población, es la herramienta fundamental en el control de la morbilidad infecciosa en general y del cólera en particular. En la actualidad existen áreas desprotegidas, que son imprescindibles de atender, como es el caso del sector rural disperso que ha estado al margen de los programas de saneamiento básico desarrollados en el país. Tal carencia implica riesgos sanitarios para una población que se estima en 1.400.000 personas. Un plan dirigido a este sector debe considerar, en el mediano plazo, la dotación de norias sanitarias provistas de bombas de mano y letrinas sanitarias a todas las familias y viviendas del sector rural disperso, y la educación para que al disponer de esta infraestructura estén en condiciones de obtener el máximo de beneficio para su salud y bienestar.

### **5.2.3. Programa de Comunicación Social**

La educación para la salud es de fundamental importancia para la prevención y control del cólera y otras enfermedades entéricas, y de hecho ha sido uno de los factores más importantes en la mantención de la epidemia como brotes controlados. La educación continua de los equipos de salud multidisciplinarios, la información oportuna al público y las acciones educativas permanentes orientadas a obtener la participación de la población, son parte de la estrategia que debe ser mantenida, adaptándola a la realidad del momento epidemiológico.

## **6. Enfermedades de Transmisión Entérica**

### **6.1. Efectos sobre la Salud de la Contaminación del Agua**

La causa principal de más del 13% de los niños latinoamericanos que muere antes de uno año de vida es el síndrome diarreico agudo. También la gastroenteritis infecciosa es una causa común en las familias urbanas y suburbanas, produciéndose 1,5 episodios/persona/año, aunque no siempre se identifica el agente etiológico. El riesgo de la persona expuesta varía según su edad, condiciones de vida, hábitos personales y culturales, además de las exposiciones a otros grupos.

Los principales determinantes de la situación epidémica de las enfermedades entéricas son: condiciones de vida, situación socioeconómica, tipo de vivienda, hacinamiento y fuentes de agua. Los hábitos determinan la cantidad de bacterias que se ingiere y la dosis infecciosa varía según los microorganismos.

Varios son los factores del huésped que determinan quiénes enferman, como la edad, la especie y el genotipo. Agentes como *Rotavirus* y *E. coli* son más frecuentes en niños por los cambios en el mucus, factores de la superficie celular, flora microbiana y exposición ambiental, entre otros.

Casi todos los agentes patógenos se adquieren por vía oral y la mayoría se reproducen en el tracto intestinal de los mamíferos. Por ello es importante contar con un suministro de agua no contaminada para reducir este tipo de infección. El hombre también juega un papel importante a través de la manipulación y utilización de agua contaminada en la preparación de alimentos, lo que ha llegado a sugerir una transmisión directa hombre-hombre.

## 6.2. Hepatitis A

La forma de transmisión más frecuente de esta enfermedad es a través del agua y los alimentos. Se transmite en forma seriada de casos agudos a susceptibles, y no existe infección persistente ni reservorio animal o de otro tipo. Las epidemias son recurrentes y dependen del estado de los anticuerpos antihepatitis A.

En instituciones de cuidado diurno, como centros abiertos y jardines infantiles, existe un mayor riesgo de transmisión de la enfermedad, presentándose en niños menores de dos años. Esta infección es asintomática en los niños, pero sintomática en los adultos, por lo que este antecedente debe llevar a tomar medidas de control aun cuando se presente un solo caso en el personal. La forma más común de transmisión es persona a persona.

Numerosos brotes de hepatitis A se han asociado a la ingesta de mariscos (bivalvos) contaminados con aguas servidas. Los moluscos no bivalvos como langostas y camarones no conllevan el mismo riesgo.

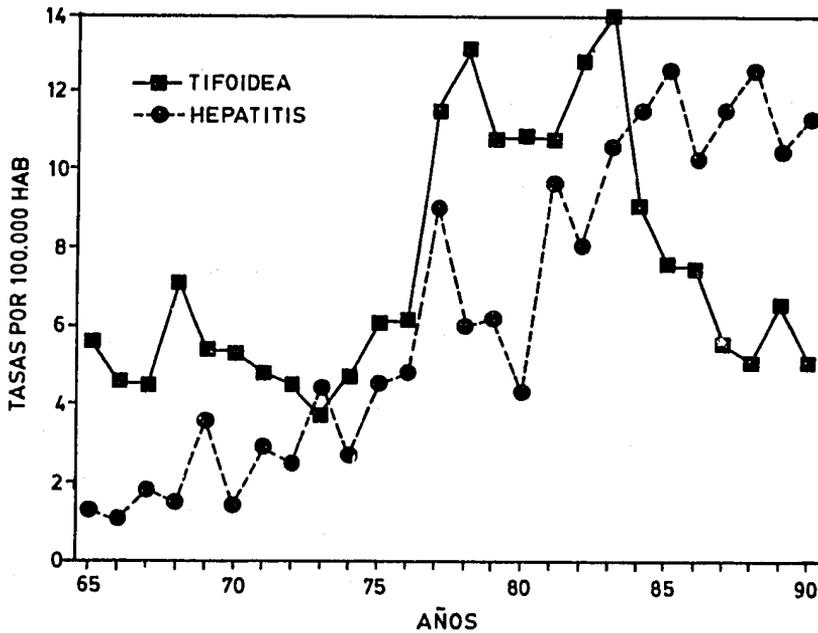
## 6.3. Fiebre Tifoidea

Es una enfermedad bacteriana producida por la *Salmonella typhi*, cuyo período de incubación va de una a tres semanas, dependiendo de la magnitud del inóculo o dosis infectante. El agua y los alimentos contaminados con heces humanas son sus medios más frecuentes de transmisión. El reservorio es el hombre, tanto el enfermo como el portador (que puede serlo en forma permanente). El estado del portador puede surgir después de una enfermedad clínica o subclínica, condición más frecuente en mujeres, siendo un factor epidemiológico importante en situaciones de brote (manipuladoras de alimento). La susceptibilidad es mayor en personas con aclorhidia gástrica.

## 6.4. Situación de las Enfermedades de Transmisión Entérica

Las enfermedades infecciosas intestinales en Chile se mantuvieron con carácter endémico hasta 1990, reflejándose esto en las tendencias de fiebre tifoidea y hepatitis A (ver Figura 13.2). Los egresos hospitalarios por esta causa representan 2,6% del total, y el agente causal identificado más frecuente es la fiebre tifoidea.

**Figura 13.2**  
**Tendencia de la Fiebre Tifoidea y Hepatitis en Chile entre 1965 y 1990**

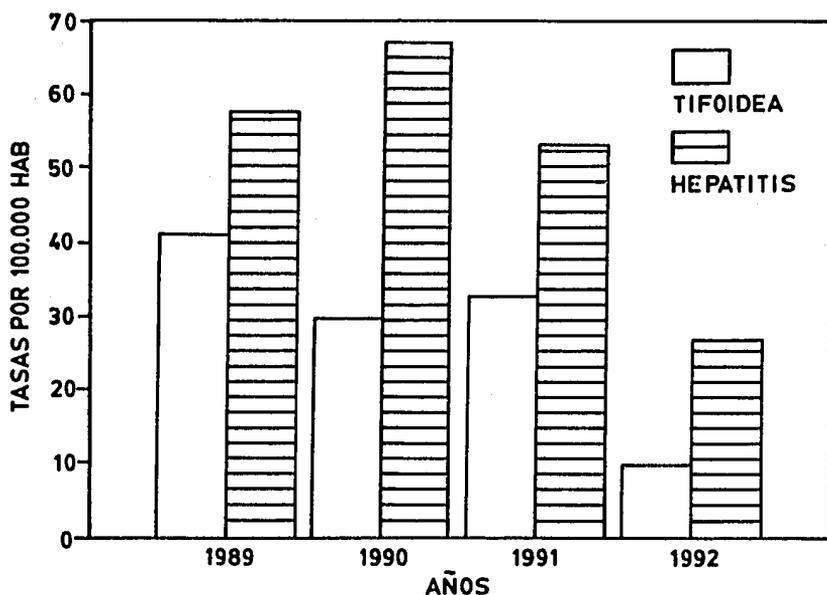


Después de la emergencia del cólera, la implementación de medidas de prevención y control, comunes a todas las enfermedades entéricas, produjo un impacto en fiebre tifoidea y hepatitis, alcanzando una disminución en sus tasas de 73,5% en la primera y 50% en la segunda, entre 1991 y 1992 (ver Figura 13.3).

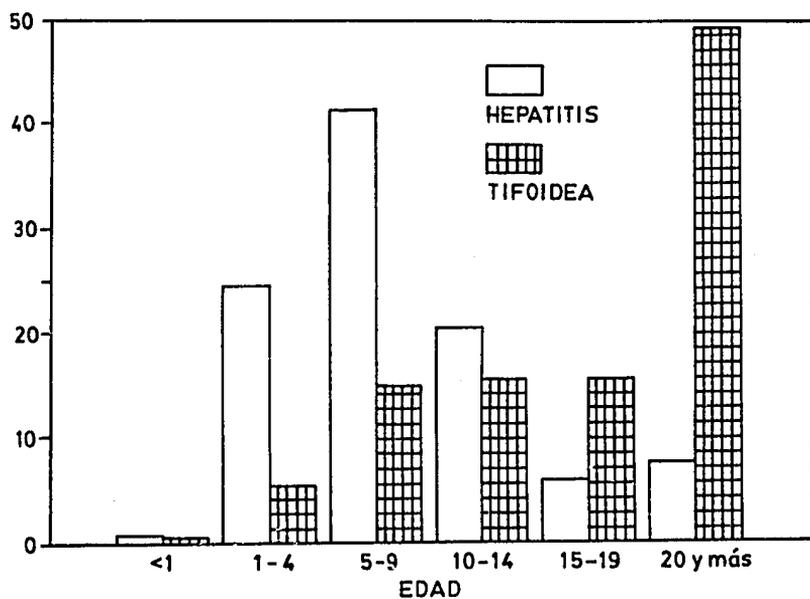
La fiebre tifoidea, a diferencia de la hepatitis, afecta mayoritariamente a los mayores de 10 años en un 79,5%, en cambio la hepatitis en este grupo sólo representa el 32,6% (ver Figura 13.4).

Sólo dos Servicios de Salud en el país no han presentado descenso en las tasas. En el Servicio de Salud de Coquimbo, III Región de Coquimbo, se ha elevado la tasa de tifoidea de 14,5 a 17,5 por 100.000 habitantes y la de hepatitis de 85,5 a 105,8 por 100.000 habitantes., y en el Servicio de Salud de Concepción, VIII Región del Biobío, la hepatitis se ha elevado de 37,4 a 42,2 por 100.000 habitantes.

**Figura 13.3**  
**Tasas de Hepatitis y Tifoidea en Chile entre 1989 y 1992**



**Figura 13.4**  
**Ocurrencia de Hepatitis y Tifoidea por Grupos de Edad en Chile en 1990**



## **7. Consideraciones Generales sobre el Agotamiento de la Capa de Ozono y la Radiación Ultravioleta**

### **7.1. Efectos sobre la Salud Humana**

El efecto clave de la radiación ultravioleta es el daño a las moléculas del ácido desoxirribonucleico, que constituye el código genético presente en todas las células vivientes. La exposición a los rayos ultravioleta (UV,) puede causar depresión del sistema inmunitario, lo que podría conducir a un aumento de la ocurrencia y severidad de enfermedades infecciosas, y al incremento de problemas oculares como las cataratas, la cual se estima que podría aumentar en un 0,6% por cada 1% de disminución del ozono estratosférico. Este aumento podría producir 100.000 casos nuevos de ceguera en el mundo en las próximas décadas. Aunque no parece que haya información epidemiológica detallada, existe la impresión clínica de que existe un gradiente de latitud para el pterigion del ojo, hiperplasia benigna de la conjuntiva que puede terminar interfiriendo en la visión al crecer sobre la pupila.

Comparativamente, las áreas polares y circumpolares reciben menos radiación de tipo UV, que las latitudes menores, pero los aumentos observados en la región antártica son dramáticamente mayores que en el resto del mundo. Dadas las posibles consecuencias, este problema requiere una acción global y multisectorial. El Ministerio de Salud, a través de sus departamentos técnicos, está coordinando con los diferentes sectores a fin de efectuar un diagnóstico real de la situación del país en esta materia, y establecer acciones fundamentales de tipo preventivo y de control sobre la población y el ambiente.

### **7.2. Cáncer de Piel**

Se espera que el cáncer de piel aumente en un 3% por cada 1% de disminución de la columna de ozono, y en una proporción no estimada aumentaría el melanoma, que es el cáncer de piel de peor pronóstico. Existen otras enfermedades no malignas de la piel, de las cuales se espera un aumento considerable como consecuencia del aumento de la radiación UV,.

Existen dos tipos de cáncer de piel: el melanoma maligno y el no melanoma (carcinomas basocelulares y de células escamosas). De los dos, el primero es mucho menos común, pero mucho más peligroso. El promedio de supervivencia de los pacientes portadores de melanoma es de aproximadamente 7 años y la letalidad es de alrededor de un 30%.

### **7.3. Relación entre Radiación UV, y Cáncer de Piel**

Existen elementos que apoyan la relación directa entre la radiación solar y la incidencia observada históricamente de cáncer de piel no melanoma en humanos. Se ha observado, por ejemplo, una duplicación de los casos de cáncer de piel no melanoma con cada 8° a 11° de disminución en latitud. Existen otros factores relevantes, incluyendo las nubes, estilos de vida, hora de exposición al aire libre, diferencia genética y cantidad de pigmentación natural. Sin embargo, la incidencia de cáncer de piel se correlaciona más con la intensidad de la radiación solar que con ninguna otra variable ambiental. Existe evidencia, aunque menos concluyente, que sugiere una correlación entre la radiación UV, y melanoma.

El melanoma maligno es muy raro y tiene una mayor incidencia en personas de piel clara y en latitudes bajas, pero se presenta tanto en zonas expuestas como no expuestas del cuerpo.

Algunas estimaciones basadas en las diferencias observadas de la incidencia de cáncer de piel según las variaciones de latitud, señalan que por cada 1% de reducción de la concentración de ozono se producirían de 2.100 a 15.000 nuevos casos de cáncer de piel no melanoma en los Estados Unidos (mediana = 6.000). Cabe mencionar que la exposición a rayos UV, produce una depresión del sistema inmunitario, y está comprobada la relación entre inmunodeficiencia y aparición de cáncer en diferentes partes del organismo.

Dado el tiempo de latencia entre la causa y el efecto que caracteriza la problemática de la reducción de la capa de ozono, se necesitan sistemas de vigilancia y estudios epidemiológicos para conocer la magnitud del riesgo. En el intertanto, la comunidad internacional ya ha tomado medidas para controlar el problema, como la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y su Protocolo de Montreal. Estos son posiblemente los primeros tratados para controlar un riesgo a nivel mundial, debido a que impulsan la acción preventiva para evitar que un problema se convierta en una crisis.

*Capítulo 14*

*Asentamientos Humanos, Medio Ambiente y Calidad de Vida*

*Patricio Gross F. y Pedro Bannen L.*

*Instituto de Estudios Urbanos,  
Pontificia Universidad Católica de Chile*

## CAPITULO 14. ASENTAMIENTOS HUMANOS, MEDIO AMBIENTE Y CALIDAD DE VIDA

Autores: Patricio Gross F. y Pedro Bannen L., Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile

*"Permanecemos aferrados a la idea de un mundo con interiores urbanos y con exteriores rústicos; de un mundo dividido en dos partes: una, excitante, aunque sucia y desagradable —la ciudad— y la otra —el campo— plácida y sosegada y en donde la gente disfruta de buena, si bien insulsa, salud. Tal contraste está en vías de perder toda validez.*

*La sensación de hallarse en la casa propia no depende de la pulcritud o de la pequeñez del lugar, sino de las relaciones activas entre el hombre y 'su' paisaje; de la penetrante significación de lo que se ve y contempla. Esta significación es tan posible en la ciudad como en cualquier otra parte y, probablemente, aún más realizable en aquella que en otro lugar cualquiera."*

### 1. Introducción

En el desarrollo de la temática ambiental se han ido perfilando dos tendencias distintas. Por una parte, el enfoque reactivo, que supone que con el ajuste de las tecnologías aplicadas se pueden superar los problemas que el actual desarrollo provoca en el medio. Por otra, el enfoque preventivo, que lo asume en un sistema mucho más complejo, en que el factor ambiente es requisito y resultado de un proceso que debe cambiar radicalmente el actual modelo global de comprender y asumir el mundo.

Pero ni uno ni otro resultan fáciles de traducir al momento de tocar el tema del ambiente en el escenario de los asentamientos humanos. La condición de ambiente construido obliga a repensar estas categorías en un *hábitat* que involucra factores de artificialidad, cambio, dinamismo, intercambio, acumulación, inequidad y comportamiento social, entre otros; sin duda, el gran desafío está planteado en la incorporación de nuevas visiones y estrategias para gestar un desarrollo sustentable de los asentamientos humanos.

En este trabajo se intentará definir esa cualidad particular que distingue a los asentamientos humanos en el escenario del medio ambiente para, a partir de allí, revisar su estado actual en el país y anticipar algunas posibles líneas de acción.

---

<sup>1</sup> Lynch, K. 1967. *La Ciudad como Medio Ambiente*. La Ciudad. Scientific American, Alianza Editorial, Madrid. p. 256.

## 2. Asentamientos Humanos y Medio Ambiente

### 2.1. Medio Ambiente Natural y Medio Ambiente Construido: la condición del lugar edificado

En un coloquio de cinco connotados ambientalistas, el moderador abrió el debate planteando un hipotético caso de reflexión<sup>1</sup>. En las afueras de la ciudad de Pineville, Connecticut, Estados Unidos, existe una arboleda de pinos vírgenes conocida como el Pinar del Tabernáculo; un extraordinario bosque con ejemplares de más de 50 metros de altura mantenidos en estado natural. Este patrimonio de la naturaleza fue cedido a la comunidad local hace muchos años. En una fecha dada se desató un huracán que devastó el bosque, con el 70% de los árboles resultando derribados. La duda es qué actitud asumir: dejar las cosas como están, es decir, en un estado natural, o bien, se debe limpiar el terreno y plantar nuevos pinos, de modo que la próxima generación disfrute de algo siquiera parecido al antiguo bosque.

De alguna manera el ejemplo escogido y las maneras de enfrentarlo encierran los enfoques con que hoy es encarada la temática ambiental.

Cambiamos de contexto el caso anterior y trasladémoslo a nuestro territorio, en un ámbito urbano. La región es el valle central de Chile, y el lugar, en vez de un bosque de pinos, es una ciudad intermedia cercana al bosque. La catástrofe (más probable en nuestra latitud) es un terremoto que asola la región y destruye la ciudad casi por completo. Descartando la alternativa de trasladar la ciudad a otro lugar, la duda en las estrategias a seguir sólo considerará su reconstrucción, en ningún caso dejar las cosas como están. Pero en la reconstrucción se abrirá el debate entre la alternativa de levantarla lo antes posible y similar en trazado y en morfología a la existente, o bien reformular la ciudad desde sus bases y asumir la coyuntura de construir una ciudad nueva, distinta a la anterior y más acorde con los tiempos que corren.

La referencia, en última instancia, no es la geografía natural del lugar, sino que la propia ciudad; el medio en que se habita no es más la naturaleza, es la construcción de los hombres conformada como su ámbito propio y patrimonio irrenunciable. Para cualquier asentamiento humano, desde que existe, su medio más apropiado es el construido, donde sus habitantes viven, crecen y se desarrollan, dependiendo de su calidad ambiental.

La ciudad trasciende a todas las funciones que se le asignan: convivencia, protección, trabajo e intercambio, gobierno y participación política, construcción y conservación de un patrimonio, símbolo y depósito de una acontecer social histórico, reformulación personal y subjetiva. Pero de la suma e interrelación de estos factores emerge una realidad propia, que es a la vez una interpretación y una invención de la propia ciudad. Esta obra de transformación por excelencia lo reúne todo, y nada que se refiere al hombre le es ajeno.

---

<sup>1</sup> Pollan, M. et al. 1991. *Hombre y Naturaleza: un Simposio*. Facetas, 93:42-48.

## 2.2. Asentamientos Metropolitanos, Urbanos y Rurales

El término "asentamientos humanos" comenzó a utilizarse a partir del creciente interés en la problemática ambiental, pretendiendo aludir con él a una realidad compleja que hasta ese momento se designaba con conceptos como urbanismo, centro urbano, ciudad, etc.

Una definición apropiada de asentamiento humano es sostener que está referido al proceso de poblamiento de un territorio, lo que implica la existencia, desarrollo y transformación constante de distintas formas de utilización y organización social del espacio nacional, con miras a un mejoramiento de las condiciones de vida. Lo anterior se complementa con la afirmación de que los asentamientos humanos son unidades socioespaciales contenidas en unidades territoriales<sup>1</sup>.

Por otra parte, la diferencia entre tipos de asentamientos es relevante y repercute sobre la forma en que se perfilan sus características y problemas ambientales. Se puede reconocer tres categorías o subsistemas principales: rurales, urbanos y metropolitanos<sup>2</sup>.

Los primeros presentan una estrecha dependencia y un claro predominio de lo rural, una funcionalidad resultante principalmente del medio natural y ciertas reglas locacionales fuertemente normadas por los niveles de actividad primaria, presentando una estructura física a veces difusa.

Los asentamientos urbanos intermedios representan centros poblados mayores, que influyen sobre un conjunto de entidades poblacionales menores y sobre su entorno rural.

Los asentamientos metropolitanos, compuestos por un sistema espacial que articula la gran ciudad y sus áreas territoriales adyacentes, presentan entornos económicos y espaciales fuertemente determinados por la dinámica propia de la ciudad y sus relaciones internacionales<sup>3</sup>.

El asentamiento humano se construye en la completa y compleja red de relaciones que establecen sus habitantes, generando estructuras de interdependencia al interior del propio asentamiento, con la geografía del lugar, y hacia escalas mayores de la zona, la región, la nación y, en muchos casos, el sistema mundial.

A pesar de la relativa autonomía que cada asentamiento presenta con su territorio, su dependencia es directa con su entorno o medio ambiente natural, desde la necesidad de insumos básicos al momento de su fundación (agua, aire, suelo), al desarrollo de ciertas

---

<sup>1</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. 1984. *Planificación de los Asentamientos Humanos en América Latina y el Caribe: Teorías y Metodologías*. Nairobi. 130 pp.

<sup>2</sup> Id. a nota 3.

<sup>3</sup> Id. a nota 3.

actividades económicas (agricultura, pesca, minería y otras)<sup>4</sup>. La conciencia de esta interdependencia parece aumentar a medida que los entornos naturales comienzan a mostrar límites evidentes para la utilización de sus recursos y el desenvolvimiento irrestricto de sus potencialidades.

Es la sociedad quien, en su desarrollo y en la configuración de su medio construido, pone a prueba al ambiente natural. El uso de los recursos naturales y la construcción de un *hábitat* a partir de una determinada base cultural y un estilo de desarrollo predominante, representan interacciones que la mayoría de las veces conllevan numerosos conflictos ambientales y suponen desarmonías en la articulación sociedad-naturaleza. Así, los problemas ambientales son complejos y requieren enfoques sistémicos, transectoriales e interdisciplinarios.

### 2.3. Los Atributos Propios del Medio Ambiente y la Calidad de Vida en los Asentamientos Humanos

A pesar de la subjetividad involucrada en las aproximaciones e intentos por sistematizar el problema, se reconoce a la calidad de vida como un instrumento válido de medición de la calidad del asentamiento. Un caso paradigmático en este sentido es la pobreza metropolitana.

Los asentamientos humanos, particularmente en su condición de centros poblados, son los espacios en que el tema de la calidad de vida es más tangible y a su vez, donde el ambiente es más afectado por la intervención del hombre.

Numerosos estudios sobre calidad de vida en diversos centros urbanos y metropolitanos reconocen alarmantes "niveles de sobrevivencia" hacia su interior, medidos fundamentalmente por la capacidad de acceder a opciones en la oferta de posibilidades. Existen a la vez intentos de establecer "niveles de conveniencia" apropiados para las opciones de vida que ofrecen los diversos núcleos poblados, focalizados en materias como servicios, equipamientos o infraestructuras para el uso de sus habitantes; para ello se han establecido "límites de tolerancia urbanos", bajo los cuales se estaría atentando contra los "derechos ciudadanos".

En esta línea de trabajo es ineludible la tarea de reconocer y definir "niveles de excelencia", como los existentes en el medio natural en condiciones de equilibrio natural e intervención acertada del hombre.

Una forma de medir la calidad de vida es a través de indicadores que consideran carencias o deficiencias que señalan niveles de insatisfacción<sup>5</sup>. Las categorías de niveles de conveniencia y niveles de excelencia buscan precisamente establecer indicadores positivos que no se dan en el medio ambiente construido por la simple superación de los indicadores negativos.

---

<sup>4</sup> Gross, P. 1991. *Problemas Ambientales Urbanos: el Caso Chileno*. La Urbe Latinoamericana: Balance y Perspectiva a la Puerta del Tercer Milenio, Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas. p. 9.

<sup>5</sup> Id. a nota 6.

Actualmente, las condiciones particulares de las zonas pobladas les otorgan características que las ponen siempre en el centro de cualquier discusión. La calidad de vida, y en particular la calidad ambiental urbana, debe oponerse a la tendencia de identificar el progreso con condiciones puramente cuantitativas de carácter económico, vinculándola a todas las actividades de la existencia humana<sup>1</sup>.

Entre las "áreas clave y atributos principales de la calidad de vida urbana deseada", desde las que es posible intentar operacionalizar las variables respectivas, tanto cuantitativa como cualitativamente, pueden indicarse las siguientes<sup>2</sup>:

- a) Conservación del ambiente natural al interior y en el entorno de la ciudad, asegurando el rendimiento sustentable de los recursos, minimizando los efectos contaminantes y preservando, en casos calificados, las características silvestres y el paisaje.
- b) Provisión de vivienda, servicios e infraestructura mínima.
- c) Conservación del patrimonio construido, especialmente el histórico-artístico, como expresión sensible de la identidad.
- d) Alimentación y salud pública, en particular en sectores poblacionales más vulnerables (niños y tercera edad).
- e) Seguridad urbana, como necesidad de estabilidad personal, familiar y social, referida a la condición indispensable de seguridad, un nivel razonable de salud mental y un ejercicio pleno de los derechos humanos.
- f) Trabajo, como necesidad básica e inserción estable en un mercado laboral normado y la opción a percibir un ingreso suficiente.
- g) Participación sociopolítica, como incorporación activa de la población urbana a través de sus organizaciones sociales territoriales y funcionales, y a su pleno reconocimiento por el gobierno y los demás actores sociales.

El comportamiento de estas áreas y las respuestas que son posibles de implementar se vuelven particularmente críticos en el caso de los asentamientos metropolitanos, alcanzando una envergadura desconocida por la variedad y complejidad de los problemas planteados. Entre ellos se pueden señalar: el desproporcionado crecimiento de la población, que se concentra sobre un soporte de infraestructura y equipamiento cada vez más gigantesco y siempre deficitario; disfuncionalidad de la estructura urbana; deterioro de condiciones

---

<sup>1</sup> Gross, P. 1992. *Identificación de Áreas Específicas de Atención en el Medio Ambiente Urbano. Responsabilidades del Sector Público y del Sector Privado*. Primer Simposio Regional sobre Medio Ambiente Urbano, RHUDO/SA, ICAM, Ecuador.

<sup>2</sup> Gross, P., S. Galilea y R. Jordán. 1988. *Metropolización en América Latina y el Caribe: Calidad de Vida y Pobreza Urbana*. EURE N° 43:7-51.

Id. a nota 8.

sanitarias básicas; pérdida de accesibilidad por la extensión urbana y congestión vehicular; impacto ambiental del transporte urbano; contaminación hídrica, atmosférica, acústica y de suelos; la segregación socioespacial, acompañada por niveles de pobreza y marginalidad en vastos sectores de la población; precariedad y deterioro de condiciones físicas en áreas cada vez más extensas, acelerados por las condiciones sociales y económicas de estas grandes masas poblacionales; incapacidad de gestión e ineficiencia administrativa, y falta de condiciones mínimas de seguridad<sup>10</sup>.

Para los grandes centros urbanos, donde vive la mayor parte de la población del país, siguen siendo válidas las deficiencias señaladas por Kevin Lynch<sup>11</sup>, por la forma que han ido adoptando las ciudades en las últimas décadas. La primera, y más evidente, es la carga de tensión impuesta por la ciudad como consecuencia de un ambiente altamente desagradable, violento, ruidoso y desconcertante. La segunda es la carencia de identidad visual, donde la homogeneidad de extensas áreas traiciona la diversidad urbana que le debiera ser característica. La tercera es la incapacidad de comprender su lenguaje, debido a que la ambigüedad, la promiscuidad, la confusión y la discontinuidad se constituyen en los rasgos distintivos de nuestras ciudades; su historia y marco natural aparecen velados y borrosos. La cuarta es su rigidez y falta de sinceridad; el hombre, para su desarrollo, necesita de un intercambio activo con su ambiente, en que el entorno físico sea accesible y abierto, incitante e intrigante como respuesta al esfuerzo humano.

Sin duda la dimensión cuantitativa permite medir la gravedad e incidencia de los problemas de calidad ambiental en los asentamientos. Sin embargo, en su definición y al formular estrategias de acción es indispensable distinguir los niveles de sobrevivencia, conveniencia y excelencia planteados para superar una visión basada en términos y factores negativos, y hacerlo sobre grados positivos de comprensión.

La ciudad agrega a todas sus dimensiones sociales, económicas, funcionales y políticas, su condición de ente cultural que representa una forma de comprender y asumir el mundo por el grupo social que la habita, en un contexto histórico, desde temas tan diversos como la relación con el entorno natural, percepción y apropiación de toda la ciudad o parte de ella, actividades de servicio y relación lo privado y lo público, entre otros.

Es en este aspecto donde el descuido del patrimonio arquitectónico y urbanístico provoca el deterioro del ámbito urbano y atenta contra su calidad de vida<sup>12</sup>. El patrimonio constituido por la traza, los edificios y los espacios urbanos desde sus inicios hasta la situación actual, genera una forma en particular y exclusiva de comprender y asumir el territorio. El deterioro provocado por fenómenos climáticos y la geografía, la manera de usarlo y la indiferencia para preservarlo, son elementos críticos. La complejidad e interrelación de los factores en juego dificulta cualquier solución previsible. Sólo una acción

---

<sup>10</sup> Santa María, I. 1985. *La Gran Ciudad*. En: Soler, F. (ed.). *Medio Ambiente en Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 279-311.

<sup>11</sup> Id. a nota 1.

<sup>12</sup> Waisberg, M. 1984. *Gravitación del Patrimonio Arquitectónico en el Ambiente Construido: una Aproximación Cultural y Profesional Especializada*. Sobre el Medio Ambiente, Contaminación Urbano-Arquitectónica. Actas del III Encuentro Nacional Universitario sobre Medio Ambiente, FAU, Santiago.

permanente, que ha comenzado en los últimos años con el desarrollo de estudios sistemáticos sobre el patrimonio construido y su posterior divulgación, puede crear conciencia respecto de una herencia imposible de valorar antes de verla irremediablemente perdida.

### 3. Asentamientos Humanos en el Territorio Nacional

#### 3.1. Proceso de Ocupación Territorial

La originalidad del desarrollo en la ocupación del territorio nacional está condicionada por particularidades geográficas y económicas, que por su configuración y distancia a los centros gravitacionales lo distinguen del resto del continente. La primera etapa del proceso de urbanización cubrió el territorio en un sistema fundamentalmente de dominio y defensa de ciertos centros de interés extractivo, período representado por las fundaciones de la Conquista hasta las sublevaciones de finales del siglo XVI<sup>9</sup>.

Quedó así delineado el conjunto de asentamientos que en los siglos XVII y principios del XVIII configuró la red de los primeros centros poblados del territorio. El siglo XIX, que se inicia con la independencia del país, incorporó un nuevo modelo de desarrollo acompañado por importantes cambios económicos, sociales y culturales, dando forma a los primeros sistemas urbanos regionales y confiriendo carácter urbano a los principales centros poblados, que tendrían validez hasta hoy.

El período más relevante por su impacto en el desarrollo urbano es el presente siglo. Profundas transformaciones del modelo de desarrollo generan una nueva fisonomía de la sociedad chilena, expresada en las grandes ciudades. Estas se convierten en polos de atracción y motores que impulsan todo el proceso de desarrollo. Los asentamientos son los grandes receptores de un alto crecimiento demográfico, con especial fuerza en ciertos centros, cabezas de provincias o regiones, y más aún, en las ciudades de Santiago, Valparaíso y Concepción, que llegan a la inclusión de pueblos aledaños y ciudades vecinas, configurando las primeras áreas metropolitanas.

A pesar del origen común de la trama física y la estructura política-administrativa dada por la Corona española, la evolución de metrópolis, ciudades y pueblos que surgieron de los centros fundacionales sufrió, con el paso del tiempo, procesos históricos distintos debido a su localización, entorno geográfico, recursos naturales y el papel que cada uno de ellos jugó en la evolución social, económica y cultural del país. Condiciones de ubicación en el territorio, actividades relevantes en las redes de producción, intercambio y flujos, cercanía a los centros de la minería, la agricultura y, posteriormente, la industria, fueron perfilando funciones, formas y tamaños característicos para cada uno de ellos.

Son los centros metropolitanos, concentradores de población y actividades productivas, financieras y administrativas, los que presentan los cuadros más críticos, en envergadura y complejidad, de las variables que reflejan su deterioro ambiental, tanto físico como social. Pese a los beneficios que proporciona la ciudad y que explican su expansión, la suma de

---

<sup>9</sup> Bodini, H. 1985. *Geografía Urbana*. Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar, Santiago.

factores negativos ha llevado a los centros metropolitanos chilenos a configurarse en ciudades con reducida interacción social y multiplicidad de opciones, debido a estructuras históricas no equitativas y a una forma física y tamaño excesivo que dificulta la accesibilidad e impide el desarrollo de sus condiciones elementales como núcleo urbano.

La tendencia generalizada de crecimiento acelerado de la población urbana en detrimento de la población rural contrasta con la desaceleración observada en la última década en el crecimiento de los centros metropolitanos, especialmente de la ciudad de Santiago, favoreciendo el crecimiento de ciudades de rango intermedio y centros poblados de menor tamaño, asociado a cambios en los sistemas de producción, incremento de la actividad agroexportadora y descentralización de la estructura administrativa nacional. Al igual que el acelerado crecimiento fue un proceso no controlado, el nuevo fenómeno también muestra autonomía respecto a la acción de la planificación.

Otro factor con repercusión en el medio ambiente de los asentamientos humanos es la configuración de un nuevo orden en el territorio. La última década ha sido testigo de una reorganización territorial de todas las formas de producción, que reguladas por un nuevo modelo de desarrollo sustentado en las exportaciones, nuevas tecnologías y modernos sistemas de comunicación, afectan la estructura de los centros poblados y la forma de ocupar las metrópolis, ciudades y pueblos<sup>14</sup>. Un análisis sectorial de las áreas relevantes para este nuevo modelo, como minería, pesca, fruticultura y forestal, revela más allá de la propia localización y su impacto ambiental directo, una nueva y disímil articulación del territorio<sup>15</sup>. Las actividades de la ciudad parecen dispersarse en la geografía, densificando a mayor velocidad los centros urbanos menores, generando instalaciones de producción dispersas en el espacio y ordenadas en torno a las fuentes de materia prima y vías de comunicación. En este nuevo orden la movilidad y la oportunidad son actores principales. Se está sin duda ante un nuevo escenario para el próximo decenio, lo que puede recibir al siglo venidero con una estructuración muy distinta de la que nos ha tocado vivir en el país.

### 3.2. Configuración Actual de los Centros Urbanos en el Territorio

Para un estudio sistemático del estado actual del medio ambiente en los diferentes tipos de asentamientos humanos del país es necesario definir primero un orden de agrupación para estructurar su análisis. En este sentido se ha optado por las categorías y definiciones dadas por Bodini<sup>16</sup>, en función de tipos regionales que apuntan a las características de las estructuras internas de las ciudades y a sus condiciones externas de relación con el paisaje y geografía, involucrando interrelaciones con otros centros de la propia región y articulados en un todo más complejo.

---

<sup>14</sup> De Mattos, C.A. 1990. *Reestructuración Social, Grupos Económicos y Desterritorialización del Capital*. Revolución Tecnológica y Reestructuración Productiva: Impactos y Desafíos Territoriales. Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.

<sup>15</sup> Daher, A. 1990. *Políticas Macroeconómicas, Tipo de Cambio y Desarrollo Territorial. Escenarios Chilenos*. Revolución Tecnológica y Reestructuración Productiva: Impactos y Desafíos Territoriales. Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires.

<sup>16</sup> Id. a nota 13.

En las tipologías regionales se perfilan y fundan los elementos que regulan la condición ambiental de los asentamientos, y es posible establecer correlaciones entre su organización espacial y la orientación de su estructura económica y de producción por sectores relevantes. En términos generales se pueden determinar siete tipos dominantes que caracterizan zonas diferentes.

### **3.2.1. Primera Zona: las ciudades-campamentos del Norte Grande**

Agrupar a los centros urbanos de la I Región de Tarapacá y II Región de Antofagasta. Con un origen minero y muy variadas historias de crecimiento y decrecimiento, concentran en pocos lugares la casi totalidad de la población de la zona, la que está directa o indirectamente relacionada a la actividad minera y en la que domina un sentido de transitoriedad. La distinción más importante se produce entre los enclaves extractivos y productores y las ciudades que son puntos de embarque de los productos y centros de servicios de los primeros. Son características de esta condición ciudades como Arica, Iquique y Antofagasta.

En la estructura urbana de los enclaves domina la localización de las instalaciones de producción y procesamiento del mineral, y en las ciudades lo hacen las redes y puntos de embarque como caminos, líneas de ferrocarril, puertos y aeropuertos, ordenándose las actividades restantes de cada tipo en función de estos elementos.

La zona concentra en la actualidad importantes proyectos de inversión en nuevas explotaciones mineras, acentuando aún más su actual perfil de ocupación.

### **3.2.2. Segunda Zona: los centros mineros y minero-agrícolas del Norte Chico**

Comprende los núcleos urbanos de la III Región de Atacama y IV Región de Coquimbo. Sus centros mineros muestran estructuras similares a los anteriores, pero la incorporación de actividades agrícolas en su entorno las convierte en centros abastecedores y de servicio para la agricultura, alcanzando tamaños y jerarquías superiores.

El impacto de la fruticultura ha modificado radicalmente sus sistemas urbanos mayores, como Copiapó, La Serena y Ovalle. Asimismo se presentan actividades industriales en pequeña escala y en localidades precisas. Sus ciudades han sido más fieles en lo formal a las directrices de la trama y el orden fundacional que les dio origen, tales como la plaza, los edificios relevantes en torno suyo y las avenidas arboladas. Es el caso de núcleos como Copiapó, La Serena, Coquimbo, Ovalle, Illapel y Vallenar.

### **3.2.3. Tercera Zona: las grandes aglomeraciones y núcleos estacionarios en el centro del país**

Comprende los asentamientos de la Región Metropolitana de Santiago y V Región de Valparaíso. Con un cambio importante en su paisaje y localización, las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso-Viña del Mar presentan características excepcionales. La zona concentra un alto porcentaje de la población y de las actividades productivas del país, y posee las redes de infraestructura más desarrolladas y los consumos de energía más altos.

La población se agrupa en las áreas metropolitanas y configura en torno a ellas una red de núcleos comparativamente menores, dispersos en todo su territorio, de base prioritariamente agrícola, que en la última década han dado signos de un interesante fenómeno de crecimiento a tasas significativamente más altas que los propios centros metropolitanos. Es el caso de ciudades tradicionales y representativas del modelo colonial de asentamientos urbanos como Melipilla, Talagante, San Felipe, Los Andes, Curacaví y Colina.

En las áreas metropolitanas, otro fenómeno asociado a su crecimiento en extensión es que al expandirse absorben a otros núcleos urbanos de origen fundacional independiente y desarrollo propio, incorporándolos en la categoría de subcentros. Es el caso de ciudades como Maipú, San Bernardo y Puente Alto, entre otros, para el Gran Santiago. Esta fusión de unidades de escala diversa hará solidaria a las unidades menores de gran parte de los problemas ambientales del núcleo mayor.

### **3.2.4. Cuarta Zona: los grandes núcleos de base rural en el Valle Central**

Cubre los asentamientos humanos de la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y VII Región del Maule. Se desenvuelve entre las ciudades del Rancagua y Chillán, siendo la actividad agrícola iniciada en el siglo XVII. A ésta se agregan actividades como la minería (para el caso de Rancagua), la expansión de la agroindustria y la fruticultura en importantes áreas de la zona. A un crecimiento moderado pero sostenido durante siglos se agrega el impacto de estas nuevas formas de explotación del suelo agrícola, acompañado por fuertes cambios en las estructuras socioeconómicas tradicionales del campo, y con serios efectos en la organización interna de ciudades y pueblos.

El sistema de núcleos urbanos es similar en su origen y evolución a los de la segunda zona, pero con un desarrollo más sostenido que ha dado como resultado ciudades más complejas y pueblos más equipados en sus redes de servicios y en su gama de tamaño, número y jerarquía. Una variable esencial para su desarrollo ha sido la relación, con las redes de transporte, primero el ferrocarril y hoy la carretera al sur.

### **3.2.5. Quinta Zona: los núcleos industriales y de servicio en el área de Concepción**

Comprende la VIII Región del Biobío. Es la tercera área metropolitana del país, generada en torno a una ciudad tradicional, que se vio alterada por un rápido y programado desarrollo industrial. Aprovecha yacimientos de carbón existentes en la zona para configurar un caso único de concentración de núcleos urbanos de Concepción a Talcahuano, incluyendo centros como Lirquén, Tomé, Penco, Lota Schwager, Coronel, San Pedro y una serie de lugares de menor rango. A ello se agrega un programa de forestación que la convierte hoy en la zona con mayores recursos forestales del país e importantes inversiones en torno a su explotación. El Río Biobío es integrado al sistema de generación de electricidad con el programa más ambicioso llevado a cabo en el país al respecto. El área de Concepción es hoy la zona con la mayor expectativa de crecimiento del país para los próximos años.

Las acciones llevadas a cabo en el área metropolitana de Concepción han significado siempre el predominio de las condicionantes de localización y funcionamiento de sus

actividades de producción por sobre los restantes factores urbanos. La postergación y el deterioro de la calidad de vida de sus habitantes han significado un vivo contraste en la ocupación y configuración de su territorio.

### **3.2.6. Sexta Zona: las ciudades de la colonización del siglo XIX**

Comprende los núcleos urbanos de la IX Región de la Araucanía y X Región de Los Lagos. Con un paisaje y un clima que impone rigores mayores, estos centros poblados, fieles a las constantes de la fundación de la trama original, han incorporado condiciones propias. Su papel es de apoyo a un área regional, la que sirven principalmente en actividades agropecuarias, incorporando la pesca en el caso de Puerto Montt y algunas ciudades de Chiloé.

Estos núcleos se conforman fuertemente asociados a la red caminera regional y presentan su núcleo principal en torno a los lugares de intercambio (mercado y calles comerciales). Poseen una interesante estructura social de grupos muy diversos, desde sus habitantes originales, pasando por los colonos, hasta la llegada reciente de técnicos y profesionales del centro del país. Las plazas y avenidas arboladas adquieren una forma propia a pesar de obedecer a las mismas directrices originales del valle central.

El crecimiento acelerado en extensión de algunos de los centros urbanos, que sobrepasa los equilibrios tradicionales de sus territorios aledaños, es un tema a regular en los próximos años por sus efectos en la calidad ambiental.

### **3.2.7. Séptima Zona: los enclaves del extremo sur**

Comprende los asentamientos urbanos de la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. En el territorio más adverso de Chile continental, los núcleos urbanos de esta zona deben ser comprendidos como enclaves que carecen de base regional que actúe como soporte. Su desarrollo está condicionado por su nivel de contacto con el resto del país, por vías marítimas y aérea principalmente, y en forma más incipiente por tierra.

Los núcleos más relevantes son las dos capitales regionales, Coihaique y Punta Arenas. El aporte de esta zona al producto del país es el más bajo de todos, con una economía menos desarrollada pero con interesantes potencialidades y proyectos de inversión. Sus niveles de deterioro ambiental son menos acentuados que en el resto del país y en muchos existe mayor conciencia de la necesidad de preservar la calidad del ambiente.

## **3.3. Conclusiones Preliminares**

Así, reconocido el total del territorio continental, el país muestra una clara primacía del área metropolitana de Santiago, seguida por las metrópolis de Valparaíso-Viña del Mar y Concepción, y una larga red de ciudades y pueblos dispersos en el territorio que concentran

la mayor población nacional; así, la población urbana alcanzaba en 1980 a un 74,9% del total", mientras que en 1992 representaba un 83,46%".

Para la primera zona, la población urbana llegaba el año 1980 a un 93%; para la segunda, cuarta y quinta zonas fluctuaba entre un 61% y 65%; para la tercera zona alcanzaba a un 80%; y para la sexta y séptima zona oscilaba entre un 50% y 53%". Según el Censo de 1992, la población urbana estaba representada por los siguientes porcentajes: primera zona, 95,75%; segunda zona, 76,74%; tercera zona, 95,19%; cuarta zona, 61,68%; quinta zona, 77,44%; sexta zona, 61,20%; y séptima zona, 83,93%".

Los cambios recientes en la estructura espacial del país muestran una disminución relativa de las concentraciones metropolitanas y su reemplazo por la formación de sistemas menores descentralizados urbano-regionales". Sin embargo, la atracción de la población hacia regiones en que se localizan las áreas metropolitanas seguirá en aumento hasta el año 2000, llegando a acoger la Región Metropolitana de Santiago a un 41,5% de la población del país, la VIII Región del Biobío a un 11,9% y la V Región de Valparaíso al 10,3%, en total un 63,7%".

Si se considera que el deterioro ambiental se agrava en forma acelerada en función del mayor tamaño de los núcleos urbanos, y que por la concentración de población en las áreas metropolitanas es mayor el número de ciudadanos afectados, serán éstos los puntos más sensibles de estudio y evaluación en la estrategia de acción a considerar.

En relación a los efectos sobre el ambiente natural, las consecuencias de deterioro del entorno son igualmente alarmantes, tanto en los grandes centros urbanos como en asentamientos de menor tamaño. Pero en estos últimos la consideración de impactos ambientales negativos ha sido mejor asimilada que en los centros urbanos, al estar condicionados por acciones de inversión que actúan desde el extranjero, donde el tema ambiental ocupa un lugar de relevancia.

#### 4. Estado de Situación del Medio Ambiente en los Asentamientos Humanos

Para evaluar el estado del medio ambiente en los centros urbanos del país, se tendrá como fuente un estudio reciente que se fijó como objetivo la determinación de los problemas

---

" Id. a nota 13.

" Instituto Nacional de Estadísticas. 1992. *Resultados Oficiales Censo 1992*. Doc. computacional, Santiago.

" Id. a nota 13.

" Id. a nota 18.

" Soler, F. y S. León. 1988. *Cambios Recientes en el Sistema Urbano Chileno: un Análisis de la Dinámica Histórica y Particular de las Organizaciones Espaciales*. EURE N° 43:153-167.

" Id. a nota 21.

ambientales relevantes en el escenario de todo el territorio nacional<sup>23</sup>. De los resultados del estudio se exponen a continuación sólo aquellos relativos al tópico de los problemas ambientales urbanos que interesan a este trabajo, recurriendo a algunas elaboraciones posteriores del mismo material<sup>24</sup>.

El estudio mostró que de las diversas categorías de problemas ambientales analizadas, las relativas a agua, infraestructura y servicios presentan la más alta significación, 16 y 18% respectivamente (ver Tabla 14.1). Del total de problemas ambientales (853), un 41% se encuentra en las categorías del medio construido. Sin embargo, si se considera además la parte de los problemas del ambiente natural que son consecuencia directa de los asentamientos urbanos, este porcentaje asciende a un 75% aproximadamente, quedando comprometidos alrededor de 640 problemas ambientales de los 853 registrados.

<b>Categoría</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Medio Ambiente Natural</b>		<b>(59)</b>
Aire	96	11
Agua	133	16
Tierra	85	10
Flora	78	9
Fauna	75	9
Factores climáticos	19	2
Recursos naturales	19	2
<b>Medio Ambiente Construido</b>		<b>(41)</b>
Vivienda y edificación	45	6
Infraestructura y servicios públicos	153	18
Estructura interna de la ciudad	71	8
Equipamiento	52	6
Patrimonio y paisaje	27	3
<b>Totales</b>	<b>853</b>	<b>100</b>
Fuente: Gross, P. 1991. <i>Problemas Ambientales Urbanos: el Caso Chileno</i> . La Urbe Latinoamericana: Balance y Perspectiva a la Puerta del Tercer Milenio. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.		

En el estudio de los problemas ambientales urbanos<sup>25</sup> clasificados ya sea en medio ambiente natural o construido, o en cualesquiera de sus categorías, ha parecido de interés seleccionar aquellos que de una u otra forma alteran los centros poblados del país.

<sup>23</sup> Hajek, E., P. Gross y G. Espinoza. 1990. *Problemas Ambientales en Chile*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo-Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

<sup>24</sup> Id. a nota 6.

<sup>25</sup> Id. a nota 6.

Entre los problemas detectados se producen dos tipos de interrelaciones relevantes. Una es la agrupación de los centros urbanos por zonas en función de las categorías definidas en la sección anterior, en relación al territorio y paisaje en que se ubican. Otra es el tipo de centro urbano en función de su tamaño e independiente a su localización en el territorio. Considerando que al intentar intervenir en la solución de los problemas es posible identificar distintos niveles territoriales de gestión, se ha buscado vincular los problemas ambientales urbanos con el nivel local, reconociendo en él una escala privilegiada de control de algunas variables, con la finalidad de mejorar y corregir sus efectos negativos sobre la ciudad u otro centro en estudio.

A partir de un Índice General de los problemas ambientales del país, se ha elaborado un nuevo listado: el Índice de Problemas Ambientales Urbanos (ver Tabla 14.2), que contiene los problemas que se repiten en las distintas regiones del país, omitiendo la Antártica Chilena, la Isla de Pascua y el Archipiélago de Juan Fernández, por su escaso significado urbano.

En el listado de problemas ambientales urbanos se indica además aquellas categorías de problemas que representan una mayor relevancia por la importancia que representan en su respectiva región, a partir de una ponderación superior a 3,99 dentro de un máximo de 5,00, y se indican las que son susceptibles de ser controladas a nivel local, sin perjuicio de la gestión que se pueda ejercer a otros niveles. La selección de los problemas ambientales urbanos y su inclusión en el nivel local es el resultado del análisis detallado de sus características, alcances y comentarios descritos por los propios expertos consultados en el estudio, y su conocimiento puede contribuir a explicitar los principales desajustes ambientales que se observan en las ciudades y otros centros urbanos del país.

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1. Aire</b>													
<b>1.1. Contaminación atmosférica</b>						X'							
- Procesos industriales'			X	X			X		X				X
Pesquera'	X										X		
Celulosa'		X						X'				X	
Química'	X	X'		X									
- Procesos mineros		X'	X'	X'	X		X						
- Combustión													
Calefacción a leña							X		X	X	X		
Quema de basuras'	X							X					
Vehículos motorizados	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		
- Polvos en suspensión			X										
Polvo de calles			X	X	X								

**Tabla 14.2 (continuación)**  
**Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1.2. Contaminación acústica*</b>						X			X	X			
- Propaganda callejera*		X					X	X					
- Centros nocturnos*	X	X	X				X						
- Vehículos*	X	X		X			X	X					
<b>1.3. Contaminación por olores</b>						X							
- Procesos industriales*	X		X						X				
Pesquera*	X	X	X	X					X		X		X
Pecuaria*							X						X
Celulosa*								X	X				X
- Procesos mineros			X		X			X	X				
- Aguas servidas	X		X					X				X	
- Basurales*			X				X		X			X	X
<b>2. Agua</b>													
<b>2.1. Contaminación marina</b>					X		X		X		X		
- Desechos sólidos urbanos*	X				X								
<b>2.2. Contaminación de aguas continentales</b>													
- Cursos de agua				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aguas servidas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desechos sólidos urbanos*				X	X			X				X	X
Escoria calles					X								
- Cuerpos de agua									X		X	X	X
Aguas servidas			X							X	X	X	X
Residuos industriales			X								X	X	X
<b>2.3. Mala calidad recurso agua</b>													
- Agua potable			X	X				X	X		X	X	X
Carencia de tratamiento													
Presencia de arsénico y boro	X	X											
<b>2.4. Escasez del recurso agua</b>													
- Agua potable*		X											
<b>2.5. Inundaciones*</b>					X	X	X	X		X	X		X
- Por desbordes de ríos*				X							X		
- Por desagües de quebradas*			X								X		
- Por deshielos de verano*			X										
- Por bajo nivel del terreno*											X		
- Por napas freáticas						X							
<b>2.6. Intervención inadecuada en cursos de agua</b>					X								
- Por extracción de material*													
- Por construcción*											X		
<b>3. Tierra</b>													
<b>3.1. Contaminación</b>													
- De lugares de esparcimiento*			X										
<b>3.2. Pérdida de suelos</b>													
- Por expansión urbana*				X	X	X	X	X			X		

**Tabla 14.2 (continuación)**  
**Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>4. Flora</b>													
<b>4.1. Problemas de vegetación urbana</b>													
- Inadecuada arborización'		X						X					
- Escasez de vegetación periférica'						X							
- Destrucción vegetación	X							X					
<b>5. Fauna</b>													
<b>5.1. Presencia de fauna molesta y dañina</b>													
- Insectos	X	X	X	X	X	X		X	X		X		
- Roedores					X			X			X		
- Aves	X	X											
<b>5.2. Mal manejo de fauna doméstica</b>	X				X				X		X		
<b>6. Vivienda y edificación</b>													
<b>6.1. Mala calidad de la vivienda'</b>	X			X		X'					X'	X	X
- Aislación térmica		X				X		X					
- Condiciones antisísmicas'						X							
- Espacios inadecuados				X				X					
- Infraestructura de servicios básicos'	X				X	X		X	X'				
- Superficie destinada a patios'								X					
- Diseño de edificación													
- Características vivienda en relación al clima				X					X		X		
<b>6.2. Mal estado de la vivienda'</b>		X										X	
- Deterioro de viviendas					X			X					
- Abandono de construcciones por mal estado	X				X	X							
<b>6.3. Escasez de viviendas</b>						X'		X					X
<b>6.4. Excesiva densidad residencial'</b>						X							
<b>6.5. Falta de construcciones en altura</b>	X												
<b>6.6. Hacinamiento y promiscuidad dentro de la vivienda</b>							X'		X'				
<b>6.7. Falta de materiales de construcción</b>											X		
<b>6.8. Mala calidad de construcción de internados</b>												X	
<b>6.9. Contaminación al interior de la vivienda</b>						X							
<b>7. Infraestructura y servicios públicos</b>													
<b>7.1. Deficiencias en la infraestructura</b>													
- Obras civiles													
Defensas fluviales'					X	X	X'	X					
Canalización de cursos de agua'										X			
Puertos													
Aeropuertos													

**Tabla 14.2 (continuación)**  
**Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
- Obras viales													
Seguridad													
vías vehiculares*						X							
vías peatonales*						X							
ciclovías*								X					
Diseño													
calzadas*													
veredas*													
Coordinación de obras*						X							
Funcionamiento de obras*				X							X		
Déficit redes viales						X	X						
vehiculares*						X	X						
ciclovías*		X				X	X						
peatonales*						X	X		X				
Calidad de redes viales*		X	X			X <sup>1</sup>	X		X				X
interurbanas					X	X	X	X	X <sup>1</sup>	X	X		
urbanas*	X		X	X		X	X		X	X	X	X <sup>1</sup>	X
peatonales*	X	X <sup>1</sup>		X		X			X		X		
- Infraestructura sanitaria*	X	X					X						
Sistema de alcantarillado				X	X	X							
déficit	X	X <sup>1</sup>				X <sup>1</sup>	X	X		X	X	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>
calidad	X								X <sup>1</sup>		X		X <sup>1</sup>
Planta de tratamiento de aguas													
servidas		X <sup>1</sup>		X					X <sup>1</sup>		X <sup>1</sup>		
industriales									X <sup>1</sup>				
Disposición de desechos sólidos*		X	X	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X	X	X <sup>1</sup>	X	X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X
Sistema de desagüe de aguas lluvias			X	X	X	X	X <sup>1</sup>	X	X <sup>1</sup>		X		
7.2. Deficiencias en los servicios													
- Agua potable													
Deficiencias en el suministro	X	X <sup>1</sup>		X <sup>1</sup>	X	X	X	X		X	X		X
Cortes del servicio		X											
- Electricidad													
Deficiencias en el suministro				X	X <sup>1</sup>		X			X	X		
Cortes del servicio		X											
- Aseo público													
Falta de aseo público*	X	X		X		X					X		X
Deficiente sistema de recolección de desechos sólidos*	X				X <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	X	X	X <sup>1</sup>			X <sup>1</sup>	X
- Control de incendios													
- Locomoción colectiva											X		
Déficit en el servicio	X			X		X	X <sup>1</sup>						
Mal estado del servicio				X									
- Señalización de tránsito*													
- Transporte													
Desplazamiento del transporte público					X	X <sup>1</sup>							
- Comunicaciones							X						

**Tabla 14.2 (continuación)**  
**Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>8. Estructura interna</b>													
<b>8.1. Inadecuada planificación urbana*</b>	X			X	X				X		X		
- Mala planificación en el crecimiento urbano			X'	X'	X	X'	X'	X		X'	X	X	
- Excesiva extensión de las ciudades*				X		X'	X'	X					X'
<b>8.2. Presencia de asentamientos humanos no planificados*</b>	X			X	X'						X		
<b>8.3. Estructura física socialmente segregada</b>						X'							
<b>8.4. Exceso de zonas de acceso restringido</b>					X								
<b>8.5. Inadecuada planificación de vías vehiculares</b>					X			X			X		
- Inadecuado acceso a las ciudades							X'	X					
- Pérdida de vías vehiculares						X			X				
<b>8.6. Inadecuada planificación del tránsito urbano</b>	X	X		X		X'	X						
<b>8.7. Inadecuada localización de infraestructura</b>						X					X		
- Viviendas y áreas residenciales*										X			
- Obras civiles													
Aeropuertos*						X							X
Puentes*													
Vías férreas*					X								
- Industrias*	X	X'		X		X'	X	X'					
- Servicios													
Redes de alcantarillado								X					
Basurales*		X				X'					X'		X'
Comercio*						X							
Depósitos*					X								
<b>8.8. Inadecuada planificación regional</b>													
- Localización de poblados en cuencas				X									
- Dispersión de poblados		X					X						
<b>9. Equipamiento</b>													
<b>9.1. Problemas del equipamiento recreacional</b>													
- Áreas verdes													
Déficit*		X	X'	X	X	X'	X'	X			X		X
Malas condiciones*					X				X		X		X
Pérdida*					X	X'					X		
- Problemas de espacios de recreación													
Déficit													
espacios abiertos*		X										X	
centros deportivos*						X							X
lugares de esparcimiento*	X		X			X'		X	X				X
Falta de mantención													
<b>9.2. Problemas del equipamiento de salud*</b>													
- Servicios de atención*							X						
- Equipamiento en postas*													
- Servicios sanitarios*						X		X					

**Tabla 14.2 (continuación)**  
**Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

Categorías de problemas	Regiones												
	I	II	III	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9.3. Problemas del equipamiento educacional*								X					
9.4. Problemas del equipamiento comercial*	X												
- Higiene lugares venta alimentos					X'	X'		X					
- Acondicionamiento ferias públicas								X					
- Comercio ambulante*					X	X		X					
- Calidad locales comerciales*													
9.5. Problemas del equipamiento de transporte y comunicaciones													
- Terminales buses y ferrocarriles*								X					
- Estacionamientos vehículos particulares*				X	X								
- Teléfonos públicos						X	X	X					
9.6. Problemas del equipamiento policial						X							
9.7. Problemas del equipamiento laboral						X'							
9.8. Problemas del equipamiento urbano						X'							
10. Valores formales y culturales													
10.1. Descuido del patrimonio cultural*													
- Destrucción lugares de interés cultural*	X											X'	
- Preservación patrimonio arquitectónico					X	X'				X	X		
10.2. Problemas en la arquitectura													
- Autenticidad lugares de interés cultural	X			X		X							
- Armonía en edificación*							X	X					
10.3. Inadecuado tratamiento del paisaje													
- Paisaje urbano*		X					X'		X				
- Calidad*		X		X		X							
- Espacios públicos vitalizadores de la ciudad*						X'							X

**Nota:** El presente listado es parte del índice General de problemas ambientales regionales.  
 \* Problemas de mayor relevancia por importancia.  
 \* Problemas de posible control local. El control local es sin perjuicio del que pueda ejercerse a otros niveles territoriales.

**Fuente:** Gross, P. 1991. *Problemas Ambientales Urbanos: el Caso Chileno*. La Urbe Latinoamericana: Balance y Perspectiva a la Puerta del Tercer Milenio, Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.

De la Tabla 14.2 se puede observar que las categorías de problemas definidos y localizados por regiones muestran dos asociaciones interesantes. Por una parte, su localización geográfica comprendida en condicionantes del territorio, y por otra, su relación con una escala determinada de asentamientos humanos que dominan cada región o zona, conforme a las categorías de Bodini<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> Id. a nota 13.

Del tipo asociado a la localización existen casos evidentes como la contaminación atmosférica por procesos mineros que afectan a los asentamientos de la II Región de Antofagasta, III Región de Atacama y IV Región de Coquimbo con mayor fuerza; la contaminación de las pesqueras en la I Región de Tarapacá, II Región de Antofagasta, III Región de Atacama, IV Región de Coquimbo y VIII Región del Biobío; la contaminación por olores de las plantas de celulosa en las VII Región del Maule y VIII Región del Biobío; los problemas por inundaciones, entre la V Región de Valparaíso y la VII Región del Maule, asociado a un régimen específico de precipitaciones; y la mayor vulnerabilidad de la geografía del extremo sur en la X Región de Los Lagos, XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, donde el impacto de ciertas acciones es mayor a pesar del menor nivel de ocupación que presentan. Esto se evidencia en problemas como la deficiencia de sistemas de alcantarillado, la inadecuada localización de basurales y la destrucción de lugares de interés cultural.

Del tipo asociado al tamaño se pueden detectar problemas específicos con gran relevancia para las áreas metropolitanas de Santiago y Concepción no detectados en otras regiones, como el hacinamiento y promiscuidad dentro de la vivienda.

Existen también problemas asociados a centros urbanos de tipo intermedio y metropolitanos que se reconocen en casi todas las regiones, como la contaminación por combustión de vehículos motorizados (I Región de Tarapacá a X Región de Los Lagos); la contaminación acústica (I Región de Tarapacá a X Región de Los Lagos); la contaminación de aguas continentales por aguas servidas (I Región de Tarapacá a XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, con los índices más altos entre la IV Región de Coquimbo y IX Región de la Araucanía); la pérdida de suelos por la expansión urbana (IV Región de Coquimbo a VII Región del Maule, con índices altos para casi todas ellas); la deficiencia en el sistema de recolección de desechos sólidos (V Región de Valparaíso a XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo); y el déficit de espacios de recreación (I Región de Tarapacá a XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, con el índice más alto en la Región Metropolitana de Santiago).

Existen otros problemas asociados a todas las escalas de asentamientos humanos, desde los metropolitanos a los rurales, como son la deficiente calidad de redes viales interurbanas (I Región de Tarapacá a X Región de Los Lagos, con su índice más alto en la VIII Región del Biobío), y el déficit de infraestructura sanitaria y suministro de agua potable (en todas las regiones con índices más altos en los extremos austral y norte).

En relación a problemas propios de las áreas urbanas se reconoce una inadecuada planificación en todas las regiones del país (con la excepción de la II Región de Antofagasta), con los índices más graves en la Región Metropolitana de Santiago, III Región de Atacama, IV Región de Coquimbo, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, IX Región de la Araucanía y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. El déficit y pérdida de áreas verdes afecta desde la II Región de Antofagasta a la VII Región del Maule, y nuevamente la Región Metropolitana de Santiago acusa la situación más grave, siendo la única donde se reconoce la generación de una estructura física socialmente segregada como problema grave.

A manera de conclusión, la información anterior se ha resumido en la Tabla 14.3. Los resultados indican que de la identificación total de problemas ambientales regionales, excluidos los territorios insulares, un 60,44% corresponden a impacto urbano directo, representando un 75,91% en relación a los seleccionados como de mayor relevancia en el país. Estos porcentajes descienden levemente cuando se vinculan con los tipos de problemas del Índice General o del Índice de Problemas Relevantes.

**Tabla 14.3**  
**Resumen de los Problemas Ambientales Urbanos de Chile**

	Total problemas ambientales	Total problemas ambientales urbanos				
		Número	% 1	Control local		
				Número	% 2	% 3
Problemas	776 <sup>1</sup>	469 <sup>5</sup>	60,44	261	33,63	55,65
Tipo de problemas	303 <sup>2</sup>	158	52,10	88	29,04	55,70
Problemas relevantes	137 <sup>3</sup>	104 <sup>5</sup>	75,91	60	43,80	57,69
Tipo de problemas relevantes	91 <sup>4</sup>	54	59,34	29	31,87	53,70

**Nota:** %1: Porcentaje con respecto al total de problemas ambientales.  
%2: Porcentaje con respecto al total de problemas ambientales.  
%3: Porcentaje con respecto al total de problemas ambientales urbanos.

<sup>1</sup> Problemas identificados en Problemas Ambientales de Chile (Id. nota 23), excluyendo Isla de Pascua, Archipiélago de Juan Fernández y Antártica Chilena.  
<sup>2</sup> Tipología del Índice General, tanto en categorías como subcategorías.  
<sup>3</sup> Problemas relevantes de acuerdo a su mayor grado de importancia.  
<sup>4</sup> Tipología de los problemas relevantes de acuerdo a su mayor grado de importancia tanto en categorías como subcategorías.  
<sup>5</sup> Corresponden a las "X" indicadas en la Tabla 14.2.

**Fuente:** Gross, P. 1991. *Problemas Ambientales Urbanos: el Caso Chileno*. La Urbe Latinoamericana: Balance y Perspectiva a la Puerta del Tercer Milenio, Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas.

Con respecto a la posibilidad de control local, se observa que más del 50% de los problemas ambientales urbanos son posibles de intervenir a ese nivel, bajando este porcentaje en relación al total de problemas regionales. Ello confirma la fuerte incidencia que en forma creciente está adquiriendo en Chile la acción de los diversos agentes sociales en el ámbito de la comuna, y la gestión del municipio en el mejoramiento de la calidad ambiental. Esto permite una mayor intervención de la propia comunidad en la denuncia, identificación y resolución de los problemas que afectan el ambiente urbano y natural donde vive.

### 5. Líneas de Política para el Mejoramiento Ambiental de los Asentamientos Humanos

En primer lugar, y como marco de referencia, es preciso rescatar una activa participación del Estado para alcanzar un desarrollo equitativo y eficiente de los

asentamientos humanos, luego de comprobar la existencia de un conjunto de externalidades negativas e imperfecciones del mercado inmobiliario que traban el desenvolvimiento de la ciudad, sin desconocer la importancia de este último como una fuerza vital para incorporar activamente la participación del sector privado. Los poderes públicos deberán incentivar, más bien a través de potencialidades y estímulos que por restricciones, una normativa destinada a regular las actividades de los diversos agentes que intervienen en la producción de la ciudad.

También resulta imprescindible para la mantención del asentamiento como un todo coherente y equilibrado, que las decisiones y proyectos urbanos estén avalados por sus propios habitantes, lo que conduce a fomentar la actividad de organizaciones vecinales como medio para expresar sus anhelos y necesidades. Las políticas urbanas deben superar las visiones estáticas y rígidas de normas basadas en modelos alejados de la realidad, reforzando la necesidad de una labor conjunta entre organismos técnicos y la comunidad en el proceso de mejoramiento urbano.

Es necesario que la participación estatal traduzca por medio de equipos técnicos, en los diferentes niveles territoriales, las exigencias objetivas que impone el ambiente y las prioridades de los pobladores en planes de desarrollo a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las urgencias y características de cada lugar. En dichos planes deben conciliarse los valores del diseño urbano y la calidad del espacio, recuperación de la vida social y revalorización y eficiencia de la ciudad; valores todos centrados en la calidad de vida y no en la comercialización o expectativa ilimitada de una mayor tasa de ganancias. La planificación no puede ser entendida como instrumento de manipulación de ciertos grupos ni como resultado de adiciones marginales desconectadas entre sí, y requiere insertarse en una dimensión tecno-política concordante con las políticas globales del país.

En sociedades como la chilena, en que grupos importantes de la población no tienen acceso en condiciones igualitarias al mercado de suelo urbano, éste resulta ser altamente imperfecto. Los elementos estructurales propios del mercado de suelo urbano hacen que no exista una competencia ni que tienda a ella. El mercado retiene o pone a la venta terrenos, presiona por la aprobación de planes de expansión cuando le conviene, e integra a la ciudad terrenos de alto rendimiento agrícola, sin que el Estado pueda intervenir y aun obligándolo a realizar costosas obras de infraestructura en lugares apartados, recibiendo todo el beneficio de estas inversiones. Esta realidad justifica una intervención pública directa para una mayor y mejor distribución del recurso suelo, democratización de su uso y control eficaz de la especulación con terrenos.

La ciudad entabla una relación de interdependencia con su área rural periférica o entorno, que genera un intercambio dinámico de población, producción agrícola y uso de los recursos naturales en áreas tributarias a la ciudad. Los pequeños agricultores y trabajadores temporales, en frágil condición de sobrevivencia, están expuestos a tener que emigrar a la ciudad, por las crisis características de la actividad agrícola. Algunos se establecen en la periferia urbana, que por su falta de recursos propicia el uso inapropiado del *hábitat*, y se exponen a riesgos naturales y a acelerar la contaminación de suelos y agua, con impacto negativo sobre la calidad ambiental. Para esta situación habría que promover un desarrollo integrado urbano-rural, que junto con dar mayor estabilidad a las políticas urbanas

complemente elementos de conservación y preservación de los recursos naturales y desarrolle de modo más armónico la ciudad.

Con el fin de superar la agudización de problemas como la centralización, segregación, desigualdades entre las comunas, especulación con terrenos, contaminación ambiental, congestión del tráfico, invasión de suelos agrícolas, hacinamiento y escasez de servicios básicos, lo que en definitiva crea o acentúa problemas sociales de toda índole, se requiere elaborar una nueva política urbana que, encuadrada en el contexto de una política nacional de desarrollo territorial, otorgue a los asentamientos humanos una mayor estabilidad.

En el futuro se hace necesaria una alternativa que supere los conceptos probadamente insuficientes del liberalismo vigente, y que, sin desconocer la fuerza del mercado y la iniciativa privada, se abra paso a un esquema político que reivindique la planificación y la gestión urbana como instrumentos orientadores de la acción pública.<sup>27</sup>

Una consulta nacional efectuada en 1993 por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, con apoyo de las Naciones Unidas, para definir una agenda de problemas relevantes del desarrollo urbano actual y futuro de Chile, anticipando algunas políticas e instrumentos de gestión, identificó la temática ambiental como una de las áreas problema más significativas. La síntesis de un documento sobre desarrollo, perfeccionamiento y aplicación de instrumentos de política para el mejoramiento ambiental en los asentamientos humanos sirve de base a estas reflexiones finales<sup>28</sup>:

- a) Planes de ordenamiento territorial como estrategia fundamental para alcanzar el desarrollo sustentable, aportando instrumentos para distribuir la población y sus actividades de acuerdo con la integridad y potencialidad de los recursos naturales que conforman el entorno físico y biótico, y a políticas sociales coherentes en busca de mejores condiciones de vida.
- b) Planes de ordenamiento del uso del suelo, en el sentido tradicional y pasivo de los planes reguladores, y en un sentido activo de modificación e incluso cambio de tendencias a través de incentivos y desincentivos, intervención directa mediante inversión pública, y concertación de agentes privados y públicos.
- c) Orientación del comportamiento de productores, consumidores e inversionistas en situaciones donde los comportamientos "naturales" conducen a respuestas distorsionadas y por lo tanto ineficientes. La orientación se puede lograr por mecanismos como impuestos destinados a controlar externalidades, perfeccionamiento y ampliación de la tarificación de servicios y uso de bienes

---

<sup>27</sup> Gross, P. 1993. *Bases para una Futura Planificación de la Ciudad Chilena*. EURE N° 57:118-119.

<sup>28</sup> Escudero, J. y P. Gross. 1992. *Deterioro Ambiental: Políticas de Mejoramiento Ambiental en los Asentamientos Humanos*. Consulta Nacional sobre Desarrollo Urbano, Ministerio de la Vivienda y Urbanismo-Programa de Gestión Urbana de la Organización de las Naciones Unidas, Santiago.

públicos, subsidios y otros instrumentos económicos y formación de conciencia ambiental.

- d) Perfeccionamiento del Estado y la gestión urbana dentro de un marco de participación y formación de consensos, única manera de canalizar la energía social necesaria, y mediante el soporte de un aparato estatal moderno y capacitado para desarrollar funciones de una complejidad sin precedentes.

**Capítulo 15**

***Conservación y Degradación de Suelos en Chile***

***Mario Peralta P.***

***Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile***

***Guillermo Espinoza G.***

***Comisión Nacional del Medio Ambiente***

## **CAPITULO 15. CONSERVACION Y DEGRADACION DE SUELOS EN CHILE**

**Autores:** Mario Peralta P., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.

Guillermo Espinoza G., Comisión Nacional del Medio Ambiente

### **1. Introducción**

El suelo es un recurso natural renovable que constituye un patrimonio de la nación. El hombre necesita de este recurso para su sobrevivencia, ya que está asociado a las más importantes actividades productivas como la agricultura, la ganadería y la actividad forestal, que dependen directamente del sustrato. La sociedad está asentada sobre la capacidad de sustentación de los suelos, y su pérdida puede causar reducciones en la producción de alimentos, madera y otros elementos necesarios. Es por esto que el suelo debe ser conservado, mejorado y recuperado. El recurso suelo puede ser degradado, ya sea por la eliminación de sus constituyentes físicos como arena, limo, arcilla y materia orgánica, o por la modificación de sus cualidades fisicoquímicas como la pérdida de capacidad de retención de agua o el aumento de la densidad aparente, y con ello una baja en la retención de agua útil.

El suelo en Chile ha sufrido un grave y acelerado proceso de degradación, facilitado en parte por condiciones naturales, como inclinación y extensión de las laderas, profundidad de suelos, tipo de rocas, o interacción entre clima y sustrato. Sin embargo, el principal factor involucrado ha sido la intervención del hombre en múltiples formas.

Los factores antrópicos o naturales que contribuyen a las pérdidas de suelo en el país se han conjugado para producir una degradación que en algunos casos alcanza caracteres alarmantes. En zonas de pendiente relativamente fuerte, con aptitud ganadera y forestal, se han producido graves procesos de erosión y desertificación. Por su parte, los terrenos planos de aptitud agrícola también muestran un deterioro expresado en las limitaciones de drenaje y la acidificación por malos manejos y sobreutilización del recurso, y en la pérdida de suelo agrícola por expansión urbana y el mal manejo del riego. En conjunto, estos procesos han disminuido la capacidad productiva de los suelos en casi todas las regiones del país.

### **2. Factores que Condicionan la Degradación**

Dadas las características del sustrato, los climas y la vegetación en Chile, existe una tendencia natural a que se desencadenen procesos erosivos de gran envergadura. Sin embargo, el efecto de la actividad humana es muy relevante, especialmente en sectores como los pisos de paisaje asociados a tierras bajas o intermedias (entre 1.500 y 3.000 msnm). Algunos de los principales factores que condicionan el deterioro se describen a continuación.

#### **2.1. Relación con las Condiciones Climáticas**

Uno de los elementos más importantes en el deterioro son las precipitaciones que, además de presentar gran variabilidad inter e intraanual en todo el país y una marcada

tendencia a concentrarse en cortos períodos de tiempo, caen en el período de invierno cuando no se necesitan y el suelo presenta menor protección vegetal. A menudo el suelo se encuentra barbechado para la próxima siembra, lo que aumenta su fragilidad ante la acción erosiva del agua. La acción de la gota de agua sobre un suelo descubierto es lo que provoca el mayor daño.

Estos factores interactúan para dejar suelos saturados durante el período de precipitaciones, lo que provoca una gran cantidad de escurrimiento superficial y contribuye principalmente a la formación de zanjas y otras evidencias de erosión lineal.

## 2.2. Relación con el Relieve

Se estima que un 80% del territorio chileno está constituido por cerros y montañas, lo que implica la necesidad de precauciones constantes y rigurosas para evitar la pérdida de suelos, factor que nunca parece ser considerado por el usuario de la tierra.

No sólo afecta la inclinación de las pendientes, sino también su longitud, forma y exposición. En pendientes largas la erosión es mayor, al igual que en terrenos de exposición norte por la menor cubierta vegetal. El cultivo en lomajes con pendiente relativamente fuerte ocasiona una aceleración del agua de escurrimiento, que aumenta su poder erosivo. Por otro lado, el hombre no se ha preocupado de explotar los suelos en función de su real capacidad de uso, y es así como se han cultivado terrenos de aptitud forestal y ganadera transformándolos en áreas degradadas.

## 2.3. Relación con Características del Suelo

Las propiedades físicas y químicas de algunos suelos los hacen más susceptibles a la erosión, como los derivados de material granítico y terrazas marinas en la costa, y los suelos rojos derivados de tobas, cenizas volcánicas antiguas y materiales morrénicos. Es conocida la espectacularidad de las zanjas en lomajes y cerros graníticos de la costa debido principalmente a la distribución de los horizontes del suelo, donde el material más suelto se ubica en el subsuelo, favoreciendo la erosión llamada de cárcavas.

Las propiedades físicas como textura, estructura, permeabilidad y dispersión influyen en el comportamiento del suelo. Entre las propiedades químicas destaca la influencia de la materia orgánica que, al favorecer la agregación, mejora la estructura y ofrece mayor resistencia a la dispersión de partículas.

## 2.4. Relación con el Tipo de Material de Origen

Peralta y Peralta<sup>1</sup> estudiaron la relación entre los procesos erosivos y el tipo de material de origen, en función de datos obtenidos para el sector costero de la IV Región de Coquimbo. Los suelos derivados de rocas ígneas presentaron una mayor susceptibilidad, y más del 85% mostró erosión en grado moderado a severo. Al parecer, ello se relaciona con horizontes superficiales de textura franco a franco arenosas, ubicados sobre un horizonte de

---

<sup>1</sup> Peralta, J.M. y M. Peralta. 1990. *Algunos Factores que Condicionan la Erosión en la Costa de la IV Región-Chile*. Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Vol. 6(1):23-35.

tipo franco arcilloso a arcilloso de permeabilidad lenta. El sustrato de roca descompuesta se presentó bastante frágil y erosionable.

Los suelos derivados de rocas metamórficas también son afectados por una fuerte erosión, presentando mayor cantidad de arcilla. En contraste, los derivados de materiales sedimentarios no presentan signos aparentes de erosión, por estar en posición de terraza marina y por poseer texturas livianas y muy permeables.

## **2.5. Relación con los Usos del Suelo**

El uso que se da al suelo es uno de los factores más importantes en su degradación, influyendo en la acción erosiva tanto de la gota de lluvia como del agua de escurrimiento.

Los diversos grados de deterioro del suelo actual son producto de su historia de utilización, donde no se consideraron su capacidad potencial y la sobreutilización o manejo inadecuado de sus condiciones naturales. Actualmente, la disminución de la superficie cultivable por pérdida de fertilidad, erosión, salinización, urbanización y otros procesos, ha ido creciendo en importancia.

## **3. Antecedentes Históricos Ligados a la Degradación de los Suelos**

Durante la Conquista y la Colonia la forma de habilitar los suelos para su ocupación provocó la desaparición de la cubierta arbustiva y arbórea en algunas zonas del país. A comienzos del siglo XVIII comenzó la extracción minera en los valles del Norte Chico, y la necesidad de producir alimentos y conseguir combustible originó una intensificación del cultivo de trigo y el consumo masivo de leña. Allí empezó a manifestarse la erosión, junto a la desaparición de algunas especies vegetales y animales de la zona.

Paulatinamente se continuó limpiando los terrenos cubiertos de bosque y monte nativo en el Norte Chico y parte de la zona central. Al comenzar el siglo XIX las vías de comunicación habían aumentado, en respuesta a la necesidad creciente de contar con acceso para comercializar productos demandados por mercados externos. En la primera mitad de ese siglo sólo se cultivaban los mejores suelos de los valles transversales y llano central, y la mayor demanda de cultivos obligó a trasladarse a suelos más pobres, que presentaban además las mayores probabilidades de degradación.

En la misma época se inició la colonización alemana en parte de las actuales IX Región de la Araucanía y X Región de Los Lagos, traducándose en la introducción masiva de tecnología, experiencia y organización a un vasto sector de la agricultura. Aunque esto significó un desarrollo integral, y abrió campos de cultivo y ganadería creando prosperidad económica, la producción fue incrementada sólo al aumentar el área agrícola a costa de enormes extensiones de bosques. Además se produjeron grandes incendios.

En 1843 la toma de posesión del territorio de Magallanes marcó un hito importante en el desarrollo silvoagropecuario del país, aunque la expansión ganadera de la zona se logró por la gran superficie de praderas naturales y como consecuencia del desmonte, habilitación

de suelos y siembra de praderas. Entre 1850 y 1860 se quemaron más de 50.000 ha de bosques en Magallanes.

Algo similar ocurrió a partir de 1883 con la incorporación de la región de La Frontera, comprendida entre los ríos Biobío y Toltén, que comenzó a ser colonizada de inmediato, originando grandes incendios de bosques, los cuales empezaban en la depresión central y llegaban hasta Argentina.

En 1896, en la zona de Linares, Victoria y Traiguén, se inició la erosión que ha seguido hasta nuestros días. La producción agrícola y ganadera de esta región creció en los primeros años a medida que aumentaba la superficie, pero, una vez copada su expansión, disminuyó debido a la degradación de los suelos.

La apertura de mercados hacia California y Australia fue un incentivo para el desarrollo acelerado. A partir de 1848, con el descubrimiento de oro en California, Australia y Nueva Zelandia, Chile exportó trigo, que era monocultivo en los lomajes de la zona costera de Chile central. En esa época ocurrió un intenso proceso de desmonte y transformación de terrenos forestales en tierras de laboreo destinadas a la producción de cereales. En un plazo que en algunos casos no alcanzó los 50 años, los ecosistemas costeros comenzaron a decaer, y antes del fin de siglo la desertificación era evidente y generalizada, desapareciendo el bosque nativo y generándose erosión laminar y de cárcavas. La pérdida de la capacidad productiva se mostraba a través de la reducción marcada en los rendimientos de los cereales, dejando extensas áreas inhabilitadas en forma casi permanente para su producción. En muchos sectores, donde originalmente existían suelos de aptitud para cultivos y ganadería, sólo ha quedado como alternativa de uso el establecimiento de plantaciones forestales masivas.

Por último, en la primera mitad del siglo XX comenzó un desarrollo industrial que produjo un crecimiento poblacional de ciudades ocupando suelos de buena calidad, junto a un aumento en la demanda de producción que fue satisfecho principalmente en base de la extracción de recursos naturales. El libre comercio, la apertura de Chile a los mercados externos y la creación de subsidios para las plantaciones forestales, permitieron el desarrollo explosivo de plantaciones con especies exóticas (*Pino insigne* y *Eucaliptus globulus*) en las áreas degradadas por la erosión en el sector costero de la zona centro-sur del país.

En 1993 se cuenta con cerca de 1.800.000 ha de plantaciones de pino y eucaliptus. Sin embargo, esta expansión ha acarreado problemas, en algunos casos graves. Las plantaciones se han ejecutado a veces a costa del bosque nativo y creando un grave éxodo rural, ya que el subsidio ha beneficiado a las grandes empresas forestales y no al mediano y pequeño campesino, que es tentado con la compra de sus tierras. Es indudable que la industria maderera ha creado un desarrollo enorme en áreas de productividad baja, pero se necesitan mejoras para evitar los problemas que puedan presentarse.

#### 4. Situación Actual de la Degradación de los Suelos

Siempre se ha debatido el monto de suelos arables con que cuenta el país, aunque las cifras no son muy contrapuestas, estando la mayor diferencia en las superficies ganaderas y

forestales. Los datos obtenidos en el trabajo Potencialidad de los Suelos de Chile<sup>2</sup> (ver Tablas 15.1 y 15.2) entregan una idea apropiada de la potencialidad de las tierras del país.

Tabla 15.1	
Distribución de la Aptitud del Suelo en Chile, Excluyendo el Territorio Antártico	
Suelos	Hectáreas
<b>Arables</b>	
Terrenos de cultivo	1.870.500
Praderas de la rotación	3.609.700
Subtotal	5.480.200
<b>Praderas</b>	
Praderas mejoradas	2.618.700
Praderas naturales	5.580.600
Praderas de rotación de tierras arables	3.609.700
Subtotal	11.809.000
<b>Terrenos forestales</b>	
Terrenos forestales maderables	11.778.500
Terrenos principalmente de montes y bosque de protección	22.000.000
Subtotal	33.778.500
<b>Terrenos improductivos</b>	24.635.200

Fuente: SAG-ODEPA. 1968. *Potencialidad de los Suelos de Chile. Unidades de Uso Agrícola de los Suelos de Chile, entre las Provincias de Aconcagua y Chiloé. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980.*

Tabla 15.2					
Uso Potencial de Suelos en Chile en Miles de Hectáreas <sup>1</sup>					
Provincias	Superficie total	Cultivos	Praderas	Forestales <sup>2</sup>	Tierras improductivas <sup>3</sup>
Tarapacá	5.807,3	7,5	583,3	50,0	5.246,5
Antofagasta	12.540,6	1,2	101,5	50,0	12.387,9
Atacama	7.826,8	6,8	108,4	100,0	7.611,0
Coquimbo	3.964,7	47,6	1.074,5	165,1	2.677,5
Aconcagua	987,4	36,8	360,4	51,3	538,9
Valparaíso	511,5	48,5	50,7	300,9	111,7
Santiago	1.768,6	137,4	354,8	414,3	862,1
O'Higgins	710,6	84,4	123,1	163,2	339,9
Colchagua	832,7	70,3	226,8	357,0	178,6
Curicó	526,6	60,8	98,6	156,2	211,0
Talca	1.014,1	91,6	109,9	341,2	474,4

<sup>2</sup> SAG-ODEPA. 1968. *Potencialidad de los Suelos de Chile. Unidades de Uso Agrícola de los Suelos de Chile, entre las Provincias de Aconcagua y Chiloé. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980.*

Tabla 15.2 (continuación)					
Uso Potencial de Suelos en Chile en Miles de Hectáreas <sup>1</sup>					
Provincias	Superficie total	Cultivos	Praderas	Forestales <sup>2</sup>	Tierras improductivas <sup>3</sup>
Maule	569,7	24,3	243,0	267,9	34,5
Linares	941,4	107,9	236,0	218,7	378,0
Ñuble	1.395,1	118,8	527,0	366,8	382,5
Concepción	568,1	22,5	138,3	365,8	41,5
Arauco	524,0	27,8	94,9	355,3	46,0
Biobío	1.113,5	80,6	320,1	405,7	307,1
Malleco	1.409,5	130,4	389,9	609,2	280,0
Cautín	1.837,7	251,2	667,1	668,3	251,1
Valdivia	1.847,3	172,3	425,4	728,1	521,5
Osorno	923,6	160,1	322,0	189,7	251,8
Llanquihue	1.820,5	120,0	243,5	765,5	691,4
Chiloé	2.701,4	56,5	577,1	1.229,3	838,5
Aisén	10.358,4	5,1	561,5	2.076,4	7.715,4
Magallanes	13.203,4	-	3.942,3	1.382,6	7.868,5
Totales	75.704,8	1.870,5	11.810,9	11.778,5	50.244,9

Nota: <sup>1</sup> Divididas en provincias, antes de la regionalización  
<sup>2</sup> Forestales productivos  
<sup>3</sup> Incluidos los forestales de protección

Fuente: SAG-ODEPA. 1968. *Potencialidad de los Suelos de Chile. Unidades de Uso Agrícola de los Suelos de Chile, entre las Provincias de Aconcagua y Chiloé. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980.*

Destaca la baja cantidad de tierras arables, que constituyen cerca del 7% de la superficie territorial, sin contar la Antártica e islas oceánicas. También es importante la gran cantidad de tierras forestales, considerando especialmente las tierras de bosques y montes de protección, que deben cuidarse más que los suelos forestales productivos, por cuanto ayudan a mantener e incrementar otro recurso natural vital para el país, como es el agua. Por otra parte, la alta representación de las praderas se debe mayormente al uso de tierras forestales con este fin.

Sobre la magnitud del deterioro de los suelos no existen estadísticas actualizadas, salvo estudios relativamente recientes en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Primitivamente se consideraba un monto de 19.000.000 ha en todo el país. Estudios posteriores llevaron a concluir que entre 40 y 60% de la superficie territorial está erosionada por diversas causas y con distinta intensidad, y estudios más detallados han establecido incluso hasta el 70% de tierras erosionadas, cifras que superan ampliamente las consideraciones iniciales.

Pese a la falta de estadísticas actualizadas, se dispone de antecedentes y estimaciones globales que muestran la importancia del problema, aunque sea con cifras antiguas.

#### 4.1. Erosión Hídrica

En cualquier territorio se pueden verificar dos tipos de erosión: la geológica y la acelerada por factores humanos. La primera incluye procesos de formación y erosión de suelos equilibrados en forma natural y dinámica, y es característica de la evolución hacia un estado de suelo maduro. La erosión acelerada se refiere al deterioro del suelo por intervención humana, y es el incremento de las tasas de pérdida en relación a las que se producirían por erosión geológica. Por lo tanto, la erosión antrópica es la aceleración del proceso natural por acción directa e indirecta del hombre, que reduce la cubierta vegetal ya sea por sobrepastoreo, desmonte para obtención de leña o para agricultura, y a través de los incendios; estas acciones aumentan la pérdida de materiales.

En los espacios montañosos de baja altitud en Chile, la transformación antropogénica ha implicado fuertes procesos erosivos, pérdida de suelos productivos y empobrecimiento de las comunidades humanas. La huella de la erosión antrópica se presenta preferentemente en las dos cordilleras longitudinales y en el Norte Chico<sup>3</sup>.

En Chile central los procesos de erosión tienen una especial importancia, dado que son espacios montañosos dominados por fuertes pendientes y porque hay una numerosa población que desde hace años usa la tierra para su subsistencia. Además estas son áreas donde las lluvias tienen un alto poder degradante y pueden desencadenar procesos erosivos de gran intensidad.

La región semiárida de Chile, con una cobertura vegetal compuesta principalmente por hierbas y con precipitaciones torrenciales concentradas en ciertos períodos, es además susceptible a la erosión debido al relieve accidentado. El uso del suelo se agrega a los factores naturales a través de las siembras, el sobrepastoreo, la intensa explotación minera y el sistema de tenencia de la tierra.

Espinoza *et al.*<sup>4</sup> propusieron un esquema de cómo ocurren los fenómenos erosivos en Chile central, considerando la división del paisaje en tres pisos altitudinales: alto, intermedio y bajo.

- **Piso alto:** se localiza en las cumbres más elevadas de la cordillera andina, generalmente sobre los 2.000 msnm. Son áreas con poca o ninguna vegetación, donde existe una interacción directa entre el clima, a menudo muy riguroso, y el sustrato. En este sector se acumula un extenso manto de nieve durante el invierno, que desaparece con los deshielos de primavera-verano.

El Río Mapocho entrega evidencias de cómo se comportan los procesos erosivos en el piso alto. Si se considera sólo su cuenca de carácter alto-andino (medida en la estación Los Almendros, a 1.100 msnm), el gasto sólido

---

<sup>3</sup> Espinoza, G., E.R. Fuentes y J.D. Molina. 1988. *La Erosión: Fenómenos Naturales y Acción del Hombre*. En: Fuentes, E. y S. Prenafeta (eds.). *Ecología del Paisaje en Chile Central. Estudio sobre sus Espacios Montañosos*. Ediciones Universidad Católica de Chile. pp. 53-63.

<sup>4</sup> Id. a nota 3.

específico es de 204 ton/año/km<sup>2</sup>, pero si se analiza la totalidad de la cuenca, incluyendo los pisos intermedio y bajo, este valor disminuye a 66 ton/año/km<sup>2</sup>. Es decir, en el piso alto se extrae una mayor cantidad de materiales por km<sup>2</sup> que en los pisos bajo e intermedio. Ello también se refleja en el Río El Volcán, una pequeña cuenca altoandina de 523 km<sup>2</sup>, que muestra un arrastre de 660 ton/km<sup>2</sup>/año.

- **Piso intermedio:** se caracteriza por la presencia de matorrales y bosques esclerófilos que, junto a la acción de las lluvias de invierno y las fuertes pendientes (15 a 35°), juegan los papeles protagónicos en la modulación de la pérdida de suelos, tal como se explica más abajo.
- **Piso bajo:** corresponde a los sectores planos ubicados en los grandes valles y la depresión intermedia del país, un espacio geográfico donde la acción del hombre ha cambiado sustancialmente las condiciones iniciales del paisaje.

Aunque este sector aún está bajo la impronta de las lluvias, como resultado de las bajas pendientes, los procesos erosivos se limitan más que nada al socavamiento de las cajas de ríos y a la erosión por riego. No obstante, debe reconocerse aquí a esta zona en que tiene importancia la fase de depositación de materiales. La ciudad de Santiago, por ejemplo, está asentada sobre una profunda capa de sedimentos (300 m de espesor), resultado de la fuerte erosión producida en tiempo geológico en los sectores montañosos, que aún hoy tiene vigencia. Se ha estimado que durante la crecida del Río Mapocho en 1986 se depositaron 720.000 m<sup>3</sup> de materiales en un tramo de sólo 7 km. Estos procesos producen una sedimentación en los lechos cuyo resultado final es una disminución de la capacidad de evacuación de las aguas en futuras crecidas. Se trata entonces de un fenómeno de enorme importancia para el bienestar de las poblaciones humanas que ocupan la depresión intermedia.

Mediciones de erosión en laderas de los cerros ubicados al este de Santiago han mostrado el papel estacional que juegan los pastos y hierbas en la retención de sólidos, ya que mientras mayor es su densidad menor es el arrastre de material de tamaño superior a las arcillas. De hecho, si se remueve experimentalmente la cubierta herbácea puede observarse de inmediato un incremento en las pérdidas de suelo, hasta que el crecimiento estacional de las hierbas lleva a un nuevo balance.

En Chile central hay una enorme variabilidad de las precipitaciones y el efecto modulador de las hierbas también tiene importancia variable. Así, una lluvia de 50 mm en octubre, cuando las hierbas anuales ya han crecido, puede tener un efecto erosivo despreciable con respecto al que tendría una precipitación similar en abril, cuando las hierbas aún no se han desarrollado. Por otro lado, el sobrepastoreo puede impedir una adecuada cobertura del suelo por plantas herbáceas, dejándolo desprotegido en todo momento y por lo tanto aumentando su vulnerabilidad en cada lluvia.

Por otra parte, datos recogidos en el sector de Aucó (300 km al norte de Santiago) sobre una ladera con 30° de pendiente, indican que aun cuando la cobertura sea rala (30%) los arbustos tienen un efecto significativo de retención de suelos. Si se cortaban

experimentalmente los arbustos, se producía de inmediato un desbalance con pérdidas significativas y medibles de suelo, que continuaban hasta alcanzar un nuevo equilibrio entre la poca vegetación y el suelo remanente. El estudio mostró además que prácticamente dos lluvias intensas en el año dan cuenta de casi el 80% de los sedimentos colectados. Las lluvias restantes, aunque más numerosas, no contribuyeron de igual manera por ser menos intensas. En este caso, sólo ante lluvias capaces de lavar el sustrato y remover partículas del suelo se manifiesta el efecto de las distintas coberturas arbustivas. Con lluvias de menor intensidad, distintas coberturas de arbustos se comportan de manera similar. Resulta claro que si en el momento de ocurrir las lluvias más intensas el suelo se encuentra descubierto, los efectos pueden ser catastróficos y con consecuencias a muy largo plazo.

La zona central de Chile presenta un alto riesgo de erosión, debido a la estacionalidad y monto de las precipitaciones, y a la existencia de una vegetación arbustiva y herbácea. Los mayores riesgos se asocian al manejo del suelo. El sector costero ha sido sometido en forma permanente al monocultivo de cereales en sus lomajes. El daño mayor, con pérdida casi completa de suelos, se encuentra en aquellos derivados de materiales graníticos y glaciales. Gran parte de estos suelos eran y son ganadero-forestales, pero fueron sometidos al cultivo continuo de cereales, y posteriormente plantados con *Pinus radiata*.

Los lomajes costeros son áreas con factores climáticos, topográficos y edáficos críticos, que los hacen susceptibles a la erosión laminar y de cárcavas. En las serranías, el sobrepastoreo de caprinos ha sido uno de los factores más importantes, y en los lomajes de la costa, la erosión es favorecida por el cultivo de cereales de secano con prácticas culturales basadas en el barbecho, que deja el suelo sin protección durante las lluvias invernales (ver Tabla 15.3). En promedio, el 59% del sector costero ubicado entre Valparaíso y Cautín está erosionado en distintos grados y por diferentes causas, representando un total de 2.855.298,6 ha, hoy en parte cubiertos con plantaciones forestales<sup>5</sup>.

Provincias	Área estudiada (ha)	Superficie territorial (%)	Superficie erosionada (ha) <sup>1</sup>	% Área estudiada
Valparaíso	326.639,3	62,55	207.396,3	63,5
Santiago	602.130,9	34,04	381.944,2	63,4
O'Higgins	105.615,0	14,86	56.142,0	53,2
Colchagua	489.921,4	58,83	259.086,2	52,9
Curicó	143.744,8	27,29	125.954,2	87,6
Talca	113.957,9	11,23	101.426,6	89,0
Maule	558.103,0	100,00	302.802,5	68,6
Ñuble	339.110,6	24,30	227.600,4	40,8

<sup>5</sup> MINAGRI-IREN. 1965. *Evaluación de la Erosión de la Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Informe N° 3. 16 pp.

**Tabla 15.3 (continuación)**  
**Erosión por Provincia antes de la Regionalización en el Área Costera de Valparaíso a Cautín**

Provincias	Área estudiada (ha)	Superficie territorial (%)	Superficie erosionada (ha) <sup>1</sup>	% Área estudiada
Biobío	161.810,6	14,53	93.062,3	57,5
Concepción	464.145,6	81,69	313.393,9	68,6
Arauco	509.204,4	100,00	275.383,4	54,0
Malleco	563.672,7	39,99	324.228,9	57,5
Cautín	462.532,7	25,16	101.877,6	22,0
Totales	4.840.589,5		2.770.298,5	59,0 (promedio)

Nota: <sup>1</sup> Erosión moderada a muy severa con zanjas de distintos tipos

Fuente: MINAGRI-IREN. 1965. *Evaluación de la Erosión de la Cordillera de la Costa entre Valparaíso y Cautín*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Informe N° 3. 16 pp.

A menor escala, las comunas costeras de la VII Región del Maule y VIII Región del Biobío, presentan un alto porcentaje de suelos desnudos en relación a los de uso agrícola y ganadero (ver Tabla 15.4). De hecho, en terrenos costeros de la VII Región del Maule más del 35% de los suelos muestra erosión severa y muy severa con zanjas profundas y frecuentes (ver Tabla 15.5).

**Tabla 15.4**  
**Porcentaje de Suelos Erosionados en Relación a los Usados Productivamente: VI, VII y VIII Regiones**

Comunas	% Terrenos erosionados	% Terrenos agrícolas	% Terrenos ganaderos	Otros
Comunas antiguas de la provincia de O'Higgins (VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins)	24,35	42,99	6,55	26,11
Vichuquén, Curepto (VII Región del Maule)	62,71	6,31	10,06	20,92
Tomé, Florida, Coelemu, Quirihue, Portezuelo, Nihue, Cobquecura (VIII Región del Biobío)	44,72	9,65	15,10	30,53

Fuente: IREN-CORFO. 1967. *Determinación de Prioridades en Áreas de Reforestación*. Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Informe N° 16. 23 pp.

**Tabla 15.5**  
**Superficie Erosionada en Distintos Grados en la**  
**Cordillera de la Costa, VII Región del Maule**

Grado	Superficie afectada (ha)	%
Sin erosión	42.775,00	8,00
Erosión de manto, ligera a moderada	56.743,75	10,65
Erosión moderada a severa, zanjas ocasionales	6.840,75	1,29
Erosión de manto severa, zanjas ocasionales	1.000,00	0,19
Erosión de manto severa a muy severa, zanjas frecuentes	124.289,70	23,34
Erosión de manto muy severa, zanjas profundas y frecuentes	21.431,00	4,02
Renovables con erosión indeterminada, severa en las áreas cultivadas	266.606,50	50,04
Dunas	13.125,80	2,47
<b>Total</b>	<b>532.812,50</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Peralta M. 1978. *Procesos y Areas de Desertificación en Chile Continental. Mapa Preliminar*. Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Vol. 1(1):41-44.

En el sur de Chile, que presenta abundantes precipitaciones a lo largo de todo el año, las principales causas de erosión tienen relación con la deforestación, el mal manejo de praderas y los incendios. Todo ello, asociado a altas precipitaciones y fuertes vientos en algunos sectores, provoca la destrucción del suelo. De acuerdo a los estudios de suelo del Ministerio de Agricultura, desde Linares a Puerto Montt el 73,63% de 6.006.437,5 ha estaban erosionados por distintas causas y en diferentes grados. Estudios más locales en Alto Palena, Chiloé continental, han constatado un total de 141.210 ha erosionadas, representando 74% del área considerada.

Un estudio de IREN-CORFO<sup>6</sup> en las comunas de la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo entregó los siguientes resultados de erosión en distintos grados y por diversas causas: Coyhaique 52,47%, Río Ibáñez 41,24%, Chile Chico 14,8%, y Puerto Aisén 30,35% (ver Tabla 15.6).

**Tabla 15.6**  
**Erosión según Grados en la XI Región**

Comunas	Tipos de erosión (ha)			Total	
	Moreada	Severa	Muy severa	Erosionado	Estudiado
Coyhaique	90.118,8	111.793,8	101.400,0	303.312,6	578.455,0
% área	15,6	19,3	17,5	52,47	
Puerto Aisén	57.812,5	26.575,0	60.050,0	84.393,6	475.843,0
% área	4,2	2,1	4,5	30,75	

<sup>6</sup> IREN-CORFO. 1979. *Perspectivas de Desarrollo de los Recursos de la XI Región. Suelos y Erosión*. Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Tomo I.

**Tabla 15.6 (continuación)**  
**Erosión según Grados en la XI Región**

Comunas	Tipos de erosión (ha)			Total	
	Morerada	Severa	Muy severa	Erosionado	Estudiado
Chile Chico	4.500,0	14.937,5	4.031,2	23.468,0	157.813,0
% área	0,4	1,1	0,3	14,87	
Río Ibañez	11.025,0	46.656,3	11.134,4	68.851,7	166.844,0
% área	0,8	3,5	0,8	41,24	

Fuente: IREN-CORFO. 1979. *Perspectivas de Desarrollo de los Recursos de la XI Región. Suelos y Erosión*. Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Tomo I.

#### 4.2. Erosión Eólica

La erosión eólica, aunque no alcanza la magnitud de la erosión hídrica, es otro factor importante de degradación, especialmente en el sector costero. La erosión eólica es la pérdida de los elementos finos del suelo (arena fina, limo y materia orgánica) por acción del viento. La presencia de dunas litorales es una secuela de la erosión hídrica continental. Los sedimentos acarreados por acción del agua de escurrimiento pasan a los ríos y luego son depositados en el mar, donde las corrientes los devuelven a la playa y allí el viento se encarga de empujarlos hacia el continente.

Esta erosión también ha contribuido al embancamiento de puertos y a disminuir fuertemente la navegabilidad de los ríos, desde el Maipo al sur. Como ejemplo, el puerto de San Antonio es permanentemente limpiado de los sedimentos que impiden su buen desenvolvimiento. Se cita como casi patético el embancamiento de Puerto Aisén, que desde su fundación ha sido trasladado dos veces por causa de los sedimentos del Río Simpson, y en una tercera ocasión hubo que construir un nuevo puerto en Chacabuco, 6 km más al sur.

Los procesos erosivos por viento se manifiestan de dos formas: como denudación eólica sin formación de médanos, muy común en las praderas de Aisén y Magallanes, y como formación de dunas. Ambas se presentan en terrenos planos o ligeramente inclinados, y el agente principal son los vientos del suroeste, que soplan principalmente en primavera y verano.

A pesar, que no se ha cuantificado totalmente la acción eólica en el país, se conoce su accionar en la parte agrícola-ganadera. Las dunas, con una superficie total de 131.000 ha, se localizan preferentemente en la región costera entre Coquimbo y Llanquihue, constituyendo alrededor de 584 campos dunarios (ver Tabla 15.7). No se ha cuantificado la erosión eólica desde Coquimbo hasta el extremo norte, ya que es mayormente erosión de tipo geológica, especialmente en la región del desierto. Sin embargo, no deja de ser importante dado que invade los oasis y las escasas tierras regadas, como San Pedro de Atacama y Toconao.

Tabla 15.7 Superficie de Dunas en Chile						
Región	Dunas				Total	
	Litorales		Interiores		ha	%
	ha	%	ha	%		
I	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-
III	-	-	-	-	-	-
IV	4.248,6	5,71	-	-	4.248,6	3,24
V	3.370,4	4,53	-	-	3.370,4	2,57
R.M.	4.365,9	5,86	119,2	0,21	4.485,1	3,42
VI	1.944,9	2,61	-	-	1.944,9	1,49
VII	17.871,1	24,01	38,0	0,07	17.909,1	13,67
VIII	35.488,5	47,68	56.296,7	99,50	91.785,2	70,06
IX	4.133,5	5,55	124,4	0,22	4.257,9	3,25
X	3.015,1	4,05	-	-	3.015,1	2,30
XI	-	-	-	-	-	-
XII	-	-	-	-	-	-
Total	74.438,0	100,00	56.578,3	100,00	131.016,3	100,00

Fuente: MINAGRI-IREN. 1966. *Inventarios de Dunas en Chile*. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación de Recursos Naturales-CORFO. Publicación N° 4.

### 4.3. Problemas de Drenaje

Los problemas de drenaje se presentan en las áreas más productivas de las zonas centro y sur de Chile. De acuerdo a los antecedentes disponibles, los suelos que presentan drenaje deficiente ocupan alrededor de un millón de hectáreas en el llano central y valles transversales, entre la I Región de Tarapacá y X Región de Los Lagos. Se estima que un 35% de esta superficie corresponde a suelos bajo riego. La Tabla 15.8 presenta su distribución por región.

Tabla 15.8 Distribución de Suelos (en miles de ha) con Problemas de Drenaje y Salinidad					
Región	Superficie	Area estudiada	Drenaje	Salinidad	% Regional con limitación
I	5.807,2	5,1	-	2,3	0,04
II	12.530,6	2,5	-	2,4	0,02
III	7.826,8	17,4	-	10,0	0,13
IV	3.964,7	59,5	12,7	5,0	0,50
V	1.637,8	157,0	29,8	-	1,80
R.M.	1.578,2	288,7	56,9	13,9	4,50
VI	1.595,0	713,2	139,5	-	8,70

Tabla 15.8 (continuación)					
Distribución de Suelos (en miles de ha) con Problemas de Drenaje y Salinidad					
Región	Superficie	Area estudiada	Drenaje	Salinidad	% Regional con limitación
VII	3.051,8	291,0	141,3	-	4,60
VIII	33.600,7	849,2	166,1	-	4,60
IX	3.247,2	653,0	83,2	-	2,60
X	6.903,9	1.225,1	372,8	-	5,40
Total	81.743,9	4.261,7	1.002,3	33,6	32,89

La intensidad de la limitación por drenaje depende en gran medida de la cantidad y distribución de las precipitaciones. En el sur del país se producen excesos de agua en el suelo con relativa facilidad. En la zona central los problemas de drenaje se presentan en el período de invierno, o en los sectores regados con exceso de agua. En las regiones áridas de la zona norte no es frecuente que existan condiciones críticas de drenaje debido a factores naturales, y las limitaciones dependen en gran parte de los métodos de riego usados, pero siempre se encontrarán problemas de drenaje y salinidad en el tercio inferior de los ríos desde Quilimarí al norte.

#### 4.4. Salinización y Alcalinización

En la salinización se acumulan grandes cantidades de sales solubles en el perfil del suelo, principalmente cloruros y sulfatos, y en la alcalinización se acumulan sales insolubles, principalmente carbonato de sodio, con alteración fuerte de las cualidades de los suelos, especialmente de la permeabilidad. Este problema se presenta especialmente en áreas deprimidas de las zonas áridas y semiáridas (ver Tabla 15.8). Un ejemplo es Batuco, Región Metropolitana de Santiago, donde el levantamiento del lecho del Río Mapocho retacó las aguas de los esteros de Colina, Lampa y Batuco, generando una zona deprimida altamente salina y en algunos sectores alcalina.

El curso inferior de todos los ríos, desde Quilimarí hacia el norte, presenta problemas de alta salinidad y alcalinidad, ya que el exceso de agua de riego en los cursos superiores y medios facilita que las sales se acumulen en el área deprimida formada en la cercanía de las desembocaduras. Sin embargo hay ríos salinizados casi por completo, como los del Norte Grande (Azapa, Lluta, Camarones y El Loa). La mayor acción de salinización en este momento se debe al mal manejo de áreas desérticas regadas, especialmente por factores de mal drenaje, subida del nivel freático y uso de aguas excesivamente salinas. Todo ello genera un deterioro progresivo de las escasas áreas de riego de la zona, especialmente de los ríos de Copiapó al norte. En otras regiones el fenómeno de salinización y alcalinización tiene una importancia relativa baja o nula, si bien en los lugares donde ocurre es una limitante progresiva grave<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Gastó, J. y S. Gallardo. 1985. *Ecosistema Terrestre*. En: Soler, F. (ed.). Medio Ambiente en Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 11-53.

#### 4.5. Pérdida de Suelo Agrícola por Expansión Urbana

El aumento de la población implica una expansión física de los centros urbanos, materializada tanto en sentido vertical como horizontal. A fin de poder albergar al siempre creciente número de personas que quieren vivir en la ciudad, ésta incorpora en su ámbito las áreas de su entorno. En ocasiones esta expansión se realiza venciendo obstáculos topográficos, como cerros y quebradas, y en otras ocupando tierras estériles, como las arenas colindantes con ciudades en el norte del país.

Sin embargo, la mayoría de las veces el crecimiento de las ciudades ha ido en desmedro de suelo agrícola. Hace al menos 10 años, salvo el caso de Santiago, las 13 capitales regionales ocupaban una superficie de 64.794 ha<sup>8</sup>. El caso más dramático es Santiago, donde se ha usado una importante superficie del suelo agrícola para localizar a la creciente población y sus actividades. Entre 1955 y 1984 más de dos millones de personas se agregaron a la población del Area Metropolitana, y para satisfacer sus necesidades, entre 1955 y 1979, se incorporaron aproximadamente 31.000 ha de suelo. Tal crecimiento se produjo sobre tierras agrícolas de riego (suelos clase Ir, IIr, IIIr y IVr), correspondiendo a cerca del 70% de los suelos de más alta productividad (es decir clases Ir y IIr)<sup>9</sup>.

Destaca también la influencia del desarrollo de áreas industriales, generalmente ocupando tierras agrícolas de buena calidad para sus construcciones. Esto ha sido muy importante en la expansión urbana de ciudades como Santiago y alrededores, Rancagua, y capitales regionales y provinciales. Este caso ocurre, por ejemplo, a lo largo de la Carretera Panamericana. Lo mismo sucede con la parcelación para hijuelas de agrado.

#### 4.6. Procesos Ligados a Deslizamiento de Tierras

Es importante considerar el comportamiento que han tenido los deslizamientos de tierras en el país, especialmente los eventos que implican pérdida material y de vidas humanas. Los grandes movimientos de material superficial contribuyen al proceso de desgaste de la superficie de la tierra, movilizándolo enormes volúmenes de barro, rocas o nieve en cortos períodos de tiempo.

Es necesario reconocer que un estudio acabado, que contemple la génesis de los deslizamientos y su pronóstico, implica usar una enorme cantidad de tiempo y recursos económicos, más aún si hay múltiples procesos y formas de deslizamiento que se superponen, dificultando la definición exacta de determinado fenómeno. No obstante, hoy es posible hacer al menos una evaluación histórica preliminar para comenzar a entender el fenómeno.

---

<sup>8</sup> Errázuriz, A.M., J.I. González, M. Henríquez, P. Cereceda, M. González y R. Ríosco. 1987. *Manual de Geografía de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago. 415 pp.

<sup>9</sup> Santa María, I. 1985. *La Gran Ciudad*. En: Soler, F. (ed.). *Medio Ambiente en Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 279-311.

Al respecto, una revisión de la información publicada en medios de prensa durante 73 años (1910-1982) y la consulta de publicaciones especializadas, permite reconocer fácilmente varios tipos de deslizamiento de tierras<sup>10</sup>. Este catastro general nacional señala que en el período indicado se registró un total de 1.208 eventos, desigualmente distribuidos en las 13 regiones del país, donde la V Región de Valparaíso, VIII Región del Biobío, X Región de Los Lagos y Región Metropolitana de Santiago, que concentran gran parte de la población, reúnen el 62,4% de los deslizamientos (ver Tabla 15.9). Las regiones geográficamente extremas y menos pobladas (I Región de Tarapacá, II Región de Antofagasta, XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena) muestran la menor ocurrencia de deslizamientos. La IV Región de Coquimbo, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, VII Región del Maule y IX Región de la Araucanía tienen en promedio un 5,8% del total de eventos; el segmento central del país, que alberga a mucho más población, destaca por sus altos porcentajes.

Región	Total	%
I	49	4,0
II	55	4,5
III	25	2,1
IV	94	7,7
V	307	25,3
VI	62	5,2
VII	66	5,4
VIII	186	15,3
IX	56	4,9
X	147	11,8
XI	25	2,1
XII	14	1,2
R.M.	122	10,0
<b>Total país</b>	<b>1.208</b>	

Fuente: Espinoza, G.A., E.R. Hajek y E.R. Fuentes. 1985. *Distribución Geográfica de los Deslizamientos de Tierras Asociados a Desastres en Chile*. Ambiente y Desarrollo, 2:81-90.

La Tabla 15.10 muestra la distribución de los deslizamientos según el tipo de suceso, observándose que los aluviones son menos importantes en la III Región de Atacama, VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y XII Región del Maule, que las avalanchas se ubican sólo entre la IV Región de Coquimbo y VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, y que los derrumbes se encuentran prácticamente en todo el

<sup>10</sup> Espinoza, G.A., E.R. Hajek y E.R. Fuentes. 1985. *Distribución Geográfica de los Deslizamientos de Tierras Asociados a Desastres en Chile*. Ambiente y Desarrollo, 2:81-90.

país, aunque principalmente en la IV Región de Coquimbo, V Región de Valparaíso, Región Metropolitana de Santiago, VIII Región del Biobío y X Región de Los Lagos.

**Tabla 15.10**  
**Distribución de Deslizamientos de Suelos según**  
**Tipo de Suceso por Región Político-Administrativa**

Región	AL	AV	DE	OT	Total región
I	15	1	32	1	49
II	21	1	29	4	55
III	5	0	20	0	25
IV	10	8	70	6	94
V	46	60	197	4	307
R.M.	12	23	85	2	122
VI	5	19	36	2	62
VII	11	1	48	6	66
VIII	35	1	143	7	186
IX	8	2	31	15	56
X	28	2	115	2	147
XI	3	2	18	2	25
XII	2	4	8	0	14
<b>Total país</b>	<b>201</b>	<b>124</b>	<b>832</b>	<b>51</b>	<b>1.208</b>

**Nota:** Número de aluviones (AL), avalanchas (AV), derrumbes (DE) y otros (OT)

**Fuente:** Espinoza, G.A., E.R. Hajek y E.R. Fuentes. 1985. *Distribución Geográfica de los Deslizamientos de Tierras Asociados a Desastres en Chile*. Ambiente y Desarrollo, 2:81-90.

Las lluvias son el principal desencadenante de la mayor parte de los deslizamientos. Entre la II Región de Antofagasta y XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, 44% a 85% de los eventos está asociado a ellas. En la I Región de Tarapacá, 43% de los eventos está ligado a sismos y sólo 29% a las precipitaciones, mientras que en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, la otra excepción, ambos desencadenantes contribuyen con un 14% cada uno (ver Tabla 15.11). Además de sismos y lluvias hay otras causas importantes de desastres, como las nevazones en la III Región de Atacama, V Región de Valparaíso y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, el deshielo en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, las erupciones volcánicas en la IX Región de la Araucanía y los accidentes mineros en la II Región de Antofagasta, IV Región de Coquimbo y VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Los demás factores generalmente explican menos del 10% de los deslizamientos en cada región.

Es preciso recordar que la Tabla 15.11 sólo indica el factor desencadenante más evidente en cada región, y existe una serie de factores asociados que complementan su acción al producirse un deslizamiento. En general los desencadenantes están asociados a altas precipitaciones y sismos, pero no excluyen el papel de la acción humana, como por ejemplo obras civiles, deforestación, desertificación o incendios forestales. Por ello, la información en la Tabla 15.11 debe tomarse sólo en sentido general y como una primera aproximación al problema. Estudios detallados pueden, a futuro, contribuir a entender con mayor precisión

si en una región dada los deslizamientos están asociados a la actividad humana, y cómo se genera esa relación.

**Tabla 15.11**  
**Distribución (%) Regional de los Deslizamientos de Tierras en Chile según el Factor Desencadenante más Importante**

	Región												
	I	II	III	IV	V	R.M.	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lluvia	28,6	43,6	40,0	45,2	65,6	57,9	57,1	80,3	71,5	76,4	73,8	84,6	14,3
Sismos	42,9	16,4	28,0	15,1	4,6	6,6	7,9	1,5	6,5	2,0	6,2	0	14,3
Lluvia y sismos	-	-	-	-	0,3	-	-	-	1,6	2,0	2,8	-	-
Nevezones	-	1,8	32,0	3,2	14,1	3,3	3,2	0	0,5	0	0	0	21,4
Deshielo	6,1	5,5	-	3,2	1,6	0,8	1,6	0	0	0	0,7	0	14,3
Actividad volcánica	-	-	-	-	-	-	-	-	0	13,0	2,1	-	-
Aguas subterráneas	-	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sedimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-
Glaciar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,7	-
Maremotos y oleajes	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	3,1	-	-
Mina	8,2	20,0	-	30,1	3,9	8,3	12,7	4,5	3,2	0	-	-	-
Otras actividades humanas	2,0	3,6	-	1,1	6,8	11,6	1,6	3,0	4,1	-	4,9	-	-
No especificado	12,2	9,1	0	0	2,8	11,5	15,9	10,7	12,6	4,6	7,4	7,7	50,0

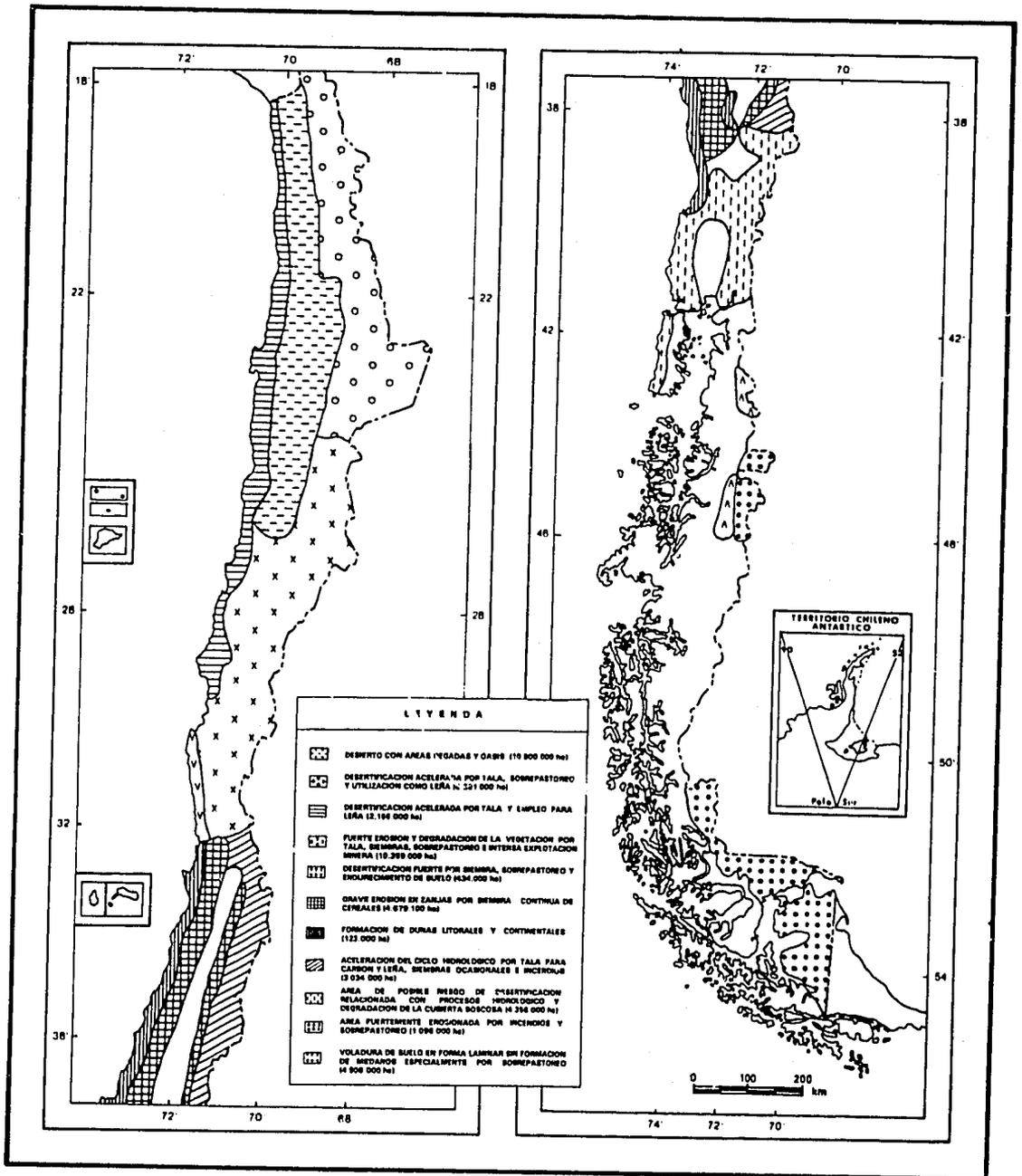
Fuente: Espinoza, G.A., E.R. Hajek y E.R. Fuentes. 1985. *Distribución Geográfica de los Deslizamientos de Tierras Asociados a Desastres en Chile*. Ambiente y Desarrollo, 2:81-90.

#### 4.7. Desertificación

La extrema fragilidad de los ecosistemas naturales en las regiones áridas y semiáridas del norte y centro de Chile ha facilitado el desarrollo de crecientes procesos de desertificación, cuya visión general se presenta en la Figura 15.1. El mapa señala las áreas más importantes del país y las causales más directas que provocan la degradación del recurso, aunque no incluye todos los tipos de proceso considerados en este capítulo.

La desertificación, definida como intensificación de las condiciones desérticas y el decrecimiento paulatino de la productividad de los ecosistemas, se supone generada principalmente por el hombre, que actúa sobre un medio poco confiable y lo presiona demasiado para obtener su sustento. Todos los procesos de deterioro antes considerados participarían en la desertificación, incluso acciones que pueden considerarse de desarrollo. Puede citarse el caso del norte de África, donde la aparición de nuevas naciones y las crecientes necesidades de salud y educación motivaron a sus gobernantes a cerrar fronteras, quitándole movilidad a las masas nómades que siguen el ciclo de desarrollo de los pastos. Esto trajo consigo el sobretalaje y la destrucción de grandes áreas por la habilitación de nuevos pozos para consumo ganadero. También podría citarse en Chile el problema que podría presentarse con las plantaciones masivas de *Pinus insignis* sobre las fuentes de agua, que podría originar un incremento de las condiciones de aridez en los suelos.

**Figura 15.1**  
**Áreas y Procesos de Desertificación en Chile**



Fuente: Peralta, M. 1978. *Procesos y Áreas de Desertificación en Chile Continental. Mapa Preliminar*. Ciencias Forestales, 41-44.

El deterioro por desertificación en las regiones áridas se atribuye a la utilización indiscriminada de la vegetación nativa, tanto por la explotación minera como por los asentamientos humanos vinculados a esa actividad. En la zona semiárida la deforestación de las especies nobles, el sobrepastoreo, las prácticas inadecuadas de cultivo y los procesos erosivos, han generado una degradación sistemática del suelo, y han transformado el paisaje primitivo en una formación arbustiva con escasa cubierta herbácea.

En los cordones prealtiplánicos, en la altiplanicie y en parte de la alta cordillera, la tala, el pastoreo excesivo y el uso de vegetación para leña son los principales causantes de desertificación.

En el sector de desierto, la desertificación se produce principalmente por la utilización del agua ocupada tradicionalmente en agricultura para otros fines, en especial consumo humano y explotación minera. Otro factor de deterioro es la salinización progresiva de valles y oasis regados con aguas enriquecidas en sales y algunos otros elementos como sodio, boro y arsénico.

En la franja costera de Arica a Huasco, el alto grado de desertificación se atribuye en gran parte a la tala para leña de las escasas formaciones vegetales existentes, y a la exportación de cactáceas principalmente, actividad actualmente prohibida.

Entre los 30° y 32°S aproximadamente, la zona costera está conformada por numerosas comunidades agrícolas y grandes propiedades sometidas al cultivo permanente de cereales, tala y degradación progresiva de la vegetación herbácea y arbustiva, e intenso pastoreo por ganado ovino y caprino. Estas acciones han provocado severos procesos de erosión y una notable disminución del rendimiento de los cultivos.

La zona costera entre la V Región de Valparaíso y X Región de Los Lagos presenta problemas de desertificación debido a la erosión de zanjas, producto de la siembra continua de cereales, generando la formación de dunas litorales y continentales.

La zona andina entre la V Región de Valparaíso y X Región de Los Lagos presenta una aceleración del ciclo hidrológico producto de la tala para carbón y leña, y de las siembras ocasionales e incendios.

El área de bosques nativos de la X Región de Los Lagos, incluyendo parte de la Isla de Chiloé, constituye un área con riesgo de desertificación debido a la intensa explotación del bosque por medio de "floreos" repetidos. Ello ha contribuido al deterioro de las masas boscosas y por consiguiente a la degradación del suelo, aceleración del ciclo hidrológico, derrumbes y deslizamientos y otros procesos que destruyen un área importante desde el punto de vista hidrológico, forestal y turístico.

En la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, sectores de fuertes pendientes y suelos delgados con aptitud forestal fueron transformados para uso ganadero. Esto originó su pérdida casi completa, siendo uno de los sectores más erosionados de Chile.

En la parte oriental de la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y todo el sector nororiente de la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, los

fueres vientos y la condición climática semiárida han permitido que el sobrepastoreo con ovinos haya contribuido a un fuerte proceso de desertificación.

Una evaluación preliminar de degradación, estimada a través de la desertificación en Chile, revela un fuerte deterioro en el país, que alcanzaría una superficie de casi 48 millones de ha (ver Tabla 15.12).

**Tabla 15.12**  
**Superficie con Procesos de Desertificación en Chile**

Areas	Hectáreas
Zonas de desierto, con áreas regadas y oasis	10.800.000
Desertificación acelerada por tala, sobrepastoreo y utilización de leña (altiplano y prealtiplano)	6.381.000
Desertificación por tala y empleo para leña (región costera desde la I Región de Tarapacá a III Región de Atacama)	2.166.000
Fuerte erosión y degradación de la vegetación por tala, sobrepastoreos, siembras e intensa explotación minera (comunidades del Norte Chico)	10.359.000
Desertificación fuerte por siembra y sobrepastoreo, endurecimiento del suelo (Costa sur de la V Región de Valparaíso)	434.000
Grave erosión en zanjas por siembra continua de cereales (secano interior de Quillota a Cautín y franja premontaña de los Andes desde Santiago a Los Angeles)	4.679.100
Formación de dunas litorales y continentales por erosión (Los Vilos a Valdivia)	123.000
Aceleración del ciclo hidrológico por tala de carbón y leña, siembras ocasionales e incendios (precordillera de la V Región de Valparaíso hasta Cautín, Chiloé)	3.034.000
Areas con posible riesgo de desertificación relacionados con procesos hidrológicos y degradación de la cubierta boscosa (Cautín, Chiloé)	4.356.000
Area fuertemente erosionada por incendios y sobrepastoreo (Aisén)	1.096.200
Voladura de suelos en forma laminar sin formación de médanos, especialmente por sobrepastoreo (Aisén oriental y Magallanes nororiental)	4.906.000
Total	48.334.300

Fuente: Peralta M. 1978. *Procesos y Areas de Desertificación en Chile Continental. Mapa Preliminar*. Ciencias Forestales: 41-44.

## 5. Métodos de Conservación de los Suelos Usados en el País

Conservar suelos implica usarlos de acuerdo a sus cualidades y en relación a sus limitaciones, y no basta con plantar árboles en zanjas o atajar el avance del desierto con una pared vegetal, ya que el proceso es más complejo y existen diversos métodos.

### 5.1. Métodos Naturales

La mantención de una cobertura vegetal protege la superficie del suelo al detener y controlar la energía de las gotas de lluvia y la velocidad de escurrimiento superficial, evitando la canalización del agua. Los grados de protección del suelo dependen, además del tipo de cultivo, específicamente de su forma de crecimiento.

La utilización del suelo por bosques es óptima, ya que da la mayor cobertura y defiende su permanencia con mayor eficacia. Por ello, el manejo adecuado del bosque nativo con prácticas silvícolas apropiadas sería un factor que contribuiría a disminuir los peligros de erosión.

## 5.2. Métodos Artificiales

Se utilizan cuando el grado de deterioro es tan intenso que los métodos naturales no son eficaces. Cada uno de ellos requiere un tiempo para el establecimiento del nuevo equilibrio. Algunos ejemplos son las terrazas en cultivos con pendiente, canales de desviación de agua, represas para zanjas, control de dunas, cortinas cortavientos, estructuras para prevenir avalanchas y defensas de cauces, entre otros.

En el país se han emprendido diversas acciones para combatir la degradación de los ecosistemas naturales. Entre otras se pueden mencionar las medidas para controlar la erosión mediante la aplicación de normas de conservación de suelos, curvas de nivel, gaviones, relleno de cárcavas, reforestación de suelos erosionados con árboles, arbustos y pastizales, y control de dunas utilizando la especie *Ammophila arenaria* para estabilizarlas como una etapa previa a la reforestación. Entre las experiencias efectuadas se pueden destacar:

- **Control de cárcavas:** realizado en Los Vilos, Peñuelas, Pichilemu, Laguna de Torca, y en algunas áreas silvestres protegidas como la Reserva Nacional El Clarillo.
- **Control de dunas:** realizado en Coquimbo, Chanco, Reloca, Llico, Arauco, Ritoque y Pichilemu.
- **Control integrado:** control de erosión como parte de planes de manejo implementados en lugares como Tomeco, Las Minas, Cachapoal y Limarí.
- **Control predial:** ligado a acciones privadas en predios específicos, donde se ha demostrado que es económicamente factible controlar la erosión. Se asocian a planes de manejo de cuencas.

La mayor acción llevada a cabo por el país para el control de la erosión, tanto hídrica como eólica, se llevó a cabo cuando existió el Servicio de Conservación de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura.

*Capítulo 16*

*Estado de Conservación de la Vegetación y Flora en Chile*

*Carlos Prado C.*

*Tesam S.A.*

*Marcelo Alvarez R.*

*Proyecto Catastro del Bosque Nativo, Universidad Austral de Chile*

## CAPITULO 16. ESTADO DE CONSERVACION DE LA VEGETACION Y FLORA EN CHILE

Autores: Carlos Prado C., Tesam S.A.  
Marcelo Alvarez R., Proyecto Catastro del Bosque Nativo, Universidad Austral de Chile

### 1. Introducción

La vegetación chilena ha sido objeto de numerosos esquemas de clasificación. En forma concomitante con la variabilidad ambiental y florística del territorio, los sistemas de clasificación propuestos adolecen de criterios comunes que hagan comparable la información contenida. Por esta razón es posible encontrar diversos tipos de clasificaciones. Se puede citar el trabajo pionero de Reiche<sup>1</sup>, sobre la base del cual Schmithusen<sup>2</sup> desarrolla un sistema de clasificación que incorpora el concepto de formación vegetal. Posteriormente, Pisano<sup>3</sup> propone un sistema de clasificación basado en las formas de vida. En los tres casos la representación cartográfica está limitada por la escala y la falta de reconocimiento de terreno<sup>4</sup>. Quintanilla<sup>5</sup> propone un sistema que combina aspectos florísticos y fisonómicos. Con respecto a la vegetación de bosques, Donoso<sup>6</sup> desarrolla la tipología forestal, y en relación a las áreas silvestres protegidas se ha utilizado la clasificación desarrollada por Gajardo<sup>7</sup>. Por otra parte, existen clasificaciones basadas en consideraciones biogeográficas<sup>8</sup> y ecológicas<sup>9</sup> que indirectamente documentan la vegetación del país. Finalmente, entre los sistemas de clasificación a nivel sudamericano o mundial, Gajardo<sup>10</sup> menciona como aportes de interés para la vegetación chilena los trabajos de Hueck (1972), Cabrera y Willik (1973), Schnell (1987) y Udvardy (1982).

<sup>1</sup> Reiche, K. 1934. Geografía Botánica de Chile, Vol. I. Imprenta Universitaria, Santiago. 423 pp.

Reiche, K. 1938. Geografía Botánica de Chile, Vol. II. Imprenta Universitaria, Santiago. 151 pp.

<sup>2</sup> Schmithusen, J. 1956. Die Raumlliche Ordnung der Chilenischen Vegetation. Bonner Geogr. Abhandlungen 17:1-81.

<sup>3</sup> Pisano, E. 1956. Esquema de Clasificación de las Comunidades Vegetales de Chile. Agronomía (Santiago) 2:30-33.

<sup>4</sup> Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Ediciones Universitarias, Santiago. 165 pp.

<sup>5</sup> Quintanilla, V. 1981. Carta de las Formaciones Vegetales de Chile. USACH, Contribuciones Científicas y Tecnológicas. Area Geociencias 11(47):32.

<sup>6</sup> Donoso C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. CONAF/PNUD/FAO. Documento de Trabajo N° 38, Programa de Investigación y Desarrollo Forestal, Santiago. 82 pp.

<sup>7</sup> Gajardo, R. 1983. Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena. Ministerio de Agricultura, CONAF y Universidad de Chile. Santiago. 314 pp.

<sup>8</sup> Mann, G. 1960. Regiones Biogeográficas de Chile. Investigaciones Zoológicas Chilenas (Santiago) 6:15-49.

<sup>9</sup> Di Castri, F. 1968. Esquisse Ecologique du Chili. En: Delamare-Deboutville, C. y E. Rapoport (eds) Biologie de l'Amérique Australe. Editions du CNRS, Paris. Vol. IV, pp. 6-52.

<sup>10</sup> Id. a nota 4.

El esquema de clasificación más reciente es el "Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena" desarrollado por Gajardo<sup>11</sup>. Este esquema, basado en información bibliográfica y de terreno, se caracteriza por identificar, a nivel nacional, las siguientes unidades jerárquicas de vegetación:

- **Primer Nivel de Clasificación:** corresponde a ocho regiones vegetacionales definidas por variables de tipo ambiental (clima, suelo, geología y geomorfología) y formas de vida de la vegetación.
- **Segundo Nivel de Clasificación:** corresponde a 21 subregiones vegetacionales que representan situaciones particulares dentro de cada región ecológica.
- **Tercer Nivel de Clasificación:** corresponde a la formación vegetal y se define por las características fisionómicas de las comunidades que las constituyen y resulta de una combinación de las formas biológicas dominantes y su distribución espacial.
- **Cuarto Nivel de Clasificación:** para cada formación vegetal se reconoce un conjunto de comunidades o asociaciones vegetales, formadas por un grupo de especies características con fisonomía y estructura específicas.

A continuación se presenta el total de unidades identificadas, hasta el tercer nivel jerárquico, ordenadas según su distribución de norte a sur. La Tabla 16.1 presenta la extensión geográfica de las regiones y subregiones vegetacionales presentes en el territorio nacional.

Regiones y Subregiones*		Superficie (ha)	%
<b>1.</b>	<b>Región del Desierto</b>	17.100.000	22,6
	1.A Subregión del Desierto Absoluto	9.319.375	12,3
	1.B Subregión del Desierto Andino	3.608.125	4,8
	1.C Subregión del Desierto Costero	1.795.625	2,4
	1.D Subregión del Desierto Florido	2.376.875	3,1
<b>2.</b>	<b>Región de la Estepa Alto-Andina</b>	12.938.125	17,1
	2.A Subregión del Altiplano y la Puna	7.659.375	10,1
	2.B Subregión de los Andes Mediterráneos	5.278.750	7,0

<sup>11</sup> Id. a notas 4 y 7.

**Tabla 16.1 (continuación)**  
**Extensión Geográfica de las Regiones y Subregiones Vegetacionales**

Regiones y Subregiones*		Superficie (ha)	%
<b>3.</b>	<b>Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b>	7.868.750	10,4
3.A	Subregión del Matorral Estepario	2.053.750	2,7
3.B	Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso	3.855.625	5,1
3.C	Subregión del Bosque Esclerófilo	1.959.375	2,6
<b>4.</b>	<b>Región del Bosque Caducifolio</b>	5.675.000	7,5
4.A	Subregión del Bosque Caducifolio Montano	1.265.626	1,7
4.B	Subregión del Bosque Caducifolio del Llano	3.592.560	4,7
4.C	Subregión del Bosque Caducifolio Andino	817.000	1,1
<b>5.</b>	<b>Región del Bosque Laurifolio</b>	2.496.875	3,3
5.A	Subregión del Bosque Laurifolio Valdiviano	2.479.375	3,2
5.B	Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández	17.500	0,1
<b>6.</b>	<b>Región del Bosque Andino-Patagónico</b>	5.069.375	6,7
6.A	Subregión de las Cordilleras de la Araucanía	1.191.250	1,6
6.B	Subregión de las Cordilleras Patagónicas	3.878.125	5,1
<b>7.</b>	<b>Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas</b>	13.694.375	18,1
7.A	Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas	3.355.000	4,4
7.B	Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo	2.835.000	3,7
7.C	Subregión de las Turberas, del Matorral y de la Estepa Pantanosa	7.504.375	9,9
<b>8.</b>	<b>Región del Matorral y de la Estepa Patagónica</b>	3.102.500	4,1
8.A	Subregión del Matorral y de la Estepa Patagónica de Aisén	431.250	0,6
8.B	Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes	2.671.250	3,5
<b>Nota:</b> * Excluye las áreas sin vegetación natural			
<b>Fuente:</b> Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Ediciones Universitarias, Santiago. 165 pp.			

## 2. Las Regiones y Subregiones Vegetacionales del País

### 2.1. Región del Desierto

Comprende la zona norte del país desde la I Región de Tarapacá a la IV Región de Coquimbo, entre la línea de la costa y la precordillera andina. Su principal característica es la extrema aridez que presenta, por lo que la vegetación es muy escasa y con especiales adaptaciones a condiciones de sequía casi permanente y alta insolación.

Se subclasifica en:

- 1.A Subregión del Desierto Absoluto
  - 1.A.1 Desierto Interior
  - 1.A.2 Desierto del Tamarugal
  - 1.A.3 Desierto de los Salares y de las Pampas
  - 1.A.4 Matorral Ripario de las Quebradas y los Oasis
  - 1.A.5 Desierto Interior de Taltal
  - 1.A.6 Desierto Estepario de las Sierras Costeras
- 1.B Subregión del Desierto Andino
  - 1.B.7 Matorral Desértico con Suculentas Columnares
  - 1.B.8 Desierto de los Aluviones
  - 1.B.9 Desierto de la Cuenca Superior del Río Loa
  - 1.B.10 Desierto Montano de la Cordillera de Domeyko
  - 1.B.11 Desierto Estepario de El Salvador
  - 1.B.12 Desierto del Salar de Atacama
- 1.C Subregión del Desierto Costero
  - 1.C.13 Desierto Costero de Tocopilla
  - 1.C.14 Desierto Costero de Taltal
  - 1.C.15 Desierto Costero del Huasco
- 1.D Subregión del Desierto Florido
  - 1.D.16 Desierto Florido de los Llanos
  - 1.D.17 Desierto Florido de las Serranías

## 2.2. Región de la Estepa Alto-Andina

Esta región se encuentra en el sector cordillerano andino con características áridas y semiáridas, desde la I Región de Tarapacá a la VII Región del Maule. La vegetación es rica en variedad y se presenta en general bajo las formas de plantas en cojín, plantas cespitosas (gramíneas) y pequeños arbustos de follaje reducido. En el extremo sur de esta región se incluyen algunas formaciones arbustivas y arbóreas de altura.

Se subclasifica en:

- 2.A Subregión del Altiplano y la Puna
  - 2.A.1 Estepa Alto-Andina Altiplánica
  - 2.A.2 Estepa Alto-Andina Subdesértica
  - 2.A.3 Estepa Arbustiva Prealtiplánica
  - 2.A.4 Estepa Arbustiva Prepuneña
  - 2.A.5 Estepa Subdesértica de la Puna de Atacama
  - 2.A.6 Estepa Desértica de los Salares Andinos
  - 2.A.7 Desierto Alto-Andino del Ojos del Salado
- 2.B Subregión de los Andes Mediterráneos
  - 2.B.8 Estepa Alto-Andina de Coquimbo
  - 2.B.9 Estepa Arbustiva de la Precordillera
  - 2.B.10 Matorral Esclerófilo Andino

- 2.B.11      Estepa Alto-Andina de Santiago
- 2.B.12      Estepa Alto-Andina del Maule

### 2.3. Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo

Se distribuye desde la IV Región de Coquimbo a la VIII Región del Biobío, teniendo como límite la línea de costa hasta la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, desde donde continúa al sur por el sector central. Por el Este limita con la Cordillera de los Andes, penetrando en los valles de la precordillera. El factor característico de esta región es el clima de tipo mediterráneo, con inviernos fríos y lluviosos y veranos cálidos y secos. La vegetación es muy variada, con presencia de elementos de tipo relictual en el sector costero de la parte norte y abundantes influencias de las regiones adyacentes. Dominan las formaciones de arbustos altos esclerófilos, pero también se encuentran importantes superficies con arbustos espinosos, arbustos xerófitos, suculentas y árboles esclerófilos y laurifolios con gran desarrollo en altura. Debido a que la gran mayoría de la población del país se localiza en esta región, la cubierta vegetal se encuentra muy alterada, existiendo muy poca superficie con sistemas relativamente bien conservados.

Se subclasifica en:

- 3.A    Subregión del Matorral Estepario
  - 3.A.1      Matorral Estepario Costero
  - 3.A.2      Matorral Estepario Interior
  - 3.A.3      Matorral Estepario Boscoso
  - 3.A.4      Matorral Estepario Arborescente
  
- 3.B    Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso
  - 3.B.5      Matorral Espinoso de las Serranías
  - 3.B.6      Bosque Espinoso Abierto
  - 3.B.7      Matorral Espinoso de la Cordillera de la Costa
  - 3.B.8      Matorral Espinoso del Secano Costero
  - 3.B.9      Matorral Espinoso del Secano Interior
  
- 3.C    Subregión del Bosque Esclerófilo
  - 3.C.10     Bosque Esclerófilo Costero
  - 3.C.11     Bosque Esclerófilo Andino
  - 3.C.12     Bosque Esclerófilo Montano
  - 3.C.13     Bosque Esclerófilo Maulino
  - 3.C.14     Bosque Esclerófilo de los Arenales

### 2.4. Región del Bosque Caducifolio

Esta región presenta una distribución discontinua en el sector norte, apareciendo por primera vez, y en forma aislada, en el límite entre la V Región de Valparaíso y la Región Metropolitana de Santiago, en los sectores altos de la Cordillera de la Costa. Esta situación se mantiene en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, donde además aparece en el sector cordillerano andino. En la VII Región del Maule y VIII Región del Biobío el Bosque Caducifolio se localiza en el sector de la Cordillera de los Andes, limitando con la

zona alto-andina, y en el sector costero, entre la línea de costa y la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa. En la IX Región de la Araucanía ocupa toda la zona comprendida entre la costa y el límite con la región de la Estepa Alto-Andina. Finalmente, en la X Región de Los Lagos ocupa el llano central hasta la altura de Puerto Montt y parte de la zona cordillerana andina del extremo norte.

Desde el punto de vista físico, esta región se caracteriza por poseer clima de tipo templado con un corto período seco en verano. En la parte norte se encuentra en sectores montañosos y progresivamente va ocupando los sectores más bajos hacia el sur. La vegetación es dominada ampliamente por las formaciones de árboles caducifolios de grandes dimensiones del género *Nothofagus*.

Se subclasifica en:

- 4.A Subregión del Bosque Caducifolio Montano
  - 4.A.1 Bosque Caducifolio de Santiago
  - 4.A.2 Bosque Caducifolio de la Montaña
  - 4.A.3 Bosque Caducifolio Maulino
  - 4.A.4 Bosque Caducifolio de la Precordillera
  
- 4.B Subregión del Bosque Caducifolio del Llano
  - 4.B.5 Bosque Caducifolio de Concepción
  - 4.B.6 Bosque Caducifolio de la Frontera
  - 4.B.7 Bosque Caducifolio Interior
  - 4.B.8 Bosque Caducifolio del Sur
  
- 4.C Subregión del Bosque Caducifolio Andino
  - 4.C.9 Bosque Caducifolio Andino del Biobío
  - 4.C.10 Bosque Caducifolio Mixto de la Cordillera Andina

## 2.5. Región del Bosque Laurifolio

Se distribuye fundamentalmente en la X Región de Los Lagos, cubriendo el sector de la Cordillera de la Costa y la cordillera andina hasta el límite Alto-Andino. En Puerto Montt ocupa todo el Valle Central, desde donde pasa al sector de Chiloé insular, cubriendo la mayor parte de la Isla Grande y continental, desapareciendo a la altura de Chaitén aproximadamente.

El clima es lluvioso todo el año, con temperaturas relativamente estables a lo largo de las estaciones. La vegetación presenta fisonomía de bosques densos formados por árboles altos que se disponen en varios estratos y se caracteriza por presentar una gran variedad de especies en los doseles superiores. En general, la flora posee un carácter relictual. En forma especial se ha definido la flora de Juan Fernández en esta región debido a su fuerte relación biogeográfica y ecológica.

Se subclasifica en:

- 5.A Subregión del Bosque Laurifolio Valdiviano
  - 5.A.1 Bosque Laurifolio de Valdivia
  - 5.A.2 Bosque Laurifolio de Los Lagos
  - 5.A.3 Bosque Laurifolio de Chiloé
  - 5.A.4 Bosque Laurifolio Andino
  
- 5.B Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández
  - 5.B.5 Bosque y Matorral Laurifolio de Más a Tierra
  - 5.B.6 Bosque y Matorral Laurifolio de Más Afuera

## 2.6. Región del Bosque Andino-Patagónico

Se extiende por la cordillera andina austral desde la VIII Región del Biobío a la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, ocupando los sectores altos en el norte y sectores más bajos y planos en el extremo sur, llegando incluso a la línea de costa en la zona de los canales. En forma excepcional esta región se encuentra representada en el sector costero, en las áreas de mayor altitud de la Cordillera de Nahuelbuta. El clima se caracteriza por precipitaciones en forma de nieve principalmente. La vegetación es dominada por formaciones en que domina *Nothofagus pumilio* (Lenga), la que en la zona norte se asocia con los bosques de *Araucaria araucana* (Araucaria).

Se subclasifica en:

- 6.A Subregión de las Cordilleras de la Araucanía
  - 6.A.1 Estepa Alto-Andina Boscosa
  - 6.A.2 Bosque Caducifolio Alto-Andino de Chillán
  - 6.A.3 Bosque Caducifolio Alto-Andino con Araucaria
  - 6.A.4 Bosque Alto-Montano de Nahuelbuta
  - 6.A.5 Matorral Patagónico con Araucaria
  
- 6.B Subregión de las Cordilleras Patagónicas
  - 6.B.6 Bosque Caducifolio Alto-Andino Húmedo
  - 6.B.7 Bosque Patagónico con Coníferas
  - 6.B.8 Matorral Caducifolio Alto-Montano
  - 6.B.9 Bosque Caducifolio de Aisén
  - 6.B.10 Bosque Caducifolio de Magallanes

## 2.7. Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas

Esta región posee una distribución discontinua, ocupando las mayores altitudes de la Cordillera de la Costa en la X Región de Los Lagos y desde el sector de Puerto Montt al sur los sectores montañosos de la cordillera andina. Se extiende por los archipiélagos desde la Isla Grande de Chiloé hasta el Cabo de Hornos. El clima es muy lluvioso y presenta temperaturas muy bajas. La vegetación presenta diversos tipos, desde bosques de coníferas (*Fitzroya cupresoides* y *Pilgerodendron uviferum*) hasta matorrales húmedos y turberas.

Se subclasifica en:

- 7.A Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas
  - 7.A.1 Bosque Siempreverde de la Cordillera Pelada
  - 7.A.2 Bosque Siempreverde Andino
  - 7.A.3 Bosque Siempreverde con Turberas de Chiloé
  - 7.A.4 Bosque Siempreverde con Turberas de los Chonos
  - 7.A.5 Bosque Siempreverde de Puyuhuapi
- 7.B Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo
  - 7.B.6 Bosque Siempreverde Montano
  - 7.B.7 Bosque Siempreverde Mixto del Baker
  - 7.B.8 Bosque Siempreverde de Magallanes
  - 7.B.9 Bosque Siempreverde y Matorral Turbosos de la Isla Navarino
- 7.C Subregión de las Turberas, del Matorral y de la Estepa Pantanosa
  - 7.C.10 Matorral Siempreverde Oceánico
  - 7.C.11 Matorral Peri-Glaciario
  - 7.C.12 Turberas y Matorral Siempreverde Pantanoso del Canal Messier
  - 7.C.13 Turberas y Estepa Pantanosa de los Archipiélagos Magallánicos
  - 7.C.14 Turberas y Desierto Frío del Cabo de Hornos

## 2.8. Región del Matorral y de la Estepa Patagónica

Es un sector de distribución muy discontinuo, localizado en los márgenes orientales de la XI Región del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. El clima es de tipo árido y frío. La vegetación dominante es de tipo estepario, con plantas gramíneas en mechón y arbustos bajos. Posee influencias florísticas de los Bosques Andino Patagónicos en el sector más occidental de su distribución

Se subclasifica en:

- 8.A Subregión del Matorral y de la Estepa Patagónica de Aisén
  - 8.A.1 Estepa Patagónica de Aisén
- 8.B Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes
  - 8.B.2 Estepa Patagónica de Magallanes

## 3. Antecedentes sobre los Estudios de Flora en Chile

Con respecto a los estudios de flora, éstos datan de largo tiempo. Destacan las obras de Gay<sup>12</sup>, Reiche<sup>13</sup> y Philippi<sup>14</sup>. Posteriormente se ha incrementado el conocimiento

<sup>12</sup> Gay, C. 1845-1854. Historia Física y Política de Chile. 15 Vols., Maulde et Renou, Paris.

<sup>13</sup> Id. a nota 1.

<sup>14</sup> Philippi, R. 1860. Viaje al Desierto de Atacama. Anton, Santiago.

gracias al trabajo de Muñoz<sup>15</sup>, a nivel nacional, y la publicación de diversas floras regionales: islas de Juan Fernández, San Félix y San Ambrosio<sup>16</sup>; Zapallar<sup>17</sup>; la cuenca de Santiago<sup>18</sup>; Tierra del Fuego<sup>19</sup>; Los Andes de Vallenar<sup>20</sup>; la cordillera patagónica<sup>21</sup>; Chiloé<sup>22</sup>. Son también relevantes las obras sobre grupos particulares, tales como la flora arbórea de Rodríguez<sup>23</sup> y la flora de especies anuales<sup>24</sup>.

La revisión más completa que actualmente existe de la flora del país es el "Catálogo de la Flora Vascular de Chile", publicado por Marticorena y Quezada<sup>25</sup>. En este trabajo se entrega un listado de las especies reconocidas para Chile, tanto nativas como introducidas, ordenado por secciones, familias, géneros y especies. Si bien existen trabajos más recientes para grupos particulares de especies, este es el único que hace referencia al conjunto global de la flora de Chile.

De acuerdo a los primeros antecedentes que se poseen, Gay<sup>26</sup> cita para Chile aproximadamente 4.000 especies. Philippi<sup>27</sup>, por su parte, describió personalmente más de 3.800 especies. Ya en la segunda mitad de este siglo, el botánico Muñoz Pizarro entrega en sus obras las claves para la identificación de 190 familias y 950 géneros endémicos<sup>28</sup>. De

<sup>15</sup> Muñoz, C. 1959. Sinopsis de la Flora Chilena. Editorial Universitaria, Santiago.

<sup>16</sup> Skottsberg, C. 1921. The Phanerogams of the Juan Fernández Islands. Almqvist y Wiksells Boktryckeri, Uppsala.

Skottsberg, C., F. Johow y A. Horts. 1949. Flora of the Islas San Félix y San Ambrosio. Boletín del Museo de Historia Natural (Santiago) 24: 1-64.

<sup>17</sup> Johow, F. 1948. Flora de Zapallar. Revista Chilena de Historia Natural 49: 1-566.

<sup>18</sup> Navas, M.E. 1973-1979. Flora de la Cuenca de Santiago. 3 Vols. Editorial Universitaria, Santiago.

<sup>19</sup> Moore, D.M. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Nelson, England.

<sup>20</sup> Arroyo, M.T.K., C. Marticorena y C. Villagrán. 1984. La Flora de la Cordillera de los Andes en el Área de Laguna Grande y Laguna Chica, III Región, Chile. Gayana (Botánica) 41:3-46.

<sup>21</sup> Arroyo, M.T.K., C. Marticorena, P. Miranda, O. Matthei, A. Landero y F. Squoco. 1989. Contribution of the High Elevation Flora of the Chilean Patagonia: a checklist of species on an east-west transect at latitude 50° S. Gayana (Botánica) 46: 121-151.

<sup>22</sup> Villagrán, C., J.J. Armesto y R. Lira. 1986. Recolonización Postglacial de Chiloé Insular. Revista Chilena de Historia Natural 59:19-39.

<sup>23</sup> Rodríguez, R., O. Matthei y M. Quezada. 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial Universitaria de Concepción, Concepción.

<sup>24</sup> Arroyo, M.T.K., C. Marticorena y M. Muñoz. 1990. A Checklist of the Native Annual Flora of Continental Chile. Gayana (Botánica) 47: 119-135.

<sup>25</sup> Marticorena, C. y M. Quezada. 1985. Catálogo de la Flora Vascular de Chile. Gayana (Botánica) 42:1-157.

<sup>26</sup> Id. a nota 12.

<sup>27</sup> Id. a nota 14.

<sup>28</sup> Hoffmann, A. 1979. Flora Silvestre de Chile. Zona Central. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, 255 p.

acuerdo a Gajardo<sup>29</sup>, esta cifra alcanza las 4.758 especies (ver Tabla 16.2). En la actualidad el número total de taxas descritas corresponde a 5.215 especies<sup>30</sup>, las cuales se distribuyen en las categorías descritas en la Tabla 16.3.

Familias Según Distribución Principal	Número de Familias	Número de Géneros en Chile	Número de Géneros Según Origen									Número de Especies Según Origen			Número Total de Especies
			COS	TRO	TEM	DIS	GON	SUD	SAU	CHI	COMP	INT	END		
Familias cosmopolitas o de distribución amplia	79	621	84	71	85	75	35	127	80	64	1.269	323	2.025	3.617	
Familias principalmente tropicales o subtropicales	41	102	3	34	7	3	10	18	11	16	76	35	181	292	
Familias boreales o mediterráneas	5	7			6	1					1	9	3	13	
Familias de área disjunta	12	121	10	1	25	26	5	12	25	17	124	59	228	411	
Familias principalmente del Hemisferio Sur o gondwánicas	30	52	1	2				28	1	10	10	56	1	63	
Familias endémicas de América del Sur	10	41		1					24	6	10	65	1	149	
Familias endémicas de Sudamérica Austral	7	13								11	2	41		37	
Familias endémicas de Chile	6	8									8			12	
<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>965</b>	<b>98</b>	<b>109</b>	<b>123</b>	<b>105</b>	<b>78</b>	<b>182</b>	<b>143</b>	<b>127</b>	<b>1.632</b>	<b>428</b>	<b>2.698</b>	<b>4.758</b>	

Nota: COS: Cosmopolita; TRO: Tropical; TEM: Templado; DIS: Disjunto; GON: Gondwánico; SUD: Sudamericano; SAU: Sudamericano Austral; CHI: Chileno; COMP: Compartida; INT: Introducidas naturalizadas; END: Endémicas

Fuente: Gajardo, R. 1983. Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena. Ministerio de Agricultura, CONAF y Universidad de Chile, Santiago. 314 pp.

<sup>29</sup> Id a nota 7.

<sup>30</sup> Id. a nota 25.

Sección	Número de Familias	Número de Géneros	Número de Especies	%
<i>Pteridophyta</i>	27	52	157	3,01
<i>Gymnospermae</i>	5	10	17	0,33
<i>Dicotyledoneae</i>	132	750	3.996	76,62
<i>Monocotyledoneae</i>	28	220	1.045	20,04
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>1.032</b>	<b>5.215</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Marticorena, C. y M. Quezada. 1985. Catálogo de la Flora Vasculare de Chile. Gayana (Botánica) 42:1-157.

En relación a las cactáceas, Hoffmann<sup>31</sup> señala la existencia de 13 géneros y aproximadamente 166 especies para Chile. De ellas 153 serían de carácter endémico.

Con respecto a la variación de los patrones latitudinales, y de acuerdo a un análisis tendiente a establecer la distribución de la diversidad biológica en Chile<sup>32</sup>, la mayor riqueza de especies vegetales ocurre entre los 27° y 37° Lat. Sur y decrece hacia latitudes mayores y menores. De acuerdo al mismo estudio, este patrón de distribución también se verifica para las especies endémicas y el número de especies catalogadas en categoría de conservación, existiendo una correlación positiva entre el número total de especies vegetales, el número de especies endémicas y el número de especies en categoría de conservación.

#### 4. Estado de Conservación de la Flora Chilena

De acuerdo a los resultados anteriores, las especies endémicas tienden a tener problemas de conservación en Chile. Al respecto, el estado de conservación de la flora se presenta bajo la forma de un listado de especies<sup>33</sup>, generado a partir de los resultados obtenidos en el simposio "Flora Nativa Arbórea y Arbustiva de Chile Amenazada de Extinción", organizado por la Corporación Nacional Forestal en 1985. Este listado presenta un catálogo de especies clasificadas de acuerdo a las siguientes categorías de conservación:

**En peligro:** se refiere a aquellas especies de las que existe un escaso número de ejemplares en la naturaleza y cuya existencia está seriamente amenazada si los factores causales continúan operando.

**Vulnerables:** son aquellas especies que podrían pasar a la categoría *en peligro*, en el futuro próximo, si las causas de su disminución continúan operando.

<sup>31</sup> Hoffmann, A. 1989. Cactáceas en la Flora Silvestre de Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, 272 pp.

<sup>32</sup> CONAMA. 1994. Informe de Avance N° 3: Análisis de la Información a Nivel de Ecosistemas. Proyecto Apoyo a la Legislación Sectorial en Diversidad Biológica. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, 27 pp.

<sup>33</sup> Benoit, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago, 157 pp.

**Raras:** se refiere a especies o taxa infraespecífica, que aparentemente siempre han sido escasas, que están en los últimos estados de su extinción natural, o especies con distribución muy restringida, con pocas defensas y escaso poder de adaptación.

Los listados de especies de la flora vascular chilena con problemas de conservación se presentan en las Tablas 16.3 a 16.5. La prioridad asignada por el simposio se refiere a la urgencia recomendada para iniciar o reforzar trabajos de protección y recuperación. El origen de cada especie se abrevia de acuerdo al siguiente código: E = Endémica; S = Subantártico (presente en forma natural en Chile y Argentina, desde la ciudad de La Serena al sur) y O = Presente en forma natural en Chile y también en otros países.

Sobre la base de lo anterior, y considerando la necesidad de mejorar la actual cobertura del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas (SNASPE) de los ecosistemas naturales de Chile, al menos dos grupos de trabajo han propuesto listados de sitios prioritarios para ser incorporados al sistema. En el documento "Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile", confeccionado por Ortiz *et al.*<sup>34</sup>, se entrega un listado de 20 sitios en prioridad 1 y 21 sitios en prioridad 2 para ser integrados al SNASPE.

Prioridad	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Distribución Geográfica
3	<i>Avellanita bustillosii</i>	Avellanita	E	V y R.M.
2	<i>Beilschmiedia berteroaana</i>	Belloto del Sur	E	VII y VIII
11	<i>Berberidopsis coralina</i>	Michay rojo	E	VII a X
1	<i>Berberis litoralis</i>	Michay de Paposo	E	II
9	<i>Dalea azurea</i>	Dalea	E	II
4	<i>Gomortega keule</i>	Queule	E	VII y VIII
6	<i>Metharme lanata</i>	Metarma lanosa	E	I
10	<i>Nothofagus alessandrii</i>	Ruil	E	VII
8	<i>Pitavia punctata</i>	Pitao	E	VII a IX
5	<i>Reichea coquimbensis</i>	Reichea	E	IV
7	<i>Valdivia gayana</i>	Valdivia	E	X

Fuente: Benoit, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 157 pp.

<sup>34</sup> Ortiz, J.C., R.C. Rodríguez, C. Marticorena, G. Riveros, H. Ibarra, I. Peña, V. Jerez, V.H. Ruiz, V. Quintana, J. Solervicens, J. Artigas y E. Ugarte. 1993. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal y Universidad de Concepción, 36 pp.

**Tabla 16.4**  
**Especies Catalogadas Vulnerables, Según Benoit**

Prioridad	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Distribución Geográfica
*	<i>Araucaria araucana</i>	Araucaria	S	VIII a X
5	<i>Austrocedrus chilensis</i>	Ciprés de la Cordillera	S	V a X y R.M.
6	<i>Azorella compacta</i>	Llaretta	O	I a III
3	<i>Beilschmiedia miersii</i>	Belloto del Norte	E	V y R.M.
2	<i>Carica chilensis</i>	Palo Gordo	E	IV y V
1	<i>Croton chilensis</i>	Higuerilla de Paposo	E	II
3	<i>Cordia decandra</i>	Carbonillo	E	III y IV
2	<i>Dasyphyllum excelsum</i>	Tayú	E	V a VII
4	<i>Deuterocohnia chrysantha</i>	Chaguar del Jote	E	II y III
*	<i>Fitzroya cupressoides</i>	Alerce	S	X
4	<i>Jubaea chilensis</i>	Palma Chilena	E	IV a VII y R.M.
3	<i>Krameria cistoidea</i>	Pacul	E	II a V y R.M.
5	<i>Laretia acaulis</i>	Llaretilla	S	III a X
3	<i>Legrandia concinna</i>	Luma del Norte	E	VII y VIII
2	<i>Monttea chilensis</i>	Uvillo	E	II a IV
5	<i>Myrica pavonis</i>	Pacama	O	I
4	<i>Nothofagus glauca</i>	Hualo	E	VI a VIII y R.M.
4	<i>Nothofagus leonii</i>	Huala	E	VII y VIII
3	<i>Persea meyeniana</i>	Lingue del Norte	E	V a VII y R.M.
6	<i>Polylepis besseri</i>	Queñoa	O	I
6	<i>Polylepis tarapacana</i>	Queñoa de Altura	O	I y II
3	<i>Porlieria chilensis</i>	Guayacán	E	IV a VI y R.M.
2	<i>Pouteria splendens</i>	Lúcumo	E	IV y V
6	<i>Prosopis</i> (Género)	Prosopis	O	I a V y R.M.
1	<i>Puya coquimbensis</i>	Chagual de Coquimbo	E	IV
2	<i>Puya venusta</i>	Chagualillo	E	IV y V

**Nota:** \* Las especies *Araucaria araucana* y *Fitzroya cupressoides* están declaradas Monumento Natural desde 1976 a través de Decreto Supremo y para ellas no se indica prioridad, dado que CONAF está realizando estudios y acciones específicas de conservación, en forma prioritaria, sobre estas especies.

**Fuente:** Benoit, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 157 pp.

Prioridad	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Distribución Geográfica
1	<i>Adesmia balsamica</i>	Paramela del Puangue	E	V
2	<i>Adesmia campestris</i>	Mata espinosa	S	XII
1	<i>Adesmia resinosa</i>	Paramela de Tiltit	E	V y R.M.
1	<i>Asteriscium vidalii</i>	Anisillo	E	II y III
2	<i>Benthamiella</i> (género)	Bentamiella	S	XII
1	<i>Citronella mucronata</i>	Huillipatagua	E	IV a X y R.M.
1	<i>Corynabutylon ochsenii</i>	Huella Chica	E	IX y X
1	<i>Eucryphia glutinosa</i>	Guindo santo	E	VII a IX
1	<i>Grabowskia glauca</i>	Coralito del Norte	E	II
2	<i>Haplorhus peruviana</i>	Carza	O	I
2	<i>Hebe salicifolia</i>	Hebe	O	X a XII
1	<i>Lobelia bridgesii</i>	Tupa rosada	E	X
1	<i>Malesherbia angustisecta</i>	Malesherbia	E	I
1	<i>Malesherbia auristipulata</i>	Ajé de zorra	E	I
1	<i>Malesherbia tocopillana</i>	Farolito	E	II
2	<i>Maytenus chubutensis</i>	Maitén del Chubut	S	R.M. a IX
2	<i>Menodora linoides</i>	Linacillo	S	V
2	<i>Mulinum valentinii</i>	Mulino	S	XII
1	<i>Myrceugenia colchaguensis</i>	Arrayán de Colchagua	E	V a VII y IX
1	<i>Myrceugenia corraefolia</i>	Petrillo	E	IV a VIII
1	<i>Myrceugenia leptospermoides</i>	Macolla	E	VIII y IX
1	<i>Myrceugenia pinifolia</i>	Chequén de hoja fina	E	VII a IX
1	<i>Myrceugenia rufa</i>	Arrayán de hoja roja	E	IV y V
1	<i>Nolana balsamiflua</i>	Suspiro	E	II
1	<i>Orites myrtoidea</i>	Radal enano	E	VII a IX
1	<i>Pintoa chilensis</i>	Pintoa	E	III
1	<i>Prumnopytis andina</i>	Lleuque	E	VII a X
1	<i>Ribes integrifolium</i>	Parrilla falsa	E	VIII y IX
2	<i>Salvia tubiflora</i>	Salvia roja	O	II
1	<i>Satureja multiflora</i>	Menta de árbol	E	VII a X
2	<i>Schinus marchandii</i>	Laura	S	XI
1	<i>Scutellaria valdiviana</i>	Teresa	E	VII a X

Fuente: Benoit, I. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 157 p.

Por otra parte, Lara y De la Maza<sup>35</sup> entregan una proposición consistente en un listado de 49 sitios, 20 de los cuales se encuentran en calidad de urgentes y 29 en calidad de importantes. Adicionalmente, existe un listado con 30 sitios calificados en una tercera categoría de prioridad, el que es incorporado en el mapa de "Áreas Silvestres de Chile y Regiones y Subregiones Ecológicas"<sup>36</sup>. La Tabla 16.6 entrega una comparación entre ambas propuestas, ordenando los sitios prioritarios por región administrativa. La Tabla 16.7 entrega un resumen de ambos listados, con los 90 sitios propuestos en clasificados en prioridades 1 a 3 para todo el país.

Región	Sitios Propuestos por Lara y De la Maza		Sitios Propuestos por Ortiz <i>et al.</i>	
	Sitio	Prioridad	Sitio	Prioridad
I	Camaraca, Quebrada Vitor	3	Camaraca	1
I	Ampliación P.N. Lauca y R.N. Las Vicuñas	1	No se considera	
I	Salar de Huasco	1	No se considera	
I	Salar Coposa	1	No se considera	
I	Quebrada de Lluta y Azapa	3	No se considera	
I	Desembocadura Rfo Lluta	3	No se considera	
I	Desembocadura Rfo Camarones	3	No se considera	
II	Cuenca Superior Rfos Loa y Colorado	2	Cuenca Superior del Rfo Loa	2
II	Paposo	1	Paposo	2
II	Península de Mejillones	1	No se considera	
II	Volcán Licancabur	2	No se considera	
II	Volcán Llullaillaco	2	No se considera	
II	Desembocadura del Rfo Loa	2	No se considera	
II	Ampliación R.N. Los Flamencos	3	No se considera	
II	Desierto Costero de Taltal	3	No se considera	
II	No se considera		Geisers del Tatio	1
II	No se considera		Lagunas Adyacentes Salar de Atacama	2
II	No se considera		Cerro Moreno	2
II	No se considera		Sector Rfo Frío	1
III	Laguna del Negro Francisco, Santa Rosa, Maricunga	1	Laguna del Negro Francisco	1
III	Laguna Grande, Chica y Rfo Valeriano	2	Laguna Chica y Grande	1
III	Llanos de Challe y Carrizal	1	Llanos de Challe-Carrizal Bajo	1
III	Laguna Verde	3	Laguna Verde	1
III	Llanos de La Travesía-Pajaritos	3	Llanos de La Travesía	1
III	Juntas del Rfo Copiapó	3	No se considera	
III	Cuestras de Pajonales	3	No se considera	
III	Zona Sur de Chañaral	3	No se considera	

<sup>35</sup> Lara, A. y C. De la Maza. 1993. Proyecto de Fortalecimiento del SNASPE. Plan de Acción Forestal.

<sup>36</sup> Lara, A. 1993. Mapa de Áreas Silvestres de Chile y Regiones y Subregiones Ecológicas.

**Tabla 16.6 (continuación)**  
**Comparación de Sitios Prioritarios para la Conservación Propuestos por**  
**Diferentes Autores \* \*\***

Región	Sitios Propuestos por Lara y De la Maza		Sitios Propuestos por Ortiz <i>et al.</i>	
	Sitio	Prioridad	Sitio	Prioridad
III	No se considera		Barrales	1
IV	Cerro Santa Inés, Los Molles	2	Cerro Santa Inés-Los Molles	1
IV	Punta Teatinos	1	Punta Teatinos	2
IV	Zona Cordillerana de Illapel	2	No se considera	
IV	Zona de Condoriaco	3	No se considera	
IV	El Ñiage, Palo Colorado	3	No se considera	
IV	Zona Sur de Coquimbo	3	No se considera	
IV	Monte Patria-El Palqui	3	No se considera	
IV	Tilama y Pedehue	3	No se considera	
IV	No se considera		Baños de Pangué	1
V	Bosque Relicto de Quintero	2	Bosque de Quintero, Laguna de Mantagua	2
V	Cuesta El Melón	2	Cuesta El Melón	2
V	Estero El Yali	1	Laguna El Rey y Estero El Yali	2
V	Quebrada El Tigre, Zapallar	2	Quebrada El Tigre	2
V	Pedernales, Alicahue y Chepical	2	No se considera	
V	Ampliación P.N. La Campana	2	No se considera	
V	Islas Desventuradas: San Félix y San Ambrosio	3	No se considera	
RM	Alto de Cantillana y Aculeo	1	Altos de Cantillana	2
RM	Cerro Tabaco	3	No se considera	
RM	Quebrada de Córdoba y Llolleo	3	No se considera	
RM	Fundo Huechún	3	No se considera	
RM	Sector de Peñaflor	3	No se considera	
RM	Sector Batuco	3	No se considera	
RM	Sector El Volcán	3	No se considera	
RM	Sector de Farellones, Quebrada de Manzanito	3	No se considera	
RM	No se considera		Cajón de Aculeo	1
VI	No se considera		Tanumé-Topocalma	1
VII	Alto de Vilches	1	Altos de Vilches	1
VII	Bullileo y Laguna Juárez	1	Bullileo	2
VII	La Estrella, Laguna del Ciénago y Cerro Name	2	La Estrella	1
VII	Radal-Siete Tazas	1	Radal-Siete Tazas	1
VII	Robles del Maule	1	Robles del Maule	2
VII	Tregualemu, Ramadillas y Río Reloca	1	Tregualemu	2
VII	El Junquillar	2	No se considera	
VII	Hornillos	1	No se considera	
VII	No se considera		Los Alpes	1
VII	No se considera		Río Ancoa	1
VIII	Cerro Cayumanque	1	Cerro Cayumanque	2
VIII	Nevados de Chillán	1	No se considera	
VIII	Quebrada Caramávida	1	No se considera	
VIII	Altos de Escuadrón	3	No se considera	
VIII	No se considera		Shangri-La	2

**Tabla 16.6 (continuación)**  
**Comparación de Sitios Prioritarios para la Conservación Propuestos por Diferentes Autores\* \*\***

Región	Sitios Propuestos por Lara y De la Maza		Sitios Propuestos por Ortiz <i>et al.</i>	
	Sitio	Prioridad	Sitio	Prioridad
IX	Rucamanque	2	Rucamanque	2
IX	Lago Budi	3	Lago Budi-Laguna Trovolhue	2
IX	Sector Lastarria-Río Mahuidanche	2	No se considera	
IX	Cerro Adencul	2	No se considera	
IX	Las Vegas del Río Cholchol	2	No se considera	
IX	No se considera		Fundo María Esther	1
X	Cordillera Pelada	1	Cordillera Pelada	2
X	Futaleufú	2	Futaleufú	1
X	Río Cruces	2	Río Cruces	2
X	Cudico	2	No se considera	
X	Ampliación del P.N. Hornopirén	2	No se considera	
X	Isla Guafo	2	No se considera	
X	Monteverde	2	No se considera	
X	Pirihueico	1	No se considera	
X	Vegas del Río Maullín	2	No se considera	
X	Ayacara	3	No se considera	
X	Archipiélago Guapiquilán y Esmeralda Sur	3	No se considera	
XI	Valle Chacabuco	2	No se considera	
XII	Islas Diego Ramírez	2	Islas Diego Ramírez	2
XII	Centro Sur Isla de Tierra del Fuego	2	No se considera	
XII	Estepa Quimeda Kampenaique-Tres Chorrillos	2	No se considera	

Fuente: \* Lara, A. y C. De la Maza. 1993. Proyecto de Fortalecimiento del SNASPE. Plan de Acción Forestal.

\*\* Ortiz, J.C., R.C. Rodríguez, C. Marticorena, G. Riveros, H. Ibarra, I. Peña, V. Jerez, V.H. Ruiz, V. Quintana, J. Solervicens, J. Artigas y E. Ugarte. 1993. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal y Universidad de Concepción, 36 pp.

**Tabla 16.7**  
**Resumen de Sitios Propuestos para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile**

Número	Región	Sitio	Prioridad	Autor
1	I	Camara, Quebrada Vitor	3-1	* + **
2	I	Ampliación P.N. Lauca y R.N. Las Vicuñas	1	*
3	I	Salar de Huasco	1	*
4	I	Salar de Coposa	1	*
5	I	Quebrada de Lluta y Azapa	3	*
6	I	Desembocadura Río Lluta	3	*
7	I	Desembocadura Río Camarones	3	*
8	II	Cuenca Superior Ríos Loa y Colorado	2	* + **
9	II	Paposo	1-2	* + **
10	II	Península de Mejillones	1	*
11	II	Volcán Licancabur	2	*

**Tabla 16.7 (continuación)**  
**Resumen de Sitios Propuestos para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile**

Número	Región	Sitio	Prioridad	Autor
12	II	Volcán Llullaillaco	2	*
13	II	Desembocadura del Rfo Loa	2	*
14	II	Ampliación R.N. Los Flamencos	3	*
15	II	Desierto Costero de Taltal	3	*
16	II	Geisers del Tatio	1	**
17	II	Lagunas Adyacentes Salar de Atacama	2	**
18	II	Cerro Moreno	2	**
19	II	Sector Rfo Frfo	1	**
20	III	Laguna del Negro Francisco, Santa Rosa, Maricunga	1	* + **
21	III	Laguna Grande, Chica y Rfo Valeriano	2-1	* + **
22	III	Llanos de Challe y Carrizal	1	* + **
23	III	Laguna Verde	3-1	* + **
24	III	Llanos de La Travesfa-Pajaritos	2	* + **
25	III	Juntas del Rfo Copiapó	3	*
26	III	Cuesta de Pajonales	3	*
27	III	Zona Sur de Chañaral	3	*
28	III	Barriales	1	**
29	IV	Cerro Santa Inés, Los Molles	2-1	* + **
30	IV	Punta Teatinos	1-2	* + **
31	IV	Zona Cordillerana de Illapel	2	*
32	IV	Zona de Condoriaco	3	*
33	IV	El Niage, Palo Colorado	3	*
34	IV	Zona Sur de Coquimbo	3	*
35	IV	Monte Patria-El Palqui	3	*
36	IV	Tilama y Pedehue	3	*
37	IV	Baños de Pangué	1	**
38	V	Bosque Relicto de Quintero	2	* + **
39	V	Cuesta El Melón	2	* + **
40	V	Estero El Yali	1-2	* + **
41	V	Quebrada El Tigre, Zapallar	2	* + **
42	V	Pedernales, Alicahue y Chepical	2	*
43	V	Ampliación P.N. La Campana	2	*
44	V	Islas Desventuradas: San Félix y San Ambrosio	3	*
45	RM	Alto de Cantillana y Aculeo	1-2	* + **
46	RM	Cerro Tabaco	3	*
47	RM	Quebrada de Córdoba y Llole	3	*
48	RM	Fundo Huechún	3	*
49	RM	Sector de Peñaflo	3	*
50	RM	Sector Batuco	3	*
51	RM	Sector El Volcán	3	*
52	RM	Sector de Frellones, Quebrada de Manzanito	3	*
53	RM	Cajón de Aculeo	1	**
54	VI	Tanumé-Topocalma	1	**
55	VII	Alto de Vilches	1	* + **
56	VII	Bullileo y Laguna Juárez	1-2	* + **
57	VII	La Estrella, Laguna del Ciénago y Cerro Name	2-1	* + **
58	VII	Radal Siete Tazas	1	* + **
59	VII	Robles del Maule	1-2	* + **
60	VII	Trengualemu, Ramadillas y Rfo Reloca	1-2	* + **

**Tabla 16.7 (continuación)**  
**Resumen de Sitios Propuestos para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile**

Número	Región	Sitio	Prioridad	Autor
61	VII	El Junquillar	2	*
62	VII	Hornillos	1	*
63	VII	Los Alpes	1	**
64	VII	Rfo Ancoa	1	**
65	VIII	Cerro Cayumanque	1-2	* + **
66	VIII	Nevados de Chillán	1	*
67	VIII	Quebrada Caramávida	1	*
68	VIII	Altos de Escuadrón	3	*
69	VIII	Shangri-La	2	**
70	IX	Rucamanque	2	* + **
71	IX	Lago Budi	3-2	* + **
72	IX	Sector Lastarria-Rfo Mahuidanche	2	*
73	IX	Cerro Adencul	2	*
74	IX	Las Vegas del Rfo Chochol	2	*
75	IX	Fundo María Esther	1	**
76	X	Cordillera Pelada	1-2	* + **
77	X	Futaleufú	2-1	* + **
78	X	Rfo Cruces	2	* + **
79	X	Cudico	2	*
80	X	Ampliación del P.N. Hornopirén	2	*
81	X	Isla Guafo	2	*
82	X	Monteverde	2	*
83	X	Pirihueico	1	*
84	X	Vegas del Rfo Maullín	2	*
85	X	Ayacara	3	*
86	X	Archipiélago Guapiquilán y Esmeralda Sur	3	*
87	XI	Valle Chacabuco	2	*
88	XII	Islas Diego Ramírez	2	* + **
89	XII	Centro Sur Isla de Tierra del Fuego	2	*
90	XII	Estepa Quimeda Kampenaique-Tres Chorrillos	2	*
<b>Áreas Litorales y Marinas</b>				
1	II	Península Mejillones-Isla Santa María	1	*
2	II	La Portada	1	*
3	III	Pan de Azúcar (frente a P.N.)	1	*
4	IV	Pingüino de Humboldt (frente a R.N.)	1	*
5	IV	Fray Jorge (frente a P.N.)	1	*
6	V	Rapa Nui	1	*
7	V	Juan Fernández	1	*
8	X	Golfo Corcovado	1	*
9	XI	Laguna San Rafael	1	*
10	XII	Bahía Lomas	1	*

Fuente: \* Lara, A. y C. De la Maza. 1993. Proyecto de Fortalecimiento del SNASPE. Plan de Acción Forestal.

\*\* Ortiz, J.C., R.C. Rodríguez, C. Marticorena, G. Riveros, H. Ibarra, I. Peña, V. Jerez, V.H. Ruiz, V. Quintana, J. Solervicens, J. Artigas y E. Ugarte. 1993. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal y Universidad de Concepción, 36 pp.

Con objeto de establecer cuán representados están los diferentes ambientes naturales del país en el SNAPE, la Tabla 16.8 muestra una comparación entre la cobertura actual del SNASPE, los 90 sitios prioritarios identificados (ver Tabla 16.7) y el correspondiente ambiente según la clasificación de Gajardo<sup>37</sup>. El análisis muestra que las áreas incorporadas al SNASPE poseen una cobertura incompleta de los ambientes naturales del país, quedando muchos de ellos sin representación. Considerando que existen en Chile al menos 85 formaciones vegetales agrupadas en 8 regiones ecológicas y 21 subregiones ecológicas<sup>38</sup>, 30 de estos ambientes (pertenecientes a 6 regiones ecológicas y 12 subregiones ecológicas), no están representados en el SNASPE (ver Tablas 16.8 y 16.9). Lo anterior corresponde a un 35,3% del total de las formaciones definidas.

<b>Tabla 16.8</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
<b>1. Región del Desierto</b>			
1.A Subregión del Desierto Absoluto			
1.A.1 Desierto Interior			R.N. Pampa del Tamarugal
1.A.2 Desierto del Tamarugal			R.N. Pampa del Tamarugal
1.A.3 Desierto de los Salares y de las Pampas			
1.A.4 Matorral Ripario de las Quebradas y los Oasis	Camaraca, Quebrada Vitor Quebrada de Lluta y Azapa Desembocadura Rfo Lluta Desembocadura Rfo Camarones	** + *** ** ** **	
1.A.5 Desierto Interior de Taltal			
1.A.6 Desierto Estepario de las Sierras Costeras			
1.B Subregión del Desierto Andino			
1.B.7 Matorral Desértico con Suculentas Columnares			P.N. Volcán Isluga
1.B.8 Desierto de los Aluviones			
1.B.9 Desierto de la Cuenca Superior del Rfo Loa	Cuenca Superior Rfos Loa y Colorado Sector Rfo Frío	** + *** ***	
1.B.10 Desierto Montano de la Cordillera de Domeyko			
1.B.11 Desierto Estepario de El Salvador			
1.B.12 Desierto del Salar de Atacama	Lagunas Adyacentes Salar de Atacama	***	R.N. Los Flamencos

<sup>37</sup> Id. a nota 11.

<sup>38</sup> Id. a nota 4.

<b>Tabla 16.8 (continuación)</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
<b>1. Región del Desierto (cont.)</b>			
1.C Subregión del Desierto Costero			
1.C.13 Desierto Costero de Tocopilla	Península de Mejillones Desembocadura del Río Loa Cerro Moreno	** ** ***	R.N. La Chimba M.N. La Portada
1.C.14 Desierto Costero de Taltal	Paposo Desierto Costero de Taltal Zona Sur de Chañaral	** + *** ** **	P.N. Pan de Azúcar
1.C.15 Desierto Costero del Huasco	Llanos de Challe y Carrizal	** + ***	R.N. Pingüino de Humboldt
1.D Subregión del Desierto Florido			
1.D.16 Desierto Florido de los Llanos	Llanos de La Travesía-Pajaritos	** + ***	
1.D.17 Desierto Florido de las Serranías	Cuesta de Pajonales Zona de Condoriaco Juntas del Río Copiapó	** ** **	
<b>2. Región de la Estepa Alto-Andina</b>			
2.A Subregión del Altiplano y la Puna			
2.A.1 Estepa Alto-Andina Altiplánica	Ampliación P.N. Lauca y R.N. Las Vicuñas Salar de Huasco Salar de Coposa	** ** **	P.N. Lauca P.N. Volcán Isluga R.N. Las Vicuñas M.N. Salar de Surire
2.A.2 Estepa Alto-Andina Subdesértica	Geisers del Tatio	***	P.N. Volcán Isluga
2.A.3 Estepa Arbustiva Prealtiplánica			P.N. Volcán Isluga
2.A.4 Estepa Arbustiva Prepuneña	Volcán Licancabur	**	R.N. Los Flamencos
2.A.5 Estepa Subdesértica de la Puna de Atacama	Ampliación R.N. Los Flamencos	**	R.N. Los Flamencos
2.A.6 Estepa Desértica de los Salares Andinos	Volcán Llullaillaco Sector Río Frío Laguna del Negro Francisco, Santa Rosa, Maricunga	** *** ** + ***	
2.A.7 Desierto Alto-Andino del Ojos del Salado	Laguna Verde	** + ***	
2.B Subregión de los Andes Mediterráneos			
2.B.8 Estepa Alto-Andina de Coquimbo	Laguna Grande, Chica y Río Valeriano	** + ***	
2.B.9 Estepa Arbustiva de la Precordillera	Baños de Pangue	***	
2.B.10 Matorral Esclerófilo Andino	Zona Cordillerana de Illapel	**	P.N. Río Clarillo R.N. Río Blanco R.N. Río de los Cipreses

<b>Tabla 16.8 (continuación)</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
<b>2.B Subregión de los Andes Meditáneos (cont.)</b>			
2.B.11 Estepa Alto-Andina de Santiago	Sector El Volcán Sector de Farrellones, Quebrada de Manzanito	** **	P.N. El Morado P.N. Rfo Clarillo R.N. Rfo Blanco R.N. Rfo de los Cipreses
2.B.12 Estepa Alto-Andina del Maule	Alto de Vilches Radal Siete Tazas	** + *** ** + ***	
<b>3. Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b>			
<b>3.A Subregión del Matorral Estepario</b>			
3.A.1 Matorral Estepario Costero	Punta Teatinos Zona Sur de Coquimbo	** + *** **	P.N. Fray Jorge
3.A.2 Matorral Estepario Interior	Monte Patria-El Palqui	**	R.N. Las Chinchillas
3.A.3 Matorral Estepario Boscoso			
3.A.4 Matorral Estepario Arborescente	Cerro Santa Inés, Los Molles El Ñiaque, Palo Colorado	** + *** **	P.N. Fray Jorge
<b>3.B Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso</b>			
3.B.5 Matorral Espinoso de las Serranías	Tilama y Pedehue Pedernales, Alicahue y Chepical	** **	
3.B.6 Bosque Espinoso Abierto	Fundo Huechún Cerro Tabaco	*** **	
3.B.7 Matorral Espinoso de la Cordillera de la Costa	Sector Batuco Cajón de Aculeo	** ***	
3.B.8 Matorral Espinoso del Secano Costero	Estero El Yali	** + ***	
3.B.9 Matorral Espinoso del Secano Interior	La Estrella, Laguna del Ciénago y Cerro Name	** + ***	
<b>3.C Subregión del Bosque Esclerófilo</b>			
3.C.10 Bosque Esclerófilo Costero	Bosque Relicto de Quitero Cuesta El Melón	** + *** ** + ***	P.N. La Campana P.N. Palmas de Cocalán
	Quebrada El Tigre, Zapallar Ampliación P.N. La Campana	** + *** **	R.N. Lago Peñuelas
	Alto de Cantillana y Aculeo Quebrada de Córdoba y Llolleo	** + *** **	
	Sector de Peñafior Cajón de Aculeo	** ***	
3.C.11 Bosque Esclerófilo Andino	Rfo Ancoa	***	P.N. Rfo Clarillo R.N. Rfo de los Cipreses
3.C.12 Bosque Esclerófilo Montano	Radal Siete Tazas	** + ***	
3.C.13 Bosque Esclerófilo Maulino	Tanumé Topocalma	***	
3.C.14 Bosque Esclerófilo de los Arenales			

<b>Tabla 16.8 (continuación)</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
<b>4. Región del Bosque Caducifolio</b>			
<b>4.A Subregión del Bosque Caducifolio Montano</b>			
4.A.1 Bosque Caducifolio de Santiago	Alto de Cantillana y Aculeo	** + ***	P.N. La Campana
4.A.2 Bosque Caducifolio de la Montaña	Alto de Vilches	** + ***	
	Radal Siete Tazas	** + ***	
	Los Alpes	***	
	Nevados de Chillán	**	
	Shangri-La	***	
4.A.3 Bosque Caducifolio Maulino	Robles del Maule	** + ***	R.N. Laguna Torca
	Tregualemu, Ramadillas y Rfo Reloca	** + ***	R.N. Los Ruiles
4.A.4 Bosque Caducifolio de la Precordillera	El Junquillar	**	R.N. Federico Albert
	Bullilleo y Laguna Juárez	** + ***	
	Hornillos	**	
	Rfo Ancoa	***	
<b>4.B Subregión del Bosque Caducifolio del Llano</b>			
4.B.5 Bosque Caducifolio de Concepción	Cerro Cayumanque	** + ***	P.N. Nahuelbuta
	Altos de Escuadrón	**	M.N. Contulmo
	Lago Budi	** + ***	
4.B.6 Bosque Caducifolio de la Frontera	Las Vegas del Rfo Cholchol	**	
	Rucamanque	** + ***	
	Cerro Adencul	**	
4.B.7 Bosque Caducifolio Interior	Fundo María Esther	***	
	Sector Lastarria Rfo Mahuidanche	**	
4.B.8 Bosque Caducifolio del Sur			M.N. Cerro Ñielol
<b>4.C Subregión del Bosque Caducifolio Andino</b>			
4.C.9 Bosque Caducifolio Andino del Biobío			R.N. Ñuble
4.C.10 Bosque Caducifolio Mixto de la Cordillera Andina	Pirihueico	**	R.N. Malleco
			P.N. Tolhuaca
			P.N. Conguillío
			P.N. Villarrica
			R.N. Malleco
			R.N. Alto Biobío
			R.N. Villarrica
<b>5. Región del Bosque Laurifolio</b>			
<b>5.A Subregión del Bosque Laurifolio Valdiviano</b>			
5.A.1 Bosque Laurifolio de Valdivia	Cordillera Pelada	** + ***	R.N. Valdivia
	Rfo Cruces	** + ***	
	Cudilco	**	
5.A.2 Bosque Laurifolio de Los Lagos	Vegas del Rfo Maullín	**	P.N. Puyehue
			P.N. Vicente Pérez Rosales

**Tabla 16.8 (continuación)**  
**Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo \***

Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
5.A Subregión del Bosque Laurifolio Valdiviano (cont.)			
5.A.3 Bosque Laurifolio de Chiloé	Ampliación del P.N. Hornopirén	**	P.N. Ciuiloé
	Isla Guafo	**	P.N. Alerce Andino
	Monteverde	**	P.N. Hornopirén
5.A.4 Bosque Laurifolio Andino	Ayacara	**	R.N. Llanquihue P.N. Puyehue P.N. Vicente Pérez Rosales
5.B Subregión del Bosque Laurifolio de Juan Fernández			
5.B.5 Bosque y Matorral Laurifolio de Más a Tierra			P.N. Archipiélago de Juan Fernández
5.B.6 Bosque y Matorral Laurifolio de Más Afuera			P.N. Archipiélago de Juan Fernández
<b>6. Región del Bosque Andino-Patagónico</b>			
6.A Subregión de las Cordilleras de la Araucanía			
6.A.1 Estepa Alto-Andina Boscosa			P.N. Laguna del Laja R.N. Ñuble
6.A.2 Bosque Caducifolio Alto-Andino de Chillán			P.N. Laguna del Laja R.N. Ñuble
6.A.3 Bosque Caducifolio Alto-Andino con Araucaria			P.N. Laguna del Laja P.N. Tolhuaca P.N. Conguillío P.N. Villarrica R.N. Ralco R.N. Malleco R.N. Nalcas R.N. Malalcahuello R.N. China Muerta R.N. Alto Biobío P.N. Huerquehue R.N. Villarrica P.N. Nahuelbuta
6.A.4 Bosque Alto-Montano de Nahuelbuta	Quebrada Caramávida	**	P.N. Nahuelbuta
6.A.5 Matorral Patagónico con Araucaria			R.N. Alto Biobío R.N. China Muerta R.N. Malalcahuello
6.B Subregión de las Cordilleras Patagónicas			
6.B.6 Bosque Caducifolio Alto-Andino Húmedo	Pirihueico	**	P.N. Puyehue P.N. Vicente Pérez Rosales P.N. Hornopirén
6.B.7 Bosque Patagónico con Coníferas	Futaleufú	** + ***	

<b>Tabla 16.8 (continuación)</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
6.B Subregión de las Cordilleras Patagónicas (cont.)			
6.B.8 Matorral Caducifolio Alto-Montano			P.N. Queulat R.N. Katalalixar R.N. Lago Las Torres P.N. Laguna San Rafael
6.B.9 Bosque Caducifolio de Aisén	Valle Chacabuco	**	P.N. Queulat R.N. Lago Palena R.N. Lago Carlota R.N. Lago Las Torres R.N. Cerro Castillo R.N. General Carrera R.N. Jeinimeni R.N. Lago Cochrane P.N. Laguna San Rafael
6.B.10 Bosque Caducifolio de Magallanes			P.N. Torres del Paine R.N. Laguna Parrillar R.N. Magallanes
<b>7. Región del Bosque Siempreverde y de las Turberas</b>			
7.A Subregión del Bosque Siempreverde con Coníferas			
7.A.1 Bosque Siempreverde de la Cordillera Pelada	Cordillera Pelada	** + ****	R.N. Valdivia M.N. Alerce Costero
7.A.2 Bosque Siempreverde Andino			P.N. Alerce Andino R.N. Llanquihue P.N. Hornopirén P.N. Chiloé
7.A.3 Bosque Siempreverde con Turberas de Chiloé	Archipiélago Guapiquilán y Esmeralda Sur	**	R.N. Las Guaitecas
7.A.4 Bosque Siempreverde con Turberas de los Chonos			R.N. Las Guaitecas P.N. Queulat P.N. Isla Magdalena M.N. Cinco Hermanas
7.A.5 Bosque Siempreverde de Puyuhuapi			
7.B Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo			
7.B.6 Bosque Siempreverde Montano			P.N. Río Simpson R.N. Lago las Torres R.N. Lago Rosselot R.N. Coihaique P.N. Laguna San Rafael
7.B.7 Bosque Siempreverde Mixto del Baker			R.N. Alacalufes P.N. Alberto de Agostini
7.B.8 Bosque Siempreverde de Magallanes			

<b>Tabla 16.8 (continuación)</b>			
<b>Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo *</b>			
Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
7.B Subregión del Bosque Siempreverde Micrófilo (cont.) 7.B.9 Bosque Siempreverde y Matorral Turbosos de la Isla Navarino			P.N. Alberto de Agostini
7.C Subregión de las Turberas, del Matorral y de la Estepa Pantanosa 7.C.10 Matorral Siempreverde Oceánico  7.C.11 Matorral Peri-Glaciario  7.C.12 Turberas y Matorral Siempreverde Pantanoso del Canal Messier  7.C.13 Turberas y Estepa Pantanosa de los Archipiélagos Magallánicos  7.C.14 Turberas y Desierto Frío del Cabo de Hornos	Islas Diego Ramírez	** + ***	P.N. Isla Guamblin P.N. Laguna San Rafael R.N. Las Guaitecas R.N. Katalalixar P.N. Laguna San Rafael P.N. Bernardo O'Higgins P.N. Torres del Paine P.N. Alberto de Agostini P.N. Laguna San Rafael P.N. Bernardo O'Higgins R.N. Las Guaitecas R.N. Alacalufes R.N. Katalalixar R.N. Alacalufes P.N. Bernardo O'Higgins P.N. Alberto de Agostini P.N. Cabo de Hornos P.N. Alberto de Agostini
<b>8. Región del Matorral y de la Estepa Patagónica</b>			
8.A Subregión del Matorral y de la Estepa Patagónica de Aisén 8.A.1 Estepa Patagónica de Aisén	Valle Chacabuco	**	R.N. Lago Carlota M.N. Dos Lagunas R.N. Cerro Castillo R.N. General Carrera R.N. Jeinimeni R.N. Lago Cochrane

**Tabla 16.8 (continuación)**  
**Sitios Prioritarios y Areas del SNASPE Ordenados de Acuerdo a la Clasificación de Gajardo \***

Ambientes Según Gajardo	Sitios Propuestos		Areas del SNASPE
	Nombre	Autor	
<b>8. Región del Matorral y de la Estepa Patagónica (cont.)</b>			
8.B Subregión de la Estepa Patagónica de Magallanes			
8.B.2 Estepa Patagónica de Magallanes	Centro Sur Isla Tierra del Fuego	**	P.N. Torres del Paine
	Estepa Quimeda Kampenaique-Tres Chorrillos	**	M.N. Los Pingüinos M.N. Lago de Los Cisnes P.N. Pali Aike

Fuente: \* Gajardo, R. 1983. Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena. Ministerio de Agricultura, CONAF y Universidad de Chile. Santiago. 314 pp.

Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Ediciones Universitarias, Santiago. 165 pp.

\*\* Lara, A. y C. De la Maza. 1993. Proyecto de Fortalecimiento del SNASPE. Plan de Acción Forestal.

\*\*\* Ortiz, J.C., R.C. Rodríguez, C. Marticorena, G. Riveros, H. Ibarra, I. Peña, V. Jerez, V.H. Ruiz, V. Quintana, J. Solervicens, J. Artigas y E. Ugarte. 1993. Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal y Universidad de Concepción, 36 pp.

**Tabla 16.9**  
**Ambientes No Representados en el Actual Sistema del SNASPE**  
**Según Clasificación de Gajardo**

<b>1. Región del Desierto</b>
1.A Subregión del Desierto Absoluto
1.A.3 Desierto de los Salares y de las Pampas
1.A.4 Matorral Ripario de las Quebradas y los Oasis
1.A.5 Desierto Interior de Taltal
1.A.6 Desierto Estepario de las Sierras Costeras
1.B Subregión del Desierto Andino
1.B.8 Desierto de los Aluviones
1.B.9 Desierto de la Cuenca Superior del Río Loa
1.B.10 Desierto Montano de la Cordillera de Domeyko
1.B.11 Desierto Estepario de El Salvador
1.D Subregión del Desierto Florido
1.D.16 Desierto Florido de los Llanos
1.D.17 Desierto Florido de las Serranías
<b>2. Región de la Estepa Alto-Andina</b>
2.A Subregión del Altiplano y la Puna
2.A.6 Estepa Desértica de los Salares Andinos
2.A.7 Desierto Alto-Andino del Ojos del Salado
2.B Subregión de los Andes Mediterráneos
2.B.8 Estepa Alto-Andina de Coquimbo
2.B.9 Estepa Arbustiva de la Precordillera
2.B.12 Estepa Alto-Andina del Maule

<b>Tabla 16.9 (coninuación)</b>	
<b>Ambientes No Representados en el Actual Sistema del SNASPE</b>	
<b>Según Clasificación de Gajardo</b>	
<b>3.</b>	<b>Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b>
3.A	Subregión del Matorral Estepario
3.A.4	Matorral Estepario Arborescente
3.B	Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso
3.B.5	Matorral Espinoso de las Serranías
3.B.6	Bosque Espinoso Abierto
3.B.7	Matorral Espinoso de la Cordillera de la Costa
3.B.8	Matorral Espinoso del Secano Costero
3.B.9	Matorral Espinoso del Secano Interior
3.C	Subregión del Bosque Esclerófilo
3.C.12	Bosque Esclerófilo Montano
3.C.13	Bosque Esclerófilo Maulino
3.C.14	Bosque Esclerófilo de los Arenales
<b>4.</b>	<b>Región del Bosque Caducifolio</b>
4.A	Subregión del Bosque Caducifolio Montano
4.A.2	Bosque Caducifolio de la Montaña
4.A.4	Bosque Caducifolio de la Precordillera
4.B	Subregión del Bosque Caducifolio del Llano
4.B.6	Bosque Caducifolio de la Frontera
4.B.7	Bosque Caducifolio Interior
<b>6.</b>	<b>Región del Bosque Andino-Patagónico</b>
6.B	Subregión de las Cordilleras Patagónicas
6.B.7	Bosque Patagónico con Coníferas

Por otra parte, al considerar los sitios propuestos en la primera prioridad por Ortiz *et al.*<sup>39</sup> y Lara y De la Maza<sup>40</sup> como potenciales áreas protegidas para integrar al SNASPE, el número de ambientes no cubiertos se reduce a 12 (ver Tabla 16.10). Lo anterior constituye un 14,11 % de las formaciones definidas.

<b>Tabla 16.10</b>	
<b>Ambientes No Representados en el SNASPE al Incorporar Sitios Con Prioridad 1</b>	
<b>1.</b>	<b>Región del Desierto</b>
1.A	Subregión del Desierto Absoluto
1.A.3	Desierto de los Salares y de las Pampas
1.A.5	Desierto Interior de Taltal
1.A.6	Desierto Estepario de las Sierras Costeras
1.B	Subregión del Desierto Andino
1.B.8	Desierto de los Aluviones
1.B.9	Desierto de la Cuenca Superior del Río Loa
1.B.11	Desierto Estepario de El Salvador

<sup>39</sup> Id. a nota 34.

<sup>40</sup> Id. a nota 35.

<b>Tabla 16.10 (continuación)</b>	
<b>Ambientes No Representados en el SNASPE al Incorporar Sitios Con Prioridad 1</b>	
<b>1.</b>	<b>Región del Desierto (cont.)</b> 1.D Subregión del Desierto Florido 1.D.16 Desierto Florido de los Llanos 1.D.17 Desierto Florido de las Serranías
<b>3.</b>	<b>Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b> 3.B Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso 3.B.5 Matorral Espinoso de las Serranías 3.B.6 Bosque Espinoso Abierto 3.C Subregión del Bosque Esclerófilo 3.C.14 Bosque Esclerófilo de los Arenales
<b>4.</b>	<b>Región del Bosque Caducifolio</b> 4.B Subregión del Bosque Caducifolio del Llano 4.B.7 Bosque Caducifolio Interior

Si el mismo análisis se efectúa considerando los sitios propuestos en las dos primeras categorías de prioridad por Ortiz *et al.*<sup>41</sup> y Lara y De la Maza<sup>42</sup>, se llega a un total de 8 formaciones no representadas. Lo anterior equivale al 9,4% de las formaciones definidas (ver Tabla 16.11).

<b>Tabla 16.11</b>	
<b>Ambientes No Representados en el SNASPE al Incorporar Sitios con Prioridad 1 y 2</b>	
<b>1.</b>	<b>Región del Desierto</b> 1.A Subregión del Desierto Absoluto 1.A.3 Desierto de los Salares y de las Pampas 1.A.5 Desierto Interior de Taltal 1.A.6 Desierto Estepario de las Sierras Costeras  1.B Subregión del Desierto Andino 1.B.8 Desierto de los Aluviones 1.B.11 Desierto Estepario de El Salvador 1.D Subregión del Desierto Florido 1.D.17 Desierto Florido de las Serranías
<b>3.</b>	<b>Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b> 3.B Subregión del Matorral y del Bosque Espinoso 3.B.6 Bosque Espinoso Abierto 3.C Subregión del Bosque Esclerófilo 3.C.14 Bosque Esclerófilo de los Arenales

<sup>41</sup> Id. a nota 34.

<sup>42</sup> Id a nota 35.

Finalmente, al considerar los 90 sitios propuestos en las distintas prioridades, el número de formaciones no cubiertas se reduciría a 6. Lo anterior equivale a un 7% de las formaciones definidas, perteneciendo básicamente a la Región del Desierto y a la Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo (ver Tabla 16.12).

<b>Tabla 16.12</b>	
<b>Ambientes No Representados en el SNASPE al Incorporar los 90 Sitios Propuestos</b>	
<b>1.</b>	<b>Región del Desierto</b>
1.A	Subregión del Desierto Absoluto
1.A.3	Desierto de los Salares y de las Pampas
1.A.5	Desierto Interior de Taltal
1.A.6	Desierto Estepario de las Sierras Costeras
1.B	Subregión del Desierto Andino
1.B.8	Desierto de los Aluviones
1.B.11	Desierto Estepario de El Salvador
<b>3.</b>	<b>Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo</b>
3.C	Subregión del Bosque Esclerófilo
3.C.14	Bosque Esclerófilo de los Arenales

365 -

**Capítulo 17**

***Estado de Conservación de la Fauna Terrestre en Chile***

***Juan C. Torres M.***

***Sección Zoología, Museo Nacional de Historia Natural***

## CAPITULO 17. ESTADO DE CONSERVACION DE LA FAUNA TERRESTRE EN CHILE

Autor: Juan C. Torres M., Sección Zoología, Museo Nacional de Historia Natural

### 1. Introducción

La preocupación por mantener la diversidad biológica es importante no sólo por razones estéticas o de interés científico, sino porque la existencia humana depende de los recursos biológicos de la Tierra. La conservación tiene como principales objetivos el mantener los procesos ecológicos y los sistemas vitales, preservar la diversidad genética de todos los organismos y permitir el aprovechamiento sustentable de las especies y los ecosistemas.

En Chile, durante mucho tiempo la caza de animales con fines comerciales y deportivos se realizó sin mayor control. Este hecho derivó en una sobreexplotación que llevó a las poblaciones de algunas especies, como aves guaneras, lobos marinos y chinchillas, hasta casi la extinción. En 1893 se intentó regular legalmente la caza de lobos marinos y en 1910, mediante un tratado internacional, se vedó la captura de la chinchilla. En 1929, con la Ley de Caza, se legisló de manera más amplia, protegiendo diversas especies a través de la prohibición absoluta de caza, o permitiéndola sólo en cierta época y en determinados números. También la creación de los primeros parques nacionales en 1925 y la promulgación de la Ley de Bosques en 1931, beneficiaron de manera indirecta muchas especies, al proteger los ambientes en que habitaban. Conjuntamente con la Ley de Caza y el establecimiento del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), Chile ha suscrito diversos tratados internacionales que tienden a la protección de la fauna, especialmente de los vertebrados.

En el presente trabajo se analizan la legislación nacional y los convenios internacionales que protegen la fauna terrestre de Chile y también el estado de conservación, delineando los principales problemas que la afectan.

### 2. Situación General de la Conservación de la Fauna

La Ley N° 4.601 sobre Caza, de 1929, regula la actividad cinegética en el país, estableciendo requisitos para obtener permiso de caza, períodos de veda, cantidades máximas a cazar por especie y lugares de caza. Determina además prohibiciones específicas como el uso de ciertas trampas, empleo de venenos, fuego, caza en reservas y la captura de especies protegidas indefinidamente. El cumplimiento de las disposiciones sobre caza está bajo el control de Carabineros de Chile, funcionarios del Servicio Agrícola y Ganadero y de inspectores de caza *ad honorem*. La Ley contempla, para los infractores, sanciones como multas, decomiso de piezas y armas, siendo el juez de policía local quien determina el tipo de pena y el monto de la multa.

En 1974 Chile suscribió la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES), ratificada como Ley de la República en 1975. Esta convención es un acuerdo internacional que reglamenta el comercio (importación, exportación, reexportación e introducción procedente del mar) de especies (incluyendo cualquier parte o derivado determinable) en peligro de extinción, y tiene por finalidad proteger la flora y fauna silvestre contra su explotación excesiva con fines comerciales en mercados internacionales. En el Apéndice I del CITES se mencionan todas las especies en peligro de extinción, que son o pueden ser afectadas por el comercio. En el Apéndice II se encuentran las especies que, si bien no están en peligro, podrían llegar a esa situación si su comercio no se reglamenta en forma estricta. En el Apéndice III se incluyen especies sometidas a reglamentación por alguno de los Estados que suscriben la convención y que necesitan de cooperación internacional para controlar su comercio. Para la fauna terrestre, la autoridad administrativa competente de Chile es el Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura y la autoridad científica es la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (la autoridad administrativa de las especies marinas es el Servicio Nacional de Pesca).

La Convención sobre la Conservación de Especies Migratorias (CMS) fue suscrita por Chile en 1979 y ratificada en 1981. Esta Convención protege a las especies migratorias, y se aplica principalmente a especies marinas de aves, mamíferos, tortugas y peces. Categoriza las especies en dos Anales: el I con especies en peligro y el II con las especies vulnerables. Según Rottmann y López-Calleja<sup>1</sup> esta convención no es operativa, por ser Chile el único país miembro en Latinoamérica.

En 1987 la Corporación Nacional Forestal (CONAF) convocó al simposio "Estado de Conservación de la Fauna de Vertebrados Terrestres de Chile". Las actas de este simposio se publicaron como "Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile"<sup>2</sup>, e indica el estado de conservación de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, determinado por consenso entre especialistas, jerarquizando el grado de amenaza según las pautas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Ellos son: extinta, en peligro, vulnerable, rara, indeterminada e inadecuadamente conocida. El Libro Rojo contiene el estado de conservación para cada región administrativa del país, además de recomendaciones y acuerdos sobre investigación, protección y manejo de la fauna.

La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, más conocida como Convención de Ramsar, fue firmada por Chile en 1980 y ratificada en 1981. Esta Convención entrega las bases para la cooperación entre los países, con el fin de hacer efectiva la conservación de estas zonas. Humedales son todas las marismas, pantanos, turberas, aguas lénticas o lóxicas, naturales o artificiales, permanentes o estacionales, dulces o salobres, aguas marinas costeras, incluyendo las áreas ribereñas. Los países signatarios de esta Convención deben establecer al menos un humedal de importancia internacional y comprometerse a su protección. Chile ha inscrito el

---

<sup>1</sup> Rottmann, J. y M. V. López-Calleja. 1992. *Estrategia Nacional de Conservación de Aves*. Servicio Agrícola y Ganadero. Serie Técnica, 1:1-16.

<sup>2</sup> Glade, A. (ed.). 1988. *Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile*. Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, Santiago. 65 pp.

Santuario de la Naturaleza Río Cruces (X Región de Los Lagos) en la Lista de Ramsar y ha formado el Comité Nacional de Humedales, reconocido por la Convención, para establecer una política nacional para dichas áreas<sup>3</sup>.

Para aves existe además una lista publicada por el Consejo Internacional para la Protección de las Aves (CIPA)<sup>4</sup>, que corresponde a un análisis de la situación global de cada especie considerando todo su rango de distribución y que contiene la categoría única de especie amenazada. Para rapaces, Jaksic y Jiménez<sup>5</sup> analizaron el estado de conservación de las especies diurnas y nocturnas en diferentes zonas de Chile (norte, centro, sur, sur-austral). En el caso de las aves marinas, cabe mencionar la revisión realizada por Schlatter<sup>6</sup>, quien analiza la situación de las aves de las islas oceánicas, de la zona centro-norte, de la zona centro-sur y de los archipiélagos australes. Utilizando como base el Libro Rojo de CONAF y consultando a diversos ornitólogos, Rottmann y López-Calleja<sup>7</sup> revisaron el estado de las especies con problemas de conservación, indicando además los factores responsables de esta situación.

La UICN —Unión para la Conservación Mundial— formó hace décadas la Comisión para la Supervivencia de las Especies, que actualmente es una red con más de 4.000 voluntarios en 155 países. Esta Comisión trabaja a través de cerca de 100 grupos de especialistas, que concentran su quehacer en taxa específicos de plantas o animales, especialmente aquellos amenazados de extinción o de importancia para el bienestar del hombre. Cada grupo se encarga de revisar el estado de conservación de las especies y sus *hábitat*, de desarrollar planes de acción que detalle las medidas de conservación prioritarias, y de poner en práctica las actividades propuestas. Se han desarrollado una veintena de planes de acción, de ellos atañen a nuestra fauna los planes de acción para la conservación de cánidos, nutrias y camélidos silvestres sudamericanos.

### 3. Estado de Conservación y Legislación de la Fauna Terrestre

#### 3.1. Invertebrados

Varias especies de invertebrados, llamativas por su color, su forma o su rareza, son comercializadas vivas (para mantenerlas como mascotas) o muertas (como especímenes para coleccionistas), y por lo tanto sometidas a una presión de captura que no ha sido completamente evaluada. Sin embargo, el Reglamento de la Ley de Caza de 1993 considera que algunas especies de arácnidos de la familia Theraphosidae (arañas pollito) e insectos

<sup>3</sup> González, G. 1993. *Los Humedales: Ambientes Olvidados y Amenazados*. Chile Forestal, 208:34-35.

<sup>4</sup> Collar, N.J. y P. Andrew. 1988. *Birds to Watch: the ICBP World Checklist of Threatened Species*. International Council for Bird Protection Technical Publication, 8:319 pp.

<sup>5</sup> Jaksic, F.M. y J.E. Jiménez. 1986. *The Conservation Status of Raptors in Chile*. Birds of Prey Bulletin, 3:95-104.

<sup>6</sup> Schlatter, R.P. 1984. *The Status and Conservation of Seabirds in Chile*. En: Croxall J.P., P.G. Evans y R.W. Schreiber (eds.). *Status and Conservation of the World's Seabirds*. International Council for Bird Preservation Technical Publication, 2:261-269.

<sup>7</sup> Id. a nota 1.

(coleópteros, mariposas, matapijos) son especialmente vulnerables. Según la Ley es el Presidente de la República quien fija los períodos de veda, y en el reglamento mencionado se afirma que el Servicio Agrícola y Ganadero informará al Presidente sobre la necesidad de establecer vedas que protejan estos invertebrados. Aparte de esta afirmación, no existe ninguna legislación que proteja a los invertebrados terrestres. La información respecto al estado de conservación de las especies de invertebrados es muy escasa. A nivel mundial, existe preocupación al respecto y se habla incluso de crisis en la conservación de los invertebrados, tanto por la escasa importancia asignada a este tema, como por la falta de información respecto de numerosos taxa.

### 3.2. Peces de Aguas Continentales

La pesca deportiva en lagos, ríos y esteros está permitida a las personas en posesión de un permiso otorgado por el Servicio Nacional de Pesca, institución dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Está prohibida la pesca con arpones, espineles, redes o canastos y la instalación de sistemas fijos de captura (e.g., "canoas") en cualquier curso de agua dulce. También se prohíbe la pesca industrial y comercialización del producto de la pesca deportiva. La pesca de pejerreyes y percatrucha está vedada entre el 16 de agosto y el 15 de diciembre, excepto el pejerrey argentino en aguas lénticas entre la I Región de Tarapacá y la VIII Región del Biobío, que no tiene veda. La pesca de salmónidos está permitida, en general, entre el segundo viernes de noviembre y el primer domingo de mayo; en algunos lagos de la zona sur no hay veda, en cambio en otros sectores la veda es permanente, y en algunos ríos de la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo la temporada de pesca es más corta. En la pesca de especies salmonídeas y la percatrucha sólo está permitido el uso de señuelos artificiales, una sola caña por pescador, manejada a mano, y debe usarse un chinguillo para extraer la captura. En cuanto a cuotas de captura, se permite 73 ejemplares del pejerrey argentino como máximo por día, 15 pejerreyes chilenos, y tres ejemplares en la percatrucha y truchas, aunque en ciertos sectores de la X Región de los Lagos la captura se restringe a dos, e incluso un espécimen. Las infracciones a las normas de pesca deportiva se sancionan a través de un juzgado de policía local (la pesca en el mar está en manos del juzgado del crimen).

Varios autores han mencionado que la introducción de peces exóticos ha puesto en peligro a las especies nativas. Sin embargo, la única mención global del estado de conservación de los peces de aguas continentales es aquella del "Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile". De las 47 especies que conforman la ictiofauna dulceacuícola nativa, el Libro Rojo sostiene que 42 especies y dos géneros (prácticamente la totalidad del grupo) presentan algún problema de conservación. De éstos, 18 especies están en peligro, 23 especies y un género son vulnerables, una especie es rara, y dos especies están en categoría inadecuadamente conocida.

### 3.3 Herpetozoos

El Reglamento de la Ley de Caza, vigente desde marzo de 1993, protege con veda de conservación (suspensión total de la caza) por 20 años, todas las especies de anfibios y reptiles terrestres chilenos. El sapo de garras (*Xenopus laevis*), especie introducida, se considera perjudicial y por lo tanto se puede cazar o capturar en cualquier época del año, sin límite de número.

De acuerdo al Libro Rojo, 31 especies de anfibios y 45 de reptiles tienen algún problema de conservación; esto significa que el 77% de los anfibios y el 60% de los reptiles están incluidos en alguna categoría. Seis especies de anfibios y una de reptiles se encuentran en peligro, nueve anfibios y 13 reptiles son vulnerables, 10 anfibios y 18 reptiles están en la categoría rara, seis anfibios y 13 reptiles están catalogados como inadecuadamente conocidos. Ninguna especie de herpetozoo terrestre de Chile se encuentra incluido en CITES (que incluye las tortugas marinas).

### 3.4. Aves

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Caza, la mayoría de las especies de aves se encuentran en veda de conservación y su caza está prohibida. Sólo se exceptúan el gorrión, considerada especie dañina, con caza permitida en cualquier época sin límite de número, y 19 especies cuya caza deportiva está permitida durante ciertas épocas y en números determinados. En general, el período de caza para cormorán yeco, codorniz, palomas, zorzal y mirlo está comprendido entre el 1 de abril y el 31 de agosto de cada año; para los patos se extiende sólo hasta el 31 de julio, y la perdiz chilena (*Nothoprocta perdicaria*) se puede cazar desde el 1 de junio hasta el 31 de julio. La captura de pingüinos (familia Spheniscidae) se encuentra prohibida y su protección está en manos del Servicio Nacional de Pesca.

El Libro Rojo señala 71 taxa de aves con diversos problemas de conservación. Una especie se considera extinta, siete especies y tres subespecies se encuentran en peligro, 31 especies y una subespecie son vulnerables, 12 especies son raras, y 18 especies están en la categoría inadecuadamente conocida. En las cifras anteriores se incluyen las aves marinas que en su mayoría nidifican en ambientes que pueden calificarse como terrestres. Las especies con mayores problemas de conservación, según Rottmann y López-Calleja<sup>8</sup>, son el picaflor de Juan Fernández, el rayadito de Más Afuera y el canquén colorado, seguidos por el suri y el loro tricahue. La disminución numérica de estas especies se debe a factores como introducción de depredadores, pérdida de *hábitat* y alimento debido a actividades antropogénicas y caza legal o clandestina<sup>9</sup>. Trece especies son consideradas amenazadas por Collar y Andrew y Collar *et al.*,<sup>10</sup> algunas de estas especies no están incluidas en las listas entregadas por CONAF o Rottmann y López-Calleja.

Cuarenta y ocho especies de aves chilenas se encuentran incluidas en CITES, de ellas, cinco están en el Apéndice I (dos especies marinas y tres terrestres: el ñandú *Pterocnemia pennata*, el cóndor *Vultur gryphus* y el halcón peregrino *Falco peregrinus*) y el resto en el Apéndice II (flamencos, cisnes, águilas, halcones, loros, búhos y picaflores). En el Anal I

---

<sup>8</sup> Id. a nota 1.

<sup>9</sup> Collar, N.J., L.P. Gonzaga, N. Krabbe, A. Madroño, L.G. Naranjo, T.A. Parker III y D.C. Wege. 1992. *Threatened birds of the Americas*. International Council for Bird Preservation, Cambridge. 1.150 pp.

Id. a nota 1.

<sup>10</sup> Id. a nota 4.

Collar, N.J., L.P. Gonzaga, N. Krabbe, A. Madroño, L.G. Naranjo, T.A. Parker III y D.C. Wege. 1992. *Threatened birds of the Americas*. International Council for Bird Preservation, Cambridge. 1150 pp.

de la CMS se encuentra el ñandú, el halcón peregrino y el canquén colorado; en el Anal II se encuentran las tres especies de flamencos, los cisnes coscoroba y de cuello negro, el piuquén y la becacina pintada.

De acuerdo a Jaksic y Jiménez<sup>11</sup> un 18% de las especies de rapaces se encuentran declinando y están por lo tanto amenazadas en todo el país; un 11% de las rapaces se encuentran declinando en todo el territorio, excepto en la zona austral. Las principales causas de la disminución de estas especies serían la presión de caza ilegal y la disminución de *hábitat* y disponibilidad de alimento, debido a actividades antrópicas. Por el contrario, un 36% de las rapaces están aumentando sus poblaciones debido a su asociación con ambientes modificados por el hombre (e.g., bosques convertidos en tierras de laboreo). Finalmente, estos autores señalan que el estado de conservación de un 25% de las especies es desconocido y necesita mayor estudio.

Las principales amenazas para las aves marinas chilenas según Schlatter<sup>12</sup>, son la introducción de depredadores en islas oceánicas y de la costa centro-norte, la destrucción de los *hábitat* y la modificación y sobreexplotación de ambientes costeros. La recolección de huevos y la caza de adultos son factores significativos en ciertos sectores, como en la zona austral. Una amenaza seria para las aves marinas la constituyen los derrames de petróleo, que han causado altas mortalidades en diversas localidades de la costa de Chile.

### 3.5. Mamíferos

Se encuentra prohibida la caza (por 20 años a partir de 1993) de todas las especies de mamíferos terrestres nativos. Sólo se permite la caza de los ciervos rojo y dama (*Cervus elaphus* y *Dama dama*), especies introducidas y que se rigen por disposiciones especiales para caza mayor. De acuerdo al Reglamento de la Ley de Caza se consideran dañinos y por lo tanto pueden ser cazados todo el año sin límite de número, las siguientes especies introducidas: liebre (*Lepus capensis*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), ratas introducidas (*Mus* y *Rattus*), rata almizclera (*Ondatra zibethica*), castor (*Castor canadensis*), jabalí (*Sus scrofa*), cabras y coatí de Juan Fernández (*Capra hircus* y *Nasua nasua*) y el visón (*Mustela vison*). La captura de especies marinas como pinnípedios (focas y lobos de mar) y de nutrias (*Lutra*) está prohibida y sólo puede ser autorizada por el Servicio Nacional de Pesca por medio de un permiso especial.

El Libro Rojo contiene 51 taxa de mamíferos con problemas de conservación, lo que indica que cerca de un 50% de esta fauna tiene algún grado de amenaza. Una subespecie se considera extinta; 10 especies y cinco subespecies se encuentran en peligro; 15 especies son vulnerables; nueve especies y tres subespecies son raras; siete taxa (un género, tres especies y tres subespecies) están en la categoría inadecuadamente conocida; y una especie está en categoría amenaza indeterminada. Seis especies se encuentran catalogadas como fuera de peligro (especie relativamente segura), siendo los mamíferos el único grupo que ostenta especies en esta categoría.

---

<sup>11</sup> Id. a nota 5.

<sup>12</sup> Id. a nota 6.

Veintitrés especies de mamíferos (excluyendo a los cetáceos) se encuentran protegidos por CITES. En el Apéndice I aparecen las dos especies de chinchilla, las dos de huemul, las dos de nutria, los gatos andino y de Geoffroy, el pudú y la vicuña (una población de vicuñas de Parinacota, I Región de Tarapacá, pasó al Apéndice II). En el Apéndice II se encuentran los zorros, las especies restantes de gatos, los lobos marinos de dos pelos, el elefante marino del sur, el guanaco y la mencionada población de vicuña.

El estado de conservación de los mamíferos fue analizado por Miller *et al.*,<sup>13</sup> quienes recogen información proveniente de diferentes zonas de Chile y que son el resultado de las investigaciones realizadas por el Cuerpo de Paz de la Universidad de Washington, Estados Unidos. Estos autores utilizan las categorías de la UICN y concluyen que 22 especies y 15 subespecies (correspondientes a otras cinco especies) se encuentran con algún grado de amenaza. Según estos autores, las principales causas de declinación de algunas especies de mamíferos de Chile son la explotación directa (para carne y pieles) y la destrucción del hábitat. Un factor importante es el desconocimiento del público de las normas legales de protección, especialmente quienes viven en áreas rurales y que dependen más fuertemente de los recursos naturales.

Las nutrias son mustélidos de hábitos carnívoros, asociados a ambientes acuáticos, cuyas principales amenazas son la contaminación ambiental, la destrucción de su hábitat, la caza y los conflictos con los pescadores. De acuerdo al plan de acción para la conservación de las nutrias, preparado por UICN —Unión para la Conservación Mundial—<sup>14</sup>, las dos especies presentes en Chile se encuentran amenazadas de manera global y se recomienda realizar diversos estudios (distribución, censos, ecología), establecer áreas silvestres para su protección y extremar las medidas para evitar la caza y persecución ilegal. Las principales amenazas para la vicuña y el guanaco son la caza y la destrucción del hábitat. El plan de acción para la conservación de los camélidos sudamericanos de la UICN<sup>15</sup> contempla mantener poblaciones en el rango geográfico más amplio posible. Entre las medidas concretas planteadas se cuentan el establecimiento de áreas silvestres protegidas, la realización de diversos estudios biológicos y la capacitación de personal involucrado en el manejo. La utilización sustentable de estas especies, para beneficio de comunidades rurales, es una parte importante de la estrategia de conservación que se está tratando de establecer.

#### 4. Discusión y Conclusiones

La principal referencia relativa al estado de conservación de los vertebrados chilenos es el "Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile". Las especies contenidas allí fueron determinadas por consenso entre profesionales ligados al área, lo que conlleva al problema de la subjetividad. Por otra parte, la falta de información respecto a aspectos

---

<sup>13</sup> Miller, S.D., J. Rottmann, K.J. Raedeke y R.D. Taber. 1983. *Endangered Mammals of Chile: Status and Conservation*. Biological Conservation, 25:335-352.

<sup>14</sup> Foster-Turley, P., S. Macdonald y C. Mason (eds.). 1990. *Otters, an Action Plan for Their Conservation*. IUCN/SSC Otter Specialist Group, Gland. 126 pp.

<sup>15</sup> Torres, H. (ed.). 1992. *Camélidos Silvestres Sudamericanos. Un Plan de Acción para su Conservación*. IUCN/SSC South American Camelid Specialist Group, Gland. 58 pp.

básicos de la biología, y que son claves para la conservación, hacen muy difícil establecer grados de amenaza basándose en factores objetivos (densidad poblacional, rango geográfico, tolerancia a presiones de selección como alteración de *hábitat*, caza y captura). El que una misma especie sea tratada de manera diferente por una u otra entidad se debe a cambios de estado (por acopio de nueva información) o a diferentes apreciaciones de la situación de dicha especie. Para Noss<sup>18</sup> cometer, en conservación biológica, error tipo I (proclamar un efecto cuando éste no existe) tiene un costo mucho más bajo (pérdida de credibilidad) que cometer error tipo II (proclamar que no hay efecto cuando sí lo hay). Sin embargo, en el ámbito de la conservación la credibilidad es de gran importancia<sup>19</sup> y debe tenerse en cuenta al decidir si una especie se encuentra amenazada o no de extinción.

La conservación de la fauna se vio amenazada por las exportaciones que afectaron a invertebrados y vertebrados tetrápodos, que eran comercializados como mascotas hacia mercados de Norteamérica y Europa. Entre 1985 y 1992 se exportaron 2.262.357 animales silvestres vivos, un 70% de ellos fueron reptiles (principalmente lagartijas), un 10% arácnidos, seguidos con un 9% cada uno, por insectos y anfibios; aves y mamíferos constituyeron un 2% de estas exportaciones<sup>20</sup>. Debe considerarse que los números exportados representan entre un 25 y 30% el total de animales capturados, ya que hay una gran mortalidad y deterioro en el período comprendido entre la captura y la exportación; esto significa que el número de animales extraídos desde la naturaleza fue unas cuatro veces mayor<sup>21</sup>. En varios grupos sólo se utilizaron denominaciones generales (arañas, lagartos, lagartijas, sapos, ranas), y no se conocen las especies exportadas, por lo que existe la posibilidad de haber afectado especies amenazadas de extinción. Según Ortiz<sup>22</sup>, los esfuerzos de captura de reptiles se concentraron en la IV Región de Coquimbo y la Región Metropolitana de Santiago, en tanto que la recolecta de anfibios se centró entre la VIII Región del Biobío y la X Región de los Lagos. Desde la entrada en vigencia del nuevo reglamento de la Ley de Caza en marzo de 1993, la captura de todos los vertebrados está regulada y sólo se permite la exportación de especies provenientes de criaderos legalmente establecidos y controlados por el Servicio Agrícola y Ganadero.

La Ley de Caza es un cuerpo legal fundamental en la protección de la fauna nacional. La caza ilegal, que se realiza a lo largo de todo Chile, es un factor importante en la disminución de diversas especies. Entre los problemas que existen para hacer cumplir esta ley están la falta de información adecuada y la falta de personal y medios por parte de los organismos encargados de ejercer la función de policía de caza (Servicio Agrícola y

<sup>18</sup> Noss, R.F. 1986. *Dangerous Simplifications in Conservation Biology*. Bulletin of the Ecological Society of America, 67:278-279.

<sup>19</sup> Mares, M.A. 1986. *Conservation in South America: Problems, Consequences, and Solutions*. Science, 233:734-739.

<sup>20</sup> Simberloff, D. 1987. *Simplification, Danger, and Ethics in Conservation Biology*. Bulletin of the Ecological Society of America, 68:156-157.

<sup>21</sup> Boletines del Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura.

<sup>22</sup> Ortiz, J.C. 1988. *Situación de la Exportación de los Vertebrados Chilenos*. Comunicaciones del Museo Regional de Concepción, 2:37-41.

<sup>23</sup> Id a nota 19.

Ganadero y Carabineros de Chile). El Servicio Agrícola y Ganadero puede nombrar inspectores de caza *ad honorem* para que colaboren en las funciones de educación y control de la Ley. En los últimos años, tanto la formación de estos inspectores por parte de organizaciones conservacionistas, como su trabajo en equipo con inspectores del Servicio Agrícola y Ganadero y Carabineros de Chile, han permitido una efectiva fiscalización durante la temporada de caza. Es frecuente que muchas personas argumenten desconocimiento de la legislación referente a fauna, por ello la educación en relación a este tema, tanto del público general como de los funcionarios involucrados, es una necesidad que requiere prioridad. La acción de los inspectores principalmente fiscaliza a los cazadores deportivos, sin embargo un grave problema lo constituyen los cazadores furtivos, que actúan en las áreas rurales, no cuentan con carné de caza y no respetan ni la temporada de caza ni las especies en veda.

El acuerdo CITES ha demostrado ser una herramienta útil para prevenir la exportación y la importación de especies amenazadas. Muchas personas que viajan a países tropicales de Sudamérica compran ejemplares embalsamados de especies protegidas, los que son requisados posteriormente en las aduanas. Para que esta convención impida la caza de estos animales en sus países de origen, se necesita desarrollar planes de educación para el público en general, que al comprar estas piezas mantienen el mercado. La adecuada acción de los funcionarios que fiscalizan en aduanas y la revisión de los certificados CITES son medidas que hacen efectiva la Convención.

La destrucción del *hábitat* continúa siendo uno de los factores más relevantes que amenaza nuestra fauna, al deteriorarse ambientes con gran riqueza de especies. Si bien un 18% de nuestra superficie continental está en alguna categoría del SNASPE, en muchos casos dichas áreas no presentan una alta riqueza de especies o zonas de concentración de endemismos. Por ello, en 1993 la CONAF y otras instituciones<sup>21</sup> organizaron el simposio "Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica en Chile" destinado a establecer los sitios que no forman parte del SNASPE y que destacan por la exclusividad de sus ecosistemas, la diversidad de *hábitat* y especies, el endemismo, la pristinidad y la susceptibilidad a la degradación, entre otros factores. Como resultado de este simposio se determinó que tomar medidas de conservación es urgente para 20 sitios, es importante para 29 áreas y es de interés para otros 30 sitios. Las conclusiones precisas de esta reunión, incluyendo la descripción de los diversos sitios distribuidos a lo largo del país, se darán a conocer en la forma de un "Libro Rojo de los Sitios Prioritarios para Conservar la Diversidad Biológica de Chile". Esta lista servirá a la CONAF y a otras instituciones interesadas en la conservación para suplir las deficiencias del SNASPE en el ámbito de la biodiversidad, al establecer áreas protegidas en estos lugares.

#### Agradecimientos:

La familiarización del autor con el estado de conservación de la fauna ha sido posible gracias al apoyo de FONDECYT (proyectos 87/535; 90/376; 90/524; 93/142), DIBAM (92/15; 93/19; 94/06) y *Earthwatch* (Estados Unidos). Se agradece a CONAMA por la posibilidad de preparar este trabajo. L.C. Contreras y un revisor anónimo hicieron valiosos comentarios a una versión preliminar del manuscrito.

<sup>21</sup> Benoit, I. y C. Ormazábal. 1992. *Conservación de la Diversidad Biológica en Chile*. Chile Forestal, 199:20-21.

*Capítulo 18*

*Estado de las Areas Silvestres Protegidas de Chile*

*Pedro Araya R.*

*Corporación Nacional Forestal*

## **CAPITULO 18. ESTADO DE LAS AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DE CHILE**

**Autor:** Pedro Araya R., Corporación Nacional Forestal

### **1. Introducción**

En la actualidad, Chile cuenta con un Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), que comprende a todas las unidades declaradas parque nacional, reserva nacional y monumento natural, siendo administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), servicio dependiente del Ministerio de Agricultura.

El concepto de "área silvestre protegida" está expresado en la Ley N° 18.362 de 1984, entendiéndose por ello los ambientes naturales, terrestres o acuáticos pertenecientes al Estado y que éste protege y maneja para lograr los objetivos de conservación fijados para las tres categorías de área mencionadas.

Resulta importante dejar claro el concepto de "conservación", estrechamente asociado al objetivo esencial de las áreas silvestres protegidas. En la misma Ley N° 18.362 se le define como "la gestión de utilización de la biosfera por el ser humano, de modo que se produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero asegurando su potencialidad para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras. La conservación comprende acciones destinadas a la preservación, el mantenimiento, la utilización sostenida, la restauración y el mejoramiento del ambiente natural".

### **2. Las Primeras Iniciativas para Preservar la Naturaleza**

La inquietud ciudadana por el deterioro que empezaba a afectar los recursos naturales del país es muy anterior a la fecha en que se creó la primera área silvestre protegida, recién a principios del presente siglo. En efecto, ya en 1838 el naturalista francés Claudio Gay, contratado entonces por el Gobierno de Chile, manifestaba en carta pública al Ministerio del Interior su preocupación por la disminución de los bosques de la provincia de Coquimbo como consecuencia de la actividad minera. Sin embargo, sólo 20 años más tarde hizo eco la gran preocupación por la tala de bosques cuando el Estado emitió un decreto que reglamentaba la explotación de la especie forestal alerce en las provincias de Llanquihue y Chiloé.

En octubre de 1925 se dictaba el Decreto Ley N° 656 sobre bosques, y poco después el Decreto Ley N° 710, que contemplaba el anterior y que permitía la creación de parques nacionales y reservas forestales. En este último se señalaba la conveniencia de establecer dichas áreas como medio para conservar especies arbóreas próximas a extinguirse, o para aclimatar o reproducir árboles exóticos. Sin embargo, también se contemplaba la posibilidad de explotar bosques fiscales, incluso dentro de las reservas o parques nacionales. Por este motivo, y por otros errores técnicos, se modificó parte de dicha disposición legal a través del Decreto con Fuerza de Ley N° 265 de 1931. Ese mismo año, dada la necesidad de fusionar este decreto con el Decreto Ley N° 656 de 1925, se dictó el Decreto Supremo

Nº 4.363 del 30 de junio de 1931, actualmente vigente y conocido como Ley de Bosques. Este decreto constituyó la base legal para la creación de la gran mayoría de las áreas silvestres protegidas actualmente existentes.

La primera reserva forestal creada en el país fue la de Malleco, en 1907. A ella le siguió la de Villarrica y Llanquihue en 1912. Sin embargo, no resulta correcto considerar dichas unidades como áreas silvestres protegidas en el sentido que éstas tienen hoy día, ya que aquéllas se establecieron con fines de explotación y de reservas de bosques, y no de preservación propiamente tal.

No obstante, fue en terrenos de dichas reservas donde se crearon los primeros parques nacionales del país, como el Parque Nacional Benjamín Vicuña Mackenna en la Reserva Forestal Villarrica y el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales en la Reserva Forestal Llanquihue. Puede afirmarse, en consecuencia, que la primera área silvestre protegida creada en Chile fue el Parque Nacional Benjamín Vicuña Mackenna, el 21 de julio de 1925, abarcando una extensión de 71.600 ha. Sin embargo, dicho parque nacional duraría poco tiempo a causa de la necesidad de tierras para la colonización, ya que 4 años más tarde se refundió con la Reserva Forestal Villarrica, a la cual se fijaron nuevos límites, excluyendo 90.300 ha para colonización<sup>1</sup>.

De este modo, la primera unidad territorial creada en el país con el propósito esencial de preservación de la naturaleza, y que aún existe, es el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales, establecido mediante el Decreto Supremo Nº 552 de 1926, con una superficie de 135.175 ha. El área comprendía una zona de gran belleza por la presencia de volcanes, bosques y lagos, destacando el Lago Todos los Santos, aspectos que el decreto trata esencialmente en sus "Considerandos". Este parque nacional ha sido ampliado varias veces desde su creación y actualmente cuenta con 251.000 ha.

### 3. El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado

Desde el punto de vista técnico y legal, el SNASPE tiene los siguientes objetivos de conservación:

- Mantener áreas de carácter único o representativas de la diversidad ecológica natural del país, o lugares, comunidades animales o vegetales, paisajes o formaciones geológicas naturales, a fin de posibilitar la educación e investigación y de asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, las migraciones animales, los patrones de flujo genético y la regulación del medio ambiente.
- Mantener y mejorar los recursos de la flora y fauna silvestre y racionalizar su utilización.

---

<sup>1</sup> Cabeza, A. 1988. *Aspectos Históricos de la Legislación Forestal Vinculada a la Conservación: la Evolución de las Áreas Silvestres Protegidas de la Zona de Villarrica y la Creación del Primer Parque Nacional de Chile*. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 62 pp.

- Mantener la capacidad productiva de los suelos y restaurar aquellos que se encuentren en peligro o en estado de erosión.
- Mantener y mejorar los sistemas hidrológicos naturales.
- Preservar y mejorar los recursos escénicos naturales y los elementos culturales ligados a un ambiente natural.

Por su parte, cada una de las categorías que conforman el SNASPE tiene su propia definición y objetivos. Estas son:

- **Parque Nacional** es un área generalmente extensa, donde existen diversos ambientes únicos o representativos de la diversidad ecológica natural del país, no alterados significativamente por la acción humana, capaces de autoperpetuarse, y donde las especies de flora y fauna o las formaciones geológicas presentan algún interés particular.

Los objetivos de esta categoría de manejo son la preservación de muestras de ambientes naturales, de rasgos culturales y escénicos asociados a ellos, la continuidad de los procesos evolutivos, y en la medida compatible, la realización de actividades de educación, investigación o recreación.

- **Monumento Natural** es un área generalmente reducida, caracterizada por la presencia de especies nativas de flora y fauna o por la existencia de sitios geológicos relevantes desde el punto de vista escénico, cultural, educativo o científico.

Los objetivos de esta categoría de manejo son los mismos descritos para los parques nacionales.

- **Reserva Nacional** es un área cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado por su susceptibilidad a sufrir degradación o por su importancia en el resguardo del bienestar de la comunidad.

Su objetivo es la conservación y protección del recurso suelo y de las especies amenazadas de fauna y flora silvestre, la mantención o mejoramiento de la producción hídrica, y el desarrollo y aplicación de tecnologías de aprovechamiento racional de la flora y fauna.

### **3.1. Representación de las Unidades del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado**

Actualmente existen unidades del SNASPE en todas las regiones administrativas del país. Su composición y distribución se muestran en las Tablas 18.1 y 18.2, y de su análisis emergen dos conclusiones importantes. En primer lugar, el 86% de la superficie total del SNASPE se localiza en las regiones australes (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena), implicando que prácticamente la mitad de su extensión total está declarada área silvestre protegida. En

segundo lugar, las regiones que tienen el menor número de unidades y superficie de áreas silvestres protegidas son la V Región de Valparaíso, Región Metropolitana de Santiago, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, VII Región del Maule y VIII Región del Biobío, con 16 áreas, que representan sólo el 8% de la superficie total del SNASPE y en ningún caso cubren más del 3% de la región. Cabe señalar que dichas regiones representan el 15% de la superficie continental de Chile y poseen el 74% de la población nacional<sup>2</sup>.

**Tabla 18.1**  
**Unidades del SNASPE y Superficie (ha) que Ocupan en Cada Región Administrativa del País**

Región	Parque Nacional		Reserva Nacional		Monumento Natural		Total	
	Número	Superficie	Número	Superficie	Número	Superficie	Número	Superficie
I	2,00	312.627	2,00	309.781,0	1	11.298,0	5,00	633.706,0
II	0,27 <sup>1</sup>	11.790	2,00	76.569,5	1	31,3	3,27	88.390,8
III	0,73	31.964	0,59 <sup>3</sup>	507,0	0	0,0	1,32	32.471,0
IV	1,00	9.959	1,41	4.581,3	1	128,0	3,41	14.668,3
V	3,00	23.775	2,00	19.269,0	1	4,5	6,00	43.048,5
R.M.	1,00	3.000	1,00	10.185,0	0	0,0	2,00	13.185,0
VI	1,00	3.709	1,00	38.582,0	0	0,0	2,00	42.291,0
VII	0,00	0	3,00	794,0	0	0,0	3,00	794,0
VIII	1,00	11.600	3,00	70.737,0	0	0,0	4,00	82.337,0
IX	5,00	147.538	7,00	261.108,0	2	171,5	14,00	408.817,5
X	5,00	463.849	3,00	85.055,0	1	2.308,0	9,00	551.212,0
XI	5,26 <sup>2</sup>	3.026.148	10,00	2.235.987,0	2	409,0	17,26	5.262.544,0
XII	4,74	4.312.408	3,00	2.346.189,0	2	122,0	9,74	6.658.719,0
Total	30,00	8.358.367	39,00	5.459.344,8	11	14.472,3	80,00	13.832.184,1

Nota: <sup>1</sup> El 27% de la superficie del Parque Nacional Pan de Azúcar se encuentra en la II Región de Antofagasta y el 73% en la III Región de Tarapacá.

<sup>2</sup> El 26% del Parque Nacional Bernardo O'Higgins se localiza en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y el 74% en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

<sup>3</sup> El 59% de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt está en la III Región de Tarapacá y el 41% en la IV Región de Coquimbo.

**Tabla 18.2**  
**Representación del SNASPE por Región Administrativa en Términos del Número de Unidades y de Superficie (ha)**

Región	Porcentaje del SNASPE	
	% de Unidades	% de Superficie
I	6,2	4,600
II	4,1	0,600
III	1,6	0,200
IV	4,3	0,100
V	7,5	0,300
R.M.	2,5	0,090
VI	2,5	0,300
VII	3,8	0,006

<sup>2</sup> CONAF. Varios documentos internos, Corporación Nacional Forestal.

Tabla 18.2 (continuación)		
Representación del SNASPE por Región Administrativa en Términos del Número de Unidades y de Superficie (ha)		
Región	Porcentaje del SNASPE	
	% de Unidades	% de Superficie
VIII	5,0	0,600
IX	17,5	3,000
X	11,3	4,000
XI	21,6	38,100
XII	12,1	48,100

### 3.2. Preservación Ecológica

Uno de los objetivos más importantes que se pretende lograr a través del SNASPE es proteger una muestra de los ambientes más representativos de la diversidad ecológica natural del país. Este objetivo está expresamente señalado en el concepto de parque nacional, constituyendo, por ende, una consideración fundamental al momento de decidir la creación de un área de este tipo.

Sin embargo, al evaluar el grado de cobertura ecológica del SNASPE también se consideran las reservas nacionales, ya que ellas incluyen igualmente ambientes ecológicos de gran interés.

En 1983 CONAF contrató con el Departamento de Silvicultura y Manejo de la Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Chile, un estudio sobre un Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena<sup>3</sup>. El estudio permitió contar con una clasificación del país en unidades ambientales basada en la vegetación, conociendo así en qué medida las áreas silvestres protegidas existentes en ese momento comprendían dentro de sus límites muestras de dichas unidades. El estudio dividió al país en ocho regiones ecológicas, 17 subregiones y 83 formaciones vegetales. Respecto de estas últimas, se comprobó que existía un alto déficit de cobertura ecológica, por cuanto no se encontraban muestras del 50% del número total de formaciones vegetales determinadas para todo el país.

Después de una década, dicho déficit se ha reducido significativamente, aunque todavía es alto. Actualmente existen 29 formaciones vegetales no representadas al interior del SNASPE<sup>4</sup>.

Resulta muy importante mencionar que si al interior del SNASPE existe una cierta extensión de una formación vegetal dada, no significa considerar que tal muestra sea representativa, es decir, que refleje adecuadamente las características del todo del que forma

<sup>3</sup> Gajardo, R. 1983. *Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa Chilena*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de Silvicultura y Manejo, Santiago. 315 pp.

<sup>4</sup> Benoit, I. 1991. *Cobertura Actual del Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado*. Corporación Nacional Forestal, Santiago. 32 pp.

parte. En la actualidad no existen antecedentes suficientes que permitan dar una opinión fundada al respecto. Sin embargo, si uno de los criterios para calificar la representatividad de una muestra presente en una área silvestre protegida fuera su superficie en relación al total, se registrarían grandes diferencias.

En tal sentido, cabe señalar que de las 54 formaciones vegetales que poseen muestras al interior del SNASPE, 17 de ellas (31%) representan una proporción que no supera el 1% de la superficie total de la formación respectiva.

### 3.3. Visitantes a las Áreas Silvestres Protegidas

La disminución progresiva de los espacios naturales y el aumento de la concentración poblacional en las ciudades explican, entre otros factores, la creciente necesidad de recreación de la comunidad en ambientes naturales. Sin duda, al interior de las áreas silvestres protegidas se localizan muchos de los paisajes más atractivos del país, lo que sumado a los factores anteriores ha tenido como consecuencia un sostenido aumento en el número de visitantes a las unidades del SNASPE. En efecto, los visitantes han aumentado de 588.000 personas en 1986 a 840.000 en 1993, lo que significa alrededor de un 5% de crecimiento promedio anual, mucho mayor que la tasa de crecimiento poblacional del país.

Si dicha tasa de crecimiento anual se mantuviese, en el año 2000 el número de visitantes alcanzaría a 1,3 millones, y si fuera sólo la mitad (3%), la cifra sería cercana a un millón de visitantes. Tal magnitud resulta positiva en muchos aspectos, entre ellos que una mayor proporción de la comunidad conozca y aprecie los valores y beneficios que aportan las áreas silvestres protegidas a la sociedad, pero también plantea serios desafíos en relación a la integridad de las áreas como a la seguridad de los visitantes. La Tabla 18.3 indica las 12 unidades más visitadas en 1993, considerando un total de 50 áreas.

Tabla 18.3 Unidades del SNASPE más Visitadas en 1993		
Nombre de la Unidad	Región	Número de Visitantes
1. Parque Nacional Vicente Pérez Rosales	X	148.967
2. Parque Nacional Puyehue	X	72.264
3. Monumento Nacional Cerro Ñielol	IX	64.825
4. Reserva Nacional Río Clarillo	R.M.	56.262
5. Reserva Nacional Peñuelas	V	53.324
6. Parque Nacional Villarrica	IX	40.430
7. Monumento Natural La Portada	II	31.703
8. Parque Nacional La Campana	V	28.649
9. Parque Nacional Torres del Paine	XII	28.176
10. Monumento Natural Cueva del Milodón	XII	23.293
11. Parque Nacional Laguna del Laja	VIII	21.868
12. Parque Nacional Conguillío	IX	16.175

Nota: El número de visitantes que concurrió a estas unidades representa el 70% del total de personas registradas para todo el SNASPE.

De los 840.000 visitantes de las áreas silvestres protegidas en 1993, alrededor del 12% eran extranjeros (110.000). Sin embargo, ellos tienen marcada preferencia por unas pocas unidades, ya que de dicho total el 63% concurre a los parques nacionales Vicente Pérez Rosales, Rapa Nui y Torres del Paine. En estos dos últimos los extranjeros superan incluso a los visitantes nacionales, representando cerca del 60% del total.

### **3.4. Interpretación Ambiental**

Otro de los objetivos importantes que se pretende lograr en las unidades del SNASPE es la educación ambiental, específicamente a través de lo que se denomina interpretación ambiental, entendiéndose por ella el "conjunto de técnicas educativas que traducen la información de elementos y procesos naturales y culturales, de manera comprensible y atractiva para generar una actitud positiva del hombre hacia su entorno".

El número de áreas silvestres protegidas que cuentan con medios interpretativos destinados a sus visitantes ha crecido paulatinamente, y en la actualidad son 24 las unidades que ofrecen este tipo de servicio en forma permanente. Los medios más habituales son las excursiones guiadas, charlas, folletos, senderos autoguiados y audiovisuales. Las 24 áreas silvestres protegidas que cuentan con medios interpretativos fueron visitadas por alrededor de 500.000 personas, 36% de las cuales participó en algún tipo de actividad interpretativa.

## **4. Necesidades de Mejoramiento del SNASPE en Aspectos Esenciales**

### **4.1. Legislación**

La base legal que permitió la conformación del actual conjunto de áreas silvestres protegidas está constituida por unas pocas disposiciones que contienen escasos aspectos normativos. Ellas son los artículos 10 y 11 del Derecho Supremo N° 531 de 1967 (que aprueba como Ley de la República la Convención para la Protección de la Flora, Fauna y Bellezas Escénicas Naturales de América, celebrada en Washington en 1941), y los artículos 15 y 21 del Decreto Ley N° 1.939 de 1977 (Ley General sobre Administración y Disposición de Bienes Fiscales).

La falta de una legislación armónica más completa y actualizada generó la necesidad de elaborar un texto legal con tales propósitos. Ello se inició en 1981, cristalizando todos los esfuerzos realizados en 1984 con la publicación en el Diario Oficial de la Ley N° 18.362, que estableció el SNASPE. Esta ley contiene diversas materias, incluyendo normativas respecto a la creación y modificación de deslindes, reclasificación de unidades, protección y supervigilancia, planes de manejo, concesiones y prohibiciones, sanciones y procedimientos.

Sin embargo, dicho cuerpo legal aún no rige, ya que ello se condicionó a la entrada en plena vigencia de la Ley N° 18.348 de 1984, que crea la Corporación Nacional Forestal y de Protección de Recursos Naturales Renovables. Esta ley no está vigente por cuanto en su artículo 15 se facultó al Presidente de la República para fijar, en un plazo de 180 días desde su publicación, la planta del personal de la nueva Corporación. Ello aún no ha ocurrido, impidiendo la entrada en vigencia de un cuerpo legal cuya aplicación permitirá mejorar significativamente la administración del SNASPE.

## 4.2. Planificación

La administración y manejo de las áreas silvestres protegidas está contemplada en documentos de planificación (Planes de Manejo), elaborados por CONAF, en los que se especifican las características esenciales del área, sus objetivos de manejo, zonas de uso, objetivos específicos, normas, actividades y requerimientos de los programas que se formulen. Normalmente ellos son los de protección, educación ambiental, recreación, investigación, obras y mantenimiento, apoyo administrativo y manejo de recursos naturales y culturales, dependiendo de la categoría de manejo de un área dada y de sus características.

En la actualidad, de un total 80 áreas silvestres protegidas sólo 13 (16%) cuentan con planes de manejo publicados, estando pendiente la edición de 20 planes, algunos desde hace varios años. La falta de personal profesional ha incidido significativamente en este problema. La realización de esfuerzos adicionales debiera permitir que en 1995 estén editados la mayoría de los planes pendientes.

## 4.3. Incorporación de Nuevas Áreas

Como se señaló anteriormente, en el SNASPE no existen muestras de 29 formaciones vegetales de un total de 83 definidas a nivel nacional. El propósito es incorporar muestras de todos los ambientes que representen la diversidad ecológica natural del país, lo que está expresamente señalado en los objetivos del SNASPE y en el concepto de parque nacional. Los ambientes que no se encuentran presentes en el SNASPE se indican en la Tabla 18.4.

Tabla 18.4 Unidades Ambientales de las que no Existen Muestras Protegidas en el SNASPE	
Región y Subregión Ecológica	Formación Vegetal
<b>Desértico</b>	
Desierto absoluto	- Desierto de los salares y pampas - Vegetación ruderal de hierbas y arbustos - Desierto interior de Taltal
Desierto andino	- Desierto de los aluviones - Desierto montano de la cordillera de Domeyko - Desierto con matorral estepario de El Salvador
Desierto costero	- Desierto costero de Huasco
Desierto florido	- Desierto florido de los llanos - Desierto florido de las serranías

**Tabla 18.4 (continuación)**  
**Unidades Ambientales de las que no Existen Muestras Protegidas**  
**en el SNASPE**

Región y Subregión Ecológica	Formación Vegetal
<b>Estepa altoandina</b>	
Altiplano y la puna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estepa arbustiva de la prepuna</li> <li>- Estepa desértica de los salares andinos</li> <li>- Desierto altoandino del Ojos del Salado</li> </ul>
Andes mediterráneos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estepa altoandina de la cordillera de Doña Ana</li> <li>- Matorral preandino de la cordillera de Coquimbo</li> <li>- Estepa altoandina de los Andes Maulinos</li> </ul>
<b>Matorral y bosque esclerófilo</b>	
Matorral estepario	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matorral estepario arborescente</li> </ul>
Matorral y bosque espinoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matorral espinoso de las serranías transversales</li> <li>- Bosque espinoso abierto</li> <li>- Matorral espinoso de la cordillera de la Costa</li> <li>- Matorral espinoso de lomajes costeros</li> <li>- Matorral espinoso de Cauquenes</li> </ul>
Bosque esclerófilo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosque esclerófilo de la montaña</li> <li>- Bosque esclerófilo del Maule</li> <li>- Bosque esclerófilo de los arenales</li> </ul>
<b>Bosque caducifolio</b>	
Bosque caducifolio montano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosque caducifolio de la montaña</li> <li>- Bosque caducifolio de la precordillera de Linares</li> </ul>
Bosque caducifolio del llano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosque caducifolio de la frontera</li> <li>- Bosque caducifolio interior</li> </ul>
<b>Bosque andino-patagónico</b>	
Cordillera patagónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosque patagónico con coníferas</li> </ul>

De las ocho regiones ecológicas definidas a nivel nacional, sólo existe cobertura ecológica completa para tres de ellas. Estas son las regiones de Bosques Laurifolios, Bosques Siempreverdes y Turberas y Matorrales y Estepas Patagónicas. Estas dos últimas se localizan fundamentalmente en las regiones australes (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena), en las que se concentra el 86% de la superficie total del SNASPE (ver Tabla 18.1).

Las 29 formaciones vegetales ausentes del SNASPE se localizan entre la I Región de Atacama y la X Región de Los Lagos, concentrándose en la III Región de Tarapacá, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins, VII Región del Maule y VIII Región del Biobío, pero no en forma exclusiva, ya que la mayoría de las formaciones se distribuye en varias regiones. Entre ellas, la III Región de Atacama posee la menor representación de formaciones vegetales, con sólo cuatro, pero de localización exclusiva (que no se encuentran en otras regiones). Estas son: Desierto con Matorrales Esteparios de El Salvador, Desierto

Florido de los Llanos, Desierto Altoandino de Ojos del Salado y Estepa Altoandina de la Cordillera de Doña Ana.

Se están localizando áreas fiscales de interés donde crear nuevas áreas silvestres protegidas que permitan reducir el déficit de cobertura ecológica. Se planea en los próximos cinco años establecer las siguientes áreas: El Tatío (II Región de Antofagasta, 160.000 hectáreas), Llullaillaco (II Región de Antofagasta, 170.000 ha), Llanos de Challe (III Región de Atacama, 45.000 ha), Laguna Santa Rosa y Laguna del Negro Francisco (III Región de Atacama, 62.000 ha), Yali (V Región de Valparaíso, 600 ha), Radal Siete Tazas (VII Región del Maule, 6.000 ha), Futaleufú (X Región de Los Lagos, 130.000 ha) y Trapananda (XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, 2.000 ha).

La creación de estas áreas silvestres protegidas permitiría incorporar muestras de ocho formaciones vegetales ausentes del SNASPE. Cabe señalar que gran parte de las formaciones que seguirían ausentes (21) se localizan en terrenos privados, lo que dificulta su incorporación.

#### 4.4. Protección y Vigilancia

En la actualidad, de las 80 áreas silvestres protegidas existentes se cuenta con personal permanente en 61 de ellas. Las 19 restantes carecen de personal, por ser de muy difícil acceso, siendo menos prioritario asignarles recursos humanos en comparación con áreas deficitarias en personal pero que reciben un alto número de visitantes. Sin embargo, estas 19 áreas (7 parques nacionales, 7 reservas nacionales y 5 monumentos naturales) comprenden 9,6 millones de ha, lo que representa el 70% de la superficie total del SNASPE.

Varias de estas áreas son visitadas ocasionalmente por personal de CONAF, pero obviamente esta modalidad, considerando que se trata de enormes extensiones, determina que la efectividad de la vigilancia sea baja. Al respecto, en varios casos se han comprobado acciones furtivas como corta de vegetación e introducción de ganado, e incluso ocupaciones ilegales.

En la actualidad se cuenta con 370 personas, entre guardaparques y personal de mantención, para la protección y vigilancia permanente de 61 de las 80 áreas del SNASPE. Esto representa un promedio de seis personas por área y 11.300 hectáreas por persona. También se cuenta con 60 personas para 13 áreas que no pertenecen al SNASPE, pero donde igualmente CONAF tiene personal permanente, ya sea porque las administra o porque en ellas se efectúan proyectos relativos a la flora o fauna silvestre. Entre ese conjunto cabe mencionar el único jardín botánico de Chile en la V Región de Valparaíso, áreas de protección turística (3), santuarios de la naturaleza (3) y futuras áreas silvestres protegidas (3), entre otras.

De acuerdo a los cálculos que se han realizado, el déficit actual para llegar a una dotación mínima, considerando las áreas con personal permanente (61), es de 107 personas. Si se toma en cuenta que actualmente existen 19 áreas sin protección permanente, se requerirían 76 personas destinadas a ellas. A ese déficit en recursos humanos debe sumarse la necesidad de medios apropiados para el adecuado desempeño de las funciones del personal. Sólo considerando la situación actual, se necesitarían bienes y equipos por un valor cercano

a los US\$ 12 millones en sistemas de radiocomunicación, motocicletas, caballares, viviendas, material de difusión, señalización y centros de información ambiental, entre otros medios.

#### **4.5. Ofrecimiento de Servicios**

El objetivo esencial de las unidades del SNASPE es la conservación, entendida como la utilización sostenida de recursos naturales sin menoscabo de sus potencialidades en el futuro. Entre los tipos de acciones de conservación en las áreas silvestres protegidas destaca la preservación, particularmente en los parques nacionales y monumentos naturales. Este propósito no debe verse afectado o amenazado por el uso público que se permite en las áreas silvestres protegidas, básicamente investigación, educación ambiental y recreación. En el caso de las reservas nacionales se agrega la restauración o manejo de recursos naturales con fines de fomento. De acuerdo al principio señalado, no son incompatibles la preservación y los medios que se requieren para que los visitantes puedan acceder y permanecer por un cierto tiempo en un área dada.

En general, el Estado ha aplicado una política definida con respecto a la administración de las áreas silvestres protegidas, privilegiando su protección y la realización de actividades que contribuyan a la educación ambiental de sus visitantes. En el ámbito de la recreación, las inversiones destinadas a ofrecer servicios de alojamiento y alimentación a los visitantes han sido la excepción, destacando el caso del Complejo Aguas Calientes, en el Parque Nacional Puyehue, construido con fondos estatales hace unos 15 años y que consta de 30 cabañas, una piscina termal techada y un restaurante. También existen algunas instalaciones en otras áreas, como los parques nacionales Torres del Paine, Vicente Pérez Rosales, Conguillío, Laguna del Laja, Villarrica y la Reserva Nacional Malalcahuello. En el resto de las áreas, la infraestructura turística es prácticamente inexistente o muy inadecuada en cantidad y calidad para los requerimientos actuales.

Respecto a lo anterior, debe considerarse que la mayoría de las áreas silvestres protegidas son de gran atractivo turístico, que el número actual de visitantes es alto y continuará creciendo a tasas significativas, y en ellas existen lugares donde es posible construir algunas instalaciones indispensables. Por lo tanto, resulta conveniente, tomando los resguardos ambientales necesarios, posibilitar el desarrollo de infraestructura turística a través de licitaciones para lograr la participación del sector privado en su construcción y operación. Ligado a ello deberá promoverse el ofrecimiento de diversos servicios vinculados a la recreación en ambientes naturales, como el canotaje, cabalgatas, ciclismo y excursiones, entre muchos otros.

#### **4.6. Personal de las Areas Silvestres Protegidas**

En la actualidad, laboran en las áreas silvestres protegidas un total de 430 personas entre guardas y personal de mantención (incluyendo 60 en las 13 áreas vinculadas indirectamente al SNASPE). Dicho personal, organizado según sus funciones, se distribuye en cargos que dependen de la complejidad de manejo del área. Ellos son: administrador, jefe de programa, guarda, guarda ayudante, administrativo y personal de mantención.

Uno de los problemas que ha afectado la permanencia del personal, especialmente de los guardas, es el nivel de remuneraciones y la falta de una carrera funcionaria. Esto ha

determinado que un cierto número de guardas deje su trabajo al cabo de algunos años por disconformidad con el salario o por no existir mecanismos definidos que indiquen claramente las posibilidades de ocupar otros cargos, acorde al cumplimiento de determinados requisitos. La solución a este problema contribuirá a otorgar mayor estabilidad al personal que se desempeña en las unidades, lo que permitirá reducir significativamente la tasa de migración, aprovechando de mejor manera la rica experiencia que adquieren los guardas en el ejercicio de sus funciones y la capacitación que se les entrega en diversas materias durante su desempeño laboral.

#### 4.7. Investigación Básica

Una de las funciones esenciales del SNASPE, referida al uso público, es la investigación sobre los recursos naturales existentes. En la actualidad ella es realizada principalmente por personas y organizaciones privadas, limitándose CONAF a reglamentar su ámbito de acción y a apoyar aquellas que son de interés para el manejo de las áreas.

Varias unidades del SNASPE han sido estudiadas en muchos aspectos por investigadores nacionales y extranjeros, destacando el caso de los parques nacionales Fray Jorge, Archipiélago de Juan Fernández y Torres del Paine. En el resto de las áreas no hay estudios o ellos son muy incompletos, en especial respecto de sus recursos bióticos, no contándose en muchos casos ni siquiera con el listado de especies presentes. Es de gran importancia mejorar significativamente esta información, no sólo desde el punto de vista científico sino para contar además con antecedentes que apoyen la planificación y el manejo de las áreas, como también para detectar cambios ambientales producto de la acción humana directa o indirecta, e incluso modificaciones naturales de tipo evolutivo en el largo plazo.

P A R T E V  
ESTADO DE  
LOS RECURSOS  
NATURALES  
Y EFECTOS  
DERIVADOS  
DE SUS USOS

393  
*Capítulo 19*

*Efectos Ambientales Derivados de la Actividad Minera en Chile*

*Judith Pagani S., Claudio Huepe M. y Ana María Ibacache B.,*

*Unidad Ambiental, Ministerio de Minería*

*Jaime Solari S.*

*Gerencia Ambiental, Gasoducto Trasandino S.A.*

**Previous Page Blank**

## **CAPITULO 19. EFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD MINERA EN CHILE**

**Autores:** Judith Pagani S., Claudio Huepe M. y Ana María Ibacache B., Unidad Ambiental, Ministerio de Minería.

Jaime Solari S., Gerencia Ambiental, Gasoducto Trasandino S.A.

### **1. Introducción**

Se ha dicho que escribir la historia de Chile es escribir la historia de su minería. Desde la Conquista, la actividad minera ha jugado un papel predominante en la formación política, económica y sociocultural de la sociedad chilena. En la actualidad, el país posee una porción significativa de las reservas mundiales de varios minerales metálicos y no metálicos como cobre, renio, selenio, litio, molibdeno y yodo, y es el primer productor de cobre de mina del mundo. La minería es esencial para Chile, pues representa la principal fuente de divisas, atrae importantes capitales extranjeros para inversiones en exploración y desarrollo de proyectos, y es el origen de ingresos para el Estado a través de los impuestos a los privados y de los tributos y utilidades de las empresas públicas. Más aún, la minería crea una fuerte demanda de bienes y servicios que conlleva un impacto en el desarrollo local y regional del país.

Entre 1989 y 1991 la minería representó entre un 50% y 60% del total de exportaciones chilenas, con un promedio anual ligeramente superior a los US\$ 4.650 millones<sup>1</sup>. Se han proyectado inversiones del orden de US\$ 8.400 millones para el período 1991-1994, de los cuales dos tercios corresponden a inversión externa.

Históricamente, las actividades mineras se han clasificado en tres categorías, de acuerdo a su volumen de actividad: pequeña, mediana y gran minería. Hasta 1991, fecha en que inicia sus operaciones la Compañía Minera Escondida, y desde la plena nacionalización del cobre, la compañía estatal Corporación del Cobre (CODELCO) fue la única clasificada dentro de la gran minería, es decir, con una producción anual superior a las 75 mil toneladas métricas de cobre en barras. La estructura histórica de la minería chilena condujo a una preeminencia muy clara del sector estatal dentro del área minera en las últimas décadas, particularmente en la producción cuprífera. Esta situación se verá alterada por el inicio de nuevos proyectos; de ese modo, el cobre extraído por compañías privadas, que hoy representa sólo 25% del total, representará en 1995 un 50% de la producción.

CODELCO cuenta con cuatro minas y tres fundiciones, siendo el mayor productor mundial de cobre con alrededor de 1,2 millones de ton/año. La Empresa Nacional de Minería (ENAMI) provee a la mediana y pequeña minería con sus cuatro plantas y dos fundiciones. La minería privada está representada por nombres como Shell, Exxon Minerals, Placer Dome, Phelps Dodge y Angloamerican, entre otros, y por muchos productores nacionales a nivel de la mediana y pequeña minería.

---

<sup>1</sup> SERNAGEOMIN. 1991. *Anuario de la Minería de Chile*. Servicio de Geología y Minería, Santiago.

## 2. Minería y Medio Ambiente en Chile

### 2.1. Principales Establecimientos y Proyectos Mineros

La minería se extiende a través de todo el territorio nacional, aunque los recursos extraídos varían de región en región. La gran minería del cobre se concentra fundamentalmente en la II Región de Antofagasta, donde se encuentran las minas Chuquicamata y La Escondida, aunque toda la zona norte y parte del centro del país contiene cobre en abundancia. De la zona norte se extraen además yodo y hierro entre otros minerales. En la zona sur del país se concentran las minas de carbón y los yacimientos de petróleo y gas. Las Tablas 19.1 a 19.6 registran los principales establecimientos y proyectos mineros en desarrollo, clasificados por región, de acuerdo a información de la Comisión Chilena del Cobre actualizada a 1992<sup>2</sup>.

Tabla 19.1 Principales Yacimientos Mineros de la I Región de Tarapacá en Operación o en Proyecto		
Yacimiento	Propietarios	Producción
Choquelimpie	Soc. Contractual Minera Villico	Oro, Plata
Salar de Surire	Química e Industrial del Boro	Acido Bórico
Piscis, Nebraska, Soronal	Soc. Química y Minera de Chile	Nitrato de Sodio y Potasio, Yodo
Cerro Colorado	Río Algom Internacional	Cobre
Gracia y Carmen-A	Cía. Minera Chilbras	Yodo
La Cascada	Soc. Minera Pudahuel C.P.A.	Cobre
Lagunas y Granja	Soc. Contractual Minera Lagunas	Yodo
Quebrada Blanca	Cominco/ENAMI/Pudahuel	Cobre
Collahuasi	Falconbridge/Shell/Chevron	Cobre
Salar Grande	Salinas de Punta de Lobos S.A.	Cloruro de Sodio

Tabla 19.2 Principales Yacimientos Mineros de la II Región de Antofagasta en Operación o en Proyecto		
Yacimiento	Propietarios	Producción
Tocopilla	Quím. y Met. Tocopilla S.A./Cía. Minería Tocopilla S.A.	Cobre
María Elena	Soc. Química y Minera de Chile	Salitre Sódico y Potásico; Yodo; Sulfato de Sodio
Pedro de Valdivia	Soc. Química y Minera de Chile	Salitre Sódico; Yodo; Sulfato de Sodio
Faride	Cía. Minera El Bronce	Oro
Carolina de Michilla	Cía. Min. Carolina de Michilla	Cobre
Lince	Cía. Min. C. de Michilla/Outokumpu/Chemical Bank	Cobre
Mantos Blancos	Emp. Min. Mantos Blancos S.A.	Cobre

<sup>2</sup> COCHILCO 1990. *Principales Establecimientos y Proyectos Mineros Chilenos*. Comisión Chilena del Cobre, Ediciones Especiales de Minería. Año 3/Nº 21.

**Tabla 19.2 (continuación)**  
**Principales Yacimientos Mineros de la II Región de Antofagasta en Operación o en Proyecto**

Yacimiento	Propietarios	Producción
Ivía-Zar	Rayrock Resources Ltda.	Cobre
El Way	Inacesa	Cemento
San Cristóbal	Inv. Min. del Inca S.A.	Oro
Escondida	BHP-Utah Escondida Inc./RTZ Escondida Ltd./Japan Escondida Corp./IMF.	Cobre
El Inca	CODELCO-Chile	Plata
El Abra	CODELCO-Chile	Cobre
Chuquicamata	CODELCO-Chile	Cobre
Caracoles	Cía. Minera Flomax	Plata
Salar de Atacama	Cía. Minera Salar de Atacama Ltda.	Cloruro de Potasio; Sulfato de Potasio; Acido Bórico; Carbonato de Litio; Hidróxido de Litio
Salar de Atacama	Foote Minerals Co.	Carbonato de Litio
Guanaco	Soc. Cont. Min. Guanaco	Oro
Altamira	CODELCO-Chile	Cobre
Zaldívar	Outokumpu Resources Inc.	Cobre
Las Luces	Shell, Citibank	Cobre
Volanda	Minera Atacama Ltda.	Nitrato de Potasio

**Tabla 19.3**  
**Principales Yacimientos Mineros de la III Región de Atacama en Operación o en Proyecto**

Yacimiento	Propietarios	Producción
El Salvador	CODELCO-Chile	Cobre
Potrerrillos	CODELCO-Chile	Cobre
El Hueso	CODELCO-Chile	Oro
Cancán	Chevron Min. Corp. of Chile	Oro
La Coipa	Cía. Minera Mantos de Oro	Oro; Plata
Marte	Cía. Minera Tres Cruces	Oro
La Pepa	Cía. Minera Horus	Oro
Socavon Rampa y Otros	Soc. Min. Punta del Cobre	Cobre
La Candelaria	Cía. Min. Ojos del Salado	Cobre
El Algarrobo	Cía. Min. del Pacífico S.A.	Hierro
Nevada	Cía. Minera San José	Oro

**Tabla 19.4**  
**Principales Yacimientos Mineros de la IV Región de Coquimbo en Operación o en Proyecto**

Yacimiento	Propietarios	Producción
Romerál	Cía. Minera del Pacífico S.A.	Mineral de Hierro
Sancarrón	Cía. Min. San José/Antar Chile	Oro
El Indio	Cía. Minera El Indio	Oro; Plata; Cobre
Tambo	Cía. Minera El Indio	Oro
Vacas Heladas	Cía. Min. San José	Oro
Corral Quemado y Los Loros	Manganesos Atacama S.A.	Min. de Manganeso
Andacollo	Dayton Developments Corp.	Oro
Andacollo	ENAMI	Cobre
Los Pelambres	Anaconda Chile S.A. Midland Bank	Cobre

**Tabla 19.5**  
**Principales Yacimientos Mineros en Operación de la V Región de Valparaíso, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Región Metropolitana de Santiago**

Yacimiento	Propietarios	Producción
El Bronce	Cía. Minera El Bronce	Oro
El Soldado	Cía. Minera Disputada de Las Condes S.A.	Cobre
Navío	Cemento Melón	Cemento
Cerro Blanco	Cemento Polpaico S.A.	Cemento
Andina	CODELCO-Chile	Cobre
Los Bronces	Cía. Minera Disputada de Las Condes S.A.	Cobre
Lo Aguirre	Soc. Minera Pudahuel/C.P.A.	Cobre
El Teniente	CODELCO-Chile	Cobre

**Tabla 19.6**  
**Principales Yacimientos Mineros en Operación o en Proyecto de la VII Región del Maule y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena**

Yacimiento	Propietarios	Producción
Lota y otros	ENACAR	Carbón
Schwager	Carbonifera Schwager	Carbón
El Toqui	Lac Minerals	Concentrado de Cinc
Guarello	Cía. Min. del Pacífico S.A.	Carbonato de Calcio
Pecket	Cía. de Carbones de Chile	Carbón
Varios en Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego	ENAP	Petróleo
Laguna Verde	Freeport Chilean Exploration Co.	Gas
		Oro; Plata

Las Tablas 19.7 y 19.8 detallan las cantidades de los diversos recursos mineros a través del país. Los proyectos más importantes en la actualidad, en cuanto a inversión y producción, se concentran en la zona norte. Entre ellos se cuentan las minas La Candelaria, Andacollo, Collahuasi, Cancán y Radomiro Tomic, junto a proyectos de expansión y mejoramiento de faenas en La Escondida, El Salvador, Punta de Cobre y Disputada de Las Condes.

Producto	Extracción (ton)
Apatita	13.986
Arcillas	18.563
Azufre fino	28.528
Baritina	3.038
Bentonita	1.207
Caolín	32.416
Carbonato de calcio	3.775.923
Carbonato de litio	9.082
Cimita	2.969
Cloruro de sodio	1.834.971
Cuarzo	541.714
Diatomita	3.877
Feldespatos	2.980
Guano	1.452
Salitre	-
Mármol	1.347
Oxido de hierro	15.557
Puzolana	305.147
Sulfato de sodio	13.497
Talco	898
Ulexita	131.753
Yeso	253.744
Yodo	1.029
<b>Total</b>	<b>6.993.678</b>
<b>Fuente:</b> SERNAGEOMIN. 1990. <i>Anuario de la Minería de Chile</i> . Servicio de Geología y Minería, Santiago.	

**Tabla 19.8**  
**Extracción Metálica en Chile**

Región	Cobre <sup>1</sup>	Mo <sup>1</sup>	Oro <sup>2</sup>	Plata <sup>2</sup>	Plomo <sup>1</sup>	Cinc <sup>1</sup>	Hierro <sup>2</sup>	Mn <sup>2</sup>
I	18.269	-	3.099,9	26.785,9	-	-	-	-
II	821.615	9.332	1.601,5	261.864,5	-	-	-	-
III	154.966	573	8.534,5	198.418,7	-	-	4.679.613	-
IV	44.673	-	10.352,7	55.390,5	-	-	3.568.295	39.697
V	219.618	1.292	2.267,6	66.862,3	933	1.642	-	-
R.M.	58.505	-	1.034,4	10.099,1	-	-	-	-
VI	298.577	2.633	435,5	32.999,8	-	-	-	-
VII	7	-	156,1	3,8	-	-	-	-
VIII	-	-	17,8	-	-	-	-	-
IX	1	-	0,6	2,7	-	-	-	-
XI	30	-	-	2.175,5	187	23.414	-	-
XII	-	-	3,4	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1.616.261</b>	<b>13.830</b>	<b>27.504,0</b>	<b>654.602,8</b>	<b>1.120</b>	<b>25.056</b>	<b>8.247.908</b>	<b>39.697</b>
Nota: <sup>1</sup> ton métricas de fino <sup>2</sup> kg de fino								
Fuente: SERNAGEOMIN. 1990. <i>Anuario de la Minería de Chile</i> . Servicio de Geología y Minería, Santiago.								

## 2.2. Principales Problemas Ambientales

Los procesos mineros y metalúrgicos, en todas su fase, impactan tanto al ambiente natural como al entorno socioeconómico y cultural. Desde la exploración hasta el abandono de la faena, e incluso posteriormente, se producen alteraciones en el entorno. Históricamente, los problemas ambientales de mayor repercusión derivados de la actividad minera son: contaminación de suelos por material particulado, metales disueltos y la presencia de sales en efluentes líquidos; contaminación del aire por emisión de gases y partículas respirables imbuídas de metales pesados; contaminación y destrucción de recursos naturales renovables que absorben contaminantes del aire, aguas y suelo; contaminación de aguas superficiales, marinas y subterráneas por emisión de efluentes líquidos que contienen material particulado, metales disueltos, ácidos y sales; destrucción de paisajes, suelos y áreas silvestres por faenas mineras a tajo abierto; fenómenos de subsidencia de suelos debido a faenas mineras subterráneas, y contaminación directa de personas, tanto en el entorno comunitario como en el laboral, considerando además que todo lo anterior incide de una u otra forma en el ser humano.

A estos problemas se debe sumar el alto costo de la descontaminación de esos recursos, con el consiguiente trastorno económico. Más aún, la actividad minera genera impactos de tipo económico (directos e indirectos), efectos sobre la herencia sociocultural y estilos de vida de la comunidad, demanda de recursos humanos e infraestructura física y consumo de recursos naturales necesarios para la operación de las faenas mineras. Las Tablas 19.9 a 19.12 detallan los posibles efectos sobre diversos componentes ambientales, tanto en la etapa de prospección y exploración como durante las faenas.

**Tabla 19.9**  
**Riesgos Ambientales Durante Reconocimiento Geológico, Prospección y Exploración**

Actividades	Efectos o Posibles Daños	Causa
- Acceso a la región de trabajo	- Paisaje	- Agotamiento de áreas
- Levantamiento de mapas topográficos y geológicos	- Flora y fauna - Humanos	- Infraestructura - Ruido
- Campamentos e instalaciones auxiliares	- Aguas superficiales - Aguas freáticas	- Desechos gaseosos - Desechos líquidos
- Geofísica	- Suelo	- Polvo
- Investigaciones hidrogeológicas	- Aire - Clima	- Sedimentaciones - Radiación
- Explotaciones de sondeo	- Bienes tangibles - Herencia cultural	- Hundimiento
- Toma de muestras		
- Ensayos de laboratorio		

Fuente: Solari, J.A. 1991. *Gestión Ambiental en la Minería*. Comisión de Perfeccionamiento Profesional del Instituto de Ingenieros de Minas (apuntes para curso dictado en diciembre 1991 y julio de 1992).

**Tabla 19.10**  
**Riesgos Ambientales en la Minería Subterránea**

Area Ambiental	Causas	Consecuencias
Recursos	Incendios subterráneos; explotación irracional	Pérdidas en la explotación; otras pérdidas
Yacimiento rocoso	Apertura de la estructura subterránea	Hundimiento; destrucción de parte del yacimiento afectado
Aguas freáticas	Efecto en las estructuras de la roca de caja; apertura de la estructura subterránea; manejo de aguas; infiltraciones de aguas residuales desde arriba	Perturbación de las corrientes; cambio de la calidad
Ruido	Motores; perforaciones; voladuras	Mayor carga de ruido
Polvo	Perforaciones; voladuras; trituraciones; cargamento	Mayor carga de polvo
Aire (cielo abierto)	Contaminación por surgimiento desde el área subterránea; polvo levantado de botaderos; gases de escape por uso de energía	Contaminación por emisiones subterráneas; contaminación por emisiones a cielo abierto
Agua (cielo abierto)	Bombeo de aguas subterráneas; erosión de botaderos; almacenamiento y transporte inapropiado de insumos; consumo para fines operativos	Suciedad; consumo

**Tabla 19.10 (continuación)**  
**Riesgos Ambientales en la Minería Subterránea**

Area Ambiental	Causas	Consecuencias
Superficie terrestre	Voladuras; movimientos de partes montañosas; asentamientos; instalación de infraestructura, formación de botaderos; edificios; tala de bosques para enmaderar; asentamientos humanos secundarios	Vibraciones; hundimientos; desgaste de la superficie; cambio de paisaje

Fuente: Solari, J.A. 1991. *Gestión Ambiental en la Minería*. Comisión de Perfeccionamiento Profesional del Instituto de Ingenieros de Minas (apuntes para curso dictado en diciembre 1991 y julio de 1992).

**Tabla 19.11**  
**Riesgos Ambientales por Explotación a Cielo Abierto**

Area Ambiental	Beneficio en Seco	Beneficio en Húmedo	Explotación en Escudo Continental	Minería Marina Profunda
Superficie terrestre	Devastación regional; alteraciones morfológicas; derrumbes en pie de montes; destrucción de bienes culturales	Devastación regional; alteraciones morfológicas y del curso de los ríos; formación de grandes lotes de residuos	Alteración morfológica del fondo del mar; erosión costera	
Aire	Ruido; vibraciones por voladura; nubes de polvo causadas por tráfico; voladuras y erosión eólica; desechos gaseosos; nubes de voladuras; gases tóxicos vibraciones	Ruido de motores; explotación; beneficio y transporte; desfoques	Ruido; desfoques	Ruido; desfoques
Aguas superficiales	Alteraciones del equilibrio alimenticio; contaminación por aguas negras; contaminación debido a incrementos de erosión	Denitrificación; exceso de aguas negras con cieno; contaminación y carga excesiva por aguas contaminadas	Turbidez; gasto de oxígeno; exceso de aguas negras	Turbidez; gasto de oxígeno; exceso de aguas negras
Aguas freáticas	Baja del nivel freático y del nivel de su calidad	Alteraciones del equilibrio freático; alteraciones de la calidad de aguas freáticas		
Flora	Destrucción en área de explotación; destrucción parcial y alteración de la flora por cambios del nivel freático	Destrucción en el área de explotación		

**Tabla 19.11 (continuación)**  
**Riesgos Ambientales por Explotación a Cielo Abierto**

Area Ambiental	Beneficio en Seco	Beneficio en Húmedo	Explotación en Escudo Continental	Minería Marina Profunda
Suelo	Pérdida de suelo en el área de explotación; baja de rendimiento; trampas secas; hundimientos; empantanamiento después de resurgir el nivel freático; erosión del suelo	Pérdida del suelo en el área de explotación	Alteraciones del piso marino; desmejoras del nivel de nutrientes del suelo	Desmejoras del nivel de nutrientes del suelo
Fauna	Desplazamiento de la fauna	Desplazamiento de la fauna	Destrucción de organismos estacionarios marinos	Destrucción de organismos estacionarios marinos
Humanos	Conflictos de usufructo de tierras; desarrollo de asentamientos inducidos; destrucción de áreas de recreación	Conflictos de usufructo de tierras en períodos de bonanzas; desarrollo de asentamientos inducidos	Desmejora la pesca	Desmejora la pesca
Edificaciones	Daños por anegación después de resurgir el nivel freático			

Fuente: Solari J.A. 1991. *Gestión Ambiental en la Minería*. Comisión de Perfeccionamiento Profesional del Instituto de Ingenieros de Minas (apuntes para curso dictado en diciembre 1991 y julio de 1992).

**Tabla 19.12**  
**Riesgo Ambiental por Beneficio de Mineral**

Area Ambiental	Causas	Consecuencias
Superficie y suelos	Instalación de infraestructura; formación de botaderos y almacenamiento de escorias; almacenamiento temporal de productos medianos y concentrados; lagunas de decantación; concentración de suspensiones y lodos	Desgaste de la superficie; sellamiento del suelo
Entorno en general	Trituración y molienda; conversión de energía; transporte; trituración; cargas y descargas; rotura de diques de contención de lagunas de fango	Ruido; vibraciones; sedimentación de polvo; producción de fango
Aire	Polvo generado por la trituración; clasificación y separación seca; carga y descarga; amontonamiento de escoria; emanaciones de lagunas e instalaciones de beneficio; incendios de botaderos, coquización, calcinación	Partículas sólidas en suspensión; gases y vapores; gases de escapes, de combustión lenta y abierta

**Tabla 19.12 (continuación)**  
**Riesgo Ambiental por Beneficio de Mineral**

Area Ambiental	Causas	Consecuencias
Aguas superficiales	"Siltación" o contaminación con lodos de la separación y clasificación de minerales; erosión de botaderos; uso, almacenamiento y transporte inadecuado de insumos (combustibles, lubricantes, carburantes, reactivos); toma de agua para procesos	Contaminantes sólidos, contaminantes líquidos; elevación de temperatura
Aguas freáticas	Infiltración de botaderos y de lagunas de colas; aguas servidas contaminadas	Contaminantes líquidos
Flora	Instalación de infraestructura; contaminación de aire y agua	Destrucción
Fauna	Molestias por ruido; contaminación de aire y agua, especialmente para peces por "siltación"; reactivos	Molestias; desplazamientos
Humanos	Intoxicación por mercurio; contaminación de la pesca	Salud; conflicto social del usufructo
Fuente: Solari, J.A. 1991. <i>Gestión Ambiental en la Minería</i> . Comisión de Perfeccionamiento Profesional del Instituto de Ingenieros de Minas (apuntes para curso dictado en diciembre 1991 y julio de 1992).		

Los problemas ambientales primordiales derivados de la actividad minera de Chile, diagnosticados y jerarquizados por la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería, son: a) contaminación del aire por emisión de gases y partículas desde establecimientos mineros, metalúrgicos y generadores de energía; b) contaminación de aguas marinas por emisión de efluentes líquidos conteniendo material particulado, metales disueltos y ácido; c) situaciones de riesgo derivados de tranques y depósitos de relaves abandonados, y d) carencia de gestión ambiental en la minería pequeña y artesanal.

### 2.3. Monitoreo del Impacto Ambiental de la Minería

La evolución del impacto ambiental producido por la industria minera en Chile exige un extenso sistema de seguimiento y evaluación de las emisiones y del estado de los posibles sectores afectados. Para ello se cuenta con redes de monitoreo de calidad del aire, aguas y suelos.

El monitoreo de la calidad del aire incluye un registro y análisis de variables meteorológicas, y también de contaminantes importantes como: anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), arsénico (As), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), ozono (O<sub>3</sub>), partículas totales en suspensión (PTS) y partículas respirables (PM<sub>10</sub>). Esto se realiza en las fundiciones de Chuquicamata (SO<sub>2</sub>, PTS, PM<sub>10</sub>, As) y en Ventanas, Chagres, Potrerillos, Caletones y Paipote (SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>). Adicionalmente, en la Región Metropolitana de Santiago se monitorea la presencia de CO, HC, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y O<sub>3</sub>.

Las compañías mineras El Teniente, El Indio, Escondida, Refimet, Vilacollo y Disputada de Las Condes realizan un seguimiento de la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y marinas afectadas por descargas de efluentes líquidos o por la disposición de

residuos tóxicos. Por su parte, la Dirección General de Aguas registra la calidad de las aguas en las hoyas hidrográficas, mientras que en el medio marino la responsabilidad recae sobre la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de la Armada de Chile.

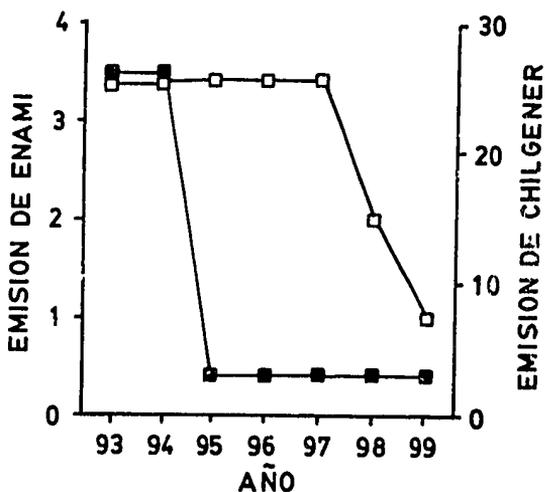
Respecto a la calidad de los suelos, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias realiza campañas de monitoreo en diversas áreas. En Huasco y Potrerillos existe un registro específico para el material particulado sedimentable. Junto a esto se realizan campañas de seguimiento en ambientes laborales de fundiciones que tratan materiales arseniacales y en las comunidades cercanas. Adicionalmente, el Servicio Nacional de Geología y Minería monitorea los riesgos ambientales generados por los tranques de relaves abandonados, y la Corporación Nacional Forestal (CONAF) se encarga de monitorear riesgos en ambientes como salares o parques nacionales.

### 3. Contaminación Atmosférica

#### 3.1. Calidad del Aire

El problema de mayor relevancia en este ámbito es el azufre, seguido por las emisiones de material particulado. Las fuentes fijas ubicadas en el norte y centro del país son responsables del 99,3% de las emisiones de azufre (ver Figura 19.1). La cantidad total de azufre emitido por fuentes fijas en Chile fue ligeramente superior a 960 mil ton en 1989, de las cuales 91% fue responsabilidad de las fundiciones de cobre, mientras las plantas de tostación aportaron el 2,4%, las termoeléctricas el 5,2%, y las refinерías de petróleo y semejantes el 1,4% (ver Tabla 19.13).

**Figura 19.1**  
**Plan de Descontaminación para Material Particulado en la Zona de Ventanas (emisión en miles de ton/año).**



Fuente Emisora	Azufre Emitido (miles de ton/año)
Fundiciones de cobre	874,4
Plantas de tostación	22,9
Plantas termoeléctricas	49,7
Plantas de cemento	3,8
Plantas de pellets y acero	3,6
Total	954,4

En 1989 las emisiones de anhídrido sulfuroso en Chile alcanzaron 1.900.000 ton<sup>3</sup>, ocupando el décimo lugar en el mundo. Según *World Resources Institute*<sup>4</sup>, ese año Estados Unidos fue el mayor productor de dióxido de azufre en el mundo (20 millones de ton), seguido por China (12 millones de ton), mientras Francia y Japón se ubicaban después de nuestro país.

No hay información nacional sobre el material particulado, aunque se sabe que la mayoría de las industrias no tienen equipos para capturarlo, y que las fundiciones de cobre y plantas de tostación obtienen ventajas económicas recuperando y reciclando las partículas. La calidad de la atmósfera en las zonas de las principales fundiciones se indica en la Tabla 19.14.

Fundición	Captura de Azufre (%)	Producción de Acido Sulfúrico (ton/año)	Calidad de la Atmósfera
Chuquicamata	32,0	424.836	Saturada por SO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub>
Caletones	5,7	25.608	Saturada por SO <sub>2</sub>
Potrerrillos	2,8	0	Saturada por SO <sub>2</sub>
Ventanas	54,0	70.531	Saturada por SO <sub>2</sub>
Paipote	31,7	47.300	Saturada por SO <sub>2</sub>
Chagres	74,9	63.152	Latente PM <sub>10</sub> y SO <sub>2</sub>

Fuente: Solari, J.A. y G. Lagos. 1991. *Strategy for the Reduction of Pollutant Emissions from Chilean Copper Smelter*. Proc. Copper 91, Canadian Institute of Metallurgy, Canadá.

<sup>3</sup> Solari, J.A. y G. Lagos. 1991. *Strategy for the Reduction of Pollutant Emissions from Chilean Copper Smelter*. Proc. Copper 91, Canadian Institute of Metallurgy, Canadá.

<sup>4</sup> World Resources Institute. 1989. *World Resources 1988-1989*. Basic Books, New York.

### 3.2. Situación Actual y Proyecciones de la Contaminación Atmosférica en Zonas Cercanas a Fundiciones

Chagres, que depende de la fundición de la Compañía Minera Disputada de Las Condes, instalará un horno *Flash*, con el cual podrá triplicar su producción y aumentar la captura de azufre a un 94% por sobre el 75% actual, cifra que ya es la más alta de Chile. Esto se logrará conduciendo todos los gases del convertidor a una planta de ácido sulfúrico. Esta innovación es importante, pues la compañía debió permanecer cerrada durante tres semanas en 1990 para cumplir con la norma anual para dióxido de azufre (80mg/Nm<sup>3</sup>).

La planta de ácido sulfúrico de Paipote, dependiente de ENAMI, capta el 30% de SO<sub>2</sub> proveniente de los convertidores *Hoboken*. En 1990 la norma diaria de calidad del aire para material particulado total no fue excedida, pero la norma para partículas respirables fue sobrepasada en cuatro oportunidades. Actualmente está en ejecución el proyecto de ampliación de la capacidad de fusión con convertidor modificado Teniente y de su planta de ácido.

En Potrerillos, perteneciente a CODELCO, los estudios de monitoreo del aire indican que las emisiones de la planta exceden las máximas concentraciones diarias y anuales permitidas.

La fundición y refinería Ventanas, propiedad de ENAMI, situada al lado de la Planta Termoeléctrica CHILGENER S.A., emite 95% del SO<sub>2</sub> total y 11% del material particulado que afecta a la zona circundante. La primera planta de ácido sulfúrico entró en operación a fines de 1990 y capta el 30% del SO<sub>2</sub> del convertidor Teniente; sin embargo, el total de las emisiones se mantiene prácticamente al mismo nivel.

El actual plan de descontaminación establece límites a las emisiones de azufre y material particulado a las industrias de ENAMI y CHILGENER en la zona de Ventanas (ver Figura 19.1). Este plan tiene por objeto lograr el cumplimiento de las normas de calidad del aire vigentes en el área y contempla un límite para la fundición y refinería de ENAMI de 62.000 ton/año entre 1993 y 1997 inclusive, y de 48 mil para 1998. La planta termoeléctrica tendrá un límite de emisión de 1,13 kg de SO<sub>2</sub> por millón de BTU (*British Thermal Units*) desde 1993. A partir del 1° de julio de 1999, ambas deberán regular sus emisiones para cumplir con las normas de calidad del aire, y la fundición de ENAMI deberá limitar el contenido de arsénico en el material que procesa.

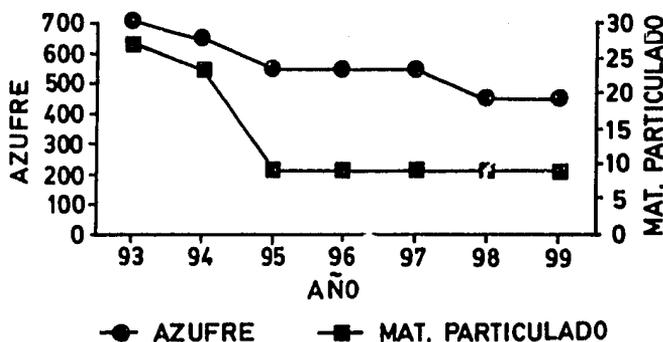
Con la participación de ENAMI, CONAF, Ministerio de Minería, Municipalidad y los agricultores del Valle de Puchuncaví, se está desarrollando un plan de reforestación para revertir el daño causado a los cultivos y la crianza de ganado. Al mismo tiempo, el Ministro de Minería, con apoyo de la *Overseas Development Administration* del Reino Unido, desarrolla el Proyecto Ambiental Ventanas, cuyos objetivos son evaluar el impacto ambiental producido en la Comuna de Puchuncaví y promover a la vez su desarrollo local.

En Caletones, División El Teniente, de CODELCO, la planta de ácido produce 75 ton/día, capturando una fracción de los gases del convertidor. Se estima que las áreas cercanas están saturadas por SO<sub>2</sub>.

Respecto a Chuquicamata (CODELCO), el aire se encuentra saturado por  $\text{SO}_2$  y material particulado. La captura actual de  $\text{SO}_2$  es cercana al 50% y la de óxidos de arsénico cercana al 75%. Chuquicamata cuenta con tres plantas de ácido sulfúrico que captan las emisiones de  $\text{SO}_2$  del horno *Flash*, del convertidor Teniente, y del horno de Rebervero N°4.

El plan de descontaminación elaborado para Chuquicamata contempla una disminución gradual en las emisiones de azufre entre 1993 y 1999, lo que implica reducir el promedio diario desde cerca de 700 ton a menos de 450, incrementando el porcentaje de captura de 50% a 76%. En cuanto al material particulado, el plan propone una reducción desde más de 25 ton/día en promedio al año a menos de 10 en el mismo período. Ante la ausencia de una norma de calidad del aire en referencia al arsénico, la empresa se ha comprometido a una reducción paulatina en las emisiones mientras se definen la normativa y los plazos concretos (ver Figura 19.2).

**Figura 19.2**  
Plan de Descontaminación de Chuquicamata para  
Azufre y Material Particulado (promedio anual en ton)



En la planta de pellets de Huasco, propiedad de la Compañía Minera del Pacífico, las emisiones de hierro se rigen por el Decreto Supremo N° 4, exento, del Ministerio de Agricultura, que establece una norma de calidad del aire para material particulado sedimentable y el hierro contenido en éste.

#### 4. Contaminación Hídrica

##### 4.1. Calidad de Agua en Hoyas Hidrográficas

Las técnicas empleadas en faenas mineras pueden producir alteraciones en cursos de agua superficial y subterránea de acuerdo a la manera en que se descarguen los efluentes líquidos<sup>1</sup>. Un estudio de calidad del agua en las hoyas hidrográficas de la III Región de

<sup>1</sup> Solari, J.A. 1991. *Gestión Ambiental en la Minería*. Comisión de Perfeccionamiento Profesional del Instituto de Ingenieros de Minas (apuntes para curso dictado en diciembre 1991 y julio de 1992).

Atacama, IV Región de Coquimbo, V Región de Valparaíso, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Región Metropolitana de Santiago, determinó que un gran número de cursos de agua no son aptos para riego agrícola de acuerdo a las normas existentes<sup>4</sup>.

El problema de las aguas subterráneas no está en absoluto evaluado, y podría tener un gran impacto cuando su explotación sea la base más importante del manejo hídrico de los sectores agrícolas y urbanos, como ya ha ocurrido en países desarrollados.

#### **4.2. Disposición Actual de Efluentes**

La contaminación de aguas por la actividad minera se relaciona al modo de manejo de los efluentes en los distintos procesos y las condiciones naturales de los sitios de operación. A continuación se entregan algunos ejemplos para la minería del cobre.

En Chuquicamata los relaves se depositan en el Salar de Talabre. Una parte del proceso se recupera en espesadores, reciclando el circuito molienda-flotación, y el resto se emplea en la conducción de los relaves hasta el tranque, donde son tratados en plantas recuperadoras de cobre y molibdeno. No existe contaminación, pues no hay descarga a una hoya hidrográfica, y parte del agua se reutiliza, pero el resto se evapora en el tranque.

En 1990 la División Salvador, de CODELCO, puso en marcha un tranque de relaves, Pampa Austral, interrumpiendo por completo la evacuación de sus relaves al mar. Durante más de treinta años se depositaron los relaves en la Bahía de Chañaral, provocando embancamiento de arenas con metales pesados. El resultado fue la destrucción de la bentónica e intermareal de rocas y de fondo, y la acumulación de cobre en algunas especies marinas. Sin embargo, la vida pelágica no fue afectada mayormente y las actividades pesqueras no se detuvieron en la bahía. La División Salvador, respondiendo a un fallo judicial, implementó un tranque de relaves y determinó instalar una planta de tratamiento al llegar al tranque. Las aguas obtenidas están prácticamente exentas de metales pesados (exceptuando molibdeno), y actualmente son descargadas al Río Salado a la altura de Diego de Almagro.

Hasta 1990 la Planta Osvaldo Martínez, de ENAMI, ubicada aguas abajo de Diego de Almagro, descargaba sus relaves de flotación al Río Salado. Ese año se puso en marcha un tranque de relaves para sulfuros, solucionando la descarga al río; sin embargo, la solución definitiva para sus efluentes ácidos aún no se encuentra.

En la División Andina, de CODELCO, los relaves del concentrador se conducen al Embalse Los Leones, y las aguas claras se envían al Río Aconcagua, donde se diluyen en el amplio caudal. No existen problemas de contaminación al respecto, registrándose episodios ocasionales de escape de relaves al río, en cuyo caso se avisa oportunamente a los agricultores de la zona para que suspendan temporalmente el regadío.

La División El Teniente, de CODELCO, ha usado sucesivamente los tranques Barahona, Cauquenes, Colihues, y desde 1987 el nuevo Tranque Carén para deshacerse de

---

<sup>4</sup> Dames and Moore Chile Ltda. 1991. *Calidad de Agua en Hoyas Hidrográficas de la III, IV, V, VI Regiones y Región Metropolitana*. Informe preparado para la División El Teniente, Codelco-Chile.

sus residuos líquidos. Los relaves son conducidos a Carén a través de un trazado de 70 kms, mediante un canal de concreto y túneles con camino interior. A pesar de que las aguas no cumplen totalmente las especificaciones para agua de riego, la Dirección General de Aguas ha autorizado su vaciamiento en forma transitoria. La división puso en operación una estación agropecuaria experimental, abastecida por las aguas claras de los relaves, en la que se practican distintos cultivos (alfalfa, trigo, maíz, fréjol, vid de mesa y espárragos) y crianza de ganado (vacuno, bovino y ovino), realizando todo tipo de análisis para determinar eventuales efectos provenientes de su ingestión, los que no han sido detectados aún.

## 5. Situación Ambiental de los Suelos

La emisión de residuos, sólidos, líquidos y gaseosos de los procesos mineros y metalúrgicos puede contaminar los suelos y destruir paisajes y vida silvestre. En Chile se cuenta con poca información en este ámbito, pero pese a la ausencia de información objetiva, algunos sectores han manifestado su rechazo a ciertas actividades mineras por su percepción de la contaminación de los suelos. En Huasco el daño que habrían producido las emisiones de la Planta de Pellets de Hierro sobre el cultivo de olivos fue llevado a la justicia, con un fallo favorable para los agricultores. En la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins hay denuncias respecto a la presencia de metales tóxicos en los suelos y en las aguas. En la Región Metropolitana de Santiago hay denuncias de deterioro de suelos agrícolas en sectores aledaños a la Planta de Molybdenum.

Es claro que el tema está comenzando a generar importantes polémicas, por lo que se vuelve necesario contar con más información científica para evaluar correctamente la situación.

## 6. Situación Ambiental de los Tranques de Relaves

En Chile la ocurrencia de terremotos ha causado fallas en algunos tranques de relaves, impactando tristemente a la comunidad. Tal fue el caso del terremoto del 28 de marzo de 1965, con epicentro en La Ligua-Petorca, que produjo la falla por licuación de varios tranques de relaves de la Planta El Cobre. La actividad sísmica en Chile es continua e importante debido a las áreas tensionadas en la zona de contacto entre la Placa del Pacífico y la Placa Sudamericana. Existe además actividad sísmica de origen volcánico, e incluso producida por acciones propias del hombre, tales como tronaduras, llenado de grandes embalses de agua o apilamiento de materiales pétreos en gran altura.

La política del Ministerio de Minería en relación a los depósitos de residuos mineros, es evitar que el tranque, en operación o abandonado, colapse ante movimientos sísmicos en la zona de su emplazamiento. En este contexto, el Servicio Nacional de Geología y Minería, encargado de fiscalizar los tranques, contrató un levantamiento catastral entre la II Región de Antofagasta y VII Región del Maule<sup>1</sup>. Los resultados del estudio especifican los diversos tipos de depósito de material residual de la minería (ver Tabla 19.15). En términos generales

---

<sup>1</sup> Ingeniería Geotecnia Ltda. 1989 y 1990. *Levantamiento Catastral de los Tranques de Relave en Chile*. Informes preparados para el Servicio Nacional de Geología y Minería, marzo de 1989, marzo y diciembre 1990.

se observa que un porcentaje importante de los tranques entre III Regiones de Tarapacá y VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins han sufrido daños de consideración por sismos violentos o terremotos, y en tranques relativamente pequeños se aplican técnicas deficientes en la construcción de muros con arenas de relaves, el análisis de su estabilidad es pobre o inexistente, y los datos de terreno no siempre coinciden con los datos del proyecto. Por otra parte, el cálculo de estabilidad no puede hacerse con exactitud, ya que falta información indispensable sobre propiedades mecánicas.

**Tabla 19.15**  
**Depósitos de Residuos Minerales en Chile en 1989**

Tipos de Depósitos de Residuos Mineros	Calidad de los Depósitos								Número Total	
	N	I	I/D	D	D/A	A	A/B	B		
Tranques de relaves	38	58	114	117	95	114	72	50	658	
Depósitos de relaves	1	1	0	3	2	17	0	2	26	
Dep. de relave filtrados	0	0	0	0	0	0	3	0	3	
Dep. de rípios lixiviados	2	0	0	0	0	43	2	2	49	
Emb. de agua con solución	1	5	0	0	1	51	0	5	63	
Dep. de relave gruesos	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Cubela con residuos sólidos	0	0	0	0	0	3	0	3	6	
Botaderos de lastre	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
<b>Totales</b>	<b>Número</b>	42	64	114	120	98	229	77	63	807
	<b>% del total</b>	5,2	8,0	14,1	14,9	12,1	28,4	9,5	7,8	100

**Nota:** N: no hay información; I: inaceptable; I/D: inaceptable a deficiente; D: deficiente; D/A: deficiente a aceptable; A: aceptable; A/B: aceptable a buena; B: buena.

**Fuente:** Ingeniería Geotecnia Ltda. 1989 y 1990. *Levantamiento Catastral de los Tranques de Relave en Chile*. Informes preparados para el Servicio Nacional de Geología y Minería, marzo de 1989, marzo y diciembre 1990.

## 7. Gestión Ambiental en la Minería Pequeña y Artesanal

La situación ambiental en la minería pequeña artesanal es preocupante. La contaminación en este sector surge principalmente por su limitada capacidad económica, lo que le impide elevar su bajo nivel tecnológico. Por ello, el Ministerio de Minería inició el Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal, cuyo objetivo fundamental es mejorar la calidad de vida de los mineros artesanales, promoviendo su organización y mejorando sus condiciones de trabajo y de vida; estas últimas tradicionalmente expuestas a gran inestabilidad económica y social.

La primera etapa del programa se extenderá desde la II Región de Antofagasta a la V Región de Valparaíso, beneficiando a mil de los trece mil mineros artesanales existentes en el país. El programa se centrará en la habilitación de faenas mineras, mejoramiento de infraestructura productiva y seguridad laboral, asistencia legal y capacitación. También tratará de impulsar el desarrollo de proyectos autosustentables incorporando tecnología.

Por otra parte, se está desarrollando el proyecto Evaluación del Impacto Ambiental de la Pequeña Minería, con participación del Servicio Nacional de Geología y Minería y la

Agencia Alemana de Cooperación GTZ. El objetivo del proyecto es evaluar la contaminación ambiental producto de la pequeña minería, para emprender acciones destinadas a mejorar la situación.

## **8. Política y Legislación Ambiental en la Minería**

### **8.1. Política Ambiental**

La actividad del Ministerio de Minería ha sido particularmente intensa en el ámbito ambiental. La Resolución Interna del 4 de abril de 1991 creó la Unidad Ambiental del Ministerio, que entre otras funciones representa al sector minero en la Comisión Nacional del Medio Ambiente. La gestión de la Unidad Ambiental consiste en: cuantificar los niveles actuales de contaminación, elaborar y proponer normas de protección del medio ambiente para proyectos mineros actuales y futuros, establecer mecanismos para la toma de decisiones en proyectos mineros y proponer acciones para reducir la generación de residuos contaminantes.

La política ambiental del Gobierno, y en particular la del Ministerio de Minería, se caracteriza por abordar con realismo y decisión el problema de la conservación del medio ambiente, en armonía con el desarrollo y crecimiento del país. Los tres pilares fundamentales de la política minera conducen a:

- Un sector altamente competitivo en el mercado internacional, orientado a maximizar sus utilidades y reportar ingresos al erario nacional. Para ello se ha intentado disminuir al máximo el riesgo que enfrenta el país y atraer inversión extranjera.
- Una minería ambientalmente responsable, empleando los mejores estándares internacionales. Chile no debe permitir empresas que no sean ambientalmente aceptables en sus países de origen.
- Empresas que trabajen con mentalidad de "buenos ciudadanos" y que generen actividades complementarias para servir de fuente de trabajo y riqueza y, por ende, de desarrollo a largo plazo.

En efecto, la política ambiental minera se dirige, en primer lugar, a que el crecimiento económico de Chile sea compatible con la equidad social y la preservación del medio ambiente. En segundo lugar, la política ambiental está orientada a que la dimensión ambiental se incorpore gradualmente a la actividad minera, y ésta internalice los costos ambientales de sus procesos. Finalmente, el Gobierno desea liderar en la materia, pues el mercado por sí solo es incapaz de resolver las demandas ambientales de la población. Para alcanzar estos objetivos deben implementarse planes de descontaminación, con una clara distribución del costo entre las partes involucradas. Se requieren estudios y diagnósticos precisos e informados técnica y económicamente para dictar estándares de calidad ambiental y elaborar una legislación ambiental minera.

En este sentido, el Ministerio de Minería ya ha desarrollado algunos proyectos específicos, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Estudio de la situación jurídico-institucional en minería y medio ambiente.
- Dictación del Decreto Supremo N° 185 (publicado en el Diario Oficial el 16 de enero de 1992), que establece estándares de calidad aplicables a nivel nacional y reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico.
- Diagnóstico del impacto de la emisión gaseosa de la Fundición de Caletones sobre la Región Metropolitana.
- Proyectos de diagnóstico ambiental y desarrollo local en la zona de Puncuncaví (V Región de Valparaíso) y Chañaral (III Región de Atacama).
- Proposición de una metodología para la evaluación de impacto ambiental de nuevos proyectos mineros.

Adicionalmente, el Ministerio de Minería tiene otros proyectos que aún se encuentran en desarrollo, tales como:

- Reglamentación de estudios de impacto ambiental para proyectos de inversión.
- Evaluación del impacto ambiental de la pequeña minería.
- Consultorías de especialistas extranjeros para las áreas de legislación e institucionalidad ambiental.
- Caracterización de los efluentes líquidos del sector y elaboración de normas de emisión.
- Normas detalladas para la disposición de residuos sólidos provenientes de faenas mineras.

Entre los proyectos de descontaminación atmosférica destaca el caso de Chuquicamata, donde se decidió reducir las emisiones hasta cumplir a fines de 1999 con las normas de calidad de aire.

## **8.2. Legislación Ambiental en la Minería**

### **8.2.1. Emisión de Residuos Mineros Gaseosos**

Existen estándares de calidad para dióxido de azufre, partículas totales en suspensión, partículas respirables, material particulado sedimentable y hierro contenido en éste. El Decreto Supremo N° 185 reglamenta el funcionamiento de fuentes emisoras y fija condiciones para la autorización de nuevas fuentes. El estándar de calidad del aire para

arsénico se encuentra actualmente en estudio por los ministerios que integran la Comisión Interministerial de Calidad del Aire.

### **8.2.2. Planes de Descontaminación**

El Decreto Supremo N° 185 permite a las empresas que se encuentran operando y no puedan dar cumplimiento inmediato a la normativa de calidad de aire, presentar planes de descontaminación a las autoridades competentes, cuya aprobación es atributo presidencial. Los primeros planes aprobados han sido de la División Chuquicamata, de CODELCO, y del Complejo Industrial Ventanas, compuesto por la fundición y refinería Ventanas, de ENAMI, y la Planta Termoeléctrica de CHILGENER S.A.

### **8.2.3. Emisión de Residuos Mineros a Cuerpos de Agua**

La política actual es prohibir la descarga de relaves a cualquier cuerpo de agua, sea continental o marino. Sin embargo, se ha autorizado la emisión de efluentes líquidos al mar y a ríos, como el efluente filtrado y tratado del concentrado de Minera Escondida y el efluente del tranque de relaves de Carén, El Teniente.

### **8.2.4. Ecosistemas, Flora y Fauna Silvestre**

Con la Convención de Washington, ratificada por ley en 1967, el país estableció el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado, consistente en un conjunto de parques, reservas y monumentos naturales, declarados de interés científico bajo el Código de Minería.

### **8.2.5. Protección de Recursos Naturales Renovables**

Existen normas de calidad del aire y agua para la conservación de los recursos de tipo silvoagropecuario, forestal y pesquero. La Ley N° 3.557, de 1980, otorga facultades al Ministerio de Agricultura para proteger estos recursos. Con respecto al suelo, aunque existen normas que regulan su uso, no hay estándares de calidad para evitar la contaminación de este recurso.

### **8.2.6. Estudios de Impacto Ambiental**

Aunque no existe una normativa legal para requerir estudios de impacto ambiental, el otorgamiento de permisos por parte de organismos públicos ha requerido la elaboración de estudios de impacto ambiental. En este sentido, existe actualmente un instructivo presidencial denominado Pauta para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Inversión que establece procedimiento para la evaluación de impacto ambiental, contenidos mínimos para los estudios de impacto ambiental y una metodología de revisión de los mismo. Una serie de proyectos mineros han presentado estudio de impacto ambiental y han sido evaluados por una metodología propuesta por el Ministerio de Minería<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Ibacache, A.M. y J.A. Solari. 1991. *Evaluación Ambiental de Nuevos Proyectos Mineros*. Minería Chilena N° 126.

## 9. Percepción Pública de la Gestión Ambiental del Ministerio de Minería

Con objeto de conocer la difusión y percepción de la gestión ambiental del Gobierno, y particularmente del Ministerio de Minería, la Unidad Ambiental de este último realizó una revisión de noticias ambientales en la prensa escrita durante los inviernos de 1990 y 1991\*, y una encuesta de percepción pública sobre la contaminación ambiental<sup>o</sup>.

Los temas más importantes en la prensa fueron la contaminación del aire, política ambiental y contaminación de aguas. El origen geográfico predominante fue la Región Metropolitana de Santiago, y el origen institucional más importante (en el invierno 1991) fue el Poder Ejecutivo. En cuanto a minería y medio ambiente, el carácter de la noticia en el invierno de 1991 cambió, acentuándose la información sobre la gestión ambiental del Ministerio de Minería y acciones tomadas por las empresas para solucionar los problemas originados por su actividad, en contraste con la orientación a la denuncia que caracterizó el período de 1990.

El estudio realizado contó con el apoyo del Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente, derivando en un convenio para compilar una base de datos cuyo objetivo es el análisis de la información ambiental a través de los medios de comunicación escritos, para una adecuada toma de decisiones.

---

\* Pagani, J., A.M. Ibacache y J. Solari. 1992. *Análisis de la Noticia Ambiental: Inviernos 1990 y 1991*. 4º Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente, Gestión Ambiental: Desarrollo Hoy sin Arriesgar el Mañana, CIPMA, Santiago.

<sup>o</sup> Feedback Comunicaciones. 1992. *Percepción Pública sobre la Contaminación Ambiental Producida por las Fundiciones Mineras*. Estudio realizado para la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería.

**Capítulo 20**

***Efectos Ambientales Derivados del Uso de Recursos Hídricos en Chile***

***Humberto Peña T.***

***Departamento de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas***

## CAPITULO 20. EFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE RECURSOS HIDRICOS EN CHILE

Autor: Humberto Peña T., Departamento de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas

### 1. Introducción

El agua constituye la base de la vida y en consecuencia es un elemento insustituible en el desarrollo de la actividad humana. Sin embargo, no siempre las sociedades se ven obligadas, como en Chile, a desplegar grandes esfuerzos para prospectarla, administrarla, acumularla y conducirla a aquellos lugares donde puede servir para los requerimientos elementales de la población o representar una fuente de crecimiento económico. En Chile, las condiciones de aridez de gran parte del territorio han otorgado a las labores relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos un papel trascendente en el desarrollo nacional. La revisión de las grandes obras de ingeniería efectuadas desde el siglo pasado, que han permitido, por ejemplo, incorporar al riego cerca de 2.00.000 ha, es una comprobación de lo señalado.

Este esfuerzo no se ha detenido, ni es posible que se detenga. Basta señalar que se estima que en los próximos 50 años se sextuplicará la generación hidroeléctrica y se duplicarán las demandas domésticas, industriales y mineras.

De acuerdo a lo anterior, en este capítulo se busca entregar una evaluación global de los recursos hídricos existentes y entregar antecedentes relativos a la magnitud y características de los aprovechamientos actuales, de modo de situar el problema general del agua en una perspectiva dinámica de balance entre disponibilidades y demandas.

### 2. Caracterización de los Recursos Hídricos Existentes

#### 2.1. Hidrografía y Marco Físico

El territorio chileno está constituido por tres rasgos fisiográficos principales: la Cordillera de los Andes, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa, que se desarrollan paralelos al Océano Pacífico y presentan características particulares en las diferentes zonas del país.

En la zona norte (18° a 27°S) los tres rasgos están bien desarrollados. La Cordillera de los Andes alcanza grandes elevaciones (aproximadamente 6.000 msnm) y está constituida por un cordón oriental y uno prealtiplánico (Cordillera del medio y Cordillera de Domeyko), generándose entre ambas y hacia el oriente un relieve altiplánico. La Depresión Intermedia es de gran amplitud y da origen a planicies como la Pampa del Tamarugal. La Cordillera de la Costa, con elevaciones de 2.000 a 3.000 msnm, cae en forma abrupta al océano. En el área altiplánica los sistemas hidrográficos son en general de carácter endorreico, constituyendo en los puntos terminales salares y/o lagos, algunos de ellos ubicados en países vecinos. En la vertiente pacífica de la Cordillera de los Andes se observa un área (18 a 20°S)

con un régimen exorreico, donde las quebradas cruzan la pampa y la Cordillera de la Costa para alcanzar el océano; un segundo sector con un régimen endorreico da origen a salares junto a la Cordillera de la Costa, y una extensa área sin escurrimiento (22 a 26° S).

En el Norte Chico (27° y 33°S) desaparece la Depresión Intermedia y el relieve altiplánico, y se presenta una región montañosa interna surcada por estrechos valles transversales que drenan la vertiente pacífica de la Cordillera. En los interfluvios se presentan pequeñas cuencas costeras, sin respaldo andino.

Entre Santiago y Puerto Montt (33° a 42°S) reaparecen las tres unidades principales. La Cordillera de los Andes, que frente a Santiago alcanza aproximadamente 7.000 msnm, se deprime hacia el sur, no sobrepasando los 2.000 msnm a partir de los 37°S. La Cordillera de la Costa también disminuye su elevación de 2.000 a menos de 1.000 msnm a contar de los 34°S, inclusive desapareciendo en algunas zonas. Al adquirir importancia la Depresión Intermedia, las cuencas de los ríos se amplían considerablemente, y la paulatina disminución de la elevación junto al aumento de las precipitaciones genera ríos más tranquilos y caudalosos. En esta zona, la Cordillera de la Costa da origen a ríos menores de régimen pluvial.

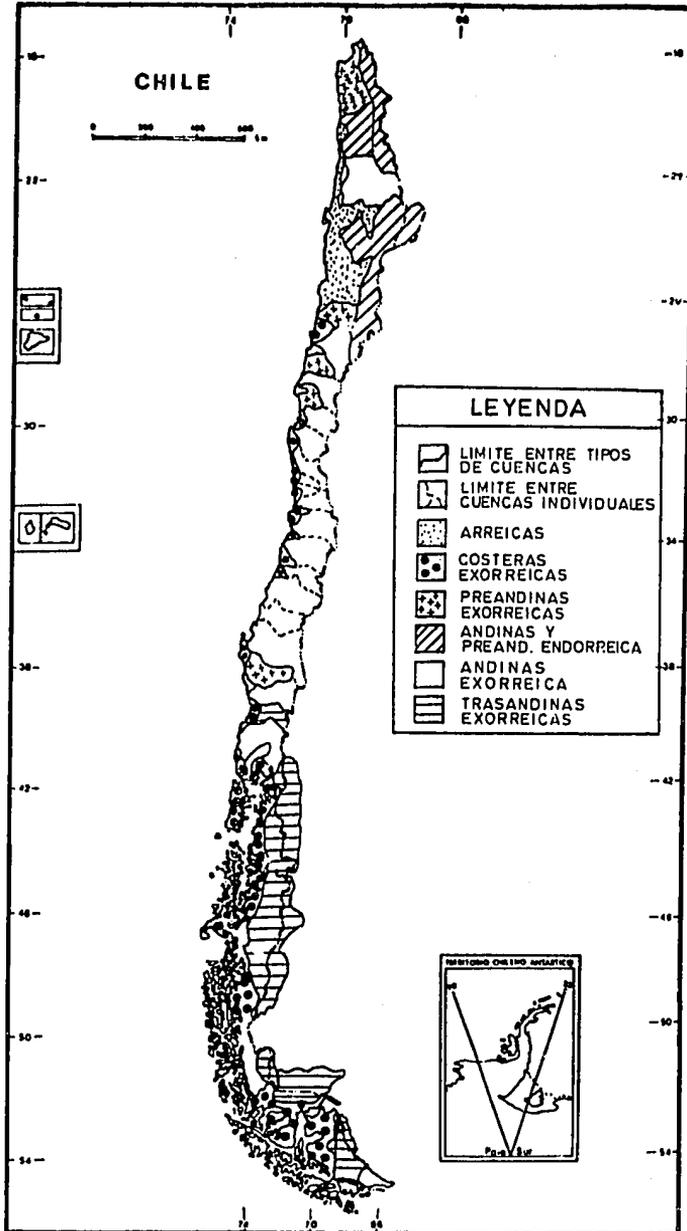
Al sur de los 42°S, la Depresión Intermedia se sumerge y la Cordillera de la Costa se manifiesta en islas y archipiélagos, desapareciendo ambas en el paralelo 47°S. En esta zona los ríos que nacen en la vertiente pacífica tienen escaso desarrollo, y muchas veces corresponden a lenguas efluentes de los grandes campos de hielo patagónico. Algunos de los ríos que nacen en la vertiente oriental de los Andes drenan hacia el Pacífico cruzando la Cordillera, y otros se dirigen hacia el Atlántico a través de la pampa patagónica. La Figura 20.1 presenta en forma esquemática los principales sistemas hidrológicos del país.

## 2.2. Precipitaciones

El territorio chileno presenta una amplia variedad de condiciones hidrológicas, determinadas básicamente por el patrón de precipitaciones y por características fisiográficas. Los principales rasgos son:

- La existencia de dos regímenes de precipitación: uno de lluvias estivales de carácter convectivo asociado a la región altiplánica y otro al sur de los 26°S con precipitaciones invernales de carácter frontal.
- La distribución latitudinal de las precipitaciones anuales se caracteriza por valores del orden de los 300 mm/año en el extremo norte de la región altiplánica, una gran disminución alrededor de los 26°S y un aumento sostenido hacia el sur hasta alcanzar los 5.000 mm/año a los 47°S.
- La fluctuación interanual de las precipitaciones, aspecto de gran revelancia por su incidencia en la magnitud de los caudales en condiciones extremas. La variabilidad de las precipitaciones anuales es sustancialmente mayor en las zonas áridas y semiáridas del Norte Grande y Chico. Las regiones al sur de los 37°S presentan lluvias anuales de magnitud más constante.

**Figura 20.1**  
**Sistemas Hidrográficos y Tipos de Cuencas en Chile**



Fuente: Basado en Niemeyer, H. y P. Cereceda. 1984. *Hidrografía*. Colección Geografía de Chile, Vol. VIII. Instituto Geográfico Militar.

- El importante papel del relieve, tanto en la intensificación de las precipitaciones en la vertiente occidental de los cordones montañosos como en su reducción en vertientes orientales, en zonas de régimen invernal. Además el relieve permite la ocurrencia de precipitaciones de tipo nival en la Cordillera de los Andes, lo cual tiene influencia decisiva en el régimen hidrológico de importantes ríos.

### 2.3. Recursos Hídricos Medios: balance hídrico nacional

Entre 1981 y 1987 la Dirección General de Aguas estudió en detalle (escala 1:500.000) el balance hídrico del país para el período comprendido entre 1951-1980<sup>1</sup>. En dicho estudio se analizó la información de un total de 1.500 estaciones de precipitación, caudal, temperatura y evaporación. El estudio consistió básicamente en la cuantificación espacial de las componentes del balance, según la expresión:

$$Q = P - E$$

donde Q es la escorrentía efluente de la cuenca, P la precipitación media a nivel de la cuenca y E los flujos que retornan a la atmósfera por evaporación de las plantas, evaporación desde superficies libres de aguas y otros.

Los resultados del balance entregados en la Tabla 20.1 reflejan claramente la extraordinaria heterogeneidad espacial de los recursos hídricos en el país. Por esta razón, aunque la escorrentía a nivel nacional resulta sustancialmente mayor a la media mundial y similar a la de Sudamérica, las extensas áreas del norte del país presentan tasas de escorrentía mínimas, que no alcanzan al 10% del promedio mundial.

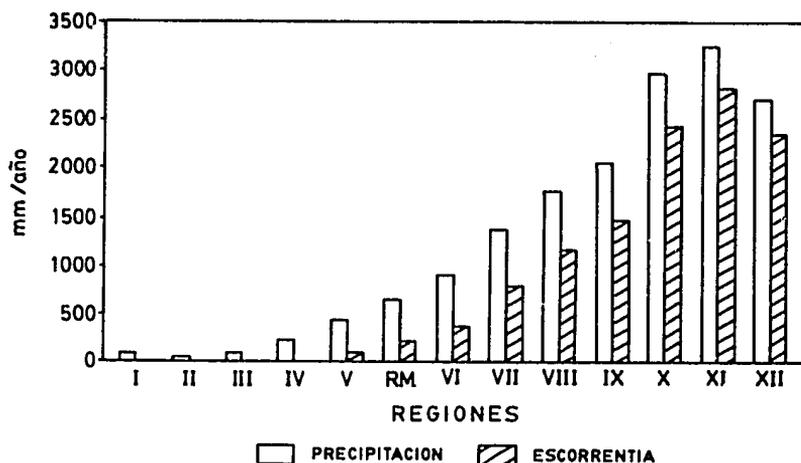
	Precipitación		Escorrentía		Evaporación	
	m <sup>3</sup> /s	mm/año	m <sup>3</sup> /s	mm/año	m <sup>3</sup> /s	mm/año
Región I y II	340	58,8	21	3,6	319	55,3
Región XI y XII	23.490	2.363	20.260	2.555	3.230	408
Chile (Continental Sudamericano)	36.950	1.522	29.411	1.211	7.539	311
Sudamérica	888x10 <sup>3</sup>	1.564	351x10 <sup>3</sup>	618	537x10 <sup>3</sup>	946
Mundial (Fase Terrestre)	3.522x10 <sup>3</sup>	746	1.256x10 <sup>3</sup>	266	2.266x10 <sup>3</sup>	480

Fuente: DGA. 1987. *Balace Hídrico de Chile*. Dirección General de Aguas, Santiago.

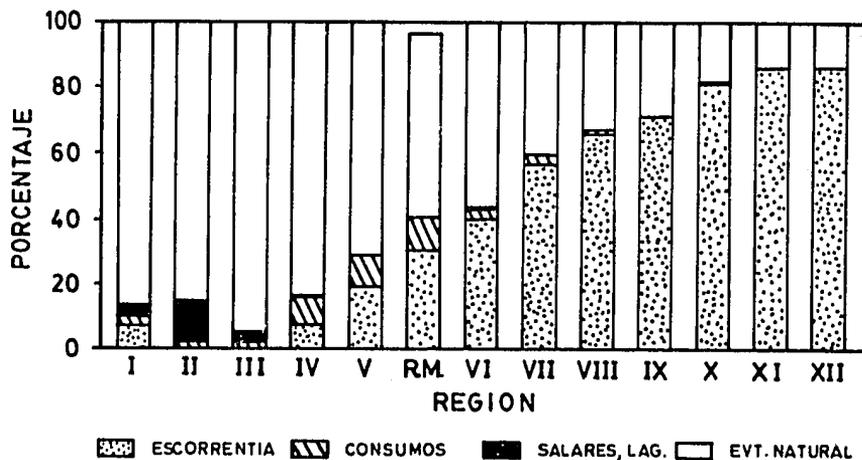
En el balance hídrico desglosado por regiones (ver Figuras 20.2 y 20.3), el término de escorrentía corresponde al caudal que finalmente abandona el territorio nacional, al océano o a países vecinos, después del aprovechamiento efectuado por el hombre. Las pérdidas evaporativas se deben a la evapotranspiración natural de la cuenca debido a precipitaciones, la evapotranspiración adicional de superficies regadas y la evaporación de lagos, lagunas y salares.

<sup>1</sup> DGA. 1987. *Balace Hídrico de Chile*. Dirección General de Aguas, Santiago.

**Figura 20.2**  
**Precipitación y Escorrentía Natural por Región**



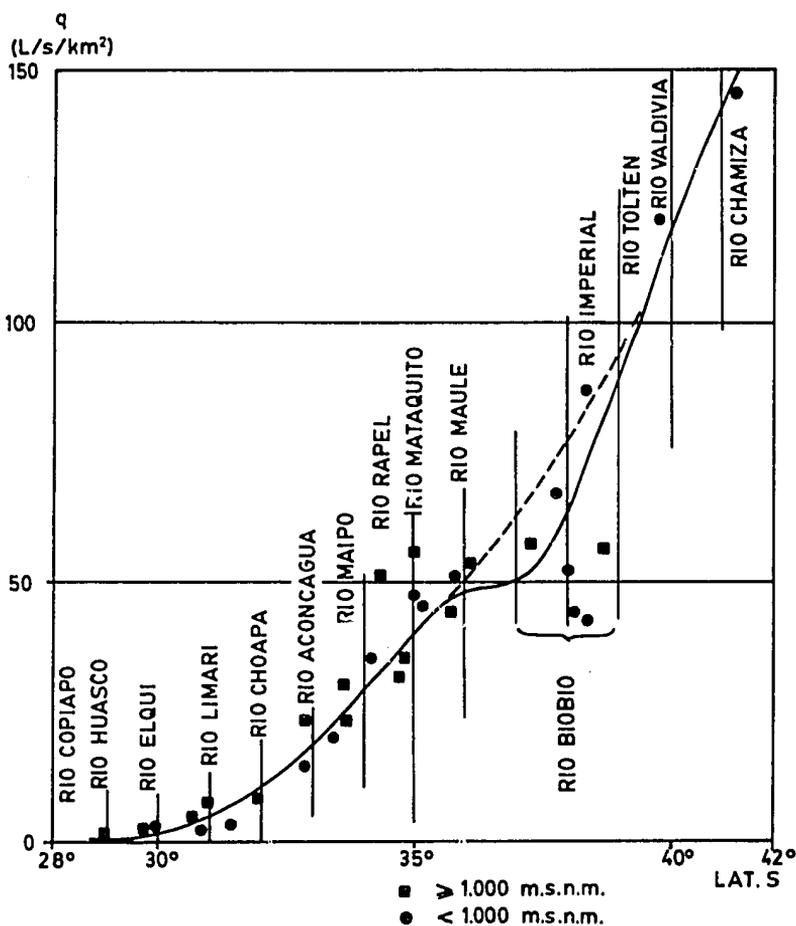
**Figura 20.3**  
**Componentes del Balance Hídrico en Chile**



La distribución de la escorrentía y precipitación muestra un mínimo en la II Región de Antofagasta, con valores de 0,9 m<sup>3</sup>/s y 44,5 mm/año, respectivamente, y tendencias crecientes a partir de esa latitud hacia el norte y sur del país. En la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo se obtiene el máximo con 10.130 m<sup>3</sup>/s y 3.260 mm/año. El rango de variación de la escorrentía es aún mayor que el de la precipitación, lo que se debe a que la mayor parte de la precipitación queda en el suelo y retorna a la atmósfera. En zonas húmedas, las precipitaciones y la escorrentía tienden a ser más similares.

Existe un incremento de la escorrentía con la latitud (expresada como rendimiento específico) en las cuencas cordilleranas entre los 28° y 42° S<sup>2</sup> (ver Figura 20.4).

**Figura 20.4**  
**Variación del Caudal en Función de la Latitud**



Fuente: Basado en Benítez, A. y F. Vidal. 1984. *Estudio de las Zonas Nevadas de Chile entre los Paralelos 28 y 42° Lat. S.* Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional, Santiago.

Es importante destacar que la evaporación desde salares y lagos en las tres primeras regiones del país es un importante componente del balance hídrico, comparable con el valor

<sup>2</sup> Benítez, A. y F. Vidal. 1984. *Estudio de las Zonas Nevadas de Chile entre los Paralelos 28 y 42° Lat. S.* Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional, Santiago.

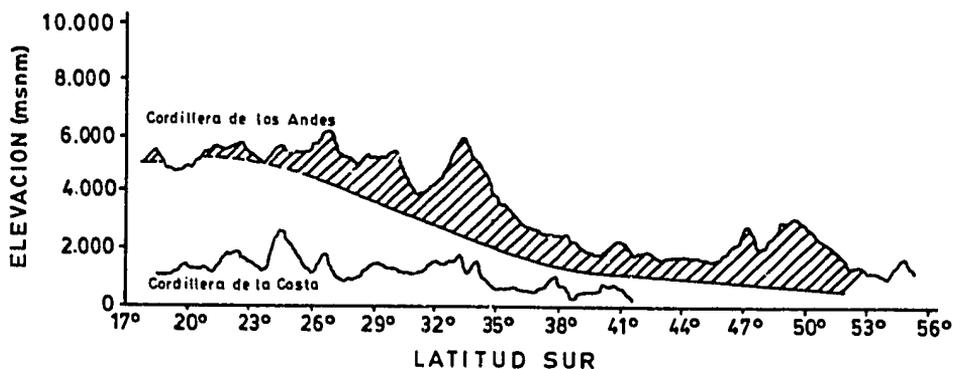
de la escorrentía, e inclusive en algunos casos superior. También resulta notable la magnitud de los consumos derivados de la actividad humana (agrícolas, domésticos, mineros e industriales) en relación a la escorrentía, en especial si se recuerda que normalmente sólo una fracción de los recursos hídricos resulta técnica y económicamente aprovechable debido a su alta variabilidad temporal y espacial.

#### 2.4. Régimen Hidrológico y Variación Estacional

La distribución de caudales que presentan a lo largo del año los ríos chilenos se explica básicamente por el régimen de precipitaciones, que es estival al norte de los 26°S e invernal hacia el sur, la ocurrencia de precipitación nival y su importancia en relación a las precipitaciones totales de la cuenca, y la capacidad de regulación natural de la cuenca por influencia de los recursos hídricos almacenados en acuíferos, lagos y glaciares.

La importancia del área con precipitación nival queda definida por la elevación de la línea de nieves y por el relieve de la cuenca (ver Figura 20.5).

**Figura 20.5**  
Línea de Cumbres Cordilleranas (perfiles) y Línea de Nieves al Término del Período Invernal en un Año Medio



Otro aspecto que influye en la importancia de la componente nival es la mayor precipitación en las partes altas en comparación con los valles, que puede ser cinco veces más alta.

Los factores señalados se combinan a lo largo del país e inclusive a lo largo del recorrido de un mismo río de manera compleja, dando origen a cuencas de régimen pluvial, pluvio-nival, nival y en algunas ocasiones a regímenes de carácter nivo-glacial.

Un análisis detallado de la información permite distinguir las siguientes situaciones:

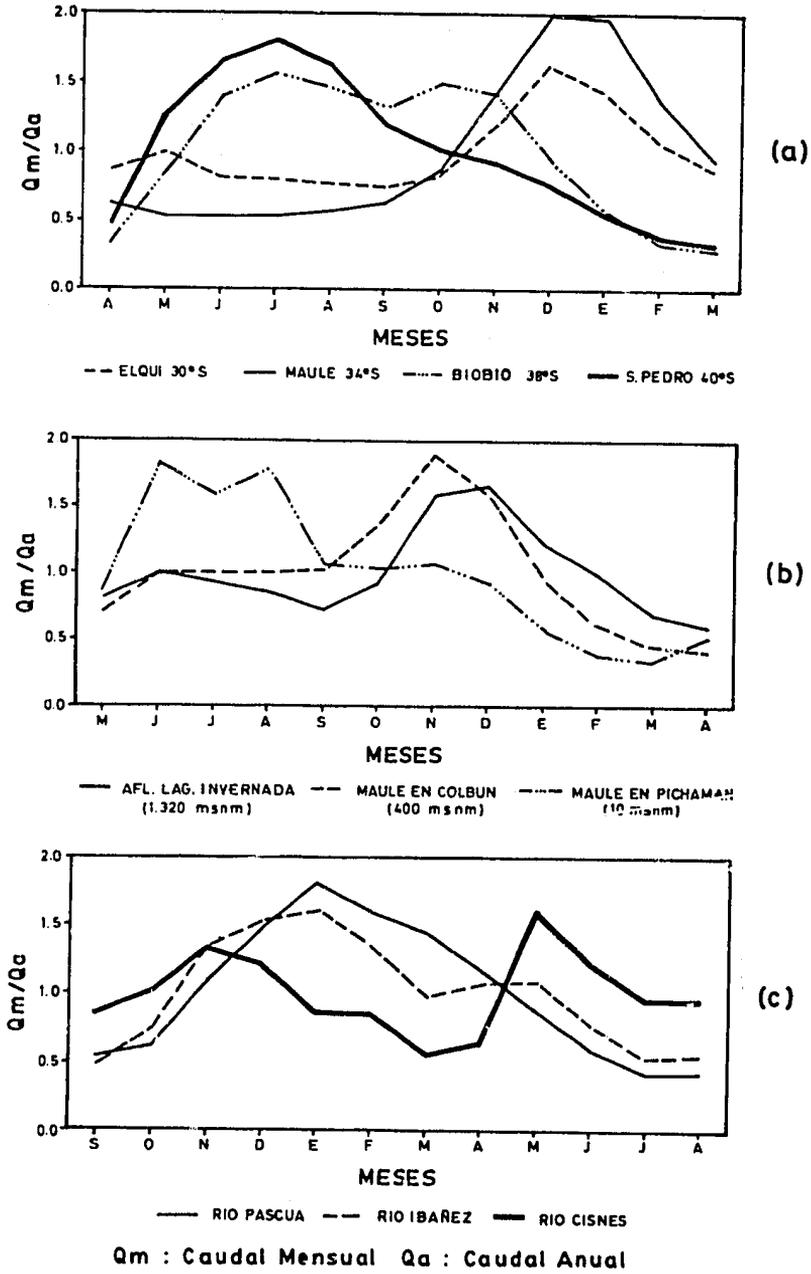
- **Norte Grande (18° a 27° S).** El régimen hidrológico en la zona altiplánica se caracteriza por grandes crecidas de carácter esporádico en los meses de enero-marzo debidas a las precipitaciones del "invierno altiplánico", y un importante caudal base que se mantiene constante durante el año, generado frecuentemente por el aporte de vertientes.
- **Zona Norte Chico-Central-Sur (27° a 42° S).** En esta zona las cuencas con respaldo andino pasan de un régimen marcadamente nival en el Norte Chico, explicado por la gran elevación de los cordones montañosos y la escasez de precipitaciones en cuencas medias, a uno mixto pluvio-nival en la zona central, y al sur de la cuenca del Biobío, a uno básicamente pluvial. Las áreas nivales presentan un deshielo que comienza en septiembre y culmina en noviembre o diciembre, dependiendo de la elevación de la cuenca y de la magnitud de la acumulación nival. Los mínimos son en otoño-invierno. Por su parte, en las cuencas pluvio-nivales se agrega al máximo de deshielo un máximo en los meses de invierno, con mínimos a finales del verano o en otoño.

En algunos sectores es necesario señalar la influencia de la regulación introducida por glaciares y lagos. En el caso de los glaciares su influencia es importante en la cuenca andina que va desde el Aconcagua al Rapel, donde se encuentra una superficie de unos 800 km<sup>2</sup> de hielos. El deshielo de esas áreas contribuye eficazmente a aumentar la escorrentía de los meses de verano de modo que en períodos de sequía se estima que en ríos como el Maipo más de un 60% de sus recursos tienen ese origen. La regulación introducida por los lagos tiene una gran influencia en algunos ríos de la X Región de Los Lagos, disminuyendo los caudales de invierno y aumentando los de primavera y verano. En esta zona, la distribución estacional de los caudales a lo largo de los ríos presenta una evolución característica de un régimen nival en las nacientes a un régimen progresivamente pluvial hacia la desembocadura (ver Figura 20.6 a y b).

Cabe señalar que en los interfluvios de las cuencas con respaldo andino, la pequeña elevación del relieve determina un régimen exclusivamente pluvial.

- **Zona Austral.** Debido a la compleja orografía y ausencia de estacionalidad en el régimen de precipitaciones, en esta zona la distribución de los caudales durante el año responde más bien a situaciones locales que a tendencias bien definidas regionalmente, aun cuando en general se observan ríos de régimen pluvial y pluvio-nival. En los principales ríos destaca la gran importancia que adquieren los grandes campos de hielo y los lagos, que se presentan juntos generando un régimen muy regular con pocas fluctuaciones y máximos de verano (ver Figura 20.6 c).

**Figura 20.6**  
**Régimen Hidrológico**



Nota: (a) Diferentes latitudes, (b) Río Maule y (c) Ríos de la zona austral

## 2.5. Sequías y Variabilidad Hidrológica

En varios usos de los recursos hídricos no interesa el análisis de las condiciones medias sino el de los períodos de sequía, es decir, aquellos en que la disponibilidad de agua es inferior a los requerimientos. En el concepto de sequía converge un fenómeno natural, la disminución de la disponibilidad de agua, y uno como las demandas, que en las condiciones de las sociedades modernas dependen de las características y magnitud del desarrollo socioeconómico.

En términos metodológicos, la caracterización de la sequía resulta compleja y es necesario recurrir a diversos indicadores tales como su duración, extensión, intensidad y magnitud.

Dependiendo del tipo de demanda, normalmente se distingue entre sequías meteorológicas por ausencia de precipitaciones, agrícolas si falta agua disponible en la zona de las raíces de las plantas, e hidrológicas si hay déficit en los caudales de los ríos. En el caso de Chile, la ocurrencia de sequías se ve favorecida porque un sector importante del país se ubica en una zona de transición climática, con alta variabilidad interanual de las precipitaciones. De este modo, según consta en las crónicas, la existencia de prolongados períodos secos que han abarcado gran parte del territorio ha sido motivo de preocupación recurrente durante toda la vida nacional.

En un plano espacio-temporal de las sequías meteorológicas en Chile central (La Serena a Puerto Montt), para una demanda del 10% de la precipitación anual entre 1915 y 1984 (ver Figura 20.7), destaca la extraordinaria extensión espacial de las principales sequías del siglo (1924 y 1968), que han afectado la casi totalidad del área<sup>1</sup>. La sequía de 1968 fue la mayor de este siglo en duración, extensión, intensidad y magnitud.

En contraste, las sequías hidrológicas presentan algunas diferencias del mayor interés. Debido a la regulación natural de las cuencas, la magnitud de los déficit en los períodos secos se manifiesta con menor intensidad en los caudales que en las precipitaciones. Por otra parte, son de mayor duración y presentan un cierto retardo en relación al déficit de precipitaciones, el cual en la latitud del Río Elqui alcanza a doce meses, mientras que en el Ñuble solamente a tres<sup>2</sup>.

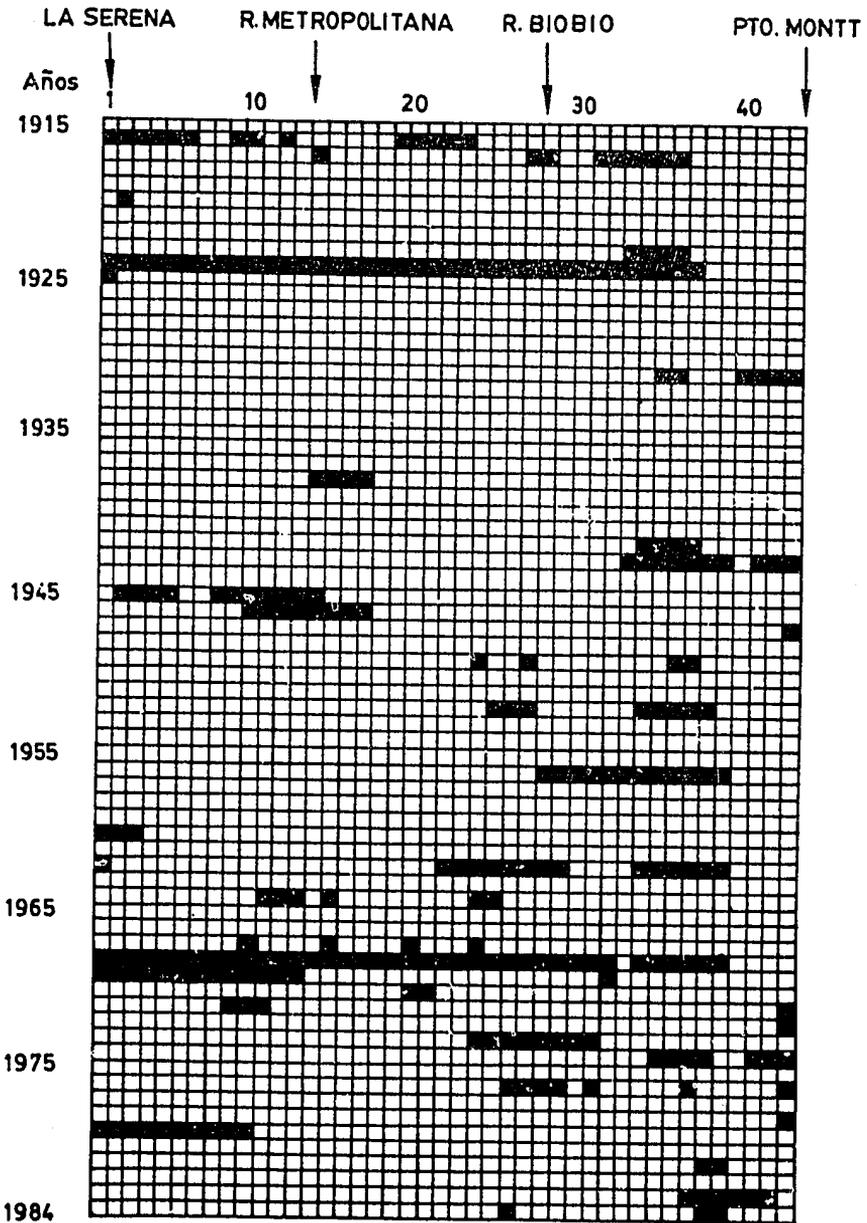
En la Figura 20.8, que muestra la variabilidad interanual de los caudales entre los 28 y 42°S, se aprecia el efecto regulador que introducen los glaciares (33-35°S), los lagos (39-42°S) y las cuencas con una alta fracción proveniente de aguas subterráneas. En estos casos, los caudales en condiciones de sequía (Q95%) representan alrededor del 60% del caudal normal (Q50%), mientras que en otras cuencas son menores al 30%.

---

<sup>1</sup> Fernández, B. 1991. *Sequías en la Zona Central de Chile*. Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile.

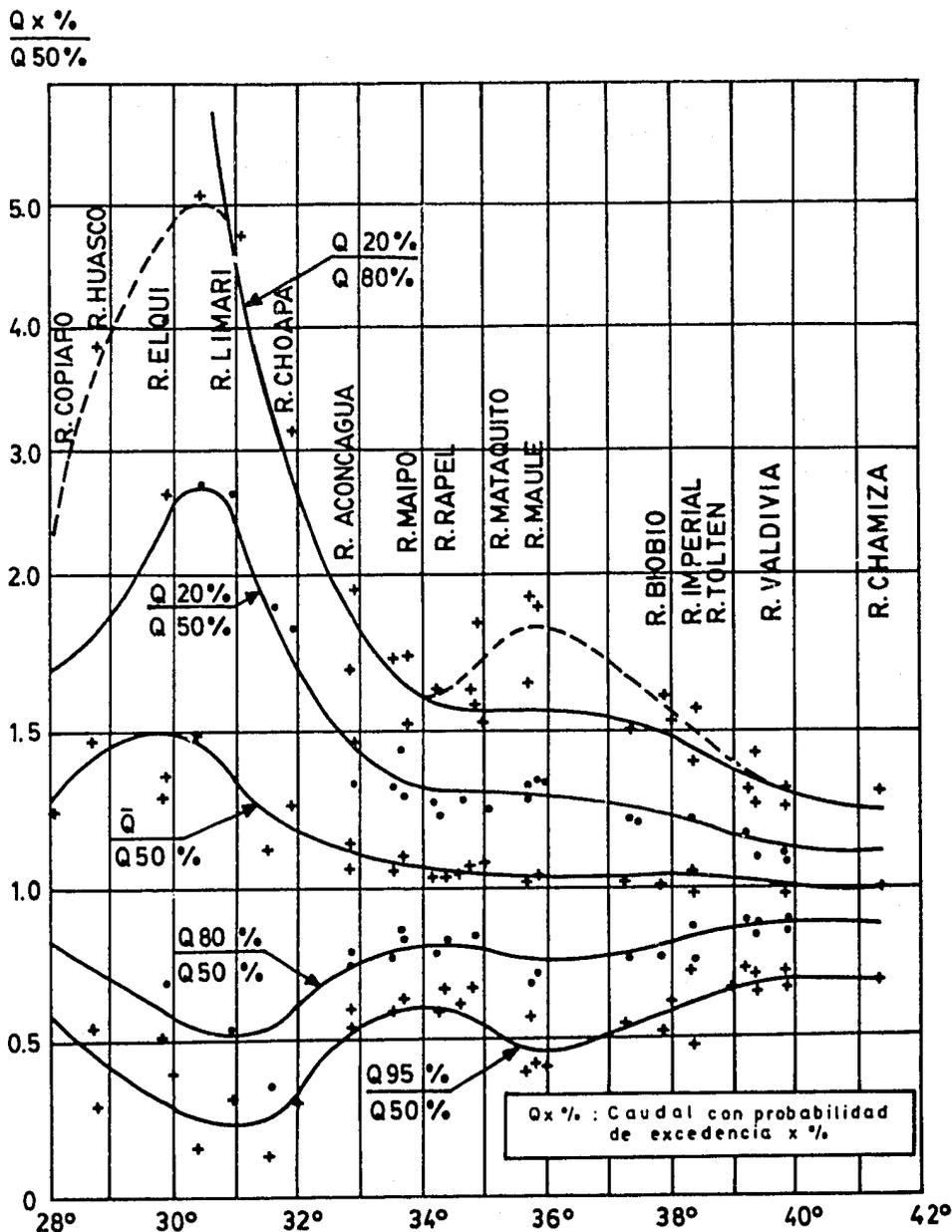
<sup>2</sup> Id. a nota 3.

**Figura 20.7**  
**Identificación de Sequías Meteorológicas en un Plano Espacio-Tiempo**  
**(probabilidad 10%) en Chile Central**



Fuente: Basado en Fernández B. 1991. *Sequías en la Zona Central de Chile*. Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Figura 20.8**  
**Variabilidad Interanual del Caudal Medio Anual**



Fuente: Basado en Benítez, A. y F. Vidal. 1984. *Estudio de las Zonas Nevadas de Chile entre los Paralelos 28 y 42° Lat.* S. Jornadas de Hidrología de Nieves y Hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional, Santiago.

Otro aspecto esencial para la comprensión de las sequías hidrológicas en Chile es la importancia que tiene sobre los caudales el uso sucesivo a lo largo de los ríos. Como resultado, durante los períodos de sequía el uso intenso y más eficiente de aguas arriba reduce drásticamente los sobrantes, generando aguda escasez en los sectores de aguas abajo. En consecuencia, las sequías hidrológicas tienen alta heterogeneidad espacial a nivel de la cuenca, mostrando en cada cauce un comportamiento diferente.

## 2.6. Aguas Subterráneas

Las formaciones acuíferas conocidas en el país corresponden básicamente a sedimentos cuaternarios no consolidados de origen fluvial, fluvio-glacial, aluvial, aluvional, laháricos y otros, que rellenan los valles delimitados por formaciones impermeables terciarias, mesozoicas y paleozoicas. Estos acuíferos son en general libres o semiconfinados con niveles estáticos relativamente poco profundos (< 50 m), y de características granulométricas muy heterogéneas aun cuando predominan acuíferos de productividad elevada.

Siguiendo la división planteada en el Mapa Hidrogeológico de Chile<sup>1</sup>, en el territorio continental se distinguen tres provincias hidrogeológicas: altiplánica, andina vertiente pacífico y cuencas costeras.

La provincia altiplánica considera dos tipos de acuíferos. Los primeros se desarrollan en formaciones cuaternarias-terciarias de rocas volcánicas de permeabilidad secundaria que permiten la infiltración del recurso en las cuencas superiores. Los segundos se ubican en sectores bajos y son acuíferos de sedimentos no consolidados de tipo fluvial, aluvial o lacustre. Normalmente en estas últimas zonas se presentan salares. Los acuíferos no consolidados tienen en general una elevada productividad y calidad de agua aceptable mientras no alcanzan las zonas con salares, y tienen extraordinario interés para el abastecimiento de demandas domésticas y mineras de las zonas costeras aledañas a esta provincia.

La provincia andina vertiente pacífico se ha subdividido en cinco subprovincias:

- **Subprovincia Norte Grande:** incluye: a) acuíferos formados por rellenos cuaternarios adyacentes a los escasos cauces superficiales de la zona; b) sistema acuífero de la Pampa del Tamarugal, formado por un extenso, potente (300 a 700 m), y muy heterogéneo relleno aluvional terciario y cuaternario; y c) sector del Desierto de Atacama (22° a 27°S), con sistemas acuíferos aluvionales de características poco favorables para su explotación, principalmente por su escasa recarga. Cabe destacar que en esta subprovincia con frecuencia las aguas subterráneas presentan limitaciones para su aprovechamiento, originadas en una deficiente calidad química o por una recarga muy reducida.

---

<sup>1</sup> DGA. 1986. *Mapa Hidrogeológico de Chile*. Esc. 1:2.500.000. Texto Explicativo. Dirección General de Aguas, Santiago.

- **Subprovincia Valles Transversales:** en este sector los acuíferos están constituidos por rellenos cuaternarios fluviales adyacentes a los cauces de ríos, proviniendo su alimentación directamente de la infiltración de los recursos superficiales. En general, los acuíferos son libres y de una productividad bastante elevada ( $> 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ).
- **Subprovincia Central-Sur:** en esta zona ( $33^\circ$  a  $42^\circ\text{S}$ ) la existencia de acuíferos se asocia a la extensa unidad fisiográfica de la Depresión Intermedia, no estando restringida a las cajas de los ríos. Las napas subterráneas tienen distintas fuentes de alimentación (ríos, lluvias, etc.) y el material constitutivo corresponde a rellenos cuaternarios no consolidados, provenientes de acarros fluviales y fluvio-glaciales. La productividad de los pozos de explotación es muy elevada ( $> 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ). Se trata en general de acuíferos libres aunque existen situaciones locales de confinamiento debido a la existencia de estratos impermeables arcillosos y/o volcánicos.
- **Subprovincia Zona de los Canales:** esta zona, al sur de Puerto Montt ( $42^\circ$  a  $56^\circ\text{S}$ ), es la más pobre del país en aguas subterráneas debido al afloramiento de rocas metamórficas y plutónicas del paleozoico y mesozoico, impermeables y carentes de permeabilidad secundaria. En la zona se observan solamente pequeñas acumulaciones de depósitos glacio-fluviales cuaternarios de buenas condiciones acuíferas.
- **Subprovincia Pampa Magallánica:** en esta zona los depósitos fluvio-glaciales y fluviales tienen capas permeables de poca potencia, lo que limita la productividad de los acuíferos. En torno al Estrecho de Magallanes y en Tierra del Fuego se han explotado acuíferos surgentes formados por areniscas terciarias a profundidades de 300 a 400 m.

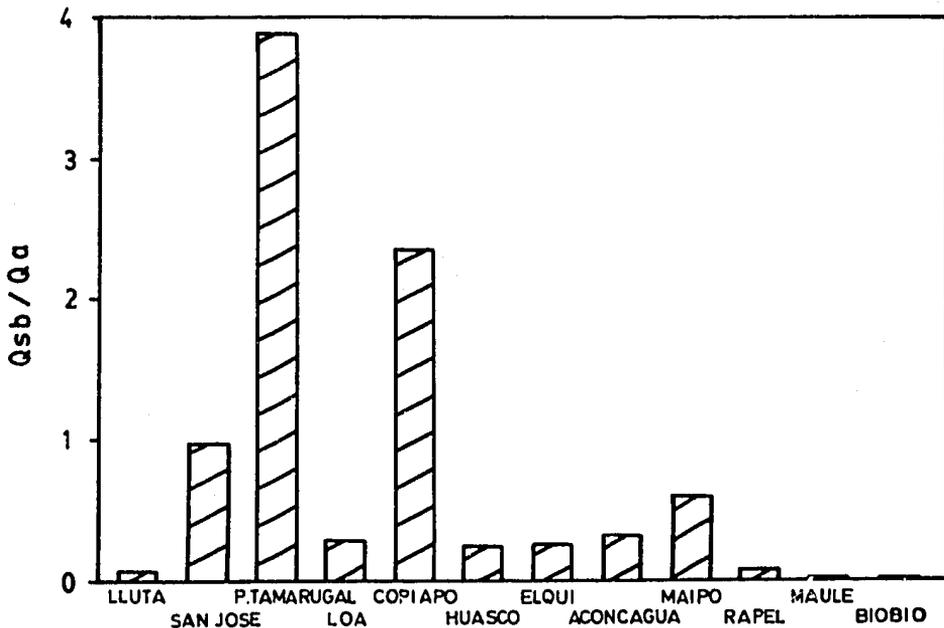
La provincia de cuencas costeras incluye las cuencas de vertientes Pacífico sin respaldo andino, con nacientes en la Cordillera de la Costa. En general se trata de acuíferos libres de pequeña extensión con espesor inferior a 100 m, en los cuales los pozos explorados presentan una productividad mediana o baja. En los acuíferos utilizados para abastecimiento de poblaciones costeras se han detectado con frecuencia problemas de intrusión salina.

La importancia del agua subterránea en relación a los recursos hídricos totales es muy variable a lo largo del país. En general ella es un componente secundario en las zonas de alta pluviosidad, pero en las zonas áridas y semiáridas puede ser una fracción muy significativa del escurrimiento total. Este es el caso de los valles del Norte Chico y Grande, donde la interacción de los flujos superficiales y subterráneos es especialmente relevante, y la fluctuación de la transmisibilidad de los rellenos a lo largo del río produce sectores característicos de infiltración y afloramiento de los recursos hídricos (e. g., valle de Copiapó).

No existen antecedentes completos y actualizados de la explotación de los recursos subterráneos del país, sin embargo, los datos disponibles muestran en general una evidente subexplotación. Sólo algunos sectores del norte enfrentan la perspectiva de una eventual sobreexplotación: el Valle de Azapa, Pampa del Tamarugal, valle del Río Copiapó, Cuenca de Chacabuco-Polpaico y algunos acuíferos costeros.

La importancia del uso del agua subterránea en algunas cuencas del norte y centro del país se puede observar en la Figura 20.9 mediante un índice que entrega la capacidad instalada de pozos de aguas subterráneas (según datos de 1978) por unidad de caudal afluente al valle. Cabe advertir, para una correcta interpretación, que la capacidad instalada es varias veces superior a lo efectivamente explotado como caudal continuo de agua subterránea.

**Figura 20.9**  
**Uso del Agua Subterránea**



Nota: Qsb: capacidad instalada en pozos profundos. Qa: caudal afluente al valle

### 3. Uso de los Recursos Hídricos en Chile

#### 3.1. Consideraciones Generales

Para la adecuada comprensión de este capítulo es conveniente definir los tipos de uso y precisar algunos conceptos relativos a la eficiencia de aprovechamiento. Los usos del agua pueden clasificarse en los que consideran su captación desde el cauce y los que se realizan directamente en el río. A su vez los primeros pueden ser no consuntivos o consuntivos, según consideren o no la devolución de las aguas al cauce después de su uso.

Los principales usos consuntivos son los agrícolas, domésticos, mineros e industriales, mientras que los no consuntivos se refieren básicamente a la generación hidroeléctrica.

El aprovechamiento de recursos hídricos en el río (*in situ*) no tiene un reconocimiento legal explícito en nuestro país. En la práctica, ellos corresponden al aprovechamiento del río para fines recreacionales, de navegación, escénicos, ambientales, y muy especialmente como receptor de efluentes contaminados de origen doméstico, industrial o minero.

En relación a los usos consuntivos cabe destacar que una fracción muy significativa de ellos también retorna al cauce, ya sea en forma localizada o difusa. En consecuencia la diferencia con el uso no consuntivo es de naturaleza principalmente legal, y dice relación con la ausencia de un compromiso por parte del usuario de devolver un caudal al río.

De acuerdo a lo anterior, conviene distinguir entre las demandas netas, que corresponden a lo efectivamente consumido y que es evaporado o incorporado al producto, y las demandas brutas, que consideran el caudal total captado en el río. La diferencia entre ambos valores constituye el caudal que retorna al sistema hidrológico. En el caso del uso doméstico y agrícola, los caudales de retorno pueden ser en el país del orden del 70% del caudal captado. Los usos industriales y mineros presentan un amplio rango de situaciones, observándose un creciente desarrollo tecnológico orientado a mejorar la eficiencia y reducir los caudales devueltos al cauce. Es importante advertir que el reuso sucesivo del agua que retorna al cauce a lo largo del río mejora sustancialmente la eficiencia de aprovechamiento de los recursos a nivel de la cuenca. De este modo es posible que exista una elevada eficiencia del sistema junto a gran ineficiencia de los usuarios considerados en forma individual.

## 3.2. Caracterización y Evaluación de las Demandas

### 3.2.1. Uso doméstico

La magnitud de la demanda para fines domésticos depende básicamente del número de habitantes, cobertura, dotación media por habitante y eficiencia de los sistemas de distribución. En países como Chile, esta demanda se caracteriza por su elevado dinamismo producto del crecimiento demográfico, el mejoramiento de los niveles de vida y el acelerado proceso de concentración urbana en pocas ciudades.

En la actualidad, la cobertura en abastecimiento de aguas en el país alcanza a 98% en zonas urbanas y 79% en las rurales, con un total de 11.250.000 personas servidas, estimándose que el consumo anual llega a 37,5 m<sup>3</sup>/s, lo que significa una dotación bruta promedio de 288 l/hab/día. La proyección de la demanda para fines urbanos muestra que posiblemente hacia el año 2050 la demanda total del país se habrá duplicado debido al crecimiento demográfico y al aumento de las dotaciones.

La Tabla 20.2 entrega el caudal utilizado en servir las demandas domésticas por región, donde se comprueba que el 71% del consumo se concentra en los grandes centros urbanos de la Región Metropolitana de Santiago, V Región de Valparaíso y VIII Región del Biobío.

Región	Población (10 <sup>3</sup> hab)	Cobertura (%)	Consumo (bruto)		Dotación (bruta) (1/hab/día)
			10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	
I	331	98	35,5	1,13	294
II	350	99	55,9	1,14	281
III	161	98	23,2	0,74	395
IV	223	98	28,0	0,89	237
V	1.160	96	144,2	4,57	341
R.M.	5.295	99	586,9	18,60	304
VI	376	97	41,9	1,33	305
VII	437	97	49,2	1,56	308
VIII	1.199	97	108,3	3,43	247
IX	451	98	33,5	1,06	203
X	53	97	44,0	1,40	237
XI	52	98	7,6	0,24	393
XII	139	99	18,7	0,59	369
Subtotal	10.784	98	1.156,9	36,60	294
Rural Conc.	692	79	26,5	0,84	105
Total	11.476	97	1.183,4	37,50	283

**Nota:** Los totales no incluyen población rural no concentrada, estimada en 1.484.000 hab.

**Fuente:** Basado en MOP-CORFO, 1992, y en información proporcionada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios en 1991.

Es importante señalar que en las ciudades normalmente se combinan usos domésticos con industriales, servicios públicos u otros, de modo que la tasa de consumo por habitante, índice normalmente utilizado para la estimación de esta demanda, refleja las condiciones particulares de cada ciudad. Además se debe considerar que las demandas presentan fuertes fluctuaciones horarias, diarias y estacionales, en torno al valor medio.

### 3.2.2. Uso Agrícola

Las zonas agrícolas de Chile, donde resulta atractivo el regadío van desde el extremo norte hasta la IX Región de la Araucanía. También existen zonas trasandinas, ubicadas en Chiloé continental y en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, que están actualmente regadas. En la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, en años recientes, ha habido interés por mejorar el rendimiento de algunas praderas introduciendo el riego artificial.

Se estima que en Chile, de 2,5 millones ha regables mediante técnicas convencionales, las superficies bajo canal alcanzan unos 2,0 millones de ha, de las cuales 1,2 tienen una adecuada seguridad de riego y 0,8 son de riego eventual. Las eficiencias de riego a nivel predial son muy bajas y en general no superan el 30%, aun cuando existe un significativo aumento de las áreas que utilizan riego altamente tecnificado. La Tabla 20.3 entrega una estimación global de las demandas, considerando una tasa de riego en bocatoma de 12.000

m<sup>3</sup>/ha/año, y las superficies de riego para un año medio estimadas en el Informe de Política Nacional de Aguas de la Dirección General de Aguas en 1975.

Región	Superficie Regada en Año Medio (ha)	Demanda Bruta	
		mill.m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /s
I	7.450	89,4	2,8
II	3.600	43,2	1,4
III	24.700	296,4	9,4
IV	106.260	1.275	40,4
V	84.370	1.012	32,1
R.M.	228.500	2.742	86,9
VI	377.130	4.526	143,5
VII	459.900	5.519	175,0
VIII	244.400	2.933	93,0
IX	83.200	998,4	31,7
<b>Total</b>	<b>1.619.510</b>	<b>19.434,4</b>	<b>616,2</b>
<b>Nota:</b> Para la demanda bruta se adoptó una tasa de riego en bocatoma de 12.000 m <sup>3</sup> /ha año			
<b>Fuente:</b> Basando en DGA-IPLA. 1975. <i>Política Nacional de Aguas</i> . Dirección General de Aguas. Borrador.			

Considerando la magnitud y naturaleza de las inversiones involucradas, se estima que el desarrollo futuro de las superficies regadas estará fuertemente determinado por la política del Estado en este tema. En todo caso, las metas debieran estar orientadas a mejorar la seguridad de riego de las 800.000 ha de riego eventual e incorporar 500.000 ha nuevas para completar el total de la superficie regable.

### 3.2.3. Uso Hidroeléctrico

La generación de energía eléctrica en el país se basa fundamentalmente en el desarrollo de sus recursos hidroeléctricos. En la actualidad, aproximadamente el 70% de la potencia instalada es de este tipo, correspondiendo el 30% restante a plantas térmicas. Estas últimas tienen como objetivo dar seguridad al sistema frente a la variabilidad hidrológica.

El inventario de los recursos hidroeléctricos del país entrega una potencia total de 23.700 MW, de los cuales se han desarrollado a la fecha 3.070 MW mediante la operación de 51 centrales<sup>6</sup>. La operación del Sistema Interconectado Central, que se extiende desde Copiapó a Puerto Montt, permite el eficiente transporte de energía desde las distintas centrales hacia los grandes centros consumidores.

La potencia instalada está fuertemente concentrada en las cuencas de los ríos Maule

<sup>6</sup> ENDESA. 1973. *Catastro de Recursos Hidroeléctricos de Chile*. Empresa Nacional de Electricidad S.A., Santiago.

y Biobío, con un 38 y 27% del total, respectivamente (ver Tabla 20.4). La potencia teórica se concentra en la zona central-sur, siendo muy importante el aporte de ríos ubicados de la X Región de Los Lagos hacia el sur, que representan un 51,3% de la potencia total.

Región	Potencia (MW)		Caudal de Diseño (m <sup>3</sup> /s)	
	Explotación	Total Inventario	Explotación	Total Inventario
I	10,2	104	1,35	11
II	0,2	4	s/d	s/d
III	8,3	22	s/d	s/d
IV	16,0	94	1,9	19
V	33,4	168	10,0	43
R.M.	296,7	1.260	161,5	1.047
VI	484,7	1.049	690,8	914
VII	1.159,4	2.620	895,0	2.496
VIII	836	3.350	401	3.428
IX	-	473	-	1.403
X	216,5	4.372	331,0	5.375
XI	6,7	5.040	3,3	4.490
XII	1,0	220	s/d	422
<b>Total</b>	<b>3.069,1</b>	<b>18.776</b>	<b>2.495,85</b>	<b>19.648</b>

**Nota:** El factor de planta promedio se estimó en 60%.  
s/d: Sin datos

**Fuente:** ENDESA. 1986. *Producción y Consumo de Energía en Chile*. Empresa Nacional de Electricidad S.A., Santiago.

ENDESA. 1973. *Catastro de Recursos Hidroeléctricos de Chile*. Empresa Nacional de Electricidad S.A., Santiago.

El análisis de los escenarios futuros de abastecimiento eléctrico indica que la generación hidromecánica continuará siendo la base eléctrica del país hasta aproximadamente el año 2040, fecha en la cual se habrá aprovechado la totalidad de los recursos económicamente factibles de desarrollar, lo que significará sextuplicar la potencia instalada<sup>7</sup>.

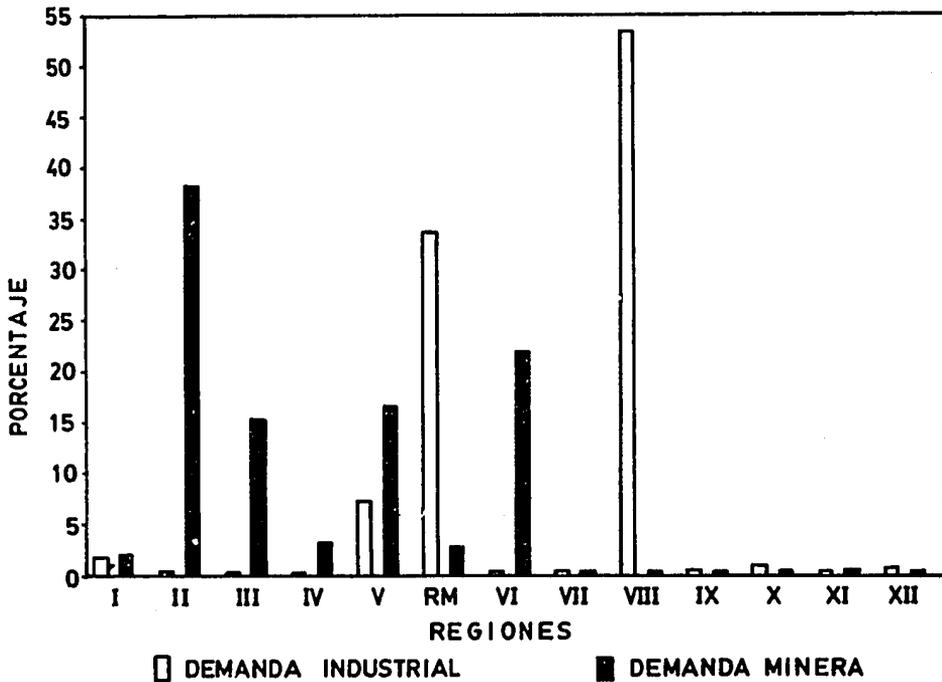
En términos de los caudales demandados, en la actualidad estos desarrollos significan un caudal máximo aprovechable de 2.500 m<sup>3</sup>/s, llegando, cuando se alcance el aprovechamiento completo del potencial, a unos 20.000 m<sup>3</sup>/s. Estas demandas, por su carácter no consuntivo, pueden ser compatibles con otros usos del recurso hídrico; sin embargo, ellas también resultan en cierto grado competitivas. Ello se debe a las diferencias en la distribución temporal de las demandas agrícolas y eléctricas, a la reducción de los caudales de generación que significa el desarrollo de usos consuntivos aguas arriba de una central y a la limitación que introduce la pérdida de cota asociada a la producción de energía.

<sup>7</sup> Bennewitz, R. 1987. *Aprovechamiento Futuro del Potencial Hidroeléctrico Chileno*. En: Anales del Congreso Ingeniería Chilena en el Siglo XXI. Instituto de Ingenieros. Machatte, Santiago.

### 3.2.4. Uso Minero-Industrial

En el país no existen estadísticas del consumo de agua de estos sectores, por lo que es necesario recurrir a antecedentes indirectos o fragmentarios. Se estima que el uso minero del agua alcanza un caudal cercano a 7 m<sup>3</sup>/s, y aunque en valor absoluto no resulta significativo, es muy importante por la heterogeneidad de su distribución en el país (Figura 20.10), y su alta competitividad con otros usos en algunas regiones (e.g., II y III Región). Es así como en la II Región de Antofagasta, que concentra cerca del 40% de la demanda nacional de recursos hídricos para minería, es el principal consumo (neto) y supera los caudales empleados para agricultura y fines domésticos. Estas demandas tienen un alto dinamismo, y se han duplicado en los últimos 25 años a pesar del mejoramiento de la eficiencia en los proyectos más modernos.

**Figura 20.10**  
Distribución de la Demanda Industrial y Minera



Se debe recordar además que este sector normalmente se localiza en la alta cordillera, aguas arriba de otros usuarios, generando conflictos por los contaminantes que pueden incorporarse desde efluentes mineros.

Con respecto al uso industrial, la ausencia de antecedentes y estudios impiden tener una idea realista de su situación actual. Las dificultades se acentúan porque en Chile una parte de los usos industriales está confundida con el resto de los usos urbanos. Para tener una idea general de este uso se ha recurrido a estimaciones indirectas en base a la producción industrial para el año 1970, efectuadas en el texto de Política Nacional de Aguas elaborado por la Dirección General de Aguas en 1975. El caudal medio consumido por la industria en todo el país se estimó en 16 m<sup>3</sup>/s. La alta concentración de la actividad industrial en la VIII Región del Biobío, Región Metropolitana de Santiago y V Región de Valparaíso representa más del 90% de la demanda para fines industriales (ver Figura 20.10). Destaca la importancia del uso del agua en los grupos de industrias metálicas básicas, combustibles, lubricantes y papeles y cartones.

### 3.2.5. Usos *in situ*

En el país se reconocen distintos tipos de este uso, como el aprovechamiento del agua en bofedales y vegas para alimentación de ganado en la zona altiplánica, dilución de contaminantes, uso recreacional, escénico y de preservación ambiental, pesca y navegación.

Estos usos no son explícitos en el ordenamiento legal y tampoco han sido motivo de labores de inventario, de modo que no se tiene una idea de su relevancia. No obstante, en los últimos años se han desarrollado diversas iniciativas y se han presentado conflictos que ponen de manifiesto la vigencia de estos aprovechamientos. Algunos ejemplos de ello son: la asignación de recursos hídricos considerando la protección de la belleza escénica en los Saltos de los ríos Laja y Petrohué, las presentaciones para impedir la disminución de la capacidad de dilución de contaminantes del Río Biobío, la limitación de la extracción para respetar la existencia de caudales ecológicos y otros.

### 3.2.6. Demandas Totales

Entre los usos consuntivos (ver Tabla 20.5) el 89% corresponde al riego, pero si se considera el conjunto de usos consuntivos y no consuntivos, el principal es la hidroelectricidad, con 68% del total. Los usos domésticos y mineros-industriales son del orden del 5% de los usos consuntivos cada uno.

Uso del Agua	Demanda (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje de Uso Consuntivo	Porcentaje de Uso Total
Agrícola	620	89,2	-
Doméstico	38	5,5	-
Minero-Industrial	37	5,3	-
Total uso consuntivo	695	100,0	31,7
Hidroeléctrico	1.500	-	68,3
Total	2.195	-	100,0
Nota: Los valores de demanda corresponden a caudales captados			

#### 4. La Competencia por el Aprovechamiento de Recursos Hídricos

##### 4.1. Intensidad del Uso de Recursos Hídricos en el País

Para una adecuada caracterización del problema de los recursos hídricos en el país es necesario efectuar un balance entre demandas y disponibilidades. El carácter estocástico de las variables hidrológicas obliga al estudio de series de tiempo de caudales que permitan definir las situaciones de déficit, considerando además la localización espacial de ofertas y demandas.

Este tipo de estudio no está disponible en el país a nivel nacional o regional. Por esta razón, y con un propósito básicamente ilustrativo, se han confeccionado indicadores simples que permiten visualizar la intensidad de uso de los recursos hídricos en algunas cuencas representativas, comparando el caudal medio afluente al valle, el caudal medio sobrante en la desembocadura al océano y el caudal mínimo sobrante registrado históricamente en períodos de sequía, para 12 cuencas ubicadas del Río Biobío al norte (ver Tabla 20.6). Para las mismas cuencas se muestran los requerimientos de carácter doméstico y agrícola, agregando a modo de referencia los valores correspondientes a España y Francia (ver Tabla 20.7). Las demandas se expresan en porcentaje del caudal medio afluente al valle y en unidades físicas por unidad de caudal.

Cuenca	Qa (m <sup>3</sup> /s)	Qs (m <sup>3</sup> /s)	Qms (m <sup>3</sup> /s)	Qs/Qa (%)	Qms/Qa (%)
Río Lluta	2,3	1,4	0,09	60,9	3,9
Río San José	1,5	0,0	0,00	0,0	0,0
Pampa del Tamarugal	1,0	0,0	0,00	0,0	0,0
Río Loa	2,8	0,6	0,04	21,4	1,4
Río Copiapó	2,9	0,1	0,04	3,4	1,4
Río Huasco	3,5	1,7	0,30	48,6	8,6
Río Elqui	8,1	1,0	0,15	12,3	1,9
Río Limarí	15,1	7,5	0,00	49,7	0,0
Río Choapa	13,2	12,8	0,04	97,0	0,0
Río Aconcagua	38,0	30,0	0,00	78,9	0,0
Río Maipo	116,0	100,0	1,00	86,2	0,9
Río Rapel	130,0	174,0	1,00	133,8	0,8
Río Maule	257,0	569,0	58,00	221,4	22,6
Río Biobío	639,0	1.000,0	120,00	156,5	18,8

Nota: Qa y Qs: Caudales medios. Qms: caudal mínimo diario

Fuente: Basando en DGA. 1987. *Balance Hídrico de Chile*. Dirección General de Aguas, Santiago.

**Tabla 20.7**  
**Importancia Relativa de Distintos Tipos de**  
**Aprovechamiento en Cuencas Chilenas**

Cuencas	Rap (hab/l/s)	Rr (ha/l/s)	Qap/Qa (%)	Qr/Qa (%)
Río San José	97	2,67	28,0	101,5
Río Loa	118	0,51	31,1	19,6
Río Copiapó	29	2,73	8,4	104,1
Río Huasco	17	1,94	5,0	73,9
Río Elqui	28	1,86	8,0	71,0
Río Limarí	8,3	2,72	2,4	103,3
Río Choapa	4,2	1,18	1,2	45,0
Río Aconcagua	28	1,50	8,0	57,1
Río Maipó	38	1,72	11,0	65,6
Río Rapel	5	8,08	1,3	79,0
Río Mataquito	1,4	0,5	0,4	19,1
Río Maule	2	1,11	0,6	42,2
Río Itata	1,6	0,4	0,5	15,3
Río Biobío	2	0,30	0,5	11,3
Francia	7,2	0,12	1,4	5,4
España	9,4	0,73	1,0	9,3

Nota: Rap y Rr: población y superficie regadas respectivamente (por unidad de caudal medio afluente al valle). Qap/Qa: caudal derivado a uso doméstico. Qr/Qa: caudal derivado para riego.

Fuente: Basado en UNESCO. 1985. *National Infrastructures in the Fold of Water Resources*.

DGA. 1987. *Balance Hídrico de Chile*. Dirección General de Aguas, Santiago.

El análisis indica que las cuencas ubicadas al norte del Río Aconcagua presentan, en promedio, caudales sobrantes muy reducidos, y en algunas de ellas prácticamente inexistentes. Esto resulta aún más grave si se observa que en condiciones de sequía extrema los caudales son nulos hasta la cuenca del Rapel. Algunos casos relativamente anómalos por la magnitud de los sobrantes (cuencas de los ríos Lluta y Loa) se explican por la deficiente calidad de sus aguas, que las hacen inutilizables para ciertos usos. Los caudales captados son de magnitud similar al caudal afluente promedio, lo que se explica sólo por el importante reuso de las aguas. Al sur del Río Rapel, hasta la cuenca del Biobío, la situación de escasez es cualitativamente diferente, ya que la existencia de sobrantes demuestra que los recursos hídricos no constituyen una limitante absoluta en términos regionales.

La intensidad del uso de los recursos hídricos se refleja además en el valor de la población y superficie de riego que se debe abastecer por unidad de caudal. El índice respecto a la población es extraordinariamente elevado en las cuencas del norte con aguas de buena calidad, y en general se mantiene alto hasta la cuenca de Santiago, descendiendo drásticamente desde el Rapel hacia el sur (ver Tabla 20.7). Por su parte, la superficie regada por unidad de caudal no muestra tendencias muy definidas desde la cuenca de Rapel al norte, como consecuencia de la competencia entre usos alternativos, restricciones por el deterioro de la calidad del agua y disponibilidad de suelo. Las cuencas del sector sur (Maule y Biobío) muestran claramente una mayor disponibilidad de recursos en relación al suelo que las

anteriores. La comparación de estos índices con los obtenidos para Francia y España ilustra la presión sobre los recursos de Santiago al norte por estos tipos de aprovechamiento, situación aún más grave en regiones donde los usos mineros son muy significativos (II Región de Antofagasta y III Región de Atacama).

En líneas generales en el país se pueden identificar tres regiones para caracterizar la situación de las demandas y ofertas hídricas: a) de Santiago hacia el norte, donde los recursos son una clara limitante al desarrollo y existe una aguda competencia entre el sector doméstico, agrícola y minero; b) desde el Rapel al Río Biobío, donde hay una mayor abundancia relativa de recursos y existe competencia entre el sector agrícola y el hidroeléctrico; y c) al sur del Río Biobío, donde en general los usos aún son poco significativos y los conflictos se originan en aspectos relativos a la problemática ambiental.

#### **4.2. Gestión de los Recursos Hídricos y Situación Legal**

La importancia de los recursos hídricos para el desarrollo del país llevó desde tiempos coloniales a realizar importantes obras de aprovechamiento, y al establecimiento de sistemas que regularan las relaciones entre los diversos usuarios, permitiendo la administración de los recursos.

En 1951, recogiendo las ideas del Código Civil de 1855 y las múltiples leyes relativas al agua existentes en esa fecha, se preparó un Código de Aguas que estructuraba en un todo orgánico la legislación del sector. En 1967 y 1981 se dictaron dos nuevos códigos, lo que muestra la importancia que la sociedad chilena asigna a la regulación legal de los recursos hídricos.

De acuerdo a la legislación vigente, las aguas son bienes nacionales de uso público, y lo que se otorga a los particulares es el derecho de su aprovechamiento, que es un derecho real de dominio de su titular, quien puede usar y disponer libremente de él. Se trata por tanto de un derecho comerciable, independiente del fin a que estén destinadas las aguas. Los derechos se constituyen originariamente por un acto de la autoridad (Dirección General de Aguas), siguiendo determinadas disposiciones contenidas en el Código, pero a continuación el medio regulador básico para que ese derecho sea utilizado adecuadamente son los mecanismos propios del mercado. En la situación actual, en la gran mayoría de los cauces de la zona norte y central existe un agotamiento de los recursos hídricos superficiales, de modo que no se conceden nuevos derechos de carácter consuntivo y permanente, lo que obliga a los interesados a comprarlos a los actuales propietarios. Esto no ocurre con los derechos de carácter no consuntivo, para generación hidroeléctrica, y de aguas subterráneas, sobre los que se han presentado en los últimos años numerosas solicitudes para la constitución de nuevos derechos.

La administración y distribución de los recursos hídricos se realiza a través de organizaciones constituidas por los propios usuarios, tales como: juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas y comunidades de agua. En esta materia, la Dirección General de Aguas cumple una labor de tuición general y regulación. Se estima que existen en el país unos 300.000 usuarios de agua organizados legalmente (unas 42 juntas de vigilancia), y existen entre 2.000 y 3.000 asociaciones de canalistas y comunidades de aguas registradas legalmente en la Dirección General de Aguas.

No obstante, en la actualidad no existe en Chile una gestión unificada de los recursos hídricos a nivel de cuencas hidrográficas, y no cabe duda que su ausencia es una importante limitación del actual ordenamiento de estos recursos. Ello en ocasiones puede impedir el adecuado tratamiento de situaciones complejas, como las que se refieren a interacción de aguas superficiales y subterráneas, problemas ambientales y manejo de los recursos en condiciones de sequía.

También es importante señalar que no existen en el país planes de ordenamiento que consideran el desarrollo conjunto de los distintos sectores usuarios. De hecho, los diversos sectores programan su desarrollo futuro de acuerdo a análisis económicos pertinentes, según sean públicos o privados, considerando los recursos hídricos como un insumo más. Las externalidades económicas negativas, frecuentes en los sistemas hidrológicos y usualmente de carácter sutil y con significativo retardo en el tiempo, no tienen en el actual ordenamiento instancias definidas para incorporarse al proceso de toma de decisiones.

## 5. Otros Aspectos Relevantes

El problema de los recursos hídricos en una sociedad es dinámico, ya que queda determinado por las exigencias y condiciones que impone el progreso socioeconómico y cultural del país, por el desarrollo científico y tecnológico en relación a la prospección y aprovechamiento de los recursos hídricos y por la variabilidad climática.

La experiencia de los países desarrollados en manejo y planificación de los recursos hídricos ha pasado progresivamente de una fase en donde predominan problemas cuantitativos a otra donde la restricción principal la imponen aspectos de calidad de las aguas y medio ambiente. En este sentido, junto al problema extraordinariamente agudo de la contaminación de los recursos hídricos por descargas de origen doméstico, industrial, minero o agrícola, cabe mencionar fenómenos asociados al desarrollo socioeconómico, como el cambio de uso de la tierra, la deforestación y la erosión de laderas, entre otros. Además cabe destacar las nuevas tendencias que buscan conservar el medio natural y la vida silvestre, que pueden ejercer restricciones crecientes a las alternativas de uso de los recursos hidrológicos.

Además de los problemas relativos al aprovechamiento, se debe mencionar la incertidumbre por la disponibilidad como consecuencia de la variabilidad climática, y por la problemática del cambio climático global y su relación con los recursos hídricos en Chile. Resulta especialmente notable la observación de las series históricas de precipitaciones en el Norte Chico, que muestran en promedio una fuerte disminución desde el siglo pasado. Se estima que si este cambio se produce, se intensificaría la desertificación en sectores como el Norte Chico y la zona central, y aumentaría la pluviosidad en el altiplano. También se ha señalado, en base a estudios de sensibilidad con modelos de simulación hidrológica, que en las cuencas de régimen nivo-pluvial del Norte Chico y zona central, el aumento de la temperatura del aire produciría un incremento de los caudales de invierno y primavera que podría alcanzar al 100% en condiciones extremas, y una reducción de los caudales de verano y otoño del orden de 10 a 20%<sup>\*</sup>.

---

<sup>\*</sup> Peña, H. 1989. *Sensibilidad del Régimen Hidrológico de la Cuenca Superior del Rto Maipo a un Cambio Climático*. IX Congreso Nacional de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.

El tema de la evolución climática es de extraordinaria trascendencia en relación al problema de los recursos hídricos en el siglo XXI, y requiere una evaluación más completa.

*Capítulo 21*

*Recursos Forestales y Efectos Ambientales Derivados de su Uso*

*Luis Otero D.*

*Instituto Forestal*

## CAPITULO 21. RECURSOS FORESTALES Y EFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DE SU USO

Autor: Luis Otero D., Instituto Forestal

### 1. Introducción

Los bosques son uno de los recursos naturales con mayor incidencia sobre el medio ambiente, debido a la enorme extensión del territorio que cubre, a sus largos ciclos de vida y a sus múltiples funciones vinculadas a la conservación de las aguas, suelos, climas locales y fauna silvestre. Además, los bosques proveen a la sociedad una serie de bienes y servicios indispensables para su desarrollo, que cubren múltiples necesidades, como vivienda, empleo, energía y recreación, formando parte del patrimonio cultural de la población de las regiones y del país entero<sup>1</sup>.

Se estima que en el país hay una superficie total de 9.188.644 ha de bosques potencialmente productivos, de los cuales 7.616.500 ha corresponden a bosques naturales, 1.312.812 ha a plantaciones de *Pinus radiata* y 259.322 ha a bosques de otras especies<sup>2</sup>. La distribución regional de los bosques nativos muestra que el 47% se concentra en la X Región de Los Lagos (ver Tabla 21.1). Por su parte, el 46% de las plantaciones de especies exóticas se concentra en la zona centro-sur, VIII Región del Biobío (ver Tabla 21.2).

Región	Superficie y % (miles de ha)	Volumen (millones de m <sup>3</sup> )
I	4,0 (0,05)	0,1
V	-	-
R.M.	2,7 (0,04)	0,1
VI	41,2 (0,54)	1,2
VII	196,4 (2,58)	6,4
VIII	401,7 (5,27)	24,1
IX	632,9 (8,31)	82,0
X	3.592,6 (47,17)	744,2
XI	1.686,0 (22,14)	50,6
XII	1.059,0 (13,90)	31,8
Total	7.616,5 (100,0)	940,5

Fuente: INFOR-CORFO. 1993. *Estadísticas Forestales 1992*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.

<sup>1</sup> Lara, A. 1985. *Los Ecosistemas Forestales en el Desarrollo de Chile*. Ambiente y Desarrollo N° 1.

<sup>2</sup> INFOR-CORFO. 1993. *Estadísticas Forestales 1992*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.

Región	Superficie (miles de ha)		Volumen <i>Pinus radiata</i> (millones de m <sup>3</sup> )
	<i>Pinus radiata</i>	<i>Eucalipto</i>	
I	-	51	-
II	-	1	-
III	-	518	-
IV	-	1.483	-
V	23.043	31.670	4,2
R.M.	966	5.522	0,1
VI	66.886	13.488	7,5
VII	299.996	13.154	29,0
VIII	611.743	67.479	94,4
IX	203.260	18.517	23,6
X	106.918	19.635	11,3
XI	-	2	-
Total	1.312.812	171.520	170,1

Fuente: INFOR-CORFO. 1993. *Estadísticas Forestales 1992*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.

## 2. La Producción del Sector Forestal

La actividad forestal ha experimentado un crecimiento sostenido en el país, con una participación del 2,2 al 3,3% en el Producto Geográfico Bruto desde 1980 a 1992<sup>3</sup>. La principal característica del sector forestal chileno actual es que la mayor parte de su producción se deriva de la explotación del pino radiata (ver Tabla 21.3). Es así como en 1992, de los más de 18,8 millones de m<sup>3</sup> de trozas extraídas del bosque, el 74,5% provino de las plantaciones de esa conífera, mientras que la diferencia corresponde principalmente a bosque nativo y plantaciones de eucalipto, 20,9% y 4,6%, respectivamente. Esta situación no siempre fue así. Hasta fines de 1950 la industria forestal tenía como principal fuente de materia prima a los bosques naturales. A partir de 1965 el consumo de especies nativas fue decreciendo aceleradamente, de manera que las plantaciones de pino radiata se convirtieron en la fuente principal de abastecimiento de toda la industria forestal. Recientemente, a partir de 1988 la utilización de los bosques naturales ha experimentado un profundo cambio, aumentando nuevamente su participación como consecuencia del vertiginoso crecimiento de las exportaciones de astillas. Es así como este rubro ha llegado a ser el primer consumidor de maderas nativas y, a la vez, el tema central del debate forestal chileno. Las actividades que aportan la mayor cantidad de madera son: industria de aserrío (6,44 millones de m<sup>3</sup>), industria de la pulpa (6,98 millones de m<sup>3</sup>) y producción de astillas (3,08 millones de m<sup>3</sup>). El resto lo componen la exportación de trozas, la industria de tableros y chapas y la madera para embalaje, que en conjunto representan 2,28 millones de m<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Id. a nota 2.

Actividad	<i>Pinus radiata</i>	Bosque Nativo	<i>Eucalyptus</i>	Total por Actividad
<b>A. Industria</b>				
Trozos para exportación	1.190,9	0,97	95,7	1.287,57 (6,8%)
Astillas	446,7	1.981,00	660,3	3.088,0 (16,4%)
Trozos para aserrío	5.426,5	933,70	89,3	6.449,5 (34,3%)
Trozos para pulpa	6.218,1	767,80	0	6.985,9 (37,2%)
Fabricación de tableros y chapas	473,9	196,60	26,3	696,8 (3,7%)
Trozos para embalaje	251,0	46,10	0	297,1 (1,6%)
<b>Total</b>	14.007,1 (74,5%)	3.926,17 (20,9%)	871,6 (4,6%)	18.804,87 (100,0%)
<b>B. Leña</b>	1.592,3 (15,3%)	6.475,4 (62,2%)	2.335,4 (22,5%)	10.403,1 (100,0%)
Fuente: INFOR-CORFO. 1993. <i>Estadísticas Forestales 1992</i> . Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.				
Elaboración propia				

Es interesante destacar que la extracción de madera desde el bosque nativo no mantiene la misma proporción en las distintas actividades. Por el contrario, presenta una variación, fluctuando desde el 20% de participación en la extracción de madera pulpable, hasta un 50% de aquella destinada a la producción de astillas.

### 2.1. Industria del Aserrío

La producción de este sector durante 1992 fue de 3,02 millones de m<sup>3</sup>, consistiendo fundamentalmente en pino radiata más una pequeña participación de especies nativas que no alcanza al 11,1%. El producto derivado de esta actividad se destinó tanto al mercado externo como interno, en una proporción de 27,8% y 72,2%, respectivamente.

Cabe señalar que la producción de 1992 fue superior al promedio de los últimos diez años, con un valor de 2,42 millones de m<sup>3</sup>. Un aspecto interesante de destacar es el referente a la ocupación en este rubro, la cual asciende a 18.433 personas, representando el 39,5% del total empleado en la industria forestal<sup>4</sup>.

### 2.2. Industria de la Pulpa

En los últimos diez años la producción de esta industria alcanzó un valor promedio de 927.000 ton, acercándose la producción en 1992 a 1.680.000 ton, cifra que reúne tanto

<sup>4</sup> Id. a nota 2.

a la pulpa mecánica como a la química. El consumo de trozas por este sector fue de 6,98 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 89% corresponde a pino radiata y el resto a eucalipto. Por otra parte, el principal destino de la producción lo representó el mercado externo con un 72,0%. La mano de obra ocupada en 1992 fue de 8.417 personas, equivalente a un 18% del total de la industria forestal<sup>1</sup>.

### 2.3. Industria de Tableros y Chapas

En el período 1982-1992 la producción promedio de este rubro fue de 262.130 m<sup>3</sup>, alcanzando en el último año una cifra de 471.209 m<sup>3</sup>, de las cuales 334.800 fueron comercializadas en el mercado nacional, destinándose la diferencia a la exportación. El consumo de trozas representó más de 696.800 m<sup>3</sup>, los que se componen de pino radiata (68%), especies del bosque nativo (29,2%) y eucalipto (2,8%). Con respecto a la ocupación en este rubro, ésta equivale al 7,4% del total de la industria forestal (3.447 personas)<sup>1</sup>.

### 2.4. Industria de Cajones y Embalajes

El consumo de madera en trozas de esta industria durante 1992 fue de 297.100 m<sup>3</sup>, representando sólo el 1,6% del total consumido por todos los sectores. Generó una producción de 81.700 m<sup>3</sup> (cifra superior al promedio de los últimos tres años de 79.200 m<sup>3</sup>), de los cuales la mayor parte (95,7%) fue exportado directa o indirectamente. Esta producción se obtuvo empleando 4.424 personas, cifra que representa al 9,5% del total de la industria forestal<sup>1</sup>.

### 2.5. Industria del Astillado

En los últimos tres años la producción promedio de astillas fue de 4 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente, cifra inferior a la producida en 1992, la cual superó los 5 millones de m<sup>3</sup>. Esta se originó de madera en trozas proveniente directamente del bosque (3,08 millones de m<sup>3</sup>), y también producto del aprovechamiento de material residual de los procesos de aserrío y explotación. El consumo de madera en trozas por este sector constituye una excepción entre las industrias forestales, pues es el único donde la participación del bosque nativo (64,2%) es superior a la suma de las participaciones del pino (14,5%) y eucalipto (21,4%), representando la principal actividad consumidora de madera proveniente de los bosques naturales. Es así como de los 3,9 millones de m<sup>3</sup> de trozas de bosque nativo consumidos por la industria forestal en 1992, 1,98 millones fueron destinados a la industria del astillado (50,5%). De la producción total de astillas el 70,5% se exporta, y la diferencia se consume en el país. Las astillas destinadas al mercado nacional, 1,49 millones de m<sup>3</sup>, se componen casi en un 100% de pino radiata, y se utilizan en la industria de pulpa (92,4%), de tableros (6,4%) o como combustible (0,2%). Por el contrario, el volumen destinado al mercado externo se compone sólo en un 10,7% de pino y en más de un 66% de especies del bosque nativo.

---

<sup>1</sup> Id. a nota 2.

<sup>1</sup> Id. a nota 2.

<sup>1</sup> Id. a nota 2.

En lo relacionado con la ocupación, este rubro emplea el menor número de personas (1.475) de la industria forestal, representando el 3% del total<sup>1</sup>.

## 2.6. Producción de Leña y Combustibles

La extracción de leña y fabricación de carbón son reconocidos como uno de los principales rubros consumidores de madera nativa. En los sectores urbanos el consumo de estos materiales es abastecido fundamentalmente por plantaciones, particularmente de eucalipto, manejadas para este fin. Por el contrario, en el sur del país, y especialmente en los sectores rurales, la leña se extrae directamente de los bosques naturales. El carácter doméstico de esta última actividad, sumado a la informalidad de su mercado, hace muy difícil una cuantificación. Aun así, se estima que el consumo anual de leña y combustibles similares en el país representa 14,4 millones de m<sup>3</sup> de madera, de los cuales se afirma que más de 10,6 millones se extraen directamente desde el bosque, correspondiendo 6,4 millones de m<sup>3</sup> (60%) a especies nativas, lo que constituye una de las causas actuales e históricas de su degradación<sup>2</sup>.

## 2.7. Exportaciones

Las exportaciones del sector han experimentado un rápido crecimiento, convirtiendo a la actividad forestal en una de las principales fuentes de ingresos de la economía nacional. Durante los últimos diez años el país exportó un promedio de US\$ 614,9 millones, siendo la tendencia en 1992 a aumentar esta cifra, alcanzando un valor de retorno de US\$ 1.125,8 millones. Los principales productos exportados son: pulpa química de madera (46,9%), madera aserrada (10%) y astillas (14,56%)<sup>3</sup>. Los productos restantes fueron madera en trozas (5,3%), papel para periódico (5,04%), madera elaborada (2,8%), tableros y chapas (3,07%), cartulinas para tarjetas (0,2%), y otros productos menores (11,92%)<sup>4</sup>.

## 3. Cartografía y Tipos Forestales

Lamentablemente no existe una cartografía actualizada de los tipos forestales del país, y la existente adolece de numerosos defectos, entre los que destacan su parcialidad y su heterogeneidad, ya que se basan en criterios distintos y están realizadas a escalas y zonas diferentes. En la actualidad la Universidad Austral de Chile y la Corporación Nacional Forestal (CONAF) están desarrollando y llevando a cabo un catastro nacional del bosque nativo, cuyos resultados permitirán conocer la verdadera situación de los tipos forestales.

La cartografía más completa a la fecha es el Mapa Preliminar de Tipos Forestales del Instituto Forestal, de 1967, que sólo cubre desde la Laguna del Laja (provincia del Biobío) hasta el sur de Chiloé continental. Existen otras cartografías locales, como la realizada por

<sup>1</sup> Id. a nota 2.

<sup>2</sup> Id. a nota 2.

<sup>3</sup> Id. a nota 2.

<sup>4</sup> Id. a nota 2.

el Centro de Investigaciones de Recursos Naturales en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, la carta de bosques insulares de la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, y recientemente una cartografía forestal de la IX Región de la Araucanía, ambas realizadas por el Instituto Forestal, pero corresponden a estudios de diferentes escalas, objetivos y criterios cartográficos, por lo que resulta difícil complementarlas o resumirlas. Otro tipo de cartografía son las cartas de ocupación potencial, como las de Quintanilla<sup>2</sup> y Gajardo<sup>3</sup>, que proveen un marco de referencia teórico o conceptual sobre la distribución de los tipos forestales y asociaciones vegetales del país. El trabajo más completo sobre los tipos forestales es el realizado por Donoso<sup>4</sup>, sin embargo su cartografía también es de tipo potencial, limitando sus posibilidades de uso.

Dada esta realidad se ha optado por intentar una complementación entre los estudios que poseen escalas similares, como es el caso de Donoso y Quintanilla, complementando la cartografía con la información que entrega Gajardo en el "Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Chilena", y el Instituto Forestal en el "Mapa Preliminar de Tipos Forestales" (ver Figura 21.1).

## 4. Tipos Forestales

### 4.1. Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera

El bosque de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) se desarrolla en sectores de altura en la Cordillera de los Andes, hasta los 2.000 msnm, en un clima caracterizado por su aridez, suelos rocosos erosionados y con elevadas pendientes, pero también se encuentra en escoriales. Según Donoso,<sup>5</sup> este tipo forestal cubriría 47.000 ha, conformando bosques puros. Crece entre el Río Aconcagua y el Río Palena (34°45'-45°S), pero desaparece entre los 42 y 44°S (ver Figura 21.1). En la Carta de Formaciones Vegetales de Chile<sup>6</sup>, este tipo forestal aparece indicado como bosques puros de ciprés de la cordillera; forma bosquetes más o menos puros en cuanto al dosel superior, pero por tratarse de un bosque de ecotono, ubicado en los márgenes de otros, muchas veces se presenta asociado con otras especies<sup>7</sup>, como por ejemplo roble, avellano, maitén, quillay, coihue, etc.

---

<sup>2</sup> Quintanilla, V.G. 1981. *Carta de las Formaciones Vegetales de Chile*. En: Contribuciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Santiago de Chile, Area Geociencias I, 11(47).

<sup>3</sup> Gajardo, R. 1983. *Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Chilena*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

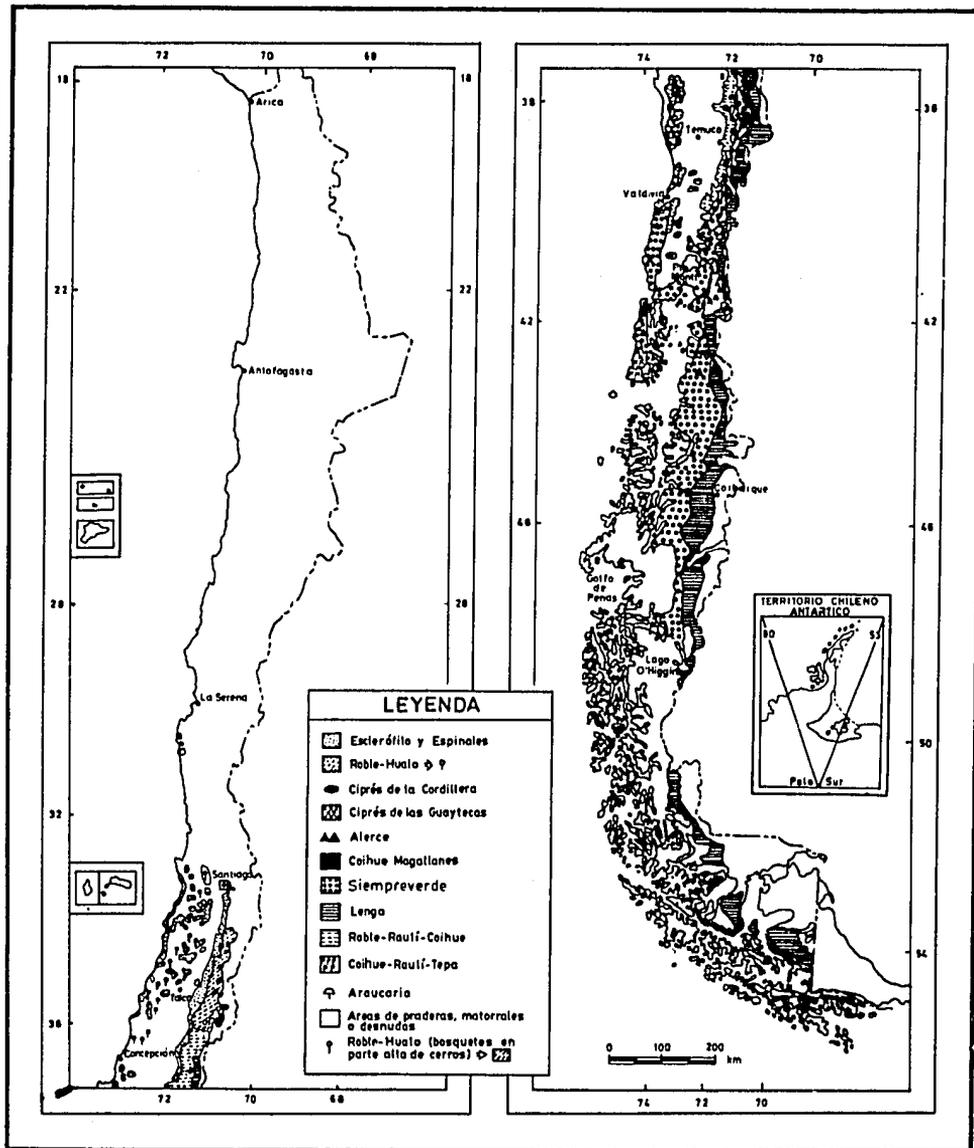
<sup>4</sup> Donoso, C. 1981. *Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile*. CONAF-FAO, Documento de trabajo N° 38, Santiago. 70 pp.

<sup>5</sup> Donoso, C. 1993. *Bosques Templados de Chile y Argentina*. Editorial Universitaria, Santiago. 483 pp.

<sup>6</sup> Id. a nota 12.

<sup>7</sup> Id. a nota 14.

**Figura 21.1**  
**Mapa de los Tipos Forestales de Chile**



Fuente: Basado en información de INFOR (1964 y 1982).

Donoso, C. 1981. *Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile*. CONAF-FAO, Documento de trabajo N° 38, Santiago. 70 pp.

Gajardo, R. 1983. *Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Chilena*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Quintanilla, V.G. 1981. *Carta de las Formaciones Vegetales de Chile*. En: *Contribuciones Científicas y Tecnológicas*, Universidad de Santiago de Chile, Área Geociencias I, 11(47).

## 4.2. Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue

Se trata de un tipo forestal originado por la intervención humana (incendios), y que por lo tanto no existía dentro de las formaciones naturales del país. Corresponde en su mayoría a renovales de alto interés económico<sup>14</sup>, y es el tipo roble-raulí definido en el Mapa Preliminar de Tipos Forestales del Instituto Forestal. Cubriría un área aproximada de 500.000 ha<sup>15</sup>. Se distribuye entre el Río Itata y la Provincia de Osorno (36°30'-40°30'S) en ambas cordilleras, entre los 100 y los 1.000 msnm (ver Figura 21.1).

Las tres especies que forman este tipo pueden encontrarse juntas o en pisos altitudinales. El piso bajo los 600 msnm es ocupado por el roble (*Nothofagus obliqua*), en áreas intermedias (600 a 900 msnm) se sitúa el raulí (*N. alpina*), y en los sitios altos el coihue (*N. dombeyi*)<sup>16</sup>.

## 4.3. Tipo Forestal Ciprés de las Guaytecas

Este tipo forestal se desarrolla en lugares planos y mal drenados, y se presenta como especie dominante del bosque hidrófilo entre los 40° y los 46°S (ver Figura 21.1). En los archipiélagos de Chiloé, Aisén y Magallanes crece en áreas planas al centro de las islas<sup>17</sup>. Su superficie se estima en alrededor de las 173.000 ha<sup>18</sup>. Tiende a formar bosques puros y ralos, pero también se asocia con otras especies como tepú, coihue de Chiloé, canelo y coihue de Magallanes<sup>19</sup>.

A fines del siglo pasado el bosque de ciprés de las Guaytecas (*Pilgerodendrum uviferum*) fue sometido a una intensa explotación, en la que se usó el fuego como método para entrar al bosque, de allí que uno de los subtipos existentes se ha definido como Ciprés Quemado<sup>20</sup>. Otros subtipos son Ciprés-Tepú y Ciprés-Ralo, que muchas veces forman agrupaciones con predominancia de arbustos.

<sup>14</sup> Id. a nota 14.

<sup>15</sup> Donoso, P. 1991. *Diagnóstico de la Situación Actual del Bosque Nativo en Chile*. Trabajo presentado a la Comisión del Medio Ambiente de la Honorable Cámara de Diputados (mimeografiado).

<sup>16</sup> Puente, M., C. Donoso, R. Peñaloza y E. Morales. 1979. *Manejo de Renovales de Roble y Raulí*. Documento de Trabajo N° 29, FAO, DP//CH/76-003. Santiago.

<sup>17</sup> Id. a nota 14.

<sup>18</sup> INFOR-CORFO. 1980. *Determinación del Potencial Energético de los Recursos Leñosos entre la V y X Regiones*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento, Santiago.

<sup>19</sup> Pisano, E. 1977. *Fitogeografía Fuego-Patagónica. Comunidades Vegetales*. Anales del Instituto de la Patagonia, 8:121-250.

<sup>20</sup> Cruz, G. y A. Lara. 1981. *Tipificación, Cambio de Estructura y Normas de Manejo para Ciprés de las Guaytecas en la Isla Grande de Chiloé (Tesis)*. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago. 215 pp.

#### 4.4. Tipo Forestal Roble-Hualo

Se trata de un bosque que sucede en altitud al bosque esclerófilo, ocupando sitios más húmedos que éste en ambas cordilleras de la región mediterránea del país. Se le encuentra en la Cordillera de la Costa desde los 32°50'S (Cerro La Campana), formando bosquetes en las partes altas de los cerros. En la cordillera de los Andes tiene su mejor expresión, en quebradas y suelos de gran pendiente, hasta los 36°30'S en el Rfo Mataquito<sup>26</sup>. Este tipo cubriría un área aproximada de 200.000 ha<sup>26</sup> (ver Figura 21.1).

En su área norte presenta manchas casi puras de roble, ocasionalmente mezclado con especies del bosque esclerófilo (peumo, maitén, quillay y litre). Hacia el sur aparece el Hualo (*Nothofagus glauca*), formando bosquetes aislados que no se mezclan con el roble, y termina dominando este tipo forestal en sus áreas más septentrionales<sup>27</sup>. Otras especies importantes que se van agregando hacia el sur son ciprés de la cordillera, raulí, coihue y otras especies de robles de distribución más localizada como ruil y hualo (*Nothofagus alessandri* y *N. leoni*)<sup>28</sup>. Por su ubicación en la zona central del país, este tipo ha estado sometido a gran presión y floreos desde hace más de un siglo, con el fin de obtener madera para construcciones y últimamente leña y carbón.

#### 4.5. Tipo Forestal Alerce

Este tipo forestal se presenta en forma discontinua entre Valdivia (39°50'S) y el sur de Chiloé (43°30'S) (ver Figura 21.1). En la Cordillera de la Costa se encuentra en las partes altas y planas, y en Los Andes se ubica en el pie de monte hasta el límite de la vegetación a los 1.200 msnm<sup>29</sup>. Crece en suelos poco profundos de origen metamórfico o volcánico, y bajo una precipitación anual muy alta, que puede llegar hasta los 4.000 msnm.

El alerce (*Fitzroya cupressoides*) es una especie muy longeva, que puede vivir hasta 4 mil años, siendo algunos de sus ejemplares catalogados como los seres vivos más antiguos de la Tierra. Hoy existen aproximadamente 54 mil ha de este tipo y su corta se encuentra prohibida en el país.

#### 4.6. Tipo Forestal Lenga

Este es uno de los tipos forestales de mayor interés comercial hoy en el país, por el valor de su madera, la extensión y la simplicidad de sus bosques. La Lenga (*Nothofagus pumilio*) se caracteriza por su follaje deciduo y su plasticidad ecológica, traducida en una distribución que se extiende a lo largo de 2.200 km, desde la localidad de Alto Vilches en la cordillera andina de Talca (35°35'S) hasta la Isla Hoste, en la XII Región de Magallanes

---

<sup>26</sup> Id. a nota 14.

<sup>27</sup> Id. a nota 19.

<sup>28</sup> Id. a nota 14.

<sup>29</sup> Id. a nota 12.

<sup>30</sup> Id. a nota 14.

y de la Antártica Chilena (ver Figura 21.1). En la zona norte se presenta formando el límite arbóreo de la vegetación sobre los 1.000 msnm, y en la zona austral se desarrolla bajo los 700 msnm y hasta el nivel del mar.

Es un bosque bastante pobre en especies, derivado de su carácter deciduo y del ambiente de rigurosidad climática en que se desarrolla. Durante el invierno se acumula gran cantidad de nieve en el piso del bosque y durante el período estival se cierra el dosel, limitando el paso de luz al interior del bosque.

Aunque tiende a formar bosques puros, a través de su extensa área de distribución se asocia con diferentes especies, formando también bosques mixtos. En su parte más septentrional se le encuentra con coihue y roble, y más al sur mezclado con los bosques de araucaria. En la zona de Aisén se asocia con coihue, y en la zona austral con coihue de Magallanes (*N. betuloides*). Se estima un total de 1,6 millones de ha de este tipo<sup>o</sup>, de las cuales hay unas 400.000 manejables con fines productivos en Magallanes y unas 100.000 en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo (ver Figura 21.1).

#### 4.7. Tipo Forestal Siempreverde

Sin duda este es uno de los tipos forestales más extensos, variados y complejos del bosque nativo chileno. Se estima que la superficie cubierta con esta asociación asciende a 4.349.000 ha<sup>2</sup>. Se distribuye desde el Río Bueno en Osorno, hasta el Golfo de Penas al sur de Aisén (40°30'S a 47°S) (ver Figura 21.1). Se distingue por sus árboles de hojas permanentes, anchas y de color verde oscuro.

Este tipo aparece en el Mapa Preliminar de Tipos Forestales dividido, formando parte del tipo Valdiviano, Coihue, y en el Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Chilena<sup>o</sup> como la región de los bosques laurifolios y subregión de bosques siempreverdes con coníferas<sup>o</sup>. En la Carta de Coberturas Forestales Potenciales de Quintanilla<sup>o</sup> se le denomina bosque higrófilo con predominio de Coihue, en la X Región de los Lagos.

El clima en que desarrolla este tipo forestal es de alta pluviosidad, con precipitaciones anuales de 2.000 a 5.000 mm, normalmente sin nieve y con temperaturas relativamente constantes. Su topografía es de montaña y crece en altitudes medias, desde el nivel del mar

---

\* IREN-CORFO. 1967. *Provincia de Magallanes. Inventario Preliminar de los Recursos Naturales. Zona Continental e Isla Tierra del Fuego*. Informe Técnico N° 21. Instituto de Recursos Naturales-Corporación de Fomento, Santiago. 151 pp.

IREN-CORFO. 1979. *Perspectiva de Desarrollo de los Recursos Naturales de la Región del General Carlos Ibáñez del Campo*. Instituto de Recursos Naturales-Corporación de Fomento, Santiago. 507 pp.

<sup>o</sup> Id. a nota 15.

<sup>o</sup> Id. a nota 13.

<sup>o</sup> Id. a nota 13.

<sup>o</sup> Id. a nota 12.

hasta los 800 o 1.000 msnm<sup>2</sup>. Se caracteriza por una enorme riqueza florística, con 4 o 5 estratos. El estrato dominante presenta normalmente gigantescos y viejos coihues con grandes copas, acompañados de especies como ulmo, tineo, mañío, tepa, canelo, luma, tiaca, etc.

Desde el sur de Chiloé hasta el Golfo de Penas se presenta como un bosque mucho más simple y pobre en especies. En un clima con temperaturas relativamente bajas, se presentan coníferas como el ciprés de las Guaytecas\*.

#### 4.8. Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa

Este tipo forestal se desarrolla sobre el tipo roble-raulí-coihue, entre los 700 a los 1.000 msnm, donde hay temperaturas más bajas y cierto efecto de la precipitación en forma de nieve. Se distribuye desde aproximadamente los 37° hasta los 40°30'S, tanto en la Cordillera de los Andes como en la de la Costa<sup>2</sup> (ver Figura 21.1). Se desarrolla sobre suelos de cenizas volcánicas, llamados trumaos, muchas veces con escoria de color negro o pumicita amarilla al interior del suelo.

Las especies que caracterizan este tipo forestal son coihue, raulí y tepa y mañío de hojas cortas (*Saxegothaea conspicua*), este último también un importante componente en muchas áreas de altura. El dosel dominante está normalmente ocupado por coihue, y en áreas no explotadas también por raulí. Su estrato inferior es relativamente denso y se puede encontrar gran cantidad de arbustos como el colihue, quila, canelo enano, calafate, piñol, etc. De acuerdo al Mapa Preliminar de Tipos Forestales<sup>3</sup>, existirían alrededor del 440.000 ha de este tipo entre las provincias de Arauco y Valdivia.

#### 4.9. Tipo Forestal Esclerófilo

Este bosque cubrió gran parte de lo que hoy es el llano central, de uso principalmente agropecuario. Se localiza en el área de mayor desarrollo urbano poblacional del país, por lo cual ha tenido grandes cambios y, prácticamente, ya no es posible encontrar muestras de la vegetación original<sup>4</sup>.

Se extiende entre el Rfo Limarí (30°50'S) y el río Laja por el sur (37°30'S), ocupando preferentemente las áreas de pie de monte de ambas cordilleras. En la Cordillera de los Andes se desarrolla entre los 600 y 1.300 msnm<sup>2</sup> (ver Figura 21.1). Este tipo se desarrolla íntegramente en el clima mediterráneo, con verano muy seco y precipitaciones que

---

\* Id. a nota 14.

\* Id. a nota 13.

\* Id. a nota 14.

\* INFOR-CORFO. 1967. *Mapa Preliminar de Tipos Forestales*. Instituto de Recursos Naturales-Corporación de Fomento, Santiago.

\* Id. a nota 13.

\* Id. a nota 14.

fluctúan entre 200 y 700 mm. Las especies de mayor interés son el espinó, quillay, litre, peumo y maitén.

Presenta al menos tres subtipos, que se desarrollan de acuerdo a condiciones de humedad, exposición e intervención humana: a) el espinal, que corresponde a una formación abierta de *Acacia caven* con praderas; b) el bosque esclerófilo mixto, típico de los pie de monte y faldeos de ambas cordilleras, compuesto por litre, quillay, peumo, boldo y espinó, y c) los bosques hidrófilos de las quebradas, donde se encuentran especies propias de ambientes húmedos como arrayanes, canelos y pataguas<sup>4</sup>.

#### 4.10. Tipo Forestal Coihue de Magallanes

Este bosque se desarrolla bajo niveles muy altos de precipitación, los que pueden llegar a 7.500 mm en condiciones de temperaturas bajas y constantes a través del año, sin que exista prácticamente verano. Asimismo, el viento constituye un elemento limitante para su desarrollo. Sus suelos son turbosos, delgados y con alto contenido de materia orgánica<sup>4</sup>.

Se presenta desde el Golfo de Penas (47°S) hasta la Isla Navarino (55°S). Sin embargo, dentro de su superficie están consideradas grandes áreas dominadas por turberas, pantanos y ecosistemas de matorral periglacial, que hacen de este tipo forestal un mosaico donde el bosque sólo se encuentra en las áreas interiores más protegidas<sup>4</sup>. Su superficie se estima en aproximadamente 322.000 ha<sup>4</sup>.

#### 4.11. Tipo Forestal Araucaria

El tipo forestal araucaria (*Araucaria araucana*) se presenta entre los 37°30' y los 39°30'S en las Cordilleras de Nahuelbuta y de los Andes (ver Figura 21.1), fundamentalmente entre los 900 y 1.700 msnm, cubriendo una superficie de 145.400 ha. En la Cordillera de Nahuelbuta aparece formando bosques puros sólo a partir de los 1.200 msnm, excepto en la localidad de La Cabaña donde se encuentra a los 600 msnm. Altitudinalmente, este tipo se encuentra entre el límite arbóreo y los tipos forestales coihue-raulí-tepa o roble-raulí-coihue. Se presentan comúnmente como bosques mixtos de araucaria-lenga o araucaria-lenga-coihue, y aunque se les clasifica como bosques puros, generalmente presentan algunos individuos de lenga o coihue.

Los bosques de araucaria en Chile son bosques naturales de alta montaña que, a pesar de desarrollarse en sitios de condiciones ecológicas extremas, presentan características de producción muy favorables. Son árboles de grandes dimensiones, de excelente forma y buena

---

<sup>4</sup> Id. a nota 14.

<sup>4</sup> Id. a nota 14.

<sup>4</sup> Id. a nota 13.

<sup>4</sup> IREN-CORFO. 1967. *Provincia de Magallanes. Inventario Preliminar de los Recursos Naturales. Zona Continental e Isla Tierra del Fuego*. Informe Técnico N° 21. Instituto de Recursos Naturales-Corporación de Fomento, Santiago. 151 pp.

calidad, que forman bosques densos y con índices de aprovechamiento muy superiores a los normales en los bosques nativos<sup>4</sup>.

La regeneración de araucaria se produce en todos los bosques, aumentando considerablemente en los sectores en que disminuye la cobertura del dosel superior. La abundancia de su regeneración se refleja en el número de individuos por hectárea menores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho, que puede llegar hasta 4.900 con un promedio de 2.000 plantas. Reflejar la potencialidad de los bosques de araucaria y describirlos objetivamente a través de rodales representativos es difícil, pues los mejores bosques han sido degradados total o parcialmente en la mayor parte de su área de distribución original.

## 5. Plantaciones Forestales

Las plantaciones forestales en Chile comienzan a masificarse a partir de 1974, como consecuencia de la promulgación del D.L. N° 701, que incentiva la forestación. Actualmente, la superficie cubierta por especies exóticas supera las 1,57 millones de ha, y se compone fundamentalmente de pino insigne (84%). La segunda especie en extensión, el eucalipto, supera las 171.520 ha tras haber aumentado su participación en los últimos años<sup>5</sup>.

El área de distribución de las plantaciones en Chile (ver Figura 21.1) se extiende desde la V Región de Valparaíso a la X Región de los Lagos, concentrándose mayoritariamente entre los 35° y 38°S. Esto determina una muy marcada concentración de este recurso entre la VII Región del Maule y VIII Región del Biobío, que en conjunto representan cerca del 70% de la superficie total plantada<sup>6</sup>.

Otra característica importante de las plantaciones de pino insigne es su distribución por clases de edad, que muestra una preponderancia de rodales jóvenes en el intervalo de 1 a 15 años en casi el 73% de plantaciones del país. Por otra parte, se ha observado que la participación del pino radiata en las plantaciones es cada vez menor. Hace 20 años su presencia era cercana al 96%, mientras que hoy en día ha disminuido al 84%, debido al aumento que ha experimentado la forestación con *Eucalyptus globulus* y otras especies de rápido crecimiento del mismo género<sup>7</sup>.

La gran extensión, homogeneidad y continuidad del área cubierta con plantaciones de pino radiata presenta todas las ventajas y desventajas de un sistema de monocultivo, destacando especialmente su gran vulnerabilidad ante el ataque de plagas y enfermedades como las causadas por la polilla del brote (*Rhyacionia buoliana*), y el hongo *Diplodia pinea*

<sup>4</sup> Schmidt, H. 1979. Aspectos de Estructura y Regeneración Natural para el Manejo Silvícola de los Bosques de Araucaria-Lenga en Chile. En: Problemas Florestais do Genero Araucaria, Curitiba-Parana, Brasil. 21-28 octubre 1979.

<sup>5</sup> Id. a nota 2.

<sup>6</sup> Id. a nota 2.

<sup>7</sup> Bennowitz, R. 1987. Plantaciones, ¿cuánto tenemos? Chile Forestal, 11:12-13.

Id. a nota 2.

que ataca al follaje. Adicionalmente se le atribuye, con mayor o menor fundamento, una participación en varios problemas ambientales, como sustitución de bosque nativo y emigración de población rural. A pesar de ello, es indudable que la economía forestal de nuestro país está basada, en parte, en estas plantaciones y en la exportación de sus productos, por cuanto el bosque nativo, con más del 83% del área y volumen de los recursos totales, aporta con menos del 20% del volumen cortado anualmente y menos del 10% del valor de las exportaciones. El resto de ambas proporciones está constituido mayoritariamente por la especie *Pino insigne*.

## 6. La Potencialidad de los Bosques Nativos

Los bosques naturales del país constituyen una de sus mayores reservas ambientales, y la mejor forma de conservarlas es incorporándolos al manejo, vale decir, armonizar la producción con la protección de forma tal que el bosque se convierta en un bien económico deseable de mantener a futuro.

Si bien es cierto los bosques nativos participan hoy en una baja proporción dentro del sector (aproximadamente 20% de la producción forestal del país y 10% de las exportaciones), sus posibilidades de desarrollo son muy importantes, tanto por el valor de sus maderas, que superan en cinco o más veces a las de plantaciones, como por el crecimiento que es posible obtener con manejo, que puede alcanzar los 20 m<sup>3</sup>/ha/año, cifras similares a la que llegaran las plantaciones de pino radiata\* y llegar hasta los 30 m<sup>3</sup>/ha/año\*.

Por ello, es posible pensar que si se desarrolla una política de fomento al bosque nativo, tal como se hizo hace unos 40 años con las plantaciones de pino, los bosques naturales del país pueden llegar a constituir una importante fuente de desarrollo y conservación en el país.

## 7. Los Procesos de Degradación

La degradación de los bosques naturales del país se puede asociar a siete grandes procesos. Tres de ellos son de carácter histórico:

- Los incendios o quemas, con el fin de habilitar o limpiar suelos para la agricultura cerealera y la ganadería.
- El floreo o corta selectiva de los mejores individuos y especies del bosque (alerce, ciprés, raulí, araucaria y recientemente tepa).

---

\* Donoso, P., T. Marfil, L. Otero y L. Banales. 1994. *Recopilación de Antecedentes y Caracterización de Crecimientos de Plantaciones y Renovales Manejados de Especies Nativas en la Cordillera Andina de Valdivia*. Instituto Forestal-Corporación de Fomento, Valdivia.

\* Grosse, H. 1990. *La Situación de los Bosques Nativos Chilenos*.

- El uso del bosque como veranada o invernada para el ganado, que se alimenta de los brotes y hojas de la regeneración.

Los cuatro procesos restantes son más recientes:

- Sobreexplotación del bosque derivada del mal manejo con fines de producción de leña y más recientemente de astillas o *chips*.
- Erosión de suelos forestales asociados a la eliminación de residuos de explotación mediante quemas de desechos.
- Erosión y compactación del suelo derivado de construcción de caminos forestales y extracción de madera desde el bosque.
- Alteraciones ambientales originadas en la composición y estructura de las plantaciones forestales.

En las secciones siguientes se desarrollan los aspectos principales de estos procesos.

### 7.1. Los Incendios con el Fin de Habilitar Suelos o Eliminar Desechos Agrícolas

Durante las primeras décadas de este siglo los incendios forestales consumieron grandes áreas del sur del país, causado por la habilitación de suelos para la agricultura cerealera y la ganadería extensiva.

Los grandes incendios cubrieron vastas zonas de las provincias de Malleco hasta Llanquihue, la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, el Archipiélago de Las Guaytecas y todos los alrededores de Punta Arenas.

Entre ellos destaca la quema de los grandes alerzales que crecían en la zona de los ñadis, entre Puerto Varas y Puerto Montt, las cuales cubrían una franja de 25 por 3 km de ancho<sup>2</sup>.

En la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, una de las más afectadas por los incendios durante los años cuarenta y cincuenta, se quemaron más de 3 millones de ha de suelos forestales, sobre los que hoy se desarrolla una ganadería de subsistencia.

En los años cuarenta se quemaron 100 mil ha entre Cautín y Osorno, y durante los cincuenta, otras 70 mil ha entre Malleco y Valdivia; sólo en la zona centro-sur se habrían quemado 1,2 millones de ha en la última mitad de este siglo<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Elizalde, R. 1970. *La Supervivencia de Chile*. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago.

<sup>2</sup> Cartwright. 1968. *Recopilación Bibliográfica sobre Protección contra Incendios Forestales (Tesis)*. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago. (Original no consultado, editado por Donoso, C. 1990. *Ecología Forestal. El Bosque y su Medioambiente*. Editorial Universitaria, Santiago.)

Según Cartwright<sup>53</sup>, a fines de 1958 y principios de 1959 era tal la cantidad de incendios en el sur de Chile, que la visibilidad se redujo a 1 km de distancia debido al humo que se elevaba a gran altura, formando enormes nubes de cordillera a cordillera.

Actualmente, los incendios continúan siendo una causa importante de deterioro y degradación del bosque. Tan sólo durante la temporada 1991-1992 se quemaron más de 24 mil ha, de las cuales 22.293 (92,3%) correspondió a bosques y matorrales nativos y un 7,7% a plantaciones forestales (ver Tabla 21.4).

Región	Número de Incendios	Superficie Afectada			
		Plantaciones	Vegetación Natural	Total Forestal	Promedio (ha/incendio)
III	12	0,0	9,3	9,3	0,78
IV	60	7,4	235,7	243,1	4,05
V	869	199,2	5.168,5	5.367,7	6,18
R.M.	263	21,3	4.292,5	4.313,8	16,40
VI	184	219,9	5.958,7	6.178,6	33,58
VII	402	402,7	6.782,4	7.185,1	17,87
VIII	2.521	1.492,9	5.478,7	6.971,6	2,77
IX	661	3.177,6	5.889,2	9.066,8	13,72
X	180	380,2	658,9	1.039,1	5,77
XI	29	0,2	189,5	189,7	6,54
XII	13	0,0	101,3	101,3	7,79
TEMP. 91/92	4.786	1.886,0	22.293,0	24.159,0	5,05
TEMP. 90/91	5.194	5.901,4	34.764,7	40.666,7	7,83
TEMP. 89/90	4.130	2.560,0	21.394,0	23.954,0	5,80
QUIN. 86/90	5.030	9.587,0	55.724,0	65.311,0	12,98

Fuente: Chile Forestal. 1991. *Evaluación de la Temporada 91-92 de Incendios Forestales*. N° 188:20-22.

INFOR-CORFO. 1993. *Noticiero Instituto Forestal y Corporación de Fomento*, N° 18.

Aunque nuestro país está bastante avanzado a nivel sudamericano en cuanto a técnicas de combate de incendios, el uso del fuego por parte de los agricultores no ha mostrado un desarrollo significativo. Su aplicación se realiza en forma muy primitiva, sin que se pueda en muchos casos evitar su propagación descontrolada ni mitigar los daños ambientales y ecológicos que se generan. Los daños directos ocasionados por el fuego a nivel nacional se estiman en alrededor de US\$ 20 millones al año, de los cuales 75% corresponden a vegetación nativa.

<sup>53</sup> Id. a nota 52.

El manejo del fuego en el sector público es responsabilidad esencialmente de CONAF, que invierte una parte considerable de su presupuesto en el Programa de Manejo del Fuego. Por otra parte, las empresas privadas realizan importantes inversiones anuales (US\$ 5 millones) en combate de incendios, desarrollando sistemas bastante modernos. Sin embargo, por las características de las plantaciones, su extensión, continuidad y carácter de monocultivo, esta labor presenta numerosas dificultades.

## 7.2. La Substitución de Bosques Nativos por Plantaciones de Especies Exóticas

Un factor de deterioro más reciente son las quemas de bosque nativo con fines de habitar suelos para las plantaciones de pino y eucaliptus. Entre las pocas cifras disponibles sobre el tema, recientemente la Universidad Austral de Chile, sobre la base de un estudio que abarcó 100 mil ha de la Cordillera de la Costa de la Provincia de Valdivia, determinó que el 44,8% de las plantaciones de esta zona se realizaron sobre la base de sustitución de bosques nativos<sup>4</sup>.

Otros antecedentes corresponden a la VIII Región del Biobío, donde entre los años 1978 y 1986 se cortaron y quemaron el 31% de los bosques nativos existentes en la Cordillera de la Costa, equivalente a 27.085 ha<sup>5</sup>.

Los efectos ambientales de la sustitución también han sido poco evaluados. Estudios recientes realizados por Otero *et al.*<sup>6</sup> en renovales de roble sustituidos por pino radiata en dos zonas del sur del país, demuestran que a nivel de la química del suelo, los cambios están confinados a los horizontes orgánicos y no afectan significativamente al suelo mineral. A nivel de fauna de suelo (microartrópodos), la tendencia es a una menor diversidad de especies en el pino, pero a una mayor abundancia. Con respecto a la flora acompañante, las plantaciones de pino presentan también desequilibrios poblacionales, aunque bastante abundancia, sobre todo cuando los bosques se ralean. En relación a las cuencas, la tendencia es a menor rendimiento hídrico en verano y mayores caudales instantáneos en invierno, en las plantaciones de pino con respecto al bosque nativo. El menor rendimiento hídrico de las cuencas con pino es de hasta 28% inferior en verano y las aguas contienen cerca del doble de los sedimentos totales encontrados en cuencas cubiertas con bosque nativo.

## 7.3. El Floreo o Cortas de Selección Negativa como Factor de Degradación del Bosque

El floreo es una de las prácticas forestales más antiguas y primitivas que se realizan en el país. Consiste en la selección de las mejores especies y/o individuos, los cuales son volteados y extraídos dejando en el bosque los árboles de menor valor y peor forma. La

<sup>4</sup> Lara, A., R. Valencia, V. Sandoval y C. Donoso. 1993. *Proyecto Cartografía de Bosques Nativos en un Sector de la Provincia de Valdivia, X Región. Informe Final*. Convenio N° 212 CONAF/UACA. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 50 pp.

<sup>5</sup> Lara, A. *et al.* 1989. *Evaluación de la Destrucción y Disponibilidades de los Recursos Forestales Nativos en la VIII Región*. 3° Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente, CIPMA, Concepción.

<sup>6</sup> Otero, L. *et al.* 1992 y 1993. *Análisis de los Efectos Ambientales del Reemplazo de Bosque Nativo por Plantaciones*. Informe Interno. Instituto Forestal, Valdivia.

práctica sucesiva de esta técnica, a través de varios ciclos de corta, trae consigo la degradación genética de la comunidad vegetal.

A pesar de que el floreo no es considerado un método silvícola, aún se practica ampliamente en el país bajo la denominación de cortas de selección, consideradas en la actual legislación del bosque nativo, pero bajo criterios técnicos muy diferentes al floreo.

En algunos bosques que han sido floreados quedan enormes árboles sobremaduros en el estrato superior, los que impiden el paso de la luz y ocupan el sitio sin dejar paso a la regeneración. Hay casos como un bosque de coihue-raulí-tepa en Panguipulli, donde del área basal total se extrajo sólo un 15%, dejando el 85% restante ocupado por árboles envejecidos de coihue y mañío<sup>57</sup>. Del bosque nativo se han floreado particularmente las mejores especies, como el alerce, ciprés de las Guaytecas, raulí, mañío, roble, laurel y araucaria. Más aún, dado el valor que han ido adquiriendo las especies nativas, poco a poco las especies que antes no se consideraban de interés hoy están siendo aprovechadas, como sucede con la tepa y el coihue.

Se estima que gran parte de lo que hoy se llama "bosque nativo degradado" son áreas que han sido sometidas a floleos sucesivos de diversa intensidad. En base a diversas fuentes, algunos autores estiman que los bosques floreados cubrirían unas 1,5 millones de ha en la zona centro-sur del país (ver Tabla 21.5).

**Tabla 21.5**  
**Superficie de Bosques en Chile en Distintos Estados de Explotación y Manejo en 1989**

	Superficie Total	Sin Manejo		Con Manejo	
		m <sup>3</sup> /ha anual	Total (miles de m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /ha	Total (miles de m <sup>3</sup> )
Bosque nativo rentable	850.000	4,2	3.570	10,0	8.500
Bosques renovales manejables	600.000	5,5	3.300	15,0	9.000
Bosque explotado selectivamente	1.540.000	3,3	5.080	8,0	-
Bosques degradados	3.058.000	1,5	4.587	-	-
<b>Total</b>	<b>6.048.000</b>	-	<b>16.537</b>	-	<b>17.500</b>

Fuente: Grosse, H. 1990. *La Situación de los Bosques Nativos Chilenos*.

Hartwig. 1991. *Visión del Desarrollo Forestal de Chile*. PROSASEC, Santiago.

INFOR-CORFO. 1980. *Determinación del Potencial Energético de los Recursos Leñosos entre la V y X Regiones*. Instituto Forestal-Corporación de Fomento, Santiago.

<sup>57</sup> Unda, A. y L. Otero. 1990. *Evaluación de Impactos Ambientales de Aprovechamiento de Bosques Naturales por BOMASA S.A.* Instituto Forestal, Santiago.

Las alternativas de recuperación de estos bosques dependen de su estado. Un método simple y técnicamente factible es el enriquecimiento o plantación con especies nativas valiosas (raulí, tepa, mañío, etc.), las que se intercalan en el bosque en fajas de diferentes anchos, de acuerdo a las condiciones ambientales del bosque. Este método ha sido probado con buenos resultados en la zona sur del país<sup>24</sup>.

El manejo de estos bosques es posible efectuarlo mediante la producción de madera para astillas, madera para leña y una proporción menor de madera para aserraderos.

#### 7.4. La Introducción de Ganado al Bosque

La difundida práctica de utilizar los bosques como invernadas o veranadas para el ganado vacuno ha tenido un efecto muy negativo, particularmente para la regeneración y las plantas en estado juvenil. Especies palatables como el roble y raulí en la zona centro-sur, la lenga en la zona austral y quillay en la zona central, han sufrido serios daños en su regeneración, como la deformación de sus tallos. Otros se han mantenido como árboles enanos o achaparrados por efecto del ramoneo de hojas y brotes, y en muchos casos, simplemente se ha eliminado todo tipo de regeneración.

La acción selectiva del ganado permite en algunas áreas sólo la regeneración de especies no palatables como canelo, trevo y otros árboles y arbustos siempreverdes, muchos de los cuales son especies secundarias dentro del bosque. La introducción masiva del ganado al bosque genera también problemas de compactación de suelos, aumentando el escurrimiento superficial de las aguas lluvia y, en definitiva, la erosión de los suelos.

Tal como sucede con otros factores de degradación, éste tampoco ha sido cuantificado y por lo tanto no se conoce con precisión la superficie de bosque afectada. Sin embargo es posible suponer que, por ejemplo, una parte importante de los bosques quemados en la Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo no han podido regenerarse debido a la acción del ganado, que es introducido al bosque al empezar la primavera. En la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, por su parte, la acción del ganado se produce en los bordes del bosque y en las áreas de bosque más abiertos, donde ya no es posible encontrar regeneración de lenga, por ejemplo.

#### 7.5. La Extracción de Leña: sobreexplotación

La leña sigue abasteciendo una proporción importante de las demandas energéticas nacionales, y aproximadamente un 25% del consumo energético proviene de ella. Para la población rural esta cifra debe ser mucho mayor, ya que no sólo se calefacciona con este recurso sino que la utiliza para preparar alimentos.

El crecimiento de la población y los grandes centros urbanos del sur del país, donde la calefacción de las viviendas se basa casi exclusivamente en la leña, ha generado fuertes presiones sobre los bosques naturales y en particular sobre las especies de mayor contenido calórico. En zonas como Coihaique, con gran concentración urbana, el valor de la leña se

---

<sup>24</sup> Otero, L. et al., 1994. *Efectos Ambientales de Diferentes Tipos de Corta en Bosque Nativo. Cortas de Protección en Fajas*. Instituto Forestal, Valdivia.

aproxima bastante al de la madera para aserraderos. La situación en las islas interiores del Archipiélago de Chiloé es también de fuerte deforestación por esta causa. Sin embargo, el área más crítica por sus consecuencias es la zona del bosque esclerófilo, desde el Rfo Maule al norte, donde la explotación de este tipo forestal está asociada a procesos de desertificación, los que se ven acentuados por la ganadería extensiva. La Tabla 21.6 muestra el destino de la leña en Chile.

Sector	Consumo (m <sup>3</sup> /año)	% del Total
Industria mayor	244.154	2,3
Industria pan	95.538	0,9
Emp. de servicios	212.308	2,0
Residencial rural	5.021.077	47,3
Residencial urbano	5.042.308	47,5
<b>Total</b>	<b>10.615.385</b>	<b>100,0</b>
<p>Fuente: Donoso, P. 1991. <i>Diagnóstico de la Situación Actual del Bosque Nativo en Chile</i>. Trabajo presentado a la Comisión del Medio Ambiente de la Honorable Cámara de Diputados (mimeografiado).</p> <p>INFOR-CORFO. 1993. <i>Estadísticas Forestales 1992</i>. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.</p> <p>Elaboración propia</p>		

Entre los tipos forestales más afectados por la explotación de leña se encuentran los renovales de especies como coihue, roble, raulí y tepa, entre otros.

Se estima que la producción de leña es la actividad que mayor cantidad de madera extrae del bosque nativo, alcanzado los 6,47 millones de m<sup>3</sup> al año (ver Tabla 21.3). El consumo residencial de leña y otros (carbón y desechos forestales e industriales) se estima en 0,6 m<sup>3</sup> per cápita a nivel nacional, y en 2,4 m<sup>3</sup> en las zonas rurales, valores que significan un volumen anual superior a los 8 millones de m<sup>3</sup> (ver Tabla 21.7). Por otro lado, al considerar que el consumo nacional, ya sea residencial o industrial, de leña exclusivamente (como rollizo del bosque) es de 10 millones de m<sup>3</sup>, y si esta cosecha anual en el país se realizara en forma concentrada, implicaría que cada año se cortan aproximadamente 29.200 ha de bosque nativos<sup>59</sup>.

<sup>59</sup> Id. a nota 2.

**Tabla 21.7**  
**Consumo Total y per Cápita de Leña y Otros para Uso Doméstico**

	Habitantes	Consumo Total Anual m <sup>3</sup>	Consumo per Cápita m <sup>3</sup>
Sector rural	2.301.669	5.546.000	2,409
Sector urbano:			
ciudad con + 20.000 hab	9.195.514	1.876.185	0,204
ciudad con - 20.000 hab	1.734.620	1.110.123	0,639
<b>Total</b>	<b>13.231.803</b>	<b>8.532.308</b>	<b>0,645</b>

Fuente: INFOR-CORFO. 1993. *Estadísticas Forestales 1992*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.

Elaboración propia

La elaboración de una política dendroenergética que considere el desarrollo de una silvicultura con estos fines, así como de una tecnología eficiente para su aprovechamiento, podría revertir los efectos negativos que esta actividad tiene en los bosques del país.

Los recursos leñosos del bosque nativo son muy superiores al consumo anual. Cifras conservadoras estiman que entre la VIII Región del Biobío y la X Regiones de Los Lagos se dispondría de una producción anual de 20 millones de m<sup>3</sup> para leña o carbón, que no tienen destino maderable<sup>60</sup>. Sin embargo, una gran parte de este volumen no es económicamente accesible.

#### 7.6. El Problema de las Astillas (sobreexplotación)

Históricamente los bosques nativos estuvieron sometidos a una explotación selectiva, cuando no a la quema descontrolada, en la cual se extraían lo mejores individuos dejando en pie más del 60% del volumen del bosque, dominado por árboles sobremaduros que restan espacio y nutrientes a las nuevas generaciones.

La silvicultura, como ciencia dedicada al mejoramiento de los bosques, requiere del aprovechamiento integral de ellos y de todos sus productos, para lo cual existen las fábricas de celulosa y papel, cuya materia prima son las astillas o *chips*. Esta industria debería ser un complemento de la industria de la madera, los aserraderos y las fábricas de chapas y tableros, que aprovechan adecuadamente los volúmenes más valiosos del bosque; sin embargo, este proceso es negativo cuando se revierte su sentido, vale decir, cuando la demanda por astillas se utiliza para cosechar todo el bosque y no sólo para extraer la madera de menor valor. Lamentablemente, ésta es la situación que se advierte hoy en el país, y puede ejemplificarse con la situación de un renoval original de roble de 41 años, con 1.886 árboles por hectárea y un área basal de 38 m<sup>2</sup>, que luego de ser mal intervenido para producir astillas quedó con los peores árboles (720 por ha) y un área basal de 14 m<sup>2</sup><sup>61</sup>.

<sup>60</sup> Schimdt, H. 1991. *La Leña como Herramienta en el Manejo Silvícola en el Bosque Nativo*. Seminario La Problemática de la Dendroenergía, Universidad de Chile, Santiago.

<sup>61</sup> Id. a nota 19.

Durante 1992 se produjeron 5,03 millones de m<sup>3</sup> de astillas, de los cuales 47% correspondió a bosque nativo, exportándose casi el 100% de la producción<sup>62</sup>. El total de astillas producidas de maderas nativas (2.368.656 m<sup>3</sup>) proviene de la VIII Región del Biobío, IX Región de la Araucanía y X Región de Los Lagos (ver Tabla 21.8). Se estima que la explotación de astillas implicó aproximadamente 26.380 ha entre la VIII Región del Biobío y la X Región de los Lagos.

Tabla 21.8 Superficie de Bosque Nativo Explotada para Producción de Astillas			
Región	Producción Astillas (miles de m <sup>3</sup> )	Volumen del Bosque (m <sup>3</sup> /ha)	Superficie Explotada (ha)
VIII	1.221,77	59,99	20.366
IX	168,53	129,56	1.300
X	978,35	207,14	4.723
Total	2.368,65	396,69	26.389

Fuente: INFOR-CORFO. 1991. *Estadísticas Forestales 1990*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N°21. 101 pp.

INFOR-CORFO. 1993. *Estadísticas Forestales 1992*. Instituto Forestal y Corporación de Fomento. Boletín Estadístico N° 30.

Elaboración propia

Una parte importante de nuestros bosques naturales, los bosques jóvenes o renovales, está en su fase de crecimiento óptimo y se requiere con urgencia de raleos para bajar su densidad. Así es como, debido a la demanda por astillas, por primera vez en la historia existiría posibilidad real de hacerlo. En otras palabras, el *chip* puede constituir la salvación o destrucción de nuestros bosques autóctonos, dependiendo de cómo se les maneje. Si se cuenta con la decisión y se dota a los organismos responsables de personal y presupuesto adecuados, las astillas pueden convertirse en una eficaz herramienta de manejo, que permitiría mejorar los extensos bosques de la zona sur del país.

### 7.7. Los Problemas de Erosión: la quema de residuos de explotación

Las plantaciones son la forma más eficiente de conservación y recuperación de suelos. Prueba de ello son las plantaciones de *Pinus radiata* realizadas en la VIII Región del Biobío, que prácticamente han detenido los procesos erosivos, constatándose pérdidas insignificantes del orden de 0,07 ton de suelo/ha/año, en momentos en que no se interviene el bosque<sup>63</sup>.

<sup>62</sup> Id. a nota 2.

<sup>63</sup> Endlicher, W. 1988. *El Problema de Erosión del Suelo en la Cordillera de la Costa de la VIII Región*. Revista de Geografía Norte Grande, 15:11-27.

Sin embargo, durante la explotación de los bosques se produce una serie de alteraciones, tales como la compactación del suelo por arrastre de las trozas, el ahuellamiento o alteración de la estructura de éste y la erosión hídrica y eólica a causa de la desprotección temporal del suelo cuando se realizan talas rasas.

Luego de extraída la madera del bosque se eliminan los residuos de explotación, consistentes en ramas, hojas, restos de corteza y vegetación secundaria, los que conforman una biomasa media de aproximadamente 100 ton/ha. La eliminación de estos residuos se hace mediante quemas controladas. Las cenizas y partículas finas del suelo quedan expuestas a la acción del viento y a las lluvias por un período de cerca de tres meses, lo que en suelos con pendientes fuertes provoca el escurrimiento superficial de esos materiales.

Las pérdidas de suelo forestal originadas por esta práctica fluctúan entre 35 y 564 ton/ha/año, dependiendo de la pendiente, longitud de la quema y el porcentaje de materia orgánica del suelo (ver Tabla 21.9). Las pérdidas tolerables para suelos forestales fluctúan entre 2,5 y 4 ton/ha/año<sup>64</sup>.

Longitud de la Pendiente	Pérdida de Suelo (ton/ha)		
	Pendiente		
	20%	40%	60%
100	34,81	91,84	161,97
200	52,75	139,16	245,52
400	79,93	210,94	372,13
800	167,16	319,75	564,07

Fuente: Alvarez, F. 1988. *Evaluación de la Erosión Producida por Actividades Forestales Productivas. Etapas I y II*. Corporación Nacional Forestal, Programa Manejo de Cuencas VIII Región.

La pérdida de suelo se traduce en pérdida de nutrientes y subsecuentemente en pérdida de crecimiento de los bosques. Esta pérdida es irreparable, ya que la longitud de la rotación no es suficiente para permitir la formación de suelo y sólo es posible recuperarla mediante fertilización artificial. En términos de fertilizantes (NPK), se estarían perdiendo aproximadamente US\$ 14,5 millones al año en la VIII Región del Biobío<sup>65</sup>.

La quema no sólo afecta el suelo, sino que provoca una fuerte contaminación atmosférica en las regiones del sur, ya que entre marzo y mayo se queman más de 24 mil ha de residuos forestales. Estas quemas también producen una considerable contaminación

<sup>64</sup> Alvarez, F. 1988. *Evaluación de la Erosión Producida por Actividades Forestales Productivas. Etapas I y II*. Corporación Nacional Forestal, Programa Manejo de Cuencas VIII Región.

<sup>65</sup> Alarcón, C. 1990. *Los Costos Ocultos del Sector Forestal Disminuyen la Rentabilidad del Negocio*. RENARRES 7:3-14.

de las aguas, producto del arrastre del suelo y del elevado escurrimiento superficial, que puede incrementarse hasta un 2.900% en relación a la situación de suelo con bosque. Pruebas de turbidez en zonas donde se realizan quemas muestran niveles de más de 250 unidades nefelométricas, lo cual implica agua de muy mala calidad<sup>64</sup>.

### 7.8. Alteraciones del Suelo y Cursos de Agua Derivadas de la Construcción de Caminos Forestales

La construcción de caminos forestales provoca un doble efecto: por un lado puede intensificar la erosión, generar deslizamientos y aumentar la sedimentación en los cauces, y por otro, estos mismos fenómenos pueden destruir el camino o interrumpir el tráfico<sup>65</sup>. La construcción de caminos en el país provoca variados efectos; uno es la perturbación de los cauces o drenajes naturales por no contemplar adecuadamente obras como alcantarillas y cunetas, generando problemas de tacos de tierra y palos cuando se producen avenidas, de igual forma incide la deposición de taludes de caminos y terraplenes en lechos o cauces. Otro efecto es la destrucción innecesaria de vegetación a orillas de los caminos con el objetivo de eliminar sombras.

También puede producirse erosión a causa de inadecuados sistemas de desagüe de la superficie del camino y del escurrimiento en taludes a la salida de alcantarillas. Este es, probablemente, el problema más común de los caminos forestales, particularmente los caminos abandonados de la VIII Región del Biobío y IX Región de la Araucanía, los cuales se convierten en verdaderos cauces, transformándose con el tiempo en zanjas de erosión. Antecedentes preliminares de medición de escurrimiento superficial en la zona de Panguipulli revelan que huellas de madereo principales sin tratamientos, escurre hasta el 60% del agua de lluvia caída, en circunstancia que en el área con menor compactación el escurrimiento no supera el 2% del agua caída.

Por último se pueden generar deslizamientos de tierra a causa de la construcción de caminos en zonas con exceso de pendiente o materiales geológicos inestables, como la presencia de pumicitas, muy comunes en los suelos de trumao en la zona sur, suelos de micaesquistos de la Cordillera de la Costa y suelos con problemas de discontinuidad litológica, como los que se presentan en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.

Una estimación realizada en Estados Unidos de los efectos derivados de la construcción de caminos forestales indica que ésta es la causa de cerca del 40% de la erosión asociada al manejo del bosque<sup>66</sup>. En Chile no se han cuantificado debidamente estos efectos.

---

<sup>64</sup> Id. a nota 64.

<sup>65</sup> Hattinger, H. 1981. *Influencia de las Carreteras Forestales en el Aumento de la Sedimentación y los Deslizamientos*. Estudio FAO-Montes N° 133.

<sup>66</sup> Schawab, J. 1983. *Renell Sound. Queen Charlotte Island, British Columbia*. Forestry Abstracts N° 5.497.

## 7.9. Alteraciones del Suelo por Sistemas de Explotación de los Bosques: compactación y erosión del suelo forestal

La compactación de los suelos provoca básicamente dos problemas: disminución de la aireación (oxígeno) en el suelo y dificultades para la infiltración del agua lluvia en el suelo. Estos son fenómenos que inciden en el crecimiento de las raíces de los árboles y en el aumento del escurrimiento superficial, lo que genera procesos erosivos.

La compactación y erosión de los suelos forestales son el resultado del proceso de explotación de los bosques. En este proceso se emplean distintos equipos y se extraen al menos dos tipos de productos. Los equipos más comúnmente empleados son las yuntas de bueyes y los tractores forestales o articulados. Las yuntas normalmente se emplean para la extracción de madera corta para pulpa o celulosa, cuya medida principal es 2,44 m, y el tractor forestal para extraer madera larga para aserraderos, donde las medidas básicas son 3,3 ó 3,6 m de longitud (esta última normalmente empleada en bosque nativo). Otro producto son los rollizos de exportación para aserrado, que se extraen en dimensiones de alrededor de 6 m de largo o múltiplos de esta medida.

En términos de superficie, las faenas de extracción afectan entre 9 y 25% de la superficie del bosque en explotación, obteniendo el valor más bajo cuando hay utilización de bueyes y el mayor para el uso de tractores forestales<sup>6</sup>. La compactación del suelo con tractores forestales puede implicar aumento de la densidad aparente del orden del 44% en huellas de madereo o extracción, y del orden del 72% en canchas de acopio<sup>7</sup>. La recuperación parcial de la densidad aparente en los suelos requiere de un período cercano a seis años con intensa actividad microbiológica y de meteorización.

Las pérdidas de crecimiento del bosque debido a compactación sólo han sido evaluadas a nivel de la regeneración en las plantaciones, estimándose que fluctúan entre 24% y 30% del crecimiento normal de estas especies<sup>8</sup>.

La mitigación de estos efectos negativos sobre el suelo puede realizarse sobre la base de una adecuada planificación de las vías de saca o madereo, evitando afectar superficies mayores de lo requerido y ejecutando las operaciones de explotación durante los meses más lluviosos o durante los deshielos. Es necesario adecuar los equipos usando elementos de menor impacto como las yuntas de bueyes, de gran popularidad en la actualidad. El uso de torres de madereo se justifica plenamente cuando el bosque es de especies valiosas o está manejado. La creciente utilización de trineos y carros de arrastre que están incorporando algunas empresas también reduce significativamente estos impactos.

---

<sup>6</sup> Gayoso *et al.*, 1989. *Daño en Suelos Forestales Asociados a Faenas de Madereo*. Medioambiente, 10(1):70-79.

<sup>7</sup> Id. a nota 69.

<sup>8</sup> Gayoso *et al.*, 1982. *Degradación de Suelos Forestales Asociada a Operaciones de Cosecha*.

## 7.10. Alteraciones Ambientales por Características de los Bosques Artificiales

### 7.10.1. Estructura del Bosque

Durante muchos años ha persistido la práctica de realizar plantaciones de alta densidad a distancias de 2 por 2 m, con lo cual se generan ambientes oscuros con una luminosidad que fluctúa entre el 2,5% y el 7,2% de la luz existente fuera del bosque<sup>72</sup>. La baja luminosidad interior de los bosques de *Pinus radiata* limita el desarrollo de estratos vegetacionales inferiores compuestos por arbustos, helechos, hierbas, musgos y otros, que cumplen un importante papel en la mantención del microclima del bosque y la conservación de la fauna silvestre, los cuales utilizan preferentemente el piso del bosque para refugio y alimentación.

Otros efectos de las plantaciones en altas densidades son la alta intercepción y consumo de agua en las cuencas, lo que disminuye su rendimiento hídrico afectando a esteros y ríos, particularmente en la zona mesomórfica o mediterránea, donde hay déficit hídrico en verano. Se estima que las plantaciones de *Pinus radiata* provocan una disminución del orden del 20% en el rendimiento hídrico de las cuencas.

Hoy las empresas forestales han comenzado a plantar a densidades iniciales de 1.200 a 1.600 plantas/ha, para llegar a densidades finales de 100 árboles/ha, como lo han recomendado expertos internacionales<sup>73</sup>.

### 7.10.2. Composición del Bosque

Es sabido que los bosques de *Pino insigne* o *Eucaliptus globulus* constituyen un monocultivo. Sin embargo, el monocultivo forestal posee características especiales derivadas de la gran permanencia en el tiempo de los bosques, la enorme extensión territorial que ocupan y su cobertura continua, que muchas veces abarca decenas de miles de hectáreas<sup>74</sup>.

El desarrollo de bosques mixtos de pino de al menos dos especies, mezclado con una latifoliada o conífera, tendría numerosas ventajas, tales como: otorgaría mayor estabilidad al ambiente al disminuir los riesgos sanitarios y de incendios, complementarían la ocupación del hábitat y diversificarían la producción. Desde el punto de vista del paisaje, el bosque es parte del patrimonio cultural, por lo que su diversificación generaría un paisaje más heterogéneo y, por lo tanto, más rico en información y valor visual<sup>75</sup>.

---

<sup>72</sup> Saunier *et al.* 1969. Citado por Donoso, C. 1990. *Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente.*

<sup>73</sup> Sutton. 1981. *La Experiencia Neozelandesa en el Manejo de Pino Radiata. II Parte.* Chile Forestal N° 121, Santiago.

<sup>74</sup> Otero, L. 1990. *Impacto de la Actividad Forestal en Comunidades Locales en la VIII Región.* Ambiente y Desarrollo, 6:61-69.

<sup>75</sup> *Id.* a nota 67.

La actual tendencia a disminuir la participación de *Pinus radiata* en el total de plantaciones parece positiva. La participación del pino ha pasado del 96% de la superficie hace 20 años al 84% en 1992<sup>2</sup>, en favor fundamentalmente de una mayor superficie con especies del género *Eucaliptus* (*E. globulus*, *E. delegatensis*, *E. nitens* y *E. regnans*).

---

<sup>2</sup> Id. a nota 2.

475  
**Capítulo 22**

***Efectos Ambientales Derivados del Uso de los Recursos Hidrobiológicos***

*Doris Oliva E.*

*Instituto de Fomento Pesquero, Sede Valparaíso*

*Patricio Camus C.*

*Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas,  
Pontificia Universidad Católica de Chile*

**Previous Page Blank**

## CAPITULO 22. EFECTOS AMBIENTALES DERIVADOS DEL USO DE LOS RECURSOS HIDROBIOLOGICOS

Autores: Doris Oliva E., Instituto de Fomento Pesquero, Sede Valparaíso

Patricio Camus C., Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile

### 1. Introducción

Las especies hidrobiológicas en Chile que constituyen recursos y por ende son explotadas alcanzan un total de 113<sup>1</sup>. En la Tabla 22.1 se muestran las principales especies explotadas en el territorio nacional, ordenadas por grupo taxonómico.

Grupos Taxonómicos	Especies Principales	Nº Especies
Algas Pardas	<i>Lessonia nigrescens</i> (chascón)	3
Algas Rojas	<i>Gracilaria</i> spp (pelillo), <i>Iridaea</i> spp. (luga-luga)	5
Moluscos Poliplacóforos	<i>Chiton</i> spp. (apretadores)	2
Moluscos Gastrópodos	<i>Concholepas concholepas</i> (loco), <i>Fissurella</i> spp. (lapas)	13
Moluscos Bivalvos	<i>Ameghinomya antiqua</i> , (almeja), <i>Gari solida</i> (culengue)	13
Moluscos Cefalópodos	<i>Octopus vulgaris</i> (pulpo), <i>Loligo gahi</i> (calamar)	2
Crustáceos Cirrípodos	<i>Austromegabalanus psittacus</i> (picoroco)	1
Crustáceos Decápodos	<i>Heterocarpus reedi</i> (camarón nylon), <i>Cervimunida johni</i> (langostino amarillo)	8
Crustáceos Eufáusidos	<i>Euphausia superba</i> (krill)	1
Equinodermos	<i>Loxechinus albus</i> (erizo comestible)	1
Tunicados	<i>Pyura chilensis</i> (piure)	1
Peces Óseos	<i>Trachurus murphyi</i> (jurel), <i>Sardinops sagax</i> (sardina) <i>Engraulis ringens</i> (anchoveta)	57
Peces Cartilaginosos	<i>Mustelus mento</i> (tollo)	5
Mamíferos	<i>Otaria byronia</i> (lobo marino común)	1

El grupo más diverso son los peces óseos, y las especies más importantes, desde el punto de vista de las capturas, son el jurel, la sardina y la anchoveta. En 1989 en Chile, se desembarcaron 6,5 millones de ton, de las cuales el 97,2% correspondió a peces; 2,77% a algas y 0,03% a especies dulceacuáscolas<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> SERNAP. 1990. *Anuario Estadístico de Pesca*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Servicio Nacional de Pesca, Santiago.

<sup>2</sup> FAO. 1989. *Fishery Statistics, Catches and Landings*. Food and Agriculture Organization. FAO Yearbook Vol. 60. 516 pp.

Según Castilla<sup>3</sup>, debido a "la implantación de una política económica agresiva de incentivo a las exportaciones", los desembarques de especies hidrobiológicas han aumentado y se ha producido una serie de efectos sobre las mismas pesquerías y su entorno. En el caso de las pesquerías artesanales de mariscos se ha generado una sobreexplotación de algunos recursos como consecuencia de su atractivo en los mercados internacionales (e.g., el loco y el erizo rojo). Este hecho ha llevado a implantar medidas de manejo tales como tallas mínimas de extracción y vedas reproductivas y totales. Los pescadores artesanales han diversificado sus capturas, explotando otros recursos no tradicionales (e.g., lapas y caracoles)<sup>4</sup>, y se han introducido especies exóticas sobre las cuales se desconoce el resultado de su interacción potencial con otras especies nativas y el ambiente. En la Ley General de Pesca y Acuicultura (Artículo 11) se incluye una normativa sobre la importación e introducción de especies exóticas.

La Tabla 22.2 muestra cómo han aumentado los desembarques entre 1980 (2,8 millones de ton) y 1989 (6,5 millones de ton). En 1980 la pesquería chilena representaba sólo el 4% del desembarque mundial, y en 1989 alcanzó el 6,5%. En ese mismo año la exportación de recursos hidrobiológicos de Chile ascendió a US\$ 896 millones.

Año	Desembarque (ton)	% Desembarque Mundial	Exportaciones (mill. US\$)
1980	2.816.768	3,91	323,0
1981	3.393.456	4,55	326,5
1982	3.673.343	4,79	386,3
1983	3.978.172	5,13	419,0
1984	4.499.272	5,36	419,4
1985	4.804.430	5,56	438,6
1986	5.571.638	6,01	516,0
1987	4.814.641	5,11	635,6
1988	5.209.883	5,28	804,8
1989	6.454.142	6,48	895,8

Fuente: FAO. 1989. *Fishery Statistics, Catches and Landings*. Food and Agriculture Organization. FAO Yearbook Vol. 60. 516 pp.

<sup>3</sup> Castilla, J.C. 1990. *Investigación y Medio Ambiente en el Sector Pesquero. Tres Décadas de Pesquería Artesanal Costera de Mariscos en Chile: Especies Autóctonas y Alóctonas*. En: CIPMA. Acción Ambiental: ¿Obstáculo o Impulso al Desarrollo?, Serie Documentos de Seminarios N° 3:147-151.

<sup>4</sup> Oliva, D. y J.C. Castilla. 1990. *La Pesquería Artesanal de Lapas del Género Fissurella en Dos Caletas de Chile Central*. En: Barbieri, M.A. (ed.). *Perspectivas de la Actividad Pesquera en Chile*. Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso. pp. 179-194.

## 2. Recursos Dulceacuícolas

Las especies dulceacuícolas representan un porcentaje bajísimo del desembarque total de especies hidrobiológicas en Chile. En 1989 se produjeron 1.946 ton, que corresponden sólo al 0,03% del desembarque total (ver Tabla 22.3). Sin embargo, en 1987 las exportaciones de salmones y truchas aportaron al país el 0,85% (US\$ 5,4 millones) del total de la exportación de productos hidrobiológicos.

Año	Especies Dulceacuícolas	% Desembarque Total	Algas (ton)	% Desembarque Total
1980	92	0,003	74.523	2,65
1981	52	0,002	109.631	3,23
1982	257	0,007	173.395	4,72
1983	253	0,006	190.371	4,79
1984	386	0,009	174.756	3,88
1985	619	0,013	182.410	3,80
1986	1.007	0,018	123.899	2,22
1987	945	0,020	117.175	2,43
1988	1.256	0,024	166.139	3,19
1989	1.946	0,030	178.480	2,77

Fuente: FAO. 1989. *Fishery Statistics, Catches and Landings*. Food and Agriculture Organization. FAO Yearbook Vol. 60. 516 pp.

Los salmones y truchas son especies introducidas originarias del Hemisferio Norte. Entre los salmones existen dos géneros: *Salmo* (salmón del Atlántico) y *Oncorhynchus* (salmón del Pacífico). Este último género tiene 6 especies: *O. Kisutch* (salmón plateado o coho), *O. tshawytscha* (salmón rey o chinook), *O. gorbuscha* (salmón rosado o pink), *O. keta* (salmón perro o chum), *O. nerka* (salmón rojo o sockeye) y *O. masou* (salmón cereza o cherry); todas ellas han sido introducidas en nuestro país.

En una primera etapa, entre fines del siglo pasado e inicios de la década del ochenta, los esfuerzos estuvieron orientados a introducir en forma silvestre los salmones en hoyas hidrográficas de Chile central<sup>5</sup>. Posteriormente, las especies se cultivaron en sistemas de confinamiento y comenzó la producción de ovas nacionales. Según Méndez y Munita<sup>6</sup>, a fines de 1988 existían 188 centros de cultivo en el país, de los cuales el 85% se encontraba en la X Región de Los Lagos. La producción de salmones en nuestro país está sustentada principalmente en base a tres especies: los salmones plateado, del Atlántico y rayo.

<sup>5</sup> Méndez, R. y C. Munita. 1989. *La Salmonicultura en Chile*. Fundación Chile, Editorial Lahosa, Santiago. 228 pp.

<sup>6</sup> Id. a nota 5.

### 3. Recursos Marinos

#### 3.1. Algas

Las algas tienen un interés económico, ya que de ellas se extraen ficocoloides (agar-agar, carragenano y ácido alginico), sustancias que se usan en la industria de alimentos, fármacos y pinturas, entre otras. La mayor parte de la cosecha se exporta como materia prima, en la forma de alga seca.

*Gracilaria* (pelillo) es el género de algas más explotado en nuestro país. Las principales praderas naturales de esta alga se ubican en las zonas de Coquimbo, Concepción, Isla Santa María, Puerto Montt y Ancud, encontrándose principalmente en bahías protegidas con fondos arenosos. Debido a los atractivos precios en los mercados internacionales, la presión de explotación sobre las praderas ha sido muy intensa, produciendo bajas en la biomasa cosechada<sup>7</sup>, lo que unido a problemas de manejo y regulación han generado una sobreexplotación de este recurso. Esta realidad incentivó a particulares y asociaciones de pescadores artesanales a cultivar el alga como una alternativa viable a la extracción natural. Del total de la producción del país, un 10% proviene de centros de cultivo, que cubren aproximadamente 2.700 ha de fondo de mar<sup>8</sup>. Otro recurso importante es el género *Iridaea* (luga-luga), que se extrae de roqueríos intermareales y submareales someros entre la VIII Región del Biobío y X Región de Los Lagos. Santelices<sup>9</sup> menciona que la presión de extracción sobre las especies de *Iridaea* y *Gigartina* aparentemente ha sido tan intensa como para llevar a su sobreexplotación, y actualmente esa explotación habría disminuido a causa de los cultivos exitosos de especies del género *Eucheuma* en Filipinas, Indonesia y China, y por la producción de *Chondrus crispus* en Canadá.

Otras especies económicamente importantes son los huiros (género *Lessonia*), que provienen del intermareal (*L. nigrescens*) y del submareal rocoso (*L. trabeculata*) de las zonas norte y centro de nuestro país. La extracción de estas algas se realiza mayoritariamente por cosecha en la zona intermareal y recolección de algas varadas desde el submareal.

Cabe destacar el esfuerzo invertido en el desarrollo de cultivos comerciales en nuestro país, el cual ha tenido resultados positivos. No obstante, su futuro estará básicamente determinado por las demandas del mercado internacional, que hasta la fecha han sido altamente variables.

<sup>7</sup> Westermeir, R., R. Rivera y I. Gómez. 1987. *Cultivo de Gracilaria sp. en el Sur de Chile*. Libro de Resúmenes I Congreso Latinoamericano de Ficología Marina y III Simposio de Algas Marinas Chilenas, Universidad de Concepción. p. 109.

<sup>8</sup> Lopehandía, J. 1986. *Historia de la Utilización de Gracilaria en Chile. Situación Actual de la Producción y Extracción*. En: Alveal, K., A. Candia, I. Inostroza, A. Pizarro, A. Poblete y H. Romo (eds.). *Memorias Seminario Taller Manejo y Cultivo de Gracilaria en Chile*, Concepción. pp. 32-52.

<sup>9</sup> Santelices, B. 1989. *Algas Marinas de Chile. Distribución. Ecología. Utilización. Diversidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 399 pp.

### 3.2. Invertebrados

Chile sustenta una importante pesquería de recursos marinos que incluye gran cantidad de especies de organismos invertebrados (conocidos como mariscos), cuya extracción es principalmente artesanal y tiene una alta significancia económica y social en el país<sup>10</sup>.

Los taxa más representados en la pesquería son moluscos bivalvos, moluscos gastrópodos, crustáceos y equinodermos. La extracción total de moluscos ha incrementado desde cerca de 70.000 ton en 1982 hasta cerca de 140.000 en 1992, mientras que la de crustáceos ha sido bastante fluctuante, oscilando entre cerca de 15.000 a aproximadamente 35.000 ton en el mismo decenio, y bordeando actualmente las 30.000 ton<sup>11</sup>. En general, cerca del 12% del desembarque total no es procesado, mientras la fracción restante es destinada principalmente a la elaboración de conservas y productos congelados<sup>12</sup>.

Esta intensa explotación ha tenido consecuencias negativas en algunas especies, y uno de los casos más conocidos, tanto por la importancia de su pesquería como por las medidas restrictivas que ha obligado a tomar, es el del molusco gastrópodo *Concholepas concholepas*, el loco. La pesquería de loco ha experimentado problemas serios a lo largo de todo el país<sup>13</sup>, y constituye un ejemplo de las consecuencias de la sobreexplotación.

### 3.3. Peces

Los estudios básicos que se han desarrollado en los últimos 10 años en pesquerías pelágicas y demersales son numerosos, y han abordado los principales recursos ícticos tales como merluzas (*Merluccius gayi*, *M. australis*), sardinas (*Engraulis ringens*, *Sardinops sagax*, *Clupea bentincki*), jurel (*Trachurus murphyi*) y congrios (*Genypterus maculatus*, *G. blacodea*), desde el punto de vista de sus relaciones tróficas<sup>14</sup>, edad y crecimiento<sup>15</sup>,

---

<sup>10</sup> Castilla, J.C. y P.A. Camus. 1992. *The Humboldt-El Niño Scenario: Coastal Benthic Resources and Anthropogenic Influences, with Particular Reference to the 1982/83 ENSO*. En: Payne A.I.L., K.H. Brinck, K.H. Mann y R. Helborn (eds.). *Benguela Trophic Functioning*. South African Journal of Marine Science, 12:703-712.

Id. a nota 4.

<sup>11</sup> SERNAP. 1992. *Anuario Estadístico de Pesca*. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Servicio Nacional de Pesca, Santiago. 190 pp.

<sup>12</sup> Id. a nota 11.

<sup>13</sup> Castilla, J.C. 1988. *Earthquake-Caused Coastal Uplift and its Effects on Rocky Intertidal Kelp Communities*. *Science*, 242:440-443.

<sup>14</sup> Bahamonde, N. y P. Zavala. 1981. *Contenidos Gástricos de Genypterus maculatus (Tschudi) y Genypterus blacodes Capturados en Chile entre 31° y 37° S (Teleostomi, Ophidiidae)*. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile), 38:53-59.

Arancibia, H. y R. Meléndez. 1987. *Alimentación de Peces Concurrentes de la Pesquería de Pleuroncodes monodon Milne Edwards*. Investigación Pesquera (Chile), 34:113-128.

<sup>15</sup> Aguayo, M., R. Gili y V. Erbs. 1987. *Estudio de Edad y Crecimiento en Sardina (Sardinops sagax) del Norte de Chile*. Investigación Pesquera (Chile), 34:85-98.

reproducción, nuevos larvas<sup>16</sup> y dinámica poblacional<sup>17</sup>.

Sin embargo, la tendencia ha sido hacia la aplicación de modelos poblacionales uni-específicos, y no se ha considerado seriamente la variabilidad ambiental oceanográfica y ecológica. La utilización de nuevas tecnologías, conjuntamente con un renovado enfoque de investigación en recursos pelágicos y demersales, permitirá a futuro predecir cuantitativamente la abundancia de los recursos ícticos en el espacio y en el tiempo.

### 3.4. Mamíferos

Los mamíferos marinos que se encuentran en aguas chilenas son cada vez más escasos, y están actualmente bajo una serie de medidas de protección. Por ejemplo, el chungungo (*Lutra felina*) está protegido mediante la Ley N° 4.601 de 1929 y por el Decreto N° 40 de 1972. Las focas se encuentran protegidas por la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas, suscrita en Londres (1972) y ratificada por Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Noruega y Sudáfrica<sup>18</sup>. El Decreto N° 40 de 1972 incluye también medidas de protección para las focas.

A través del Decreto Supremo N° 182 de 1978 se encuentra prohibida la caza del lobo fino antártico, y las restantes tres especies de otáridos pueden ser cazadas con un permiso especial. Durante 1989, según las estadísticas del Servicio Nacional de Pesca, se cazaron ejemplares de lobo común. Esta especie resulta ser un fuerte competidor de los pescadores artesanales y aparentemente sus stocks han aumentado. Sin embargo, la información disponible sobre su biología poblacional es muy antigua<sup>19</sup>, y no se dispone de información actualizada para sugerir medidas de manejo.

Chile es miembro de la Comisión Ballenera Internacional desde 1946 y también de la Comisión Permanente del Pacífico Sur<sup>20</sup>, organismos que regulan las actividades

<sup>16</sup> Aguilera, E.A., C. Oyarzun y J. Chong. 1986. *Ciclo Reproductivo de la Sardina Española*, *Sardinops sagax musica* (Girard 1854) en el Area Pesquera de Talcahuano, Chile (1983-1984). *Biología Pesquera*, 15:45-53.

Uriarte, I. y F. Balbontín. 1987. *Caracterización del Estado de Hambruna de las Larvas de Sardina Sardinops sagax musica (Pisces, Clupeiformes), Mediante Criterios Morfométricos e Histológicos*. *Rev. Biol. Mar.*, 23:77-106.

<sup>17</sup> Aguayo, M. y H. Robotham. 1984. *Dinámica Poblacional de Merluza Común (Merluccius gayi gayi) (Gadiformes - Merlucciidae)*. *Investigación Pesquera (Chile)*, 31:17-45.

Salazar, C., C. Martínez, J. Mendieta y G. Bohm. 1984. *Evaluación del Recurso Sardina Española (Sardinops sagax musica) de la Zona Norte de Chile, por Análisis de Población Virtual*. *Investigación Pesquera (Chile)*, 31:3-16.

<sup>18</sup> Torres, D., J. Yáñez y P. Cattán. 1979. *Mamíferos Marinos de Chile: Antecedentes y Situación Actual*. *Biología Pesquera*, 11:49-81.

<sup>19</sup> Aguayo, A. y R. Maturana. 1973. *Presencia del Lobo Marino Común (Otaria flavescens) en el Litoral Chileno. Arica (18°27'S) a Punta Maiquillaha (39°27'S)*. *Biología Pesquera*, 6:45-75

Sielfeld, W., C. Venegas y A. Atala. 1977. *Consideraciones Acerca del Estado de los Mamíferos Marinos en Chile*. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 8:297-312.

<sup>20</sup> Cárdenas, J.C., M.E. Stutzin, J.A. Oporto, C. Cabello y D. Torres. 1986. *Manual de Identificación de los Cetáceos Chilenos*. World Wildlife Fund-US/COO/DEFF. 102 pp.

balleneras. Los pequeños cetáceos se encuentran protegidos a través del Decreto N° 40 de 1972, el Decreto Supremo N° 381 del Ministerio de Agricultura, de 1977, y el Artículo N° 18.129 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 1982.

### 3.5. Recursos en Islas Oceánicas

El Archipiélago de Juan Fernández ha sustentado la explotación de importantes recursos desde hace más de 400 años. El lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*) fue cazado con tal intensidad en los siglos XVIII y XIX que fue considerado extinto por más de cien años<sup>21</sup>. No obstante, sus poblaciones han experimentado alguna recuperación, y actualmente es una especie protegida, considerada en peligro de extinción<sup>22</sup>.

Varias otras especies del Archipiélago son explotadas mayormente para consumo local, como el bacalao de Juan Fernández (*Polyprion oxygeneios*), corvina (*Micropogon fasciatus*), lenguados (3 especies del género *Paralichthys*), y el loco de Juan Fernández (*Concholepas concholepas fernandezianus*), entre otras. Sin embargo, la pesquería más importante es sobre la langosta de Juan Fernández (*Jasus frontalis*), también presente en las islas Desventuradas<sup>23</sup>, cuyos niveles de extracción fueron inicialmente altos (e.g., cerca de 150 ton en 1938 y 120 ton en 1964) En la actualidad sólo bordean las 40 ton, siendo un caso probable de sobreexplotación<sup>24</sup>.

Otra especie de gran interés comercial es la langosta de Isla de Pascua (*Panulirus pascuensis*), que aparentemente también habría sido sobreexplotada, aunque no existen estudios poblacionales o pesqueros ni estadísticas oficiales de pesca para confirmarlo<sup>25</sup>.

Por otra parte, tanto en el Archipiélago de Juan Fernández como en Isla de Pascua existe una flora marina variada y abundante, pero su conocimiento es muy reciente y está a nivel taxonómico básico. Se estima que su alta productividad la convierte en un recurso económico potencial, sobre el cual se requiere un plan de investigación racional para evaluar sus stocks y planificar su uso<sup>26</sup>.

---

<sup>21</sup> Arana, P. 1987. *Perspectivas Históricas y Proyecciones de la Actividad Pesquera Realizada en el Archipiélago de Juan Fernández, Chile*. En: Castilla, J.C. (ed.). *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 191-216.

<sup>22</sup> Torres, D. 1987. *Antecedentes del Lobo Fino de Juan Fernández*. En: Castilla, J.C. (ed.). *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 287-318.

<sup>23</sup> Castilla, J.C. y D. Oliva. 1987. *Islas Oceánicas Chilenas: Aspectos Descriptivos y Potencialidades*. En: Castilla, J.C. (ed.). *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 15-35.

<sup>24</sup> Id. a nota 21.

<sup>25</sup> Castilla, J.C. y N. Rozbaczylo. 1987. *Invertebrados Marinos de Isla de Pascua y Sala y Gómez*. En: Castilla, J.C. (ed.). *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 191-216.

<sup>26</sup> Santelices, B. 1987. *Flora Marina Bentónica de las Islas Oceánicas Chilenas*. En: Castilla, J.C. (ed.). *Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigación*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 101-126.

Con respecto a la conservación de la biota insular, debe indicarse que tanto Isla de Pascua como el Archipiélago de Juan Fernández fueron declarados Parque Nacional en 1935 (Decreto N° 103, Ministerio de Tierras y Colonización)<sup>27</sup>. Posteriormente, en Isla de Pascua se creó un Parque Nacional de Turismo de 4.605,2 ha (Decreto N° 148, Ministerio de Agricultura).

#### 4. Degradación del Ambiente Acuático por Acción Humana

Las principales causas de la degradación de los recursos hidrobiológicos son: a) crecimiento de la población humana, b) contaminación de origen doméstico e industrial, c) competencia por los mismos recursos, d) erosión y arrastre de sedimentos producto de prácticas agrícolas y forestales, y e) el impacto potencial del cambio climático global<sup>28</sup>.

El 70% de la población mundial habita en zonas costeras, lo que genera una potente y constante descarga de contaminantes de origen doméstico e industrial. La intensidad y efecto de esta descarga sobre los organismos dependen de la densidad de población humana y de la existencia de plantas de tratamiento. Por lo general, en países en vías de desarrollo como el nuestro, las plantas de tratamiento para descargas industriales son escasas, y las descargas domésticas son eliminadas directamente al mar. A pesar de la preocupación por la degradación del ambiente en países desarrollados, anualmente se eliminan 17 millones de ton de desechos industriales en aguas costeras<sup>29</sup>.

Los efectos más amplios de las descargas urbanas e industriales, según GESAMP<sup>30</sup>, son los riesgos para la salud humana debido a la presencia de patógenos, la eutroficación y/o anoxia debido al aporte de nutrientes y carbón orgánico, los efectos tóxicos sobre organismos marinos, y la acumulación de diferentes productos químicos en alimentos marinos. Por ello, la inquietud por invertir en plantas de tratamiento de residuos en Chile, tanto domésticos como industriales, debiera ser prioritaria para asegurar la calidad de nuestros productos hidrobiológicos. Cabe señalar que en Chile existen organismos que deben preocuparse de estos aspectos degradativos, como la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, encargada de "fiscalizar, aplicar y hacer cumplir todas las normas relacionadas con la preservación del medio ambiente acuático"<sup>31</sup>.

En los últimos 10 años las capturas mundiales de recursos hidrobiológicos han aumentado en un 35%, sin embargo, este incremento se debe a la explotación de nuevos

<sup>27</sup> Id. a nota 23.

<sup>28</sup> ICLARM. 1991. *A Strategic Plan for International Fisheries Research*. International Center for Living Aquatic Resources Management.

<sup>29</sup> Id. a nota 28.

<sup>30</sup> GESAMP. 1990. *The State of the Marine Environment*. Regional Seas United Nations Environmental Programme, UNEP. Regional Seas Reports and Studies N° 115. 110 pp.

<sup>31</sup> Heusser, J.C y J.L. Orellana. 1990. *Evaluación de Impacto Ambiental en el Sector Pesquero*. En: CIPMA. Acción Ambiental: ¿Obstáculo o Impulso al Desarrollo?, Serie Documentos de Seminarios N° 3:129-145.

*stocks* y nuevas áreas<sup>32</sup>, existiendo una alta competencia por éstos en aguas internacionales y mayores costos de extracción.

Son numerosos los ejemplos nacionales de pesquerías sobreexplotadas debido a una alta competencia por el recurso (involucrando un aumento del esfuerzo pesquero). Del Rfo<sup>33</sup> ejemplifica el caso de la pesquería demersal de merluza austral (*Merluccius australis*) en la XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo. La idea original era acceder a recursos ubicados en zonas aisladas sin contaminación, con el fin de extraer allí productos de alta calidad y obtener de ellos un alto valor agregado. Sin embargo, la flota tuvo un aumento explosivo, por lo que las 280.000 ton de biomasa estimadas en 1981 disminuyeron a 170.000 en 1989, capturando los ejemplares más juveniles del *stock*. Este ejemplo muestra claramente que, aunque es posible lograr un aumento en las capturas al acceder a nuevos recursos en áreas pristinas, es además necesario incorporar factores como el manejo sustentable de la pesquería, lo cual hubiera permitido la conservación del recurso.

A una escala mucho mayor es importante en la actualidad considerar aspectos como el cambio climático global, producto del aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico. La concentración de CO<sub>2</sub> del planeta en 1880 era de 280 partes por millón, y en 1980 ésta había aumentado a 340 partes por millón<sup>34</sup>, incremento que implica el calentamiento global del planeta.

El cambio climático global es un tópico relevante a nivel internacional debido a que podría constituir un problema serio, del cual debemos ser capaces de predecir sus consecuencias. Es importante conocer si los recursos hídricos pueden ser afectados por este fenómeno, y de serlo, cuáles podrían ser las modificaciones en la productividad y cadenas tróficas acuáticas.

En la costa de Chile ocurren además perturbaciones naturales que afectan fuertemente la distribución y abundancia de varios recursos marinos. Uno de los más importantes es el fenómeno de El Niño (*e.g.*, véase Investigación Pesquera (Chile), Vol. 32, de 1985), cuyos efectos pueden acoplarse con la explotación comercial de varias especies (*e.g.*, loco, pulpo, huiros)<sup>35</sup> ya sea negativa o positivamente<sup>36</sup>. Otro tipo de perturbación natural son los terremotos, que pueden causar mortalidades importantes en recursos costeros bentónicos por desplazamiento vertical del sustrato rocoso<sup>37</sup>.

---

<sup>32</sup> Id. a nota 28.

<sup>33</sup> Del Río, J.L. 1990. *Las Empresas Pesqueras y el Medio Ambiente*. En: CIPMA. Acción Ambiental: ¿Obstáculo o Impulso al Desarrollo?, Serie Documentos de Seminarios N° 3:115-120.

<sup>34</sup> Bernal, P. 1991. *Consequences of Global Change for Oceans: a Review*. Climatic Change, 18:339-359.

<sup>35</sup> Id. a nota 10.

<sup>36</sup> Arntz, W.E. 1986. *The Two Faces of El Niño*. ERFEN, 18:1-42.

<sup>37</sup> Castilla, J.C. y D. Oliva. 1990. *Ecological Consequences of Coseismic Uplift on the Intertidal Kelp Belts of *Lessonia nigrescens* in Central Chile*. Est. Coastal Shelf Sci., 31:45-56.

Id. a nota 13.

*Capítulo 23*

*Estado de los Recursos Energéticos en Chile*

*Ricardo Katz B.*

*Gestión Ambiental Consultores*

## CAPITULO 23. ESTADO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS EN CHILE

Autor: Ricardo Katz B., Gestión Ambiental Consultores

### 1. Introducción

Las políticas energéticas y las referidas al medio ambiente se han ido entrelazando cada vez más. El debate sobre la lluvia ácida en Europa y Norteamérica, al igual que la preocupación por la seguridad y protección contra la radiación derivada del uso de la energía nuclear, son ejemplos claros al respecto.

Los temas de actualidad, tanto a nivel nacional como internacional, incluyen las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), partículas y óxidos de carbón resultantes del uso de combustibles fósiles. Este último caso es particularmente relevante, dada la escala global del efecto invernadero producido por la descarga a la atmósfera de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A su vez, el impacto ambiental de los grandes proyectos de infraestructura para la generación, transporte y transmisión de energía, al igual que los efectos de accidentes derivados del transporte de petróleo, han pasado a constituir lazos indisolubles entre energía y medio ambiente.

En las secciones siguientes se presenta un resumen de las características de los distintos subsectores relevantes para Chile, basado en el libro "El Sector Energía en Chile".

### 2. Energía en Chile: panorama general

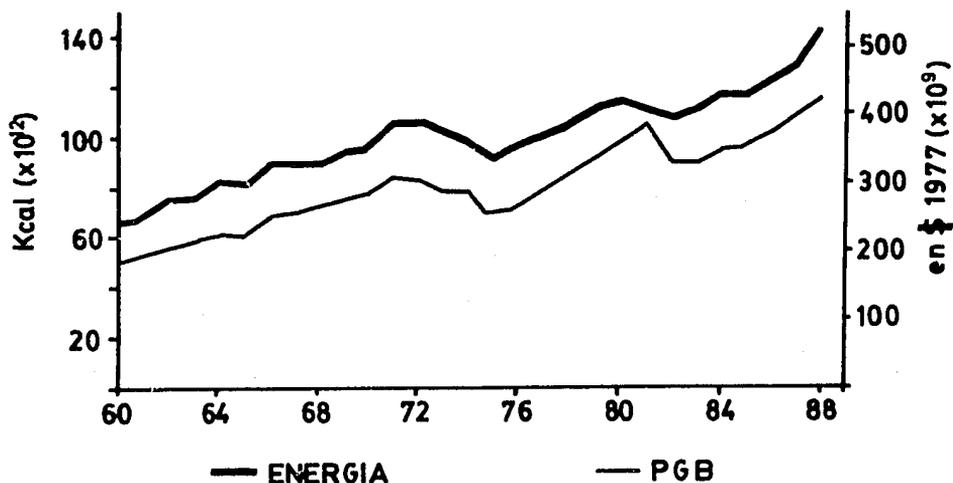
#### 2.1. Energía y Desarrollo Económico

Existe una estrecha relación entre el consumo de energía y el desarrollo económico del país, que deriva del hecho que la energía, en sus diversas formas, está presente como bien intermedio en la mayor parte de las actividades productivas de bienes y servicios, y también satisface los consumos directos de la población. Esta relación se muestra en la Figura 23.1, que señala la evolución del Producto Geográfico Bruto (PGB) y del consumo bruto de energía del país para el período 1960-1988. La Figura 23.1 sugiere el efecto negativo que puede tener en el corto y mediano plazo un déficit importante en el suministro de energía en general, o de algunos energéticos en particular. Evidentemente, en el largo plazo los productos energéticos pueden sustituirse entre sí y también con otros factores productivos como capital y trabajo.

---

<sup>1</sup> CNE. 1989. *El Sector Energía en Chile*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.

**Figura 23.1.**  
**Consumo de Energía y PGB en Chile**



**Nota:** Correspondiente al consumo bruto de energía primaria más importaciones menos exportaciones de energía secundaria. Para la hidroelectricidad se usó un equivalente calórico de 2.750 Kcal/KWh.

**Fuente:** Basado en información del Banco Central de Chile y de la CNE.

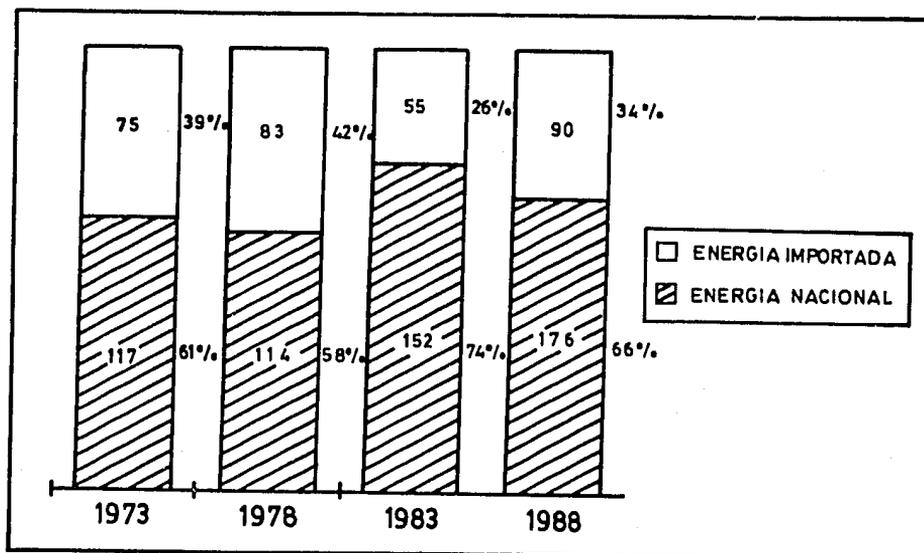
## 2.2. Evolución de las Fuentes y Usos de la Energía en Chile

Los principales energéticos a nivel primario en Chile son petróleo, hidroelectricidad, leña, carbón y gas natural. El petróleo ha disminuido su participación desde un 50% a comienzos de la década del setenta a un 40% en la actualidad, y la hidroelectricidad ha tenido un incremento importante. Cabe destacar que el consumo de petróleo había venido creciendo a tasas del orden de 7% anual en el período 1960-1970, sin embargo, el consumo bruto de 1987 fue similar al de 1970. Ello se debe al ajuste provocado por la mantención de una política de precios internos realista, que reconoció los fuertes incrementos de precios internacionales del petróleo ocurridos en 1973 y 1979, y a la evolución tecnológica mundial que logró aumentos en la eficiencia de los equipos que utilizan petróleo, los cuales fueron oportunamente introducidos al país.

El abastecimiento energético actual en el país es mayoritariamente de origen nacional. El país no es autosuficiente en el abastecimiento de petróleo, sin embargo, el grado de dependencia energética a nivel del consumo bruto total ha venido disminuyendo en los últimos 10 años, con un pequeño deterioro en 1988 (ver Figura 23.2).

Figura 23.2.

Dependencia Energética (miles de barriles de petróleo diario equivalente), Mostrando la Proporción de Energía Nacional e Importada en el Total Bruto del País



### 3. Petróleo

#### 3.1. Descripción General

El sector petróleo comprende las siguientes actividades:

- exploración y explotación de petróleo crudo;
- transporte, importación y refinación de petróleo crudo;
- producción, importación, transporte y distribución mayorista y minorista de derivados del petróleo (incluyendo gasolina natural y gas licuado extraídos del gas natural), y
- consumo de los respectivos derivados.

La producción interna de petróleo crudo, incluyendo los productos líquidos extraídos del gas natural, la genera casi totalmente la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP). La demanda principal de derivados del petróleo se concentra en el sector transporte, con casi el 52% del total. Le siguen en importancia los sectores industrial y minero con un 24%, el sector comercial-residencial con un 14%, y el sector centros de transformación (producción de petróleo y electricidad) con un 10%.

El nivel promedio de inversiones en el sector petróleo, considerando los 10 últimos años, ha sido del orden de US\$ 150 millones por año, representado la actividad de exploración-producción de petróleo crudo un 75% del total (aproximadamente 35% exploración y 65% producción).

La valorización del consumo final de derivados del petróleo alcanzó en 1988 aproximadamente US\$ 1.100 millones, sin considerar el consumo en centros de transformación, y sin incluir IVA e impuestos específicos. La actividad de producción e importación representó un 63% de dicho valor, la refinación un 17%, y la distribución mayorista y minorista tuvo un valor agregado de 20%.

### 3.2. Exploración y Explotación

Más de 16 cuencas sedimentarias han sido estudiadas en Chile. Las cuencas sedimentarias del margen continental están presentes en una angosta faja entre la costa y la fosa Chile-Perú. Estas últimas se encuentran distribuidas a lo largo de la plataforma y talud continental, entre Arica y las islas Diego Ramírez. Las cuencas sedimentarias terrestres yacen en la región de Magallanes, en el extremo sur del valle central, y en la zona norte. La más importante de todas es la cuenca de Magallanes, situada al este de los Andes, rellena con una capa de más de 8.000 m de espesor en su parte central. Todo el petróleo, y prácticamente la totalidad del gas producidos hasta la fecha, han sido encontrados en la cuenca de Magallanes.

### 3.3. Refinación

En el país existen dos refinerías, filiales de ENAP, y una planta de *topping*, también perteneciente a esa empresa. Una de las refinerías está localizada en Concón, cerca de los puertos de Valparaíso y Quintero (V Región de Valparaíso), y entró en operación a fines de 1954. La otra refinería está ubicada a 10 km de Concepción (VIII Región del Biobío), y entró en servicio a mediados de 1966 (ver Tabla 23.1).

	Refinería Concón (m <sup>3</sup> /día)	Refinería Concepción (m <sup>3</sup> /día)	Topping Gregorio (m <sup>3</sup> /día)
Topping I	5.250	5.720	1.600
Topping II	5.250	5.720	-
Cracking Catalítico	2.200	2.910	-
Refor. Catalítica	490	630	-
Alquilación	110	-	-
Solvente	75	-	-
Visbreaking	1.500	1.350	-
Etileno	-	1.360	-
Fuente: ENAP.			

Ambas refinerías están unidas a Santiago a través de una red de cerca de 700 km de poliductos, asegurando el abastecimiento de productos refinados en la zona comprendida entre Concepción y Valparaíso, que concentra el 70% de la demanda nacional de productos limpios. El resto del país, salvo Magallanes que produce para su consumo zonal, es abastecido por vía marítima o por camiones.

### 3.4. Evolución de la Exploración y Producción

En el país se conocen aproximadamente 300.000 km<sup>2</sup> de cuencas sedimentarias. La cuenca de Magallanes, que representa un 29% del total, ha sido la única productora de petróleo, concentrando casi el 90% de la actividad exploratoria. En efecto, sólo han sido perforados 94 pozos exploratorios fuera de Magallanes, en una superficie prospectiva de interés de más de 210.000 km<sup>2</sup>, y de ellos sólo 18 son pozos costa afuera.

En la cuenca de Magallanes ha continuado el desarrollo de los yacimientos de petróleo ininterrumpidamente desde el primer descubrimiento efectuado en 1945. Desde ese año, y hasta fines de 1987, se han descubierto más de 108 yacimientos de petróleo y gas. De éstos, 38 son del tipo significativo, es decir, con reservas probadas de por lo menos 160.000 m<sup>3</sup> de petróleo equivalente (se considera la equivalencia 1 m<sup>3</sup> de petróleo = 1.000 m<sup>3</sup> de gas), incluyendo seis costa afuera en el Estrecho de Magallanes. Las tres cuartas partes de las reservas recuperables se encuentran en siete yacimientos con reservas superiores a 8 millones de m<sup>3</sup> de petróleo equivalente cada uno. En total, 18 yacimientos contienen un 92% de lo descubierto.

La producción acumulada hasta diciembre de 1988 ha sido de 57,5 millones de m<sup>3</sup> de petróleo (incluye la gasolina natural agregada al petróleo crudo), de los cuales 44,6 millones provienen de yacimientos en tierra y el resto de costa afuera. Durante 1988 la producción anual de petróleo fue de 1,42 millones de m<sup>3</sup>, y un 63% provino de yacimientos costa afuera. La máxima producción histórica de petróleo en el país se produjo en 1982, llegando a 2,48 millones de m<sup>3</sup>. A partir de ese año, la producción ha disminuido a una tasa anual de 8,9%, producto de una menor producción de los yacimientos costa afuera.

### 3.5. Exploración-Producción

Esta actividad enfrenta un reto importante a futuro, ya que las perspectivas de la única zona productora de petróleo del país, la cuenca de Magallanes, son actualmente de una significativa disminución del ritmo de producción, a pesar de los esfuerzos de inversión del Estado. Con la información disponible se proyecta que su producción (incluidos la gasolina natural y gas licuado) podría decrecer hasta no más de 0,5 millones de m<sup>3</sup> para 1998, salvo hallazgos importantes en áreas nuevas, como el distrito precordillera. En la actualidad el área norte del país, principalmente la zona de los salares, es el lugar con mayores perspectivas.

### 3.6. Refinación-Distribución

Se espera que a futuro las principales inversiones de este subsector se concentren en la realización de proyectos que permitan adaptar las refinerías a la evolución de la demanda, sobre todo en lo referente a una mayor producción de livianos (gasolina y diesel), ya que los productos pesados seguirán siendo sustituidos por alternativas más convenientes, como carbón y leña. Un proyecto que podría producir cambios drásticos en la refinación y distribución de derivados del petróleo es la importación de gas natural desde Argentina, incluyendo la posibilidad de trueque de gas entre ambos países. El primero de estos proyectos podría significar una menor producción y consumo de derivados del petróleo para el año 2000, del orden de 15%.

### 3.7. Demanda y Abastecimiento

Se estimó que la demanda de derivados de petróleo en el país tendrá un crecimiento promedio hasta 1998 de aproximadamente 4% anual, para una hipótesis de crecimiento del PGB de 5% anual, un aumento de los precios del petróleo a alrededor de US\$ 18 por barril, y la no implementación del proyecto de interconexión gasífera con Argentina. Este crecimiento moderado sería una prolongación de la tendencia del período 1976-1987, consecuencia del mejor rendimiento de los vehículos de transporte y del creciente reemplazo del petróleo por otros energéticos, especialmente carbón en centrales termoeléctricas y calderas industriales, como también por leña y residuos forestales. Debe recordarse que con anterioridad a 1974 la tasa anual de crecimiento de la demanda de petróleo era superior a 7%, lo que llevaba a duplicar el consumo cada 10 años.

El abastecimiento nacional estará condicionado en forma importante al resultado de los programas de prospección en curso, y podría oscilar entre un 5% a 23% en 1998. Cabe indicar que, dado lo incierto de la actividad de exploración, los antecedentes señalados pueden cambiar drásticamente ante un descubrimiento importante de petróleo.

## 4. Electricidad

### 4.1. Descripción General

En el proceso que permite disponer de la electricidad como energía útil en los centros de consumo se distinguen tres actividades: generación o producción, transmisión o transporte y distribución. Los sistemas eléctricos permiten ejecutar estas actividades en forma simultánea, asegurando el necesario ajuste instantáneo entre producción y consumo, ya que con las actuales tecnologías es comercialmente imposible almacenar la electricidad como tal en grandes cantidades. Los sistemas eléctricos interconectados comprenden varios centros de generación.

Los principales sistemas eléctricos de servicio público son el Sistema Interconectado Central (SIC), el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) y los sistemas eléctricos de Aisén y Punta Arenas.

El peso relativo que tiene cada una de las actividades del sector eléctrico, medido a través del costo de producir, transmitir y distribuir electricidad, depende de las características de cada sistema eléctrico. Una estimación del costo promedio de estas actividades en el SIC, el más importante del país, se entrega en la Tabla 23.2.

Actividad	Costo US\$	%
Generación	3,2	51
Transmisión	0,7	11
Distribución	2,4	38

La generación bruta de electricidad en el país alcanzó en 1988 a 16.915 GWh, de los cuales 11.470 fueron hidroeléctricos (68%) y 5.445 termoeléctricos (32%), principalmente generados con carbón. Sin embargo, el porcentaje de hidroelectricidad ha sido variable, dependiendo de la hidrología y de la cantidad de centrales hidroeléctricas que se han ido incorporando a los sistemas eléctricos.

## **4.2. Características de la Generación-Transmisión**

### **4.2.1. Diversidad de Fuentes de Generación**

La electricidad es una forma de energía secundaria que puede ser generada a partir de diversas fuentes de energía primaria. En el caso de nuestro país, los recursos o fuentes más económicos son la energía hidráulica, el carbón, el petróleo, la leña y sus subproductos, y el gas natural (este último, hasta el momento, sólo en el extremo sur del país). La energía nuclear aún no es competitiva para desarrollarse en ninguno de los sistemas eléctricos del país. Además, a los precios actuales, los medios no convencionales para producir electricidad (sol, viento, biogas, energía del mar, etc.) sólo son competitivos para satisfacer consumos eléctricos pequeños en lugares muy alejados de los sistemas eléctricos existentes.

Los costos variables de operación de estos distintos tipos de generación crecen en forma inversa al costo de la inversión. Así, la generación hidroeléctrica tiene costos variables de operación próximos a cero, la termoelectricidad vapor-carbón y vapor-petróleo del orden de US\$ 0,02 a US\$ 0,04 por Kwh, y las turbinas a gas, funcionando con petróleo, del orden de US\$ 0,09 por Kwh.

### **4.2.2. Alta Tasa de Crecimiento de la Demanda**

En Chile las tasas históricas de crecimiento del consumo eléctrico son superiores a la tasa de crecimiento del PGB. A modo de ejemplo, el consumo bruto total de electricidad del país en el período 1975-1988 creció a una tasa del 5,3% anual, y el PGB a un 4,1%. En el caso del SIC se han registrado tasas promedio anuales de crecimiento del consumo eléctrico de servicio público de 5,9% entre 1975 y 1988, y 5,5% entre 1980 y 1988.

## **4.3. Principales Sistemas Eléctricos**

El principal sistema eléctrico del país, el SIC, se extiende en una longitud de unos 2.000 km en la región central de Chile, abasteciendo desde la III Región de Atacama a la X Región de Los Lagos. La zona de influencia de este sistema cubre el 43% de Chile continental sudamericano, donde habita el 93% de la población y se desarrolla un porcentaje similar de la actividad económica.

A diciembre de 1988 la potencia instalada de servicio público del SIC fue de 2.920,5 MW, de los cuales 2.152 correspondieron a centrales hidroeléctricas y 768,5 a centrales térmicas.

El SING es el segundo sistema del país y su puesta en servicio se efectuó en noviembre de 1987. Se desarrolla entre Arica y Antofagasta, y tuvo su origen en la interconexión de los sistemas eléctricos de Tarapacá y Antofagasta de EDELNOR, con el

Sistema Tocopilla-Chuquicamata de CODELCO-Chile. La potencia instalada de servicio público del SING a diciembre de 1988 era de 96 MW, de los cuales 10 correspondían a centrales hidroeléctricas y 86 a térmicas. La potencia instalada de autoprodutores en el SING alcanzaba en esa fecha a los 500 MW, todos correspondientes a centrales térmicas.

El sistema eléctrico de Aisén abastece el área comprendida por las ciudades de Puerto Aisén y Coihaique, más las localidades de Puerto Chacabuco, Villa Mañihuales, Villa Ortega, Nirehuao, Puerto Ibáñez y Balmaceda. La potencia instalada a diciembre de 1988 era de 8 MW, de los cuales 38% eran hidroeléctricos y el resto correspondía a motores diesel. La generación de este sistema en 1988 fue de 26 GWh, de los cuales 75% fueron hidroeléctricos. El sistema de transmisión de Aisén comprende 300 km de líneas de 23 kV y 33 kV. Por otra parte, el sistema eléctrico de Punta Arenas dispone de dos centrales con una potencia instalada total de 41,4 MW, de los cuales 37 MW corresponde a turbinas a gas natural y el resto a motores diesel.

A lo largo del país existen varios otros centros aislados de generación y pequeños sistemas eléctricos de servicio público, con una potencia instalada total del orden de 8 MW a diciembre de 1988. Existen además diversas instalaciones aisladas de generación y sistemas eléctricos de autoprodutores, no interconectados a los sistemas anteriores, con un total de 143 MW instalados a diciembre de 1988. De éstos cabe destacar el sistema eléctrico de SOQUIMICH (54 MW) y los centros de generación de la ENAP en Magallanes (32 MW).

#### 4.4. Potencial Hidroeléctrico

En relación con su población y sus actuales niveles de consumo de electricidad, Chile dispone de una cantidad importante de recursos hidráulicos para la generación de energía eléctrica. Los últimos estudios de evaluación de recursos indican un potencial hidroeléctrico de unos 23.800 MW; con él se podría lograr una generación media anual de 128.000 GWh. De este total, actualmente sólo se utiliza un 10%.

La mayor parte del potencial hidroeléctrico se concentra en la zona centro-sur del país (V Región de Valparaíso y X Región de Los Lagos), con un 65% del total. De acuerdo con las estimaciones de su costo de desarrollo, aproximadamente tres cuartas partes de dicho potencial podrían producir energía eléctrica a costos inferiores a los de generación de origen térmico.

### 5. Carbón

#### 5.1. Descripción General

En 1988 se produjeron en el país 2,5 millones de toneladas físicas de carbón, que llevadas a una base de 7.000 Kcal/kg PCS como recibido, equivalente a 1,9 millones de toneladas. Si bien la producción de carbón mineral se asocia comúnmente a la actividad minera de la VIII Región del Biobío, existen otras zonas productoras ubicadas en la X Región Los Lagos y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

De acuerdo a sus características, los carbones se clasifican en antracitas, bituminosos, subbituminosos y lignitos. En el país se explotan comercialmente yacimientos de carbones bituminosos en la VIII Región del Biobío y subbituminosos en la X Región de Los Lagos y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

Las reservas explotables más importantes se ubican en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, siguiéndole en importancia la VIII Región del Biobío y X Región de Los Lagos (ver Tabla 23.3). Existen además otras áreas, ubicadas en la III Región de Atacama, V Región de Valparaíso, Región Metropolitana de Santiago, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins y IX Región de la Araucanía, donde se han detectado mantos de carbón de baja potencia, y cuya explotación ha sido sólo marginal.

Los consumidores de carbón exigen distintas características al mineral, según las formas y tecnologías de uso. La distinción más importante se hace entre carbón térmico y metalúrgico. El primero se utiliza en la producción de calor, básicamente en hornos, generación de vapor y otros sistemas térmicos. En Chile, el carbón metalúrgico se utiliza en el área siderúrgica para producción de coque. Esto hace que ambos tipos se transen en mercados diferentes.

El carbón térmico, en el mercado de los productos energéticos, debe competir con sustitutos como petróleo, leña, electricidad, gas natural y otros. Sus características físicas son relevantes sólo en la medida que ellas puedan afectar la combustión en los quemadores. Por esta razón, más que referirse a un carbón de "buena" o "mala" calidad, lo que cabe es considerar su aptitud para ser usado en un determinado sistema térmico, y obviamente sus costos y eficiencia de uso.

A diferencia del carbón térmico, en el que importa su contenido energético, en el carbón metalúrgico se destaca su propiedad coquizable, interesando en mucho mayor grado sus propiedades físicas y composición química.

En 1988 el consumo de carbón alcanzó a 2,5 millones de ton (equivalente a 7.000 Kcal/kg PCS cr), de las cuales un 70% se consumió en centros de transformación.

## **5.2. Las Zonas Productoras**

### **5.2.1. VIII Región del Biobío (Concepción-Arauco-Lebu)**

La VIII Región del Biobío posee tradición en la explotación subterránea de yacimientos carboníferos (ver Tabla 23.4). En general, el carbón se presenta en múltiples mantos susceptibles de explotarse en forma simultánea por medio de chiflones o piques principales de acceso, desde los que se inician las galerías de acceso a frentes de explotación.

<b>Tabla 23.4</b> <b>Gran Minería de la VIII Región del Biobío:</b> <b>Reservas Recuperables y Capacidad de Producción</b>		
<b>Minas</b>	<b>Reservas Recuperables</b> (Millones de ton)	<b>Capacidad de Producción</b> (Miles de ton/año)
Lota	12,3	540
Lebu	3,0	110
Colico	0,7	105
Trongol	1,8	90
Schwager	11,0	335
<b>Total</b>	<b>28,8</b>	<b>1.180</b>

Los sistemas de explotación pueden ser calificados de convencionales, y se caracterizan por el uso intensivo de mano de obra y de postes hidráulicos o de madera para sostener los frentes de trabajo. En general, la baja mecanización de las labores hace que las productividades se encuentren entre 300 y 900 kg de carbón vendible por hombre-turno. Por esta razón, la mano de obra representa el principal ítem de costos de producción. En el caso de la gran minería, la mano de obra representa cerca del 50% de los costos de producción.

#### 5.2.2. X Región de Los Lagos (Valdivia-Llanquihue)

En la X Región de Los Lagos se explotan carbones subbituminosos (ver Tabla 23.5). Las reservas más importantes están en dos zonas: la cuenca de Valdivia y la cuenca de Osorno-Llanquihue. En la cuenca de Valdivia se han explotado algunas minas como Arrau y Máfil, sin embargo hoy sólo están en producción los yacimientos de Pupunahue y Catamutún. En la cuenca Osorno-Llanquihue han operado minas tales como Huilma, Cheuquemó, Llico y Parga, pero actualmente no se registra actividad.

<b>Tabla 23.5</b> <b>Reservas Recuperables y Capacidad de Producción</b> <b>en la X Región de Los Lagos</b>		
<b>Yacimiento</b>	<b>Reservas Recuperadas</b>	<b>Capacidad de Producción</b>
Catamutún	5,0	140
Pupunahue	2,0	25
<b>Total</b>	<b>7,0</b>	<b>165</b>

El yacimiento de Catamutún, ubicado a 50 km al sur de Valdivia y 23 km al norte de La Unión, en producción desde hace más de 30 años, es explotado por la Compañía Minera San Pedro de Catamutún. El yacimiento de Pupunahue, explotado por la Compañía Minera La Unión Ltda., está ubicado 35 km al este de Valdivia.

### 5.2.3. XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena (Magallanes)

Las principales reservas carboníferas chilenas corresponden a las cuencas de Magallanes. Los estratos que portan mantos de carbón se ubican en la zona comprendida entre Puerto Natales y Punta Arenas, y se trata de carbones subbituminosos que mejoran sus características de poder calorífico a medida que se avanza hacia el norte. Se distinguen cuatro zonas de interés, que de sur a norte son: Península de Brunswick, Isla Riesco, norte Seno Skyring y Rubens-Natales (ver Tabla 23.6).

Zona	Demostradas		Inferidas
	Medidas	Indicadas	
Pecket/Brunswick	20	32	1.200
Isla Riesco	161	378	3.200
Dorotea-Natal	-	-	600
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>410</b>	<b>5.000</b>

Fuente: Basado en datos de CORFO y CNE.

En la Península de Brunswick hay diversos sectores de interés con reservas de tipo subbituminoso, en los que se han realizado estudios geológicos de carbón, principalmente a partir de afloramientos superficiales. El sector más prospectado ha sido Pecket, actualmente en explotación. Esta mina inició sus operaciones en 1987, usa el sistema de explotación de rajo móvil y posee una capacidad de producción de 1,1 millones de ton/año. Además cuenta con un puerto con capacidad de 60.000 ton. La mina es de propiedad de la Compañía de Carbones de Chile S.A.

La zona de Isla Riesco es la de mayores reservas de carbón de Magallanes y del país, las que se han estimado en 3.200 millones de ton. La orilla norte del Seno Skyring, frente al sector de Ensenada de Ponsomby de Isla Riesco, es un sector poco conocido y se presume de menor importancia.

El sector Rubens-Natales tiene un área de 340 km<sup>2</sup> de interés carbonífero. Se conocen algunos afloramientos de mantos de hasta 8 m de potencia, y hace algunos años el distrito fue prospectado con un programa de sondajes. Estos carbones tienen mayor poder calorífico que los ubicados más al sur, y se estima que tienen características similares a los de Río Turbio, en Argentina. Las reservas inferidas de este sector se han estimado en 600 millones de ton.

### 5.3. Los Centros de Consumo

#### 5.3.1. Centros de Transformación

La mayor demanda de carbón proviene de centros de transformación, como plantas termoeléctricas, de coque metalúrgico y de gas de cañería. Los centros de transformación, que representan cerca del 30% de la demanda nacional, se encuentran ubicados en su mayoría en las zonas portuarias de la II Región de Antofagasta, V Región de Valparaíso y VIII Región del Biobío, donde se concentra cerca del 80% del consumo nacional.

En el país existe una potencia instalada de 1.056 MW en centrales térmicas a carbón. La mayor parte de estas centrales son duales, es decir, susceptibles de utilizarse con carbón o petróleo indistintamente. Del total de la potencia instalada, 409 MW se encuentran en el SIC y el resto en el SING.

Las centrales a carbón del SIC son un complemento a la generación hidráulica, lo que hace que los consumos de combustible queden sometidos a la aleatoriedad de la hidrología. Ejemplo de esto son los años 1987 (bajo consumo de carbón, año húmedo) y 1988 (alto consumo de carbón, año seco y crecimiento de la demanda de servicio público cercano al 8% anual). En 1988 el consumo total de carbón de las centrales termoeléctricas del país alcanzó a 1,3 millones de ton (equivalente a 7.000 Kcal/kg PCS cr).

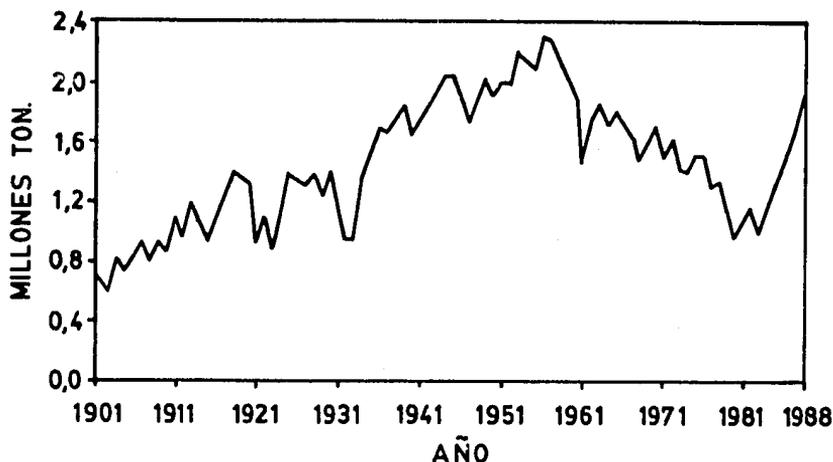
Una situación distinta ocurre con las centrales a carbón del SING, ya que ellas son la base de la generación eléctrica complementada con la generación de centrales de petróleo, lo que hace que los consumos de carbón tengan una mayor estabilidad.

#### 5.3.2. Usos Finales

Los usos finales de la energía del carbón representan aproximadamente un tercio del consumo nacional, y se concentran básicamente en la industria y minería, destacando el consumo de la minería del cobre y hierro, y el de las plantas cementeras, azucareras y pesqueras. En 1988 el consumo final de carbón alcanzó a 735.000 ton, de las cuales 705 correspondieron al sector industrial y minero y 30 al sector comercial, público y residencial. El sector transporte representó un consumo inferior a 1.000 ton.

En Chile la producción nacional tuvo una tendencia creciente hasta 1955, año en el que alcanzó los 2,3 millones de ton, para luego iniciar un lento descenso hasta llegar a niveles del orden de 1 millón de ton a comienzos de la década del ochenta (ver Figura 23.3).

Figura 23.3  
Producción Anual de Carbón en Chile (1901-1988)



Fuente: Basado en datos de ENACAR y CNE.

## 6. Gas

### 6.1. Descripción General

El sector gas comprende todo combustible gaseoso que se transporte o distribuya a través de redes de tuberías. El "gas de red" incluye por consiguiente al gas natural y gas manufacturado (denominado gas corriente o gas de ciudad), producido a partir de la destilación del carbón, del *cracking* de derivados del petróleo (nafta) o bien de la mezcla de los anteriores con biogas. Se incluye dentro de este sector al gas derivado de la industria siderúrgica, como el "gas de coquerías" y de altos hornos. El gas licuado fue tratado en el sector petróleo como un derivado.

El gas de red es utilizado actualmente sólo en algunas comunas de la V Región de Valparaíso, Región Metropolitana de Santiago (principalmente Santiago Centro, Providencia, Las Condes y Ñuñoa), VIII Región del Biobío (Concepción y Talcahuano) y XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena (Punta Arenas, Puerto Natales y Porvenir). En las primeras regiones se utiliza gas manufacturado producido por empresas privadas, y en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena se utiliza gas natural producido por ENAP. En la distribución operan sólo empresas privadas. Cabe señalar que, con excepción de la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, el consumo de gas de red no es muy importante, ya que representa menos del 10% del consumo residencial de combustible y menos del 3% del consumo industrial de energéticos. En el contexto energético nacional, el gas tiene una participación relativamente modesta, representando cerca de 6% del consumo final de energía.

La producción de gas natural en 1988 fue de 11,7 millones de m<sup>3</sup>/día, de la cual cerca de 68% fue reinyectado, 18% utilizado por ENAP en consumos propios (gas lift y gas absorbido), 3% correspondió a gas quemado y pérdidas, y el resto se vendió para consumo en la zona. La producción acumulada de gas natural a diciembre de 1988 ha sido de 174.000 millones de m<sup>3</sup>, siendo reinyectado cerca del 60% de la producción.

En cuanto al gas manufacturado, su consumo en 1988 expresado en términos de gas natural equivalente fue de 0,2 millones de m<sup>3</sup>/día, que fue demandado casi en un 85% por el sector comercial, público y residencial. Su baja utilización se debe principalmente al alto costo que tiene este producto en relación a los combustibles sustitutos.

## 6.2. Gas Natural

El gas natural se utiliza en el país sólo en el entorno de las zonas productoras de Magallanes, tanto en las ciudades como en grandes proyectos de industrialización del gas. Prácticamente la totalidad del gas natural producido hasta la fecha ha sido encontrado en la cuenca de Magallanes, y se extrae de los yacimientos del área continental, Tierra del Fuego y costa afuera, junto a los hidrocarburos líquidos que componen el petróleo crudo y el condensado. En las más de 56 baterías de producción existentes se efectúa la primera separación del gas de la fase líquido para luego ser enviado, una vez deshidratado, a las plantas de procesamiento de Posesión, en el continente, y Cullén, en las islas de Tierra del Fuego.

## 6.3. Gas Manufacturado

La primera fábrica de gas de alumbrado que funcionó en Chile fue instalada en Copiapó en 1851. En 1856 se fundó la fábrica de gas de Valparaíso, y diez años más tarde inició su funcionamiento la planta de Santiago. Posteriormente, se instalaron plantas de gas en La Serena, Concepción, Talca, Los Andes, San Felipe, Parral, Antofagasta e Iquique.

El gas manufacturado se utilizó hasta 1930, básicamente en iluminación. Posteriormente, al ser desplazado por la electricidad, se transformó en un combustible de uso fundamentalmente doméstico e industrial. A partir de la década del 50 la utilización del gas licuado hizo que quedara fuera de funcionamiento por su excesivo costo.

## 6.4. Producción

La máxima producción de gas natural en el país se produjo en 1972, llegando a 8.073 millones de m<sup>3</sup> (22,1 millones m<sup>3</sup>/día). A partir de ese año ha disminuido a una tasa promedio anual de 3,9%, como resultado de la declinación normal de las reservas unido a la disminución de nuevos descubrimientos. Debe observarse que el gas tratado en plantas sólo ha tenido una pequeña variación con relación al año de mayor producción, lo que se puede observar indirectamente en las cifras de gas absorbido, que corresponde a los elementos líquidos extraídos del gas tratado.

## 6.5. Perspectivas del Gas Natural

Existe un proyecto de importación de gas natural desde Argentina por el Paso del Maipo (ubicado frente a Rancagua, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins), que abastecería principalmente parte de los consumos industriales y residenciales de la capital y los requerimientos de petróleo de la mina de cobre de El Teniente. Este proyecto, que está siendo liderado en el país por la empresa privada GASCO y en Argentina por la empresa estatal Gas del Estado, ha sufrido, desde los inicios de las primeras conversaciones en 1984, inconvenientes que han retrasado las negociaciones.

El proyecto implicaría la construcción de un gasoducto de 190 km en territorio chileno (incluyendo un ramal de conexión a El Teniente) y de aproximadamente 350 km en territorio argentino, abasteciéndose de gas en el Gasoducto Centro-Oeste, cerca de la ciudad de San Rafael. La inversión total sería del orden de US\$ 100 millones. Estudios realizados por la Comisión Nacional de Energía permiten estimar que, para un precio de venta del gas natural en frontera del orden de US\$ 2,5 por millón de BTU (*British Thermal Units*) internado, se podría generar una demanda en Santiago (incluyendo El Teniente) del orden de 1,3 millones de m<sup>3</sup>/día de gas en 1995.

Aunque no se concretara ningún proyecto, la explotación de Magallanes ha significado un sustancial aumento del consumo en el país. Sólo el Proyecto de Metanol, que entró en producción en 1988, implicará aumentar el consumo de gas natural (sin incluir consumos utilizados en la producción de petróleo) de 220 a 950 millones de m<sup>3</sup>/año. De concretarse el Proyecto de Amonio/Urea, esta cifra subiría a 1.410 millones de m<sup>3</sup>/año.

## 6.6. Perspectivas del Gas Manufacturado

Debido al alto precio de este producto en relación a sus sustitutos, se estima a futuro un consumo relativamente similar al actual, con cierta penetración en la edificación en altura en áreas donde habitan sectores de ingresos medios y altos. En caso de concretarse el proyecto de interconexión con Argentina, o bien una utilización de eventuales descubrimientos en el norte del país, el gas manufacturado seguiría distribuyéndose en las actuales zonas con red en Santiago, pero utilizando gas natural como materia prima, el cual, combinado con una proporción de biogas y gas licuado, permitiría producir gas de similares características al actual, evitando la transformación de la red y de los equipos de los usuarios.

## 7. Leña

### 7.1. Descripción General

Chile cuenta con una gran superficie forestal y una amplia variedad de especies explotables. Dentro de las plantaciones, la especie más importante es el pino radiata, con aproximadamente un millón de ha que representan 88% del total. Lo sigue el eucaliptus con un 4,3%, el atriplex con un 2%, el tamarugo con 1,7%, el pino oregón con un 0,9%, el álamo con un 0,3%, el algarrobo con un 0,3%, y varias otras especies que en conjunto suman el 3% de las plantaciones.

Las reservas más importantes de bosque nativo se encuentran, en orden de importancia, en la X Región de Los Lagos, XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo y en la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. La VIII Región del Biobío cuenta con aproximadamente el 50% del pino radiata. En el caso del eucalipto, la VIII Región del Biobío y V Región de Valparaíso son las más importantes, representado aproximadamente el 72% de este recurso.

Desde el punto de vista de la energía, la estrategia económica ha permitido un aprovechamiento más integral del recurso energético-forestal, sustituyendo combustibles de mayor precio relativo por leña o desechos forestales. Esto último se ha logrado debido a la política de libertad de precios y de competencia en el sector, que ha incentivado el desarrollo y utilización de los recursos más competitivos para el abastecimiento de energía. Así, en aquellas regiones donde el recurso forestal es abundante, la oferta de leña o desechos forestales es alta, lo que se traduce en bajos precios de equilibrio y elevados niveles de consumo.

## **7.2. Potencial Energético del Recurso Forestal**

Generalmente se define como disponibilidad energética anual el equivalente de madera disponible para energía a la tasa de explotación real del recurso, considerando su óptimo aprovechamiento. En este sentido, sólo se consideran destinados a energía los desechos que deja la explotación comercial del bosque dirigida a obtener madera para abastecimiento de las industrias de aserrín y pulpa. A la tasa actual de explotación de las plantaciones forestales (aproximadamente 30.000 ha/año), la disponibilidad energética anual se estima del orden de 13.500 Tcal/año, equivalente a 1,46 millones de m<sup>3</sup> de petróleo equivalente por año, cifra que corresponde a 26% del consumo de petróleo crudo en 1988. Debe tenerse presente que esta comparación sólo tiene sentido para indicar la magnitud del recurso energético-forestal, y no significa que pueda ser utilizada para sustituir esa cantidad de crudo, ya que tanto en términos económicos como de eficiencia de uso, la disponibilidad energética del recurso es muy inferior a las cifras indicadas.

## **7.3. Factores Negativos en el Uso de la Leña**

Si bien el aprovechamiento del recurso forestal con fines energéticos es provechoso para el país, su explotación excesiva o irracional puede acarrear problemas de deforestación, produciendo erosión en los suelos, con la consiguiente pérdida de productividad y grave daño ecológico. En este sentido, la Corporación Nacional Forestal cumple un importante papel de prevención y control respecto de la explotación del recurso arbóreo.

## **7.4. Uso de la Leña**

La leña y sus derivados son usados ampliamente como energéticos en el sector residencial (cocina, calefacción y calentamiento de agua) y en el industrial (calor en procesos mediante el uso de calderas y hornos). Los equipos actualmente utilizados para la combustión de leña tienen, en general, eficiencias inferiores a las obtenidas con equipos que usan otros combustibles. Sin embargo, los precios de la leña y sus derivados la hacen competitiva, especialmente en lugares donde existen recursos forestales abundantes en las cercanías de los puntos de consumo, o bien donde existe actividad maderera.

El sector rural consume más energía que el urbano, lo que se explica por la alta proporción de leña en su consumo total. Resulta importante considerar que en términos de energía útil es probable que el sector rural consuma menos energía que el urbano debido a la baja eficiencia energética que tiene la leña respecto de otros energéticos.

El consumo medio por hogar aumenta hacia el sur del país, siendo también más importante la contribución de la leña. Este aumento se explica básicamente por dos razones. La primera es el factor climático ya que, mientras más al sur del país, más largo y frío es el invierno, lo que incrementa el consumo en calefacción. La segunda es la alta contribución de la leña en el consumo total debido a su baja eficiencia de uso respecto a combustibles alternativos, por lo que se requiere una mayor cantidad para obtener la misma energía útil.

## 8. Energías No Convencionales

Los estudios desarrollados por la Comisión Nacional de Energía indican que el abastecimiento energético del país, en el corto y mediano plazo, estará sustentado principalmente por los recursos tradicionales como hidroelectricidad, petróleo, gas, carbón y leña. Sin embargo, hay otros recursos que están siendo utilizados en la actualidad en menor grado, pero que podrían tener una importancia creciente en el largo plazo, como la geotermia, energía solar, biomasa (excluida la leña) y la energía eólica.

La baja participación que tienen actualmente estas fuentes de energía no convencionales es consecuencia de los altos costos para desarrollarlas, los que en un ambiente competitivo desincentivan su uso en favor de los recursos tradicionales. Sin embargo, existen zonas o condiciones específicas donde estas formas de energía compiten favorablemente, como las zonas aisladas con abundancia de recursos no tradicionales.

Ha habido un esfuerzo mundial y nacional en la investigación y desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de energía no convencional. Este esfuerzo ha sido motivado por el previsible aumento en el precio de los energéticos convencionales, producto de la disminución futura de las reservas no renovables y las restricciones impuestas por los programas de protección ambiental.

### 8.1. Geotermia

En todo el país, particularmente en la I Región de Tarapacá y II Región de Antofagasta, existen abundantes manifestaciones termales, y algunas han sido exploradas desde comienzos de siglo por organismos estatales y privados. Las áreas con actividad geotermal en el norte de Chile se ubican en un franja volcánica a lo largo de la Cordillera de los Andes. Las áreas que tienen mayor cantidad de estudios son El Tatío, Puchuldiza y Surire.

El Tatío está situado en la II Región de Antofagasta, cerca de la frontera con Bolivia, a 90 km del mineral de Chuquicamata. Las manifestaciones termales superficiales están esparcidas en un área de aproximadamente 10 km<sup>2</sup>, a unos 4.100 m de altura. En general las temperaturas superficiales de las fuentes termales alcanzan 86°C, que corresponde a la

temperatura de ebullición del agua a esa altura, existiendo temperaturas un poco superiores en algunos géisers y fumarolas.

Puchuldiza está situado en la I Región de Tarapacá, 150 km al noreste de Iquique, cerca de la frontera con Bolivia y a unos 4.200 m de altura. Las manifestaciones termales están localizadas en la riberas del Rfo Puchuldiza, en un área aproximada de 20 km<sup>2</sup>, y la temperatura de sus fuentes comúnmente excede los 86°C.

El área termal de Surire está ubicada en el extremo sureste del Salar de Surire, en la I Región de Tarapacá, cercana al límite con Bolivia. El campo geotérmico cubre un área de aproximadamente 45 km<sup>2</sup> y está constituido por cerca de 230 fuentes calientes, principalmente pozas y vertientes. La temperatura del agua en la superficie varía entre 20 y 80°C, estimándose una temperatura de fondo de 250°C.

Otras manifestaciones geotermales podrían llegar a ser de interés en el futuro. Algunas de ellas, ubicadas en el norte del país, son Polloquere, Quitariri, pampa Lirima, Alitar y Aguas Calientes. En la zona centro-sur del país existen múltiples manifestaciones termales, que han sido utilizadas preferentemente con fines medicinales y turísticos.

## 8.2. Energía Solar

La energía solar es seguramente la fuente energética no tradicional de mayor uso a nivel mundial y nacional. El norte del país tiene uno de los niveles de radiación incidente más altos del mundo, alcanzando aproximadamente a 200 Kcal/cm<sup>2</sup> por año. En general, de la I Región de Tarapacá y la IV Región de Coquimbo se reciben a lo menos 180 Kcal/cm<sup>2</sup> por año, por lo cual son zonas atractivas para el uso de esta forma de energía.

Santiago y Valparaíso se caracterizan por valles en los cuales tiende a aumentar la nubosidad, y tienen una irradiación incidente del orden de 160 kcal/cm<sup>2</sup>. Esto último, unido a la existencia de una gran diversidad de fuentes de energía tradicional a bajo costo, hace que la energía solar sea de menor atractivo que en el norte del país. Debido a que la irradiación anual disminuye al aumentar la latitud, en el sur del país es insuficiente para garantizar el uso intensivo de la energía solar.

## 8.3. Biomasa

El término biomasa incluye una variedad de materias orgánicas que contienen energía debido a la conversión del CO<sub>2</sub> en hidratos de carbono complejos por el proceso de fotosíntesis. En estado primario la biomasa tiene la forma de vegetación, y se presenta como cosechas anuales de la producción agrícola, especies herbáceas, recursos forestales y vida marina. Sin embargo, otras materias derivadas del procesamiento y conversión biológico de los recursos primarios están también incluidas en este grupo, como los desechos municipales y los desechos animales.

La leña es el principal producto de este tipo consumido en el país, producida ya sea como desecho de otras actividades o bien directamente en plantaciones dedicadas a este fin.

Otra forma de utilización de la biomasa con fines energéticos es el aprovechamiento de los desechos municipales y animales, donde los procesos típicos son la fermentación, gasificación, pirólisis y licuefacción, y su aplicación depende del grado de humedad de las materias primas.

Uno de los energéticos más importantes producidos a partir de la biomasa es el biogas, mezcla de metano y anhídrido carbónico. El biogas puede ser producido en rellenos sanitarios o bien en dispositivos construidos para estos efectos (biodigestores). Además de su utilización como combustible, el biogas tiene la ventaja adicional de solucionar en parte problemas ambientales derivados de la descomposición de desechos animales y municipales.

A nivel nacional existen aplicaciones interesantes del biogas, siendo la más importante su uso como materia prima en la producción del gas manufacturado que se distribuye en Santiago, Valparaíso y Viña del Mar. El biogas se utiliza en Santiago desde 1982, y en 1988 representó cerca del 27% del total de materias primas utilizadas en la producción de gas manufacturado en la ciudad. Este porcentaje es de casi 6% en el caso de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, donde se utiliza biogas desde 1988.

#### **8.4. Energía Eólica**

El aprovechamiento de la energía eólica es el proceso de convertir la energía cinética contenida en el viento en energía eléctrica o mecánica, haciendo uso de equipos como la turbina de viento. Aun cuando en el mundo ya existen desarrollos de gran envergadura (en el rango de megawatts), en el país existen únicamente aplicaciones de pequeña escala para el bombeo de agua y la generación de electricidad. Estas se encuentran ubicadas en lugares remotos, donde no resultan económicas otras alternativas.

P A R T E VI  
A S P E C T O S  
C L A V E S E N  
L A G E S T I O N  
A M B I E N T A L  
D E L E S T A D O

*Capítulo 24*

*Derecho y Medio Ambiente en Chile*

*Sergio Praus G.*

*Consultoría Jurídica Ambiental Ltda.*

## CAPITULO 24. DERECHO Y MEDIO AMBIENTE EN CHILE

Autor: Sergio Praus G., Consultoría Jurídica Ambiental Ltda.

### 1. Introducción

El presente capítulo persigue precisar el papel que le cabe al derecho, y particularmente a la legislación, en la estrategia a seguir para el diseño e implementación de la gestión ambiental en nuestro país, sobre la base de un diagnóstico general y conceptual de los principales problemas que se han observado en la legislación de relevancia ambiental vigente en Chile.

Una primera parte del trabajo nos aproxima a un concepto de derecho ambiental, antecedente necesario que requiere ser considerado para abordar, con posterioridad, lo referido a la legislación ambiental, entendida en su más amplia acepción, por ser constitutiva de una de sus fuentes formales de mayor relevancia. A estos respectos, el capítulo hace mención de algunas clasificaciones propuestas por la doctrina, refiriéndose a continuación a las causas que pueden haber incidido en la falta de operatividad de la legislación de relevancia ambiental vigente en nuestro país. El capítulo no se hace cargo, sin embargo, de identificar los principales cuerpos normativos vigentes en las distintas áreas temáticas que conforman "lo ambiental", habida consideración a que ello ha sido recogido, en términos generales, a lo largo de los restantes capítulos de la presente obra.

Finalmente, el capítulo se aboca a precisar los componentes centrales de la estrategia que a nuestro juicio debe seguirse para perfeccionar la legislación ambiental chilena, que no es otra que incorporar al derecho como un instrumento más de la gestión ambiental. Dentro de este contexto, se hace un análisis más detallado de los fundamentos y principales contenidos de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, punto de partida de una nueva etapa en nuestro derecho ambiental.

### 2. Aproximación a un Concepto de Derecho Ambiental

Precisar qué se entiende por derecho ambiental no es tarea fácil, ya que es un concepto de reciente cuño en nuestra ciencia jurídica, sin que aún exista consenso respecto de qué debe entenderse por tal. En efecto, la expresión "alude a una disciplina jurídica mucho más intuitiva que explicitada en sus rasgos definitorios, y evoca, de hecho, principios, objetivos y contenidos disímiles, sin contar la opinión de quienes se resisten simplemente a aceptar su individualidad como rama del derecho"<sup>1</sup>. De hecho, lo jurídico ambiental comienza a revestir ciertos perfiles propios tan sólo a contar de 1972, año durante el cual se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, en la que se asignó a la ciencia del derecho un papel destacado como herramienta de gestión ambiental.

---

<sup>1</sup> Valenzuela, R. 1983. *El Derecho Ambiental Ante la Enseñanza y la Investigación*. Revista de Ciencias Sociales, Universidad de Valparaíso. p. 180.

La noción de "lo ambiental" es, por otra parte, un elemento que ciertamente condiciona el concepto que se intenta estructurar. Se ha señalado que ambiente es la "red de sistemas ecológicos funcionalmente interdependientes que rige y condiciona las posibilidades de vida en la Tierra"<sup>2</sup>. La recientemente promulgada Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente establece, por su parte, que medio ambiente es "el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones"<sup>3</sup>.

De ambos conceptos se desprende que el ambiente se estructura y funciona como un sistema, es decir, como un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí, de tal forma que "cualquier alteración que experimente alguno de sus factores constitutivos o alguna de las relaciones que los ligan, acarrea, indefectiblemente, alguna alteración en los restantes factores y en la trama de relaciones del conjunto al que se encuentran integrados. Por este camino, todo efecto, una vez producido, se convierte a su vez en causa y, lo que aparenta afectar a uno solo de sus elementos o relaciones, termina por gravitar, de alguna forma, aunque sólo sea a nivel energético, sobre la estructura global"<sup>4</sup>.

El ser humano vive y se desarrolla como un componente más en el medio natural, de lo que se desprende que su interacción con el medio provoca, inevitablemente, cambios en él, los que a su vez afectan al hombre y a la sociedad. Como muy claramente señala Brañes<sup>5</sup>, "el vínculo entre sociedad y naturaleza se establece a través de dos grandes tipos de factores: el conjunto de las acciones humanas que inciden sobre el sistema ecológico natural y el conjunto de efectos ecológicos generados en la naturaleza y que inciden sobre el sistema social".

El derecho, en términos generales, está llamado a regular la conducta del ser humano en cuanto integrante de un cuerpo social, porque precisamente las acciones que provocan un cambio en el mundo externo de quien las ejecuta, inciden o afectan en términos inmediatos y directos al resto de los integrantes de la comunidad en un ámbito o dimensión social del cual se ocupa la rama del derecho de que se trate. Esto, que aparece con toda claridad tratándose de materias que tradicionalmente a lo largo de nuestra historia han sido objeto de regulación jurídica (*e.g.*, comercio, trabajo), adquiere connotaciones diferentes respecto de las normas de conducta exigibles, cuando las acciones u omisiones a ser reguladas tienen por objeto específico afectar el medio biogeoquímico que nos rodea. En la interacción entre el hombre y su medio ambiente, que es propiamente el enfoque que distingue al derecho ambiental de otras ramas del derecho, las conductas aparecen valoradas positiva o

<sup>2</sup> ACHIDAM. 1987. *Principios para la Formulación de una Política Nacional Ambiental (Carta de Costa Brava)*, Anexo A.

<sup>3</sup> Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, artículo 2°, letra II. Publicada en Diario Oficial de 9/03/1994.

<sup>4</sup> Vaicenzuela, R. 1986. *Hacia un Concepto de Derecho Ambiental*. En: *Ambiente y Recursos Naturales* (Argentina), 2:112-120.

<sup>5</sup> Brañes, R. 1987. *Derecho Ambiental Mexicano*. Fundación Universo Veintiuno, México. p. 33 (citando a Gallopín, G. 1986. *Ecología y Ambiente*. En: *Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo, Siglo XXI*, México. p. 152).

negativamente según si el resultado esperado de ellas afecta favorablemente a uno o más componentes ambientales y sus interacciones. Nos encontramos, por consiguiente, frente a un derecho cuyo objeto inmediato no es el efecto social derivado de una conducta específica, sino las consecuencias que ésta produce en el medio ambiente. Sin embargo, puede percibirse que, en forma mediata, las conductas estimadas como deseables ambientalmente por la sociedad lo son precisamente porque consideran, de una u otra forma, la protección del medio que nos rodea, favoreciendo las condiciones de vida humana en la Tierra, y de allí que se justifique socialmente la dictación de normas jurídicas. Esta consideración última del ser humano en la normativa jurídica ambiental parece enmarcarse o aproximarse a una concepción antropocéntrica, en la cual aquél se ubica en un lugar preponderante dentro del ciclo de evolución de la naturaleza, y es coincidente, por lo demás, con lo que tradicionalmente se ha considerado el sentido último del derecho. Esta postura es seguida por la denominada "corriente ambientalista" que, en lo que a la ciencia del derecho corresponde, cuenta entre sus exponentes al tratadista Guillermo Cano, para quien "el derecho ambiental comprende las normas legales referentes al uso y conservación de todos los bienes, fenómenos y elementos naturales, en tanto influyan en la calidad del entorno desde el punto de vista del interés humano".

La posición doctrinaria sustentada por la denominada "corriente ecologista", opuesta conceptualmente a la anterior, tiene su punto de partida formal en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, "y presenta la particularidad de sustituir la vida humana o su calidad como objeto del derecho ambiental, por la protección de la naturaleza fundada en la concepción holística y sistémica". La pugna conceptual se plantea, en términos simples, en torno a si la justificación para la protección jurídica del medio ambiente arranca de una consideración al valor que los componentes ambientales y sus interacciones tienen en función del hombre y sus intereses, o más bien por el valor intrínseco que cada elemento vivo e inerte juega en la naturaleza.

Existe una cuestión, a nuestro juicio, que no puede dejar de considerarse a estos respectos, cual es que la noción y presencia del hombre es consustancial al derecho, en cuanto a una ciencia social que regula conductas humanas. Las normas jurídicas existen y se justifican precisamente porque su objetivo, en cuanto normas de conducta, es el establecimiento de "la forma en que ha de ordenarse una relación social determinada, es decir, una relación entre dos o más personas". Siendo el hombre el sujeto del derecho, por antonomasia, al menos en una aproximación tradicional, no parece relevante la pugna antropocentrismo-ecologismo en lo que concierne a esta ciencia; la norma jurídica siempre regulará la interacción del hombre con el medio ambiente en consideración al valor o interés, por lo demás indiscutido, que éste reviste para su propia calidad de vida. Si el hombre destruye el medio que lo rodea pone en peligro, en una situación extrema, su propia existencia. La depredación de los recursos naturales, la destrucción de ecosistemas, la contaminación y otros fenómenos causados por el hombre, incidirán en los respectivos derechos

---

\* Ramírez, G. 1990. *Legislación Ambiental en los Países del Convenio Andrés Bello*. Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, Colombia. p. 7.

† Id. a nota 6. p. 9.

‡ Latorre, A. 1974. *Introducción al Derecho*. Editorial Ariel, España. p. 16.

de otros seres humanos, desde el derecho a la vida y salud, hasta el derecho a desarrollar legítimas actividades económicas y el derecho de propiedad, lo que torna en "valioso" el medio natural. Aun considerando la noción de desarrollo sustentable, aparecen subyacentes los "derechos" de las generaciones futuras a gozar y disfrutar de un medio ambiente natural que favorezca una buena calidad de vida en la Tierra.

La materia planteada ha sido y es discutida y discutible, restando mucho camino por recorrer para lograr acuerdos generalizados al respecto. Las tendencias ecologistas han postulado los derechos de la naturaleza, en cuya virtud a la biosfera le es atribuible intrínsecamente un derecho. Cambiaría, por tanto, la conceptualización misma del derecho, en cuanto su sentido último debe comprender también los derechos de las cosas y seres vivos, habida consideración al valor y rol que ellos juegan en la trama de la vida.

Parece acertado afirmar, por lo pronto, que las sociedades modernas estiman imprescindible, en forma creciente, la protección jurídica de los ecosistemas y sus interrelaciones, asignándose distintos niveles de protección a componentes, organismos o elementos ambientales que no siempre aparecen claramente asociados, al menos en forma inmediata o directa, al bienestar del hombre. Siendo éste parte integrante del ecosistema, medio sustentante de la vida, que la norma jurídica ambiental debe crearse y diseñarse tomando en consideración la interrelación que existe entre los distintos componentes del ambiente, particularmente de los efectos que el hombre genera en el medio.

Desde esta aproximación, Brañes<sup>9</sup> sostiene que el derecho ambiental puede definirse "como el conjunto de normas jurídicas que regulan las conductas humanas que pueden influir de una manera relevante en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente, mediante la generación de efectos de los que se espera una modificación significativa de las condiciones de existencia de dichos organismos", concepto que finalmente recogemos, al menos en una primera aproximación.

El autor agrega que "esta definición del concepto de derecho ambiental recoge como notas esenciales del mismo, las siguientes: i) la expresión derecho ambiental está referida a un conjunto de normas jurídicas que regulan ciertas conductas humanas que pueden considerarse de interés ambiental (es obvio, pero no está de más decirlo, que el derecho ambiental no puede regular las conductas de la naturaleza); ii) las conductas humanas de interés ambiental son aquellas que pueden influir en los procesos de interacción que tienen lugar entre los ecosistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente; y iii) dichas conductas humanas interesan al derecho ambiental sólo en la medida en que ellas, al influir sobre tales procesos, pueden modificar de una manera importante las condiciones de existencia de los organismos vivos. Con la expresión "condiciones de existencia" se designan tanto aquellos elementos que hacen posible la vida, como los que determinan su calidad"<sup>10</sup>.

El concepto citado tiene el mérito, a nuestro juicio, de soslayar la problemática acerca de si la protección jurídica del medio ambiente encuentra su justificación en intereses sociales o más bien por el rol que juega cada uno de los componentes bióticos y abióticos del

---

<sup>9</sup> Id. a nota 5. p. 32.

<sup>10</sup> Id. a nota 5. p. 32.

ecosistema y sus interacciones. Por otra parte, se hace cargo adecuadamente de la realidad sistémica del medio ambiente, y por tanto de los efectos causados por las acciones humanas sobre los factores ambientales.

### 3. La Legislación Ambiental

La búsqueda, por parte de nuestra sociedad contemporánea, de "comportamientos acordes con el imperativo de salvar la vida en la Tierra, y la Tierra para la vida, es tarea para la educación. Imponer estos comportamientos es función del derecho, única disciplina normativa capaz de afianzar la observancia estable y generalizada de determinadas modalidades conductuales"<sup>11</sup>.

La norma jurídica ambiental, a lo largo de la historia de nuestro derecho patrio, se ha manifestado más propiamente a través de la legislación que por las restantes fuentes formales de creación del derecho. Estas últimas, a nuestro entender y según se expresará más adelante, han cobrado radical importancia desde el momento en que se ha intentado comprender si la vigencia formal de la norma jurídica ambiental va aparejada con las características de eficacia y eficiencia que la transforman en un precepto de conducta obligatorio validado socialmente. Desde esta perspectiva parece acertada la aproximación hacia un concepto de derecho ambiental formulada por Valenzuela<sup>12</sup>, quien señala que en sentido estricto éste alude al "complejo identificable de elementos teóricos y prácticos de orden doctrinal, legal y jurisprudencial, desarrollados en torno a la globalidad de los fenómenos de creación, aplicación e interpretación de la legislación ambiental".

Por legislación se ha entendido, en términos estrictamente formales, no sólo a los preceptos imperativos de derecho positivo emanados del proceso legislativo, o ley propiamente tal, sino también, extensivamente, al "conjunto de disposiciones de menor rango jurídico dictadas por el poder administrador del Estado en todos sus grados y dentro de sus atribuciones específicas"<sup>13</sup>.

Históricamente, las normas jurídicas dictadas en Chile han incidido en materias ambientales, aunque la forma en que ello ha ocurrido dista mucho de la aproximación sistémica que actualmente se estima debe concurrir como estrategia para su dictación y que conceptualmente identifica hoy en día a la legislación propiamente ambiental. Los trabajos de investigación desarrollados a estos respectos por la doctrina han permitido establecer distintas categorías de normas jurídicas ambientales, respecto de las cuales nuestro país ha contribuido notablemente.

Una revisión exhaustiva de la legislación vigente en nuestro país llevó a Valenzuela<sup>14</sup> a señalar que, históricamente, la incidencia del derecho en materias ambientales ha sido

---

<sup>11</sup> Id. a nota 1. p. 184.

<sup>12</sup> Id. a nota 1. p. 187.

<sup>13</sup> De Rivacoba y Rivacoba, M. 1968. *División y Fuentes del Derecho Positivo*. EDEVAL, Valparaíso. p. 96.

<sup>14</sup> Id. a nota 1. p. 185.

casual y deliberada: "Su incidencia es casual cada vez que el ordenamiento jurídico ha operado efectos relevantes sobre los factores ambientales o sobre las relaciones que los enlazan sin que estos efectos hayan sido buscados como consecuencias previstas de sus prescripciones normativas". Se trata de legislación, en su acepción amplia, que ha sido dictada sin ningún propósito o consideración ambiental, pero en la cual las conductas a ser reguladas inciden en la protección del medio ambiente. Como bien sostiene este autor, su relevancia ambiental es radicalmente aleatoria, ya que los efectos ambientales pueden ser positivos o negativos. Se cita como un ejemplo de legislación de relevancia ambiental "casual" la normativa referida a la regulación de los atributos inherentes al derecho de dominio, cuando incide en los componentes del ambiente susceptibles de apropiación.

Por el contrario, la incidencia ambiental del derecho es deliberada "cuando el ordenamiento jurídico trasunta un diseño concebido de propósito para encarar una situación identificada como perteneciente a la problemática ambiental, y apunta, confesadamente, al resguardo de un interés ambiental elevado a la categoría de bien jurídico protegido"<sup>15</sup>. Sin embargo, para Valenzuela esta legislación "deliberada" es propiamente ambiental sólo cuando ha sido dictada con una visión sistémica, esto es, bajo el prisma de considerar al ambiente como un todo organizado, lo que se traduce en que los preceptos de conducta contenidos en la norma se han hecho cargo de las interrelaciones entre los distintos componentes ambientales. De esta forma, legislación ambiental es "la que reconoce como bien jurídico protegido el resguardo de los sistemas ambientales, en cuanto tales, regulando el manejo de los factores que los constituyen con una perspectiva global e integradora, sobre la base del reconocimiento de las interacciones dinámicas que se dan entre ellos y con miras a afianzar el mantenimiento y, si es posible, a incrementar los presupuestos del equilibrio funcional del que forman parte"<sup>16</sup>.

Existen, sin embargo, ciertas modalidades de la legislación de relevancia ambiental deliberada que han operado en nuestro país con enfoques u objetivos parciales, sean de índole sanitaria, patrimonialista, conservacionista o meramente sectoriales, apartándose de una concepción u aproximación sistémica. Se encuentran en esta situación, por ejemplo, ciertas disposiciones del Código Sanitario y regulaciones cuyo objeto es la sanidad animal y vegetal. En lo que concierne a los enfoques patrimonialistas, el Código de Aguas y las normas sobre prevención de la contaminación proveniente de fuentes industriales se inscriben habitualmente en estos propósitos. Los aspectos conservacionistas de esta legislación deliberada, señala Valenzuela<sup>17</sup>, se exteriorizan "en la normativa dictada para prevenir el agotamiento o deterioro de determinados factores del ambiente, considerados en sí mismos, esto es, más allá de los intereses sanitarios o patrimoniales contingentes puestos en juego con motivo de su utilización. La protección absoluta dispensada a ciertas especies de la flora y fauna silvestres amenazadas de extinción responde a esta línea". Esta normativa, al no considerar la realidad ambiental desde una perspectiva dinámica y de interrelación entre los distintos componentes ambientales, no puede ser calificada como ambiental propiamente tal, sino solamente como

---

<sup>15</sup> Id. a nota 1. p. 185.

<sup>16</sup> Id. a nota 1. p. 185.

<sup>17</sup> Id. a nota 1. p. 186.

de "relevancia ambiental deliberada"<sup>18</sup>.

Estas categorías, no obstante encontrarse relativamente consensuadas en la doctrina, admiten ciertas variaciones en su denominación. Es así como Brañes habla de "legislación propiamente ambiental", "legislación sectorial de relevancia ambiental" y "legislación de relevancia ambiental casual"<sup>19</sup>.

#### 4. Algunos Factores que han Incidido en la Falta de Operatividad de la Legislación de Relevancia Ambiental Chilena

Consciente de la importancia del papel que juega la legislación en las estrategias para prevenir y combatir los problemas ambientales, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), a través de su Secretaría Técnica y Administrativa, se abocó, desde su creación en el año 1990, a la definición e implementación de una estrategia de modernización e inserción de la legislación ambiental en el marco de un modelo de gestión ambiental orientado al concepto de desarrollo sustentable.

El primer paso consistió en la identificación precisa del universo normativo vigente en Chile en relación con "lo ambiental", para lo cual, en el año 1992, CONAMA publicó el "Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile", que incluye tanto la legislación de relevancia ambiental de naturaleza casual como deliberada. El estudio al que se abocaron sus autores permitió identificar 718 textos normativos de relevancia ambiental vigentes en nuestro país. Durante 1993 dicha información fue actualizada a través del "Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile, Suplemento N° 1", aumentando el número de textos normativos inventariados a 782, vigentes a diciembre de 1992. Ambos documentos dan cuenta de una extensa gama de textos normativos de distinta jerarquía, dictados en diferentes momentos históricos, que recogen el acervo nacional vigente de la llamada legislación de relevancia ambiental.

Este universo normativo incluye textos cuya vigencia formal data del año 1916, fecha en la cual se dictó, por ejemplo, la Ley N° 3.133, que prohíbe la evacuación en los cursos y masas de agua de los residuos industriales líquidos que contengan sustancias nocivas a la bebida o al riego, sin que previamente se proceda a su neutralización o depuración mediante sistemas adecuados<sup>20</sup>. En lo que toca a la consagración de resguardos normativos ambientales a nivel constitucional, un hito trascendental y sin precedentes en nuestra historia jurídica lo encontramos en la Constitución Política de 1980<sup>21</sup>, la que, a propósito del reconocimiento y establecimiento de los derechos y deberes constitucionales, asegura a todas

---

<sup>18</sup> Valenzuela la denomina legislación de relevancia ambiental "heterodoxa", en contraposición a la legislación ambiental propiamente tal u "ortodoxa".

<sup>19</sup> Brañes, R. 1991. *Aspectos Institucionales y Jurídicos del Medio Ambiente, Incluida la Participación de las Organizaciones No Gubernamentales en la Gestión Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington D.C. p. 12

<sup>20</sup> Ley N° 3.133, Artículo 10, publicada en el Diario Oficial de 7/09/1916.

<sup>21</sup> Promulgada por D.S. N° 1.150, Ministerio del Interior, publicada en el Diario Oficial de 24/10/1980.

las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación e impone al Estado el deber "de velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza"<sup>22</sup>. Para efectos de garantizar el ejercicio pleno de esta garantía, la Constitución la colocó bajo el amparo del recurso de protección, previsto en su articulado<sup>23</sup>. Por otra parte, el texto constitucional avanzó notablemente en materia de protección ambiental, al reconocer que la función social de la propiedad comprende cuanto exijan "la conservación del patrimonio ambiental"<sup>24</sup>.

El estudio desarrollado para la publicación del citado repertorio, como en síntesis señala el Mensaje Presidencial con el que se envió al Congreso Nacional el proyecto de Ley de Bases del Medio Ambiente, "permitió comprobar la gran dispersión, incoherencia y falta de organicidad de la legislación sectorial vigente y sus múltiples modificaciones, lo que ha provocado un gran desconocimiento de sus alcances normativos, incertidumbre sobre la vigencia de los textos originales y un alto grado de incumplimiento de dicha legislación. Asimismo, se ha constatado que las competencias públicas para la protección y la gestión ambiental se encuentran repartidas y dispersas en una multiplicidad de organismos de diferente rango que operan de manera inorgánica, descoordinada, con paralelismo y ambigüedad de funciones y de responsabilidades"<sup>25</sup>.

Agrega el Mensaje que "lo anteriormente señalado obedece, a nuestro juicio, a que la legislación de relevancia ambiental vigente ha sido dictada en forma sectorial y compartimentalizada, sin una visión global e integradora. Por lo mismo, no se ha hecho cargo de las relaciones de interacción e interdependencia que se dan entre los diferentes componentes del ambiente. También ha carecido de principios generales y objetivos predefinidos a los cuales responder dentro de una política ambiental. Parece ser que este gran conjunto de normas refleja la reacción que frente a un problema ambiental específico asumió la sociedad en un momento histórico".

Los pasajes citados exponen con claridad lo que a juicio de los estudiosos del tema aparece como uno de los factores que han incidido en la inoperancia de la legislación de relevancia ambiental no sólo en Chile sino también en otros países, cual es su formulación carente de una visión y aproximación sistémica.

La existencia y manifestación creciente de problemas ambientales a lo largo del tiempo, no obstante la dictación de normas jurídicas destinadas a regular las conductas que los generan, deja de manifiesto la necesidad de estudiar y determinar las causas de la falta de operatividad, al menos parcial, de nuestra legislación de relevancia ambiental en la solución de tales problemas. Respecto de esta normativa se ha presentado, como común denominador, el hecho de producirse, al inicio o en el devenir de la vigencia de la norma jurídica, un desajuste o dicotomía con la realidad o mundo normado. Esta "realidad" de la cual debe hacerse cargo la norma comprende un sinnúmero de aspectos o facetas, que dicen

---

<sup>22</sup> Id. a nota 21. Artículo 19, N° 8.

<sup>23</sup> Id. a nota 21. Artículo 20, inciso segundo.

<sup>24</sup> Id. a nota 21. Artículo 19, inciso segundo.

<sup>25</sup> Mensaje Presidencial N° 387-324, de 14/9/1992.

relación con el comportamiento propio de los ecosistemas y cuestiones sociales, culturales, económicas y de institucionalidad pública, entre otros.

En forma previa, señalaremos que se produce un "desajuste" entre una directiva jurídica y la realidad social: "1) cuando una determinada directiva no se realiza, no opera en la práctica, y 2), cuando una directiva que se realiza, que opera en la práctica, es recibida negativamente por las estimaciones y aspiraciones de la sociedad de que se trata. Los conceptos claves, en materia de desajuste son, pues, *inoperancia* y *rechazo*"<sup>26</sup>.

A estos respectos resulta de utilidad considerar la distinción entre vigencia, eficacia y eficiencia de la norma jurídica. La vigencia "envuelve una cuestión puramente de derecho, no susceptible de gradación, que alude a su existencia, como tal, esto es, como modelo anticipatorio, descriptivo y vinculante que preestablece una conducta como debida y prevé la aplicación de una sanción para la eventualidad de su inobservancia"<sup>27</sup>. La eficacia de la norma jurídica en cambio, "entraña una cuestión de hecho, susceptible de gradación, que alude a la medida en que los comportamientos sociales imperados por sus mandatos aportan la solución requerida por el problema que se tuvo en vista al tiempo de su establecimiento"<sup>28</sup>. En otras palabras, la norma es eficaz cuando las conductas exigidas son las apropiadas para encarar la situación que motivó su dictación. La eficiencia, finalmente, es también una cuestión de hecho, afecta a gradación y alude al "obedecimiento efectivo, espontáneo o provocado, del deber ser impuesto por la norma vigente"<sup>29</sup>.<sup>30</sup>

Una primera causa que parece saltar a la vista es la falta de operatividad de nuestra normativa jurídica de relevancia ambiental y radica en la circunstancia que históricamente ha sido dictada, en forma compartimentalizada y carente de una aproximación sistémica a la problemática a ser regulada, lo que ha contribuido a generar, por lo mismo, un desajuste entre norma y realidad. En términos simples, el planteamiento es que si el medio ambiente es un sistema, la regulación jurídica de las conductas sociales que inciden en la problemática ambiental debe hacerse cargo de las interrelaciones existentes entre los distintos componentes del mismo. En caso contrario, como ha ocurrido en el marco de nuestra legislación de relevancia ambiental, compuesta en su gran mayoría por normas de relevancia ambiental casual y deliberada sectorial, al no hacerse cargo la norma de esta realidad sistémica deja de operar eficazmente. Nuestro marco normativo de relevancia ambiental, en un alto porcentaje, obedece a iniciativas sectoriales, fundamentalmente de ministerios y servicios públicos. Sin perjuicio del acervo de normas de rango legal, los cuerpos normativos que recogen estas regulaciones son, en un gran porcentaje, decretos supremos y resoluciones de servicios

---

<sup>26</sup> Pedrals, A. 1986. *Desajuste entre Norma y Realidad, Un Panorama General*. Quinta Jornada de Ciencia General del Derecho, Colección Jornadas Académicas, Valparaíso. p. 20.

<sup>27</sup> Id. a nota 1. p. 188.

<sup>28</sup> Id. a nota 1. p. 188.

<sup>29</sup> Id. a nota 1. p. 189.

<sup>30</sup> En términos similares se plantea frente a esta materia Brañes, R. (ver nota 19, p. 48), quien distingue también entre eficacia y eficiencia. La eficacia alude al "grado de acatamiento de una norma jurídica por quienes son sus destinatarios", y eficiencia "al grado de idoneidad que posee una norma jurídica para satisfacer la necesidad que se tuvo en cuenta al expedirla".

públicos, dictados dentro de la esfera de las atribuciones y competencias de cada organismo, e imbuidos, por tanto, de la visión o aproximación sectorialista del organismo que los dictó. Por lo mismo, estos textos normativos no han considerado, por lo general, políticas, criterios y normas de protección ambiental vigentes para otros componentes del ecosistema, a cargo o de competencia de otras instituciones públicas. En efecto, estas normas jurídicas sectoriales "suelen desembocar en pseudosoluciones que no hacen sino transferir los problemas de un factor ambiental a otro, cuando no se convierten en causa de inesperados desequilibrios ecológicos"<sup>31</sup>. Lo anterior ha incidido, a nuestro juicio, en la falta de eficacia de la norma jurídica, ya que si bien pudiere ser parcialmente eficaz respecto del problema para el cual fue dictada, no lo es desde una perspectiva global, al no considerar o generar efectos adversos en otros factores ambientales.

También han contribuido a esta falta de operatividad circunstancias ajenas a la idoneidad de la norma, que se vinculan más bien a un escaso grado de acatamiento, originado en el hecho de encontrarse ésta descontextualizada de la realidad social y, por lo tanto, su "ineficiencia" tiene por causa, precisamente tal desajuste. En estos casos, las conductas previstas en el texto normativo han sido adecuadas a la solución de los problemas para los cuales fue dictada, pero se han apartado del sentir generalizado de la sociedad respecto de su legitimidad, habida consideración a factores sociales y culturales. Estamos frente, pues, a la incidencia de "lo cultural" en el fenómeno jurídico ambiental. "Cultura jurídica" referida al "conjunto de criterios valorativos socialmente dominantes acerca de lo que bajo determinadas circunstancias es justo o necesario, y puede, en tal virtud, ser exigido por el derecho, y acerca de lo que, bajo esas mismas circunstancias, no es justo o necesario, y no puede, por lo mismo, ser mandado por el derecho sin caer en el plano de la arbitrariedad legalizada"<sup>32</sup>.

En estos términos, la respuesta frente al mandato de la norma no obedece tanto a su imposición coactiva, sino más bien a la valoración positiva que mayoritariamente tenga el grueso de la sociedad en un momento dado frente al imperativo previsto en aquélla. Este desajuste no sólo ha generado una falta de acatamiento por parte de los sujetos normados, sino también una cierta renuencia a su aplicación por parte de los agentes o representantes de la autoridad, integrantes también del cuerpo social. Un factor social que deslegitima la imposición de regulaciones de protección ambiental es, por ejemplo, la pobreza, tema ampliamente desarrollado en la Cumbre de Río de Janeiro en 1992. Como allí se señaló, "es imposible esperar que un hombre que escarba en la basura en busca de alimento comprenda y acepte que preservar a una especie animal amenazada de extinción es más importante que protegerlo a él y su familia. Expresiones tales como 'utilización sostenible de los recursos biológicos', 'protección de la diversidad biológica' u otros semejantes sólo pueden tener sentido para quienes tienen el estómago lleno y disponen de medios o alternativas para satisfacer sus demás necesidades básicas"<sup>33</sup>. Una norma que prohíbe la tala de especies arbóreas, por ejemplo, puede ser impunemente desacatada en la medida que los

---

<sup>31</sup> Id. a nota 1. p. 186.

<sup>32</sup> Id a nota 1. p. 194.

<sup>33</sup> Valenzuela, R. 1993. Ponencia presentada en Panel sobre Diversidad Biológica en el Seminario sobre Legislación Ambiental, 26-28 de mayo, Santiago.

requerimientos energéticos de las comunidades rurales sólo puedan ser satisfechos mediante el uso de la leña. El reconocimiento de esta realidad social alcanza no sólo a los agentes fiscalizadores, sino a los jueces, quienes, a su turno, "serán renuentes a sancionar a quienes han trasgredido disposiciones que ellos mismos, en su situación, habrían sido reacios a acatar, e idearán seguramente subterfugios para conciliar los deberes de la magistratura con los cánones jurídicos valorativos que comparten con quienes son llevados a sus estrados en calidad de infractores de la norma vigente"<sup>34</sup>.

La descontextualización de la norma jurídica de relevancia ambiental respecto de la realidad social se ha producido también por contener exigencias, fundamentalmente tecnológicas, cuyo cumplimiento acarrea costos que muchas veces los sujetos normados no están en condiciones de asumir, lo que finalmente redundará, en muchos casos, en la experiencia de la autoridad a imponerla coactivamente.

En otras palabras, los grandes problemas sociales y del desarrollo de nuestros días deben ser debidamente ponderados y, finalmente, considerados al momento de dictarse una norma jurídica ambiental. Ello será condicionante para propiciar su cumplimiento espontáneo. Como bien señala Pedrals<sup>35</sup>, "más que partir de las normas... para ver luego qué ocurre con ellas, partir de la realidad y sus dificultades...".

Por otra parte, la alta dispersión de textos normativos que acumulativa e inorgánicamente han sido dictados por diversas autoridades a través del tiempo, ha contribuido a que muchas veces, para una misma materia, coexistan textos con preceptos imperativos o prohibitivos disímiles entre sí y sin que haya mediado, en la generalidad de los casos, derogaciones expresas. Ello ha ocasionado falta de certeza jurídica respecto de la vigencia de esta normativa, contribuyendo, de paso, a un desconocimiento generalizado de sus alcances, tanto por los sujetos llamados a su acatamiento como por los agentes encargados de su aplicación. Con ello se ha dificultado, en suma, el aporte que el derecho puede y debe brindar en la solución adecuada de los problemas ambientales.

Por último, el notable avance experimentado en los últimos decenios por las ciencias exactas respecto de la causa y los efectos de muchos fenómenos de la naturaleza, y de los avances en el descubrimiento de nuevas tecnologías para un manejo adecuado de los componentes ambientales, ha redundado en la obsolescencia de parte de esta normativa, la cual, por lo mismo se encuentra en gran parte atrasada y es ineficaz para solucionar los problemas que pretende enfrentar. Los antecedentes científicos y técnicos considerados por ella, con el correr del tiempo y de los nuevos avances científicos y tecnológicos, han terminado siendo muchas veces discutibles y en algunos casos inexistentes. Ello ha contribuido también a la existencia de un desajuste; esta vez por causas sobrevinientes, entre norma y realidad, y los preceptos que en su época pudieron considerarse potencialmente eficaces han dejado de serlo, derivando finalmente en ineficaces.

Formularemos, finalmente, algunas reservas, por cuanto lo expresado alude a la falta de operatividad global de nuestra legislación ambiental. En sectores o materias específicas,

---

<sup>34</sup> Id. a nota 26. p. 195.

<sup>35</sup> Id. a nota 21. p. 27.

muchos de nuestros cuerpos normativos de relevancia ambiental recogen preceptos ordenadores de conducta adecuados a la solución de los problemas ambientales tenidos en vista al momento de su dictación. Más aún, en muchos casos han ido a la par con la normativa internacional y comparada, lo cual queda de manifiesto, por ejemplo, en la legislación aplicable a la contaminación del medio ambiente marino. El acervo normativo existente en esta materia se exhibe como uno de los más perfeccionados de nuestra legislación ambiental nacional, lo que obedece, en gran medida, al componente internacional de esta normativa. Es más, varios de los cuerpos normativos nacionales exceden las exigencias de protección ambiental previstas en los convenios internacionales vigentes, y han establecido las necesarias correlaciones y concordancias entre su contenido y el de dichos convenios.

## 5. La Estrategia para Superar los Problemas Detectados en la Legislación de Relevancia Ambiental en Chile: su inserción en la Gestión Ambiental

El incremento de los problemas de contaminación, de degradación de suelos, de disminución y pérdida de la diversidad biológica, y tantos otros que aquejan al mundo contemporáneo, han generado una reacción social generalizada que demanda enfrentarlos con eficacia. Habida consideración al comportamiento sistémico del ambiente, la estrategia debe diseñarse e implementarse en forma integral e integrada, con el concurso de diversas disciplinas, cada una de las cuales debe aportar el saber propio de dicha ciencia o arte a la solución del problema. Al señalar que debe ser integral, aludimos a que el análisis y estrategia aportado por la respectiva ciencia o arte no puede desentenderse de las consideraciones que a sus respectos puedan formular otras disciplinas, y cuando proponemos que sea integrada, a que su puesta en práctica debe efectuarse coordinadamente con las acciones emprendidas por los restantes sectores involucrados. Ello obedece, por lo demás, a la circunstancia de encontrarnos con una problemática cuya característica principal radica en ser constitutiva de una dimensión que cruza horizontalmente las distintas áreas de actividades desarrolladas por el hombre. La educación, la economía, las ciencias empíricas y geosociales, son y deben ser contribuyentes a formular propuestas de solución para la problemática ambiental, toda vez que una misma realidad puede ser considerada desde varios puntos de vista, de los que surgirán diversos criterios —los propios y particulares de cada disciplina—, conducentes a distintas ordenaciones de la misma.

Dentro de este contexto debemos situar el aporte del derecho. La tendencia fuertemente arraigada en nuestra cultura de que la solución de todos los problemas que aquejan al mundo se superan mediante una "ley" subyace, a nuestro juicio, como causa profunda del desajuste entre norma y realidad, lo que ha quedado en evidencia, por lo demás, en la exuberancia e inorganicidad de nuestra legislación de relevancia ambiental. Lo anterior no significa, por el contrario, que pueda prescindirse del derecho en la solución de los problemas ambientales, dada su función ordenadora de conductas.

Será más bien el concurso de todas las disciplinas, incluida la jurídica, lo que permitirá enfrentar eficazmente los problemas ambientales: "Ni por el derecho ni sin el

derecho podría ser una frase que resuma este planteamiento<sup>36</sup>. El aporte de esta disciplina, integrado al de otras ramas del saber humano, demandará del jurista y del legislador acentuar su capacidad para comprender la proyección ambiental y social de las disposiciones que intentan diseñar, modificar o interpretar, apareciendo como imperativo expurgar de su formación profesional la tendencia a trabajar sólo con las normas, a creer sólo en la eficacia de las normas y a esperar soluciones sólo a través de las normas.

El carácter integral e integrado que debe presidir la estrategia para abordar la temática ambiental parte, como se ha dicho, por reconocer que el tema del medio ambiente no es un área o sector más a ser abordado, sino una dimensión presente en todos los ámbitos de la realidad nacional. Durante los primeros cuatro años de su instalación, CONAMA se abocó al fortalecimiento de la gestión ambiental en Chile como una nueva función del Estado sobre la base, acertadamente a nuestro juicio, de reconocer esta dimensionalidad horizontal de la problemática a ser abordada. En términos generales se estimó imprescindible estructurar esta gestión abordando y fortaleciendo tres aspectos centrales: la política ambiental, incorporándola sistemáticamente en las políticas sectoriales de la administración del Estado; la legislación ambiental, procediendo a su modernización sobre la base de transformarla en instrumento idóneo para ordenar las conductas sociales y coherente con las políticas ambientales, y la institucionalidad ambiental, radicando y fortaleciendo al interior de la Administración del Estado potestades que faciliten una adecuada coordinación entre los organismos sectoriales, a fin de armonizar sus competencias ambientales e integrar las políticas sectoriales a la política ambiental.

A nuestro juicio, la revisión y reformulación de la legislación ambiental debe presentarse como una tarea inserta y tributaria a esta estrategia global, transformándose en un instrumento que traduzca en cánones de conducta obligatorios las directrices y planes de acción emanados de una política ambiental previamente formulada. Esta integración del derecho en la estrategia de gestión ambiental debe tender a lograr, en el mediano plazo, un marco normativo ambiental coherente y orgánico, que responda a la problemática ambiental actual y a la percepción de que las soluciones más adecuadas para encararlos deben ser diseñadas habida consideración a la transectorialidad del tema. Desde esta perspectiva, el desajuste entre norma y realidad, estimado como una de las causas centrales de la inoperancia de nuestra legislación de relevancia ambiental, debiera ser paulatinamente superado.

Desde nuestra perspectiva, la estrategia de modernización y adecuación de nuestro marco normativo de relevancia ambiental a la realidad sistémica y al carácter integral e integrado que debe presidir a la gestión ambiental y los mecanismos para hacerla operar eficazmente, debe implementarse gradualmente, de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Reconocimiento e identificación de los problemas ambientales que afectan nuestro entorno y de los factores o causas, mediatas e inmediatas, que los generan o contribuyen a generarlos. En otras palabras, percepción de la problemática real a ser regulada por la norma jurídica.

---

<sup>36</sup> Id. a nota 1. p. 185.

- b) Formulación de una política ambiental, integrada a las restantes políticas de desarrollo del país, que defina las metas, objetivos y estrategias para encarar la solución de dichos problemas. La gestión ambiental y sus componentes, al constituir una dimensión de las distintas actividades que conforman el quehacer nacional, debe implementarse considerando las aproximaciones y propuestas que cada sector o área de actividad ha formulado para su propio desarrollo, integrándolas e incorporando en ellos la dimensión ambiental en las variables o aspectos que les es propio o exigible.
- c) Dictación de una ley general de protección del medio ambiente, que traduzca en preceptos normativos los principios, objetivos y estrategias definidos por la política ambiental, regulando los instrumentos de gestión que permitan traducirla en acciones concretas y específicas. Este cuerpo legal debe servir, además, como referencia específica para la revisión posterior de la legislación de relevancia ambiental vigente.
- d) Identificación completa de la normativa jurídica de relevancia ambiental vigente en Chile (trabajo ya efectuado por CONAMA), marco de información necesario para proceder posteriormente a las derogaciones y ajustes que los lineamientos de la gestión ambiental recomienden.
- e) Diagnóstico del referido marco jurídico normativo, detectando sus vacíos, incoherencias y desajustes, a la luz de los criterios, principios y políticas ambientales recogidos en las etapas precedentemente identificadas. Debe permitir identificar tanto las causas de su ineficacia como de su ineficiencia.
- f) Reformulación de la legislación de relevancia ambiental vigente, mediante la derogación, modificación y dictación de nuevos textos legales y reglamentarios que respondan a los lineamientos y directrices formulados por la política ambiental, traduciéndolos en propuestas específicas de cánones de conducta adecuados a los fines perseguidos por aquélla.

El cumplimiento de las tareas previstas en estas etapas debe traducirse, finalmente, en un marco normativo integrado mayoritariamente por la legislación "propia mente ambiental", esto es, aquella dictada "bajo el prisma de considerar al ambiente como un todo organizado, lo que se traduce en que los preceptos de conducta contenidos en la norma se han hecho cargo de las interrelaciones entre los distintos componentes ambientales", según el concepto vertido a estos respectos por Valenzuela.

## **6. La Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, en el Contexto de la Gestión Ambiental: sus principales fundamentos y resumen de contenido**

La gestión ambiental iniciada e impulsada por la administración pasada avanzó, paulatina y sistemáticamente, en el cumplimiento de las etapas señaladas en los párrafos

anteriores. Los diagnósticos efectuados en materia de problemas ambientales<sup>7</sup>, la identificación de la legislación de relevancia ambiental vigente en Chile<sup>8</sup>, el fortalecimiento de la institucionalidad ambiental, mediante la creación de CONAMA<sup>9</sup>, y la dictación de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, dan buena cuenta de lo señalado.

Esta ley, elemento central de la estrategia legislativa mencionada en los párrafos precedentes, persigue, como bien expresa su mensaje, "ser uno de los principales instrumentos para alcanzar los objetivos perseguidos por la política ambiental. En efecto, los diferentes títulos, párrafos y disposiciones de la ley responden a una serie de principios generales básicos que conforman la política ambiental de este gobierno, sin cuya existencia sus disposiciones aparecerían vacuas y carentes de un sentido y objetivos específicos claros. Será este, pues, el primer cuerpo normativo que recoja en forma integrada y global los principales temas ambientales y los principios que a nuestro juicio deberán ser sustento y fundamento de cuerpos legales posteriores"<sup>10</sup>.

En términos generales, esta ley constituye un instrumento fundamental para fijar el marco jurídico estructural de la política ambiental, definir los mecanismos principales para su aplicación y el carácter y contenido de la gestión ambiental, precisar sus prerrogativas y atribuciones como también los límites de su actividad. En un número relativamente breve de disposiciones, se concentran los instrumentos fundamentales que sirven de base para una gestión ambiental moderna e integradora, recogiendo los principios que la orientan. Nuestro país carecía de "un marco de referencia común para la revisión de la legislación actual y dictación de la futura, de un conjunto de instrumentos específicos de gestión ambiental, de normas específicas sobre responsabilidad frente al daño ambiental y de una institucionalidad integradora que coordinara y no sectorializara la explicitación de la dimensión ambiental de la gestión pública"<sup>11</sup>. De acuerdo a ello, se trata de "un cuerpo legal básicamente instrumental, en un doble alcance: operacional en cuanto a las herramientas que crea y pone a disposición de la comunidad nacional, e institucional en cuanto a la estructura de gestión que establece y desarrolla"<sup>12</sup>.

---

<sup>7</sup> Hajek, E., P. Gross y G. Espinoza. 1990. *Problemas Ambientales en Chile*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo-Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

<sup>8</sup> Valenzuela, R., E. Gallardo y L. Larraín. 1992. *Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile*. Secretaría Técnica y Administrativa, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago. 846 pp.

Valenzuela, R., E. Gallardo y C. Franz. 1993. *Repertorio de la Legislación de Relevancia Ambiental Vigente en Chile, Suplemento N°1*. Secretaría Técnica y Administrativa, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago. 443 pp.

<sup>9</sup> Creada por D.S. N° 240, de 5 de junio de 1990, del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en Diario Oficial de 8 de septiembre del mismo año; el que fue sustituido por D.S. N° 544, de 9 de octubre de 1991, de la misma secretaría de Estado, publicado en el Diario Oficial de 20 de marzo de dicho año. Sus funciones se encuentran radicadas hoy en el organismo de igual denominación previsto en el Título Final, arts. 69 y siguientes, de la Ley N° 19.300.

<sup>10</sup> Id. a nota 25.

<sup>11</sup> Asenjo, R. Intervención en su calidad de Secretario Ejecutivo de CONAMA, en el acto de promulgación de la Ley N° 19.300. 1/03/1994

<sup>12</sup> Id. a nota 41.

Por otra parte, las materias abordadas por esta ley son las más relevantes y centrales para implementar la gestión ambiental, carentes de tratamiento legal previo, con mayor grado de consenso en cuanto a su carácter de temas fundamentales a ser abordados, y factibles de ser aplicados dados los mecanismos y regulaciones contenidas en ella. Su objeto no es, por consiguiente, efectuar una regulación exhaustiva de todos los temas y problemas ambientales, lo que será materia propia de leyes sectoriales y sus respectivos reglamentos, sino cumplir con los objetivos antes señalados. Ello deriva de los principios del gradualismo y realismo, mencionados reiteradamente en el Mensaje Presidencial de esta ley, en cuya virtud el desarrollo de la gestión ambiental, y por tanto el ajuste y modernización de la legislación de relevancia ambiental vigente, parte integrante de ella, debe efectuarse por etapas, gradualmente, "definiendo primero los instrumentos globales, de carácter general, dejando para una legislación específica posterior la aplicación sectorial a las más importantes realidades, situaciones o factores ambientales"<sup>41</sup>.

El avance gradual en la modernización de nuestra legislación de relevancia ambiental aconsejaba, en la etapa de inicio de la gestión ambiental, la dictación de una "ley marco", que avanzara sólo en aquellas materias que fuesen resultado de "un diagnóstico de la realidad actual, de una concepción de lo que nuestro país requiere, de una evaluación crítica de las experiencias de otros países y de una incorporación explícita de importantes elementos de la realidad contemporánea"<sup>42</sup>. El diagnóstico hecho en los párrafos anteriores respecto de nuestro marco normativo ambiental indica que este enfoque es el correcto. La inclusión de disposiciones o regulaciones exhaustivas o detalladas referidas a factores o componentes específicos del ambiente no era aconsejable en este texto legal, por cuanto aún se encuentran en fase de desarrollo los diagnósticos relativos a las principales materias ambientales de índole sectorial: recursos hídricos, contaminación atmosférica, diversidad biológica y recurso suelo. Considerando lo señalado a lo largo de este capítulo, las normas jurídicas que se dicten respecto de áreas o materias ambientales específicas deben sustentarse en diagnósticos certeros y completos, que contengan elementos de juicio suficientes respecto de las causas de los problemas ambientales a ser regulados y de sus efectos sociales y económicos. Asimismo, las soluciones emanadas de dichos diagnósticos deben considerar los efectos que ellas pueden producir en otros componentes ambientales, es decir, deben hacerse cargo del carácter sistémico del medio ambiente, y deben, por lo mismo, ser fruto de acuerdos generalizados entre los distintos sectores involucrados en el problema de que se trate. En caso contrario, se corre el riesgo cierto de incurrir, una vez más, en causales serias de desajuste entre norma y realidad, y de consiguiente en tornar inoperante la nueva legislación que se dicte.

Uno de los principales fundamentos de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente lo encontramos en nuestra Constitución Política, artículo 19 N° 8, el cual asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, imponiendo al Estado el deber de velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. Esta ley consta de 92 artículos permanentes, distribuidos en seis títulos, cada uno de los cuales aborda áreas temáticas específicas, más siete artículos transitorios.

---

\* Id. a nota 41.

" Id. a nota 41.

El Título I de la ley denominado Disposiciones Generales, contiene artículos enunciativos de aspectos básicos de general alcance, tales como: a) relación de esta ley con otros textos legales; b) definiciones de palabras y términos ambientales de uso común; c) obligación de reparación del daño ambiental; d) deber del Estado de promover la participación ciudadana en materia de protección del medio ambiente; y e) principio de la no discriminación en materia de plazos o exigencias. De estas disposiciones merece especial mención el artículo segundo, el cual contiene un conjunto de definiciones que son referenciales para las materias contenidas en el cuerpo legal y para el resto de la legislación.

El Título II, De los Instrumentos de Gestión Ambiental, integrado por siete párrafos, regula los principales instrumentos de gestión ambiental, carentes de regulación en la extensa normativa de relevancia ambiental vigente. Su incorporación en esta ley, según se ha dicho, forma parte de la estrategia de fortalecimiento de la gestión ambiental, y constituyen la manifestación más clara del principio preventivo, según el cual es más eficiente y eficaz evitar la ocurrencia de daños o deterioro a los componentes del medio ambiente que intentar revertirlos una vez producidos.

El Párrafo 1º del Título II, desarrolla lo relativo a la Educación y la Investigación. Su contenido se estructura sobre la base de reconocer que es de extrema dificultad pretender revertir los problemas ambientales si no se privilegia una conducta en la población de cuidado frente a nuestro medio ambiente, para lo cual deben incorporarse contenidos y prácticas ambientales en el proceso educativo, materia sobre la cual versa el citado párrafo. La investigación, por su parte, permitirá un conocimiento más acabado de la situación ambiental, lo que facilitará enfrentarla eficazmente.

El Párrafo 2º del título regula exhaustivamente el denominado Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En virtud de este sistema, todo proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución, deberá someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), a través de dos tipos de documentos: las Declaraciones de Impacto Ambiental, aplicables a proyectos o actividades cuyo impacto ambiental no es de gran relevancia, y los Estudios de Impacto Ambiental, respecto de aquellos que generen impactos ambientales significativos. Con estos instrumentos se persigue la predicción e identificación de los impactos ambientales que emanen del proyecto o actividad específico, estableciéndose las acciones que deberán ejecutarse para minimizarlos. El texto legal incluye un listado de actividades o proyectos susceptibles de ser sometidos al Sistema de EIA, un conjunto de efectos o circunstancias cuya concurrencia implica la presentación de un Estudio, y múltiples normas generales y especiales sobre preparación y procedimientos de revisión de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental por parte de CONAMA, o de la respectiva Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA), según corresponda.

Por su parte, el párrafo 3º de este título, denominado De la Participación de la Comunidad en el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, establece mecanismos que permitirán a la comunidad tomar conocimiento de los antecedentes y contenidos ambientales del proyecto o actividad sujeto al procedimiento de EIA y, en su caso, formular aquellas observaciones que éste les merezca. Cuando éstas se formulen, deben ser ponderadas en la resolución que recaiga sobre el Estudio de Impacto Ambiental, previéndose una instancia de reclamación administrativa si ello no ocurriere.

El Párrafo 4º contiene las regulaciones básicas referidas a Las Normas de Calidad Ambiental y a la Preservación de la Naturaleza y Conservación del Patrimonio Ambiental. En primer término, se define el marco legal al que deberá ceñirse el procedimiento de promulgación de las normas de calidad ambiental, tanto primarias como secundarias, materia que no se encontraba regulada legalmente. Para estos efectos, se dispone que ello se efectuará mediante decreto supremo firmado por el Ministro Secretario General de la Presidencia y por el Ministro de Salud o el ministro sectorial competente, según se trate de unas u otras, en conformidad al procedimiento que deberá establecer el reglamento de la ley.

A continuación, el párrafo aborda ciertas obligaciones que se estimó debían ser asumidas por el Estado, en cumplimiento de su obligación, consagrada constitucionalmente, de velar por la protección de la naturaleza: a) mantener un sistema nacional de áreas silvestres protegidas y fomentar la creación de áreas silvestres de propiedad privada, y b) determinar las especies de flora y fauna silvestre que deberán clasificarse en alguna categoría de conservación y confeccionar inventarios de las mismas. Finalmente, se hace una referencia específica al uso racional de los suelos para evitar su pérdida y degradación, en lo que en doctrina se denomina disposición programática, toda vez que el artículo respectivo, más que desarrollar la materia, sienta el criterio bajo el cual debe ser usado el recurso, el que debe presidir la revisión y adecuación de la legislación sectorial vigente.

El Párrafo 5º, por su parte, establece los mecanismos para proceder a la dictación de normas de emisión, señalándose que ello se hará mediante decreto supremo, de conformidad al procedimiento que allí se indica. Al igual como ocurre respecto de las normas de calidad ambiental, nuestro marco normativo ambiental carecía de procedimientos consagrados legalmente para proceder a la dictación de normas de emisión, por lo que la materia constituye un avance a estos aspectos.

Las disposiciones del Párrafo 6º, referido a los Planes de Manejo, Prevención o Descontaminación, desarrollan lo relativo a planes de manejo de recursos naturales con fines de protección ambiental, y a planes de prevención o descontaminación, según se trate de zonas latentes o saturadas. Estos dos últimos instrumentos se vinculan al problema de la contaminación ambiental, destacando como materia novedosa los permisos de emisión transables, instrumentos de regulación económica posibles de ser aplicados a estos planes.

Finalmente, el Párrafo 7º del título se refiere al Procedimiento de Reclamo, estableciendo la posibilidad de recurrir judicialmente en contra de los decretos supremos que establezcan las normas primarias y secundarias de calidad ambiental y las normas de emisión, los que declaren zonas del territorio como latentes o saturadas y los que establezcan planes de prevención o de descontaminación.

El Título III, De la Responsabilidad por Daño Ambiental, consta de dos párrafos. El Párrafo 1º, referido al Daño Ambiental, desarrolla propiamente la materia sobre la cual versa la denominación del título, regulando la obligación de reparar el daño causado al medio ambiente o a uno o más de sus componentes. De sus disposiciones destacan las referidas a presunción de responsabilidad por daño ambiental, acción ambiental y sistema sancionatorio aplicable a los responsables de fuentes emisoras que no cumplan con las obligaciones emanadas de los planes de prevención o descontaminación, entre otras materias. En esta materia la ley adoptó el sistema de responsabilidad subjetiva, regla general en nuestra

legislación sobre responsabilidad extracontractual. Ello obedeció a una estrategia de incorporación gradual del tema, dejando a las leyes ambientales sectoriales el desarrollo de la responsabilidad objetiva o sin culpa. El Párrafo 2º, por su parte, contiene las reglas de procedimiento aplicables a los juicios sobre responsabilidad por daño ambiental. En términos generales hace aplicables las reglas del juicio sumario, innovándose en materia de prueba por cuanto se permite la presentación de cualquier medio probatorio, además de los establecidos en el Código de Procedimiento Civil.

El Título IV, De la Fiscalización, establece como función de los organismos del Estado que, en uso de sus facultades legales, participan en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, la de fiscalizar el permanente cumplimiento de las normas y condiciones sobre la base de las cuales se aprobó el Estudio o se aceptó la Declaración de Impacto Ambiental, facultándose a COREMA o CONAMA, según el caso, para imponer sanciones por el incumplimiento de las obligaciones emanadas de la autorización del Estudio o de la aceptación de la Declaración, respectivamente. En esta materia se otorga un papel importante a las municipalidades, facultándolas para recibir las denuncias formuladas por los ciudadanos por incumplimiento de normas ambientales, ponerlas en conocimiento del organismo fiscalizador competente y requerir de éste la información necesaria sobre el trámite dado a la denuncia.

El Título V, denominado Del Fondo de Protección Ambiental, contiene, en tres disposiciones, las prescripciones relativas a este fondo, cuya administración se entrega a CONAMA. Su objeto es el financiamiento total o parcial de proyectos o actividades orientados a la protección o reparación del medio ambiente, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental. Al igual que otras materias desarrolladas por este cuerpo legal, nuestra legislación carecía de normas específicas a estos respectos.

El Título Final de la ley, por su parte, abordó uno de los temas más trascendentales para la implementación eficaz de la gestión ambiental, cual es el de la institucionalidad ambiental. Se hizo cargo, de esta forma, del problema concerniente a la dispersión, inorganicidad, duplicidad y vacíos observados tradicionalmente en las competencias ambientales radicadas en diversos organismos de la administración del Estado. La estrategia seguida para superar tal estado de cosas derivó finalmente en la adopción de un modelo de institucionalidad ambiental que, respetando las competencias ambientales sectoriales y reconociendo de esta forma la dimensionalidad horizontal que reviste el tema, asumiera un papel fundamentalmente coordinador. Tal función le fue encomendada, en este título de la ley a CONAMA, servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Su máxima autoridad es el Consejo Directivo, organismo colegiado integrado por 10 ministros de Estado, siendo presidido por el Ministro Secretario General de la Presidencia. Esta estructura directiva reconoce la transectorialidad del tema y el papel activo que cada ministerio debe jugar en la formulación de la política ambiental, facilitando su efectivo cumplimiento por los servicios y organismos públicos dependientes de aquéllos.

Los órganos que constituyen CONAMA son el Consejo Directivo, según se ha señalado, la Dirección Ejecutiva, el Consejo Consultivo y las COREMA.

La Dirección Ejecutiva es el organismo permanente de CONAMA, al que corresponde implementar y ejercer las tareas encomendadas por la ley, y cumplir los acuerdos y lineamientos fijados por el Consejo Directivo. El Consejo Consultivo, como su nombre lo indica, es un órgano de consulta que permite a CONAMA recabar las opiniones que merezcan a estamentos privados de la comunidad nacional los anteproyectos de ley y decretos supremos que, en general, tengan por objeto la protección del medio ambiente, como asimismo ejercer las demás funciones que le encomiende el Consejo Directivo y la ley. Su composición es representativa del sector empresarial, laboral y de organismos dedicados a la protección y estudio del medio ambiente, constituyéndose en uno de los mecanismos de participación de la comunidad en la nueva institucionalidad ambiental.

Por su parte, las COREMA son los organismos a través de los cuales se desconcentra el servicio en cada región administrativa del país. Las integra el respectivo Intendente Regional, quien las preside, los gobernadores y secretarios regionales ministeriales de los ministerios que participan del Consejo Directivo, cuatro consejeros regionales y un Director Regional del servicio. Tienen por función desarrollar, al interior de cada región, las labores que competen al servicio, las políticas regionales de desarrollo y de protección ambiental.

Estas materias se desarrollan a lo largo de siete párrafos, cada uno de los cuales regula los aspectos básicos de esta nueva institucionalidad, los que no es del caso detallar en estos momentos. La ley finaliza con un articulado transitorio, el cual contiene disposiciones que facilitan la entrada en vigencia del articulado permanente, especialmente en lo referido al inicio de la nueva institucionalidad ambiental.

En suma, esta ley es el primer texto legal que aborda la problemática ambiental desde una perspectiva global e integradora, plasmando una estrategia de gestión cuyo objetivo es, finalmente, hacer aplicable en plenitud el concepto de desarrollo sustentable, respetando y demandando de todos los sectores de nuestra comunidad nacional el grado de participación que a cada uno les cabe en la solución de los problemas ambientales. Es el primer paso para modernizar nuestro marco normativo de relevancia ambiental, transformándolo en un conjunto coherente y armónico de normas jurídicas que se ajustarán en su globalidad, así esperamos, al concepto de derecho ambiental y a la realidad de la problemática ambiental y social de nuestro país. Debemos tener presente, sin embargo, que la solución de nuestros problemas ambientales no se producirá por o a través del derecho, sino que "con el concurso del derecho", integrado a la gestión ambiental puesta efectivamente en práctica por la autoridad pública.

*Capítulo 25*

*Información Ambiental en el Sector Público Chileno*

*Hugo Romero A.*

*Universidad de Chile*

*Mauricio Muñoz B.*

*Dames & Moore Chile Ltda.*

## CAPITULO 25. INFORMACION AMBIENTAL EN EL SECTOR PUBLICO CHILENO

Autores: Hugo Romero A., Universidad de Chile.

Mauricio Muñoz B., Dames & Moore Chile Ltda.

### 1. Introducción

En la medida que la preocupación por el ambiente tiende a generalizarse, la necesidad de evaluar el impacto de los grandes proyectos de desarrollo es un requisito fundamental para lograr su aceptación en términos financieros, sociales y políticos. De igual forma, la propia legislación ambiental nacional exige el cumplimiento de estándares de calidad ambiental que sean compatibles con las acciones de desarrollo y con la definición de un estilo de desarrollo ambientalmente sustentable.

Consecuentemente, los tomadores de decisiones políticas están empezando a exigir a las instituciones y reparticiones públicas un conjunto creciente de información, diagnósticos y evaluaciones sobre la forma, el modo y la magnitud en que el medio ambiente será afectado por las obras, proyectos e iniciativas de desarrollo. Tal información tiene relación con contaminación de las aguas, suelo y aire, y sobre medidas adoptadas para asegurar a nivel nacional, regional y local de protección de recursos naturales y de los hábitat de vida silvestre.

En forma adicional, el reconocimiento de procesos globales de cambio ambiental, como el efecto invernadero o el adelgazamiento de la capa de ozono antártica, genera en la opinión pública un conjunto de interrogantes e incertidumbres. Estas, a su vez, demandan de la autoridad una capacidad de predicción cada vez más acertada de los efectos de estos fenómenos sobre los diversos sectores económicos y la salud de la población.

No obstante, si los tomadores de decisiones exigieran en la actualidad un diagnóstico rápido respecto a la calidad del ambiente en alguna región del país, sobre la real magnitud del impacto del cambio global o incluso sobre el estado de conservación de los recursos naturales, resultaría extraordinariamente difícil contar oportunamente con la información necesaria.

Lo anterior es producto, en primer lugar, de la carencia en el país de un sistema de información ambiental, es decir, una red de información que permita estimar la cantidad y calidad de los elementos ambientales y sus comportamientos, analizar su interacción en el ecosistema y predecir su evolución de acuerdo a acciones o tendencias futuras.

En segundo lugar, la información disponible proviene en general de campañas de medición muy puntuales en el tiempo y en el espacio, lo que impide establecer generalizaciones. Por otra parte, muchas veces los datos son recogidos de acuerdo a rutinas y procedimientos que no necesariamente han estado dirigidos a plantear o resolver problemas ambientales. Es frecuente que en países extensos y de difícil accesibilidad, como Chile, los

datos estén incompletos o bien no den cuenta, ni siquiera sucintamente, de los problemas o procesos de deterioro ambiental que han sido detectados en áreas remotas del territorio.

Además, los procesos de cambio ambiental se han desarrollado tan rápidamente durante los últimos años que su seguimiento resulta casi imposible. A modo de ejemplo, puede observarse que muchas de las tierras de laderas e interfluvios de los valles del Norte Chico, donde hoy se localizan muchas de las plantaciones de parronales de exportación, figuran en los mosaicos derivados de aerofotografías como inútiles; algo similar ocurre con los datos sobre superficie construida en ciudades mayores e intermedias durante los últimos veinte años.

Dada la multitud de datos almacenados por diversas instituciones sobre una enorme cantidad de parámetros ambientales, podría concluirse que en realidad lo que sobra, al menos en el seno de dichas organizaciones y en las agencias espaciales, son datos, y lo que falta es capacidad humana y tecnológica para procesarlos adecuadamente y orientarlos a resolver los problemas ambientales de manera integral.

Se podría afirmar que resulta necesaria la transformación de datos en información, es decir, una vez resuelto el acceso a los datos recogidos por diversas instituciones y a las imágenes digitales proporcionadas por satélites, es necesario combinarlas adecuadamente con otras fuentes de información tales como datos obtenidos en terreno o proporcionados por las tendencias estadísticas. En tal sentido, es necesario seleccionar un conjunto de indicadores del estado del ambiente y una escala espacial de representación que permita agregarlos convenientemente. Es evidente que a través de un adecuado proceso de muestreo se podrá conocer el estado general de la calidad de los recursos, tanto para iniciar estudios más específicos sobre problemas de mayor envergadura como para alertar tempranamente sobre su ocurrencia.

Existen en la actualidad sistemas computacionales de bajo costo, muchos de ellos desarrollados sin fines de lucro por agencias internacionales especializadas en problemas ambientales, que permitirían que cada sector económico, y alguna instancia de coordinación regional o nacional, pudiera manejar bancos de datos actualizados y realizar procesos de integración para la toma de decisiones. Más aún, muchos de estos sistemas, entre ellos los llamados Sistemas de Información Geográfica, se encuentran disponibles como para ser utilizados en computadores personales.

Más allá de las dificultades técnicas del diseño de un sistema de información ambiental, parecen más urgentes aquellas relacionadas con las capacidades humanas. Desde luego son necesarios algunos arreglos interinstitucionales para lograr el acceso a las diferentes fuentes de información, sin exagerar los conflictos que naturalmente se generan en cuanto a su propiedad y a su adecuado uso respecto a los campos de acción específicos de cada institución. Probablemente sea necesario un proceso de negociación, donde las ventajas de acceder al sistema de información sean mayores que los compromisos de participar en la generación de los datos y en su análisis más especializado.

Hay, por otro lado, una secuencia paulatina y progresiva capacitación de recursos humanos, iniciándose al interior de algunos niveles (regionales o centrales) y de algunos sectores, en especial los que muestran mayor grado de integración y avance (e.g., obras

públicas, salud ambiental, forestal y pesca), para continuar expandiéndose en el territorio y al nivel de complejidad intersectorial.

Una de las dificultades que podría surgir es la expectativa generada en torno a los problemas ambientales como eventual fuente de ingreso para cada repartición pública, y la necesidad de que cada una de ellas cuente en la práctica con su propio sistema de información. Ambas expectativas deben abordarse con realismo, ya que de lo contrario, a pesar de las ventajas indiscutibles de acceder a un sistema de información, sería muy difícil que los ejercicios con alcance nacional pudieran demostrar su utilidad.

Consecuentemente, parece necesario que, a partir del estado actual de las instituciones, se estructure un proceso secuencial que contemple la coordinación de algunas instituciones públicas seleccionadas, su adecuada dotación técnica y capacitación de recursos humanos, para progresivamente ir agregando indicadores y problemas que vayan dando cuenta de la realidad ambiental a nivel de cada región y del país. En esta primera fase sería de gran interés contar con algunas experiencias piloto, cuya definición estuviera relacionada a los problemas ambientales más acuciantes y a su adecuada expresión regional y sectorial. Igualmente, sería provechoso examinar las experiencias concretas realizadas a nivel nacional e internacional.

## **2. Definición de Problemas Ambientales**

Para identificar y clasificar las áreas temáticas de las instituciones públicas, en primer lugar es necesario definir operacionalmente su campo de acción. Se entienden como problemas ambientales la realización de procesos y actividades productivas y socioculturales que implican una transformación de la naturaleza que afecta la sustentabilidad de los ecosistemas y/o la calidad de vida de la población.

Entre tales acciones están, en primer lugar, las que alteran o impiden el desarrollo sostenido de los recursos naturales, interrumpiendo de forma irreversible su evolución natural, como la deforestación y pérdida de suelo agrícola. Corresponden a esta categoría los procesos que reducen el potencial natural del territorio, como la sobre o subutilización de praderas. Son procesos inadecuados de manejo que terminan destruyendo la productividad de los ecosistemas, como ocurre con la desertificación o la pérdida de biodiversidad.

En segundo lugar están las acciones que contaminan los elementos del ambiente, provocando transformaciones químicas o físicas que constituyen amenazas para la flora, fauna y poblaciones humanas que dependen de ellos. Entre ellas está la contaminación del aire, agua, suelo o sustrato y las formas de vida que existen en un lugar.

La tercera categoría responde al énfasis territorial e integral de los problemas ambientales, y son acciones como la alteración del paisaje "original" de un área, sin tomar en cuenta la destrucción de sus recursos y la imposibilidad de revertir su uso futuro a formas más adecuadas. Son problemas de distintos grados, y entre los irreversibles se encuentra la urbanización desenfrenada, ya que a la construcción de una ciudad no sigue nada que signifique mantener o recuperar los usos alternativos del territorio. Los problemas ambientales asociados a la urbanización son progresivos, crecientes y concentrados en el

espacio. Muchos de ellos están asociados al diseño, materiales y tecnologías del ambiente construido, y son en gran parte producto de decisiones políticas y sociales, y de adecuación a tendencias culturales globales, como la motorización, industrialización y terciarización de las economías.

Dado que las definiciones anteriores tienen carácter restrictivo y se centran en problemas ambientales más que en la potencialidad de los recursos naturales, es oportuno agregar una categoría específica que considere las instituciones que tratan del inventario y clasificación de recursos como agua, clima, suelo, flora, fauna y sustrato geológico. Es probable también que otras instituciones definan su quehacer en torno a la solución de problemas ambientales como preservación, protección o conservación de los ecosistemas, o bien a la realización del ejercicio de evaluación de impacto ambiental.

### 3. Análisis de la Información Ambiental por Instituciones Públicas

La Secretaría Técnica y Administrativa de la Comisión Nacional del Medio Ambiente elaboró, en 1991, un diagnóstico de la situación de la información ambiental en las instituciones públicas, considerando para cada una los siguientes *ítems*:

- Identificación de la institución, incluyendo su denominación, dirección y persona encargada.
- Caracterización de la información de que dispone, incluyendo el tipo (estadística u otra), su origen (propia, obtenida de otra fuente, o mixta), instituciones de procedencia, cobertura espacial, forma en que se encuentra (e.g., magnética, tabular, manuscrita), sistema de computación en que se encuentra, convenios de información y nómina de instituciones involucradas, e identificación de los usuarios.
- Existencia e identificación de información bibliográfica.
- Identificación de áreas temáticas, incluyendo períodos sobre los que se cuenta con dicha información y frecuencia de las observaciones (anual, mensual o diaria).

De estos antecedentes destacan los siguientes aspectos:

- Existe una gran heterogeneidad de reparticiones, con jerarquía institucional muy distinta, a cargo de información sobre problemas ambientales, lo que permite adelantar la imposibilidad de reconocer en la actual estructura orgánica algún elemento de coordinación interna e interinstitucional.
- Existen instituciones donde el problema ambiental ha generado una unidad específicamente (no siempre en forma exclusiva) para estos fines: Ministerio de Salud, Instituto Forestal, Instituto Nacional de Estadísticas, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Subsecretaría de Obras Públicas, Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, Comisión Chilena de Energía

Nuclear y Comisión Nacional de Energía. Unidades técnicas específicas existirían sólo en la Subsecretaría de Obras Públicas y en la Comisión Nacional de Energía.

- En la mayoría de las instituciones el tema está adscrito a algún departamento o unidad que no lo trata en forma exclusiva, como de Estudios (Centro de Información de Recursos Naturales, Dirección General de Agua), Información (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Servicio Nacional de Geología y Minería, Subsecretaría de Pesca), Planificación (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones), Patrimonio Silvestre (Comisión Nacional Forestal), División de Protección de Recursos Naturales (Servicio Agrícola y Ganadero), Programación y Control (Dirección de Riego), Control de Calidad (Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A.), Subdepartamento de Transferencia Tecnológica (Instituto de Desarrollo Agropecuario), Unidad Oceanográfica (Instituto de Fomento Pesquero), y Salud Ocupacional (Instituto de Salud Pública).
- De lo anterior se desprende que los problemas ambientales se hallan principalmente ligados a aspectos mayores, como tareas de protección de recursos naturales, información, transferencia tecnológica y control de obras o control de calidad.
- Algunas instituciones no han generado ninguna unidad relacionada al ambiente, y contarían sólo con personas encargadas del tema, probablemente entre varias actividades: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Bienes Nacionales y Servicio de Cooperación Técnico. Estos tres casos llaman la atención por tratarse de instituciones que, debido a la naturaleza de sus trabajos y proyectos o por su identificación con los problemas ambientales, mostrarían una escasa relación entre sus objetivos y la institucionalidad que poseen.

Por otro lado, y como sucede frecuentemente en el sector público chileno, es posible que en corto tiempo se produzcan cambios de personal, refundición o creación de oficinas o departamentos, lo que hace difícil aceptar la institucionalidad hoy existente como definitiva. En consecuencia, en lugar de plantear y resolver el problema en su conjunto, parece más adecuado seleccionar algunas reparticiones, de acuerdo a su trascendencia y estado de avance, considerando a las demás para una segunda fase de un proyecto de información ambiental.

### 3.1. Naturaleza de la Información por Instituciones

Al analizar el diagnóstico sobre información ambiental a nivel institucional presentado en la sección anterior se obtienen las siguientes conclusiones:

- Las instituciones que poseen información propia o mixta son 19: Centro de Información de Recursos Naturales, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Comisión Nacional de Energía, Corporación Nacional Forestal, Dirección General de Agua, Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A., Instituto

de Fomento Pesquero, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Forestal, Instituto Nacional de Estadísticas, Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Planificación y Cooperación, Ministerio de Salud, Oficina de Planificación Agrícola, Servicio Agrícola y Ganadero, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Servicio Nacional de Geología y Minería y Subsecretaría de Pesca.

- Respecto a la procedencia de la información, en términos del desarrollo eventual de redes, las instituciones que reciben información de otros servicios públicos son ocho: Centro de Información de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Estadísticas, Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Planificación y Cooperación, Ministerio de Salud, Servicio Agrícola y Ganadero y Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

Otras instituciones, como la Comisión Nacional de Energía, reciben información de ministerios y empresas estatales, o bien de fuentes exclusivamente sectoriales, como ocurre con la Oficina de Planificación Agrícola y la Subsecretaría de Pesca. Las primeras estarían posiblemente en mejor condición para acceder a una red general, mientras que las segundas se orientan más bien a su propio sector. En todo caso, el concepto de servicios públicos agrupa a instituciones muy distintas y heterogéneas.

- Respecto a la cobertura espacial, debe tenerse en cuenta que la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A. sólo atiende a la Región Metropolitana de Santiago, y que el Centro de Información de Recursos Naturales, la Dirección de Riego, el Instituto de Salud Pública, la Oficina de Planificación Agrícola y el Servicio Agrícola Ganadero atienden sólo algunas regiones en virtud de sus necesidades de información. El resto de las instituciones atiende a la totalidad de las regiones.
- En cuanto a los sistemas computacionales, predomina ampliamente el tipo IBM-PC compatible, con excepción de la Comisión Nacional de Energía, que trabaja con PC-Mc. Un número importante no utiliza sistemas computacionales, o bien no informó respecto al tema.
- En cuanto a la existencia de convenios, aspecto clave para el intercambio de información, sólo siete instituciones los han desarrollados en el sector público: Centro de Información de Recursos Naturales, Comisión Chilena de Energía Nuclear, Instituto Forestal, Ministerio de Bienes Nacionales, Oficina de Planificación Agrícola, Servicio Agrícola Ganadero y Servicio Nacional de Geología y Minería. La mayoría de las instituciones no poseen convenios, o los tienen sólo dentro de su sector o con universidades, lo que constituye un serio inconveniente para la creación de una red.
- Respecto a los usuarios de la información también se observa una gran heterogeneidad. Sólo algunas instituciones, como el Centro de Información de Recursos Naturales, la Dirección General de Agua, el Instituto Forestal, el

Ministerio de Salud, Oficina de Planificación Agrícola, el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, el Servicio Nacional de Geología y Minería y la Subsecretaría de Pesca, parecen estar cumpliendo un papel frente a los servicios públicos en general. Otras instituciones, como la Comisión Nacional de Energía, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, el Instituto de Salud Pública, el Ministerio de Bienes Nacionales y el Servicio Agrícola Ganadero, atienden sólo a los usuarios de su sector, y el resto informa poseer usuarios de naturaleza tanto pública como privada. El Centro de Investigación Minera y Metalúrgica es el único que ha sindicado su información como de carácter privado, por lo cual no podría formar parte de red alguna.

### 3.2. Materias Ambientales sobre las Cuales Poseen Información

La Tabla 25.1 considera los tipos de información relacionada con potencialidad de los recursos naturales, contaminación de recursos (aire, agua y suelos), problemas territoriales (en especial de planificación urbana), desarrollo territorial (suelo, clima, agua fauna y flora, demografía), e información sobre evaluación de impacto ambiental.

Institución	Materia Ambiental																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
CIREN											X			X					
CCHEN	X	X																	
CNE	X															X			
CONAF													X						
DR		X										X							
DGA		X										X							
EMOS		X										X							
IFOP		X																	
INIA	X	X		X															
ISP			X																
MBN	X	X		X	X		X												
MOP		X																	
MINSAL	X	X			X														

Tabla 25.1 (continuación)																			
Resumen de las Materias Ambientales Tratadas por las Instituciones Pertencientes al Sector Público																			
Institución	Materia Ambiental																		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
ODEPA		X		X	X							X	X						
SAG	X	X		X	X							X	X						X
SSMA		X																	
SERNAGEOMIN																			X
SSP		X		X											X				

**Nota:** A: contaminación del aire; B: contaminación del agua; C: contaminación acústica; D: contaminación de suelos; E: prácticas de manejo; F: urbanización; G: asentamientos rurales; H: segregación social; I: ordenamiento territorial; J: potencial de recursos; K: suelo; L: agua; M: bosques; N: clima; O: fauna marina; P: energía; Q: demografía; R: geología; S: conservación de recursos.

CIREN, Centro de Información de Recursos Naturales; CCHEN, Comisión Chilena de Energía Nuclear; CNE, Comisión Nacional de Energía; CONAF, Corporación Nacional Forestal; DR, Dirección de Riego; DGA, Dirección General de Agua; EMOS, Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A.; IFOP, Instituto de Fomento Pesquero; INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias; ISP, Instituto de Salud Pública; MBN, Ministerio de Bienes Nacionales; MOP, Ministerio de Obras Públicas; MINSAL, Ministerio de Salud; ODEPA, Oficina de Planificación Agrícola; SAG, Servicio Agrícola Ganadero; SSMA, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente; SERNAGEOMIN, Servicio Nacional de Geología y Minería; SSP, Subsecretaría de Pesca.

Desde este punto de vista es de vital importancia examinar las áreas que cada institución pública declara como temática de interés ambiental. Al respecto se puede concluir lo siguiente:

- Hay un conjunto de problemas ambientales de carácter global y de gran importancia contemporánea, que no parecen ser atendidos por ninguna institución, como los cambios globales (efecto invernadero, velo de polvo, agujero de la capa de ozono), desastres naturales (inundaciones, fenómeno El Niño, vulcanismo, sequías), erosión geológica, pérdida de biodiversidad y contaminación natural de los suelos y de las aguas.
- De los problemas ambientales seleccionados en virtud de las definiciones operativas, algunos aparecen siendo atendidos por numerosas instituciones del sector público, en especial la contaminación del agua y del aire. Otros son atendidos muy parcialmente y algunos no son parte de la atención de la institución supuestamente más competente. Tal es el caso del ordenamiento territorial y los problemas de planificación urbana y rural, que no aparecen siendo atendidos por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo sino que por el Ministerio de Bienes Nacionales o por el Servicio Agrícola y Ganadero, en lo que a límites urbano-rurales se refiere.

Instituciones como el Instituto de Fomento Pesquero o el Centro de Información de Recursos Naturales no aparecen cumpliendo una labor explícitamente ligada a problemas ambientales. Otro tanto ocurre con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que por la naturaleza de sus campos de acción deberían requerir de información ambiental para la toma de decisiones. Por último, se necesita examinar más detalladamente el caso del Instituto Nacional de Estadísticas y los ministerios de Planificación y Cooperación y de Bienes Nacionales, que aparecen concentrando información sobre la mayoría de los problemas ambientales.

Por otro lado, y respecto a los parámetros que se utilizan para cuantificar los indicadores ambientales, conviene indicar que sobre la degradación de recursos naturales sólo existen estimaciones globales en el caso de suelos, bosques y peces, y respecto a la contaminación, la hídrica es la que acumula más instituciones, principalmente en medición de parámetros fisicoquímicos. Sin que por ello se pueda afirmar la existencia de una red sistemática en el tiempo y en el espacio.

Lo anterior evidencia que en el caso de la contaminación hídrica existe duplicidad de esfuerzos en cuanto a la medición de parámetros y probablemente en los sitios de medición, como en el caso de la Región Metropolitana de Santiago. No obstante, no se detectan acciones coordinadas entre las diversas reparticiones debido seguramente a que la misma información básica está destinada a diferentes objetivos y propósitos.

Más parcial es el caso de la contaminación atmosférica y de los suelos, que sólo registran mediciones puntuales en el tiempo y el espacio. Respecto a este tipo de contaminación sólo la Región Metropolitana de Santiago cuenta con un conjunto de estaciones automáticas de medición localizadas en el centro de la ciudad de Santiago, lo que resta representatividad respecto al área urbana en particular.

Para muchos especialistas, la antigua red de vigilancia, que contaba con 16 estaciones distribuidas en forma concéntrica, era más representativa espacialmente y más eficiente en relación a sus costos de inversión y operación. La red automática recoge cerca de 200 datos cada cinco minutos, la mayoría de los cuales son agregados para producir promedios horarios, diarios y mensuales.

Otras instituciones miden la contaminación atmosférica para fuentes específicas y propósitos particulares, como emisiones industriales, vehiculares y mineras.

La contaminación de los suelos sólo es considerada por organismos ligados al agro, que miden las fuentes de contaminación hídrica y atmosférica para estimar cantidades de sedimentación sobre suelos o cultivos.

Lo anterior evidencia una vez más que no es posible en Chile disponer de un cuadro general con representatividad suficiente de los problemas ambientales a partir de mediciones objetivas y cuantificables. Consecuentemente, cualquier proyecto debe iniciarse recopilando la información existente y estudiando diseños para ir paulatinamente mejorando el tipo y número de los parámetros más adecuados.

#### **4. La Necesidad de Información Ambiental Planteada por la Evaluación de Impacto Ambiental: el caso de la Unidad Técnica de Medio Ambiente del Ministerio de Obras Públicas**

Dentro de la gran heterogeneidad de las unidades del sector público destinadas a enfrentar el tema del medio ambiente, una de las unidades más claramente identificadas y localizadas a mayor nivel en sus instituciones es la Unidad Técnica de Medio Ambiente (UTMA) de la Subsecretaría del Ministerio de Obras Públicas (MOP). El objetivo de dicha unidad ha sido incorporar la temática ambiental dentro del quehacer del Ministerio. Se trata de contribuir a resolver del mejor modo posible el dilema planteado entre desarrollo sustentable y medio ambiente, mediante el enunciado de políticas y normativas que así lo aseguren.

La razón de la creación de esta unidad obedece a la necesidad de realizar evaluaciones de impacto ambiental, en función de los requerimientos de los organismos de financiamiento internacional de infraestructura. En los dos primeros años, esa unidad se ha propuesto producir una normativa ambiental, entendida como un conjunto de recomendaciones y antecedentes lo más completo posible, para ponerla en manos de los evaluadores de proyectos del Ministerio como una forma de asesorarlos en su trabajo.

Para ello se ha preparado un conjunto indicativo de tablas matriciales de impactos ambientales, producto de reuniones sostenidas entre la UTMA y los coordinadores nacionales del medio ambiente de las diversas direcciones nacionales. En primer lugar, se han confeccionado criterios para la evaluación preliminar de proyectos de obras públicas a fin de definir a priori la necesidad de estudios de impacto ambiental en los diversos proyectos que ejecute el Ministerio. Para ello se escogió la clasificación que ofrece el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que reconoce cuatro categorías de impacto ambiental, comparándolas en forma genérica con los distintos proyectos identificados en cada unidad ejecutora del MOP. Para cada proyecto se identificó a su vez un grupo de operaciones o actividades, calificando en forma rápida el impacto que cada una de ellas puede tener en el medio ambiente.

Como criterio general se estableció que los proyectos de obras nuevas tienden a causar mayor impacto que los proyectos sobre obras ya construidas, como reparación, mejoramiento, mantención, etc. En los proyectos de vialidad se consideró como mayor impacto al cambio de estándar de un camino y a los grandes movimientos de tierra que se producen al realizar las obras.

De acuerdo a las categorías I a IV del BID, se van clasificando gradualmente las actividades u operaciones de los proyectos que afectan negativamente al medio ambiente, requiriendo consecuentemente la realización de un estudio de impacto ambiental detallado o semidetallado en la categoría III y detallado en la categoría IV.

Los antecedentes a considerar están basados en guías metodológicas provenientes de España, que consisten en entrecruzar las acciones mencionadas con diversos componentes del medio ambiente físico, social y construido, por lo que es importante enumerar la información y datos necesarios para realizar los estudios.

Bajo el término medio físico se consideran variables como calidad del aire, nivel de ruido, clima, geología y geomorfología, hidrología superficial y subterránea, suelos, vegetación, fauna, paisaje natural y eventos extraordinarios (erupciones volcánicas, sequías, inundaciones, etc.). Bajo el concepto de medio social se incluyen variables demográficas, sectores económicos de empleo y desarrollo, factores socioculturales, indicadores de salud y seguridad, opciones de recreación y opinión pública. Respecto al medio construido, se trata del análisis del sistema territorial, accesibilidad, paisaje construido y niveles de contaminación.

Estos aspectos parecen ser indicativos de la insuficiencia en datos e información con que se encontraría cualquier estudio de impacto ambiental en el país, puesto que para las variables mencionadas tal información difícilmente estaría disponible. Por este motivo, la UTMA ha debido plantear un proyecto de Sistema de Información Ambiental, que en lo substancial llama a integrar los flujos de datos provenientes de las distintas direcciones del Ministerio con otras instituciones públicas, y que forme parte de un futuro Sistema Nacional de Información Ambiental, que debiera incluir al sector público y privado.

Con este fin se proponen dos etapas. La primera comprende la estructuración y puesta en marcha de un Banco de Datos Ambientales del MOP. La segunda propone la estructuración y puesta en marcha de un Sistema de Información Ambiental del MOP que se pueda integrar a otros sistemas nacionales e internacionales. Adicionalmente, en el programa se contempla la organización de todas las fuentes complementarias de información y divulgación, como bibliotecas, videotecas y archivos, imágenes de satélite, etc.

Es interesante destacar cómo la proposición va superando su naturaleza original para transformarse en un programa de refuerzo de acciones institucionales, que resulta ser una mezcla de las necesidades propuestas del sistema ambiental y de otras bases de datos cuya modernización es igualmente requerida en la casi totalidad del sector público nacional.

La descripción de actividades puede ser un buen ejemplo de las dificultades que debería enfrentar cualquier institución del sector público, ya que son elementos precisos a ser implementados en un flujo dinámico de datos:

- Estudio del tipo y forma de información que constituirá el Banco de Datos Ambientales y que obligará a consultar a todas las unidades regionales de los servicios del Ministerio para conocer los datos requeridos y la forma en que se genera la información en cada unidad responsable de la gestión del MOP. Se espera un análisis conceptual del tipo y forma de información que sería necesario obtener para el Banco de Datos Ambientales.
- Análisis de la disponibilidad computacional del MOP, tanto de *hardware* como *software*, a fin de prever las adaptaciones necesarias para una mayor eficiencia operacional del sistema de información, sin mayores trastornos y con el máximo aprovechamiento del material existente.

- **Análisis de la disponibilidad de datos dentro y fuera del MOP.** Se trata de conocer las posibles fuentes de datos internos y externos que proporcionen la información ambiental pertinente al ámbito de responsabilidad del MOP. Se trata también de establecer los formatos en que se encuentran los datos: brutos (resultados de prospecciones, análisis o lecturas de terreno) o procesados, para permitir una apreciación rápida y expedita (tablas, mapas, informes, etc.) y también establecer si la información es de carácter puntual, local, regional o nacional.

Para realizar dichas actividades se tendrán que visitar las distintas dependencias del MOP (lo que indicaría que la UTMA no posee dicha información actualmente) y otras reparticiones públicas y privadas que generan algún tipo de información relacionada al tema.

- **Estructuración del Banco de Datos Ambientales para diseñar un instrumento computacional que sirva como vía de acceso a toda la información ambiental tanto a nivel nacional como internacional.**
- **Puesta en marcha del Banco de Datos Ambientales.** Se trata del inicio de todas las operaciones necesarias para el funcionamiento del mismo, tales como: equipamiento, transferencia tecnológica a los miembros de la UTMA y coordinadores del medio ambiente de todos los servicios y regiones, capacitación de personal e ingreso del mínimo de información para probar la operación y funcionamiento del mismo.
- **Estructuración de un Sistema de Información Ambiental con un sistema computacional que permita la integración entre el Banco de Datos Ambientales y otros existentes en el país y en el extranjero.**

En tal sentido se plantean dos cuestiones: la conexión a un Sistema Nacional de Información Ambiental y la integración a los otros sistemas como el de informaciones geográficas, recursos naturales, evaluación de riesgos, información bibliográfica y ecológica, etc. Sin embargo, al definir su implementación se observa que se trata de una forma de producción de información que responde a las necesidades de cada servicio del MOP, y más propiamente de la constitución computacional de un Sistema de Información Geográfica y eventualmente de algunas formas de difusión bibliográfica. En consecuencia, es fácil advertir que el paso del Banco de Datos al Sistema de Información Ambiental está definido sólo parcialmente.

- **Puesta en marcha del Sistema de Información Ambiental.** Incluye específicamente los trabajos necesarios para la operacionalización del mismo, como programas, registros y archivos, transferencia tecnológica y capacitación del personal.

Al analizar las actividades propuestas es posible arribar a la siguientes conclusiones:

- La propuesta general del MOP representa probablemente el ejercicio más avanzado dentro del sector público nacional y la evidencia más concreta de la forma en que una repartición pública de gran trascendencia ambiental trata de enfrentar los problemas asociados a la necesaria evaluación ambiental de los proyectos de infraestructura. Refleja al mismo tiempo las dificultades que existen en términos de definir e implementar un auténtico Sistema Nacional de Información Ambiental, que aparece confundido con la creación de un Banco de Datos y de un Sistema de Información Geográfica, dos componentes reconocidos como básicos en el sistema nacional.
- Por otro lado enfatiza la necesidad de integrar las fuentes de datos al interior del MOP, y de éste con el resto del sector público, en especial a la luz de los requerimientos de información que demanda la infraestructura en términos del medio ambiente físico, sociocultural y construido. Es evidente que este propósito requeriría la participación no sólo de una sino que de varias reparticiones y, en consecuencia, la existencia y funcionamiento de un Sistema Nacional de Información Ambiental.
- Resulta igualmente interesante resaltar que a pesar del esfuerzo realizado por la UTMA es necesario comenzar cualquier proyecto de reforzamiento con un examen más detallado de la naturaleza de los datos que se recogen en dicho Ministerio, y que no son conocidos por la UTMA actualmente. Este desconocimiento puede multiplicarse al considerar el sector público en su conjunto.
- Respecto a la ubicación de esta repartición en los diagramas de flujo de información y organización que se han planteado, se observa que al interior de una misma institución pueden existir unidades que tomen datos, monitoreen procesos, elaboren diagnósticos, coordinen información, convoquen a instituciones encargadas del impacto ambiental y fijen a su vez los términos de referencia para los estudios correspondientes.

La estructura mínima regional consistirá en el funcionario a cargo del tema, dotado de un sistema computacional que incluya formas de ingresar datos (e.g., mesa digitalizadora), una unidad de PC con impresora o graficador para el despliegue de los planos de información a los ejercicios de tabulación cruzada o superposición, que permitan obtener diagnósticos y recomendaciones para los tomadores de decisiones. El equipamiento mencionado debe ser complementado con cursos de capacitación y entrenamiento, y el aporte de los programas computacionales necesarios para cumplir las tareas indicadas.

Parte importante de la institucionalidad informática está en la dotación de un sistema central que acumule la información. Como resulta obvio, mientras los datos y métodos no sean estandarizados continuará siendo imposible poseer información sintética sobre el estado del medio ambiente para las diversas áreas. Por esa razón, la CONAMA, a partir del año 1994, se encuentra realizando una consultoría que permita diseñar un Sistema Nacional de Información Ambiental y establecer las necesidades básicas para que el país disponga de los antecedentes sobre calidad y gestión ambiental.

En segundo lugar debe enfatizarse el refuerzo a los sectores económicos específicos. En el sector minero se encuentran en desarrollo proposiciones específicas de información sobre el estado del medio ambiente de las zonas geográficas a nivel de cuencas. En el sector forestal, durante los primeros meses de 1994 se dará inicio al catastro de los bosques nativos y al seguimiento de las condiciones de los recursos forestales. En pesca se ha planteado algo similar en cuanto al estado de los recursos y al efecto de los procesos ambientales sobre los *stocks*, así como respecto al control de la explotación. Estos últimos son programas computacionales capaces de compilar datos provenientes de fuentes distintas, como imágenes de satélite, fotografías aéreas o datos tabulares y cartográficos obtenidos en terreno. Se trata en consecuencia de sistemas de información especialmente útiles para elaborar diagnósticos y pronósticos ambientales y para realizar acciones de seguimiento en el tiempo y el espacio.

Tal información es especialmente necesaria en la observación de procesos como deforestación, desertificación, expansión de la contaminación hídrica y atmosférica, deterioro de suelos y crecimiento de las ciudades, entre otros.

**Capítulo 26**

***Educación y Sensibilización Ambiental en Chile***

***Juan Fernández B.***

***Comisión Nacional del Medio Ambiente***

## **CAPITULO 26. EDUCACION Y SENSIBILIZACION AMBIENTAL EN CHILE**

**Autor:** Juan Fernández B., Comisión Nacional del Medio Ambiente

### **1. Introducción**

Situar el tema del medio ambiente en el campo de la educación no es algo que resulte fácil, a pesar de su mutua contribución a la formación y sensibilización de las conciencias humanas en pro de una sociedad menos dañada ambientalmente.

Edgar Faure, en el libro "Aprender a Ser", publicado en 1973, nos ayuda a acercarnos a la reflexión del problema. Un factor en juego es la creencia en la democracia, concebida como el derecho de cada uno de los hombres a realizarse plenamente y a participar en la construcción de su propio porvenir. La clave de una democracia así concebida es la educación, no sólo ampliamente impartida, sino repensada tanto en su objeto como en su gestión. El desarrollo tiene por objeto el despliegue completo del hombre en toda su riqueza y en la complejidad de sus expresiones y compromisos: individuo, miembro de una familia y de una colectividad, ciudadano y productor, inventor de técnicas y creador de sueños. La educación, para formar a este hombre completo, cuyo advenimiento se hace más necesario a medida que las restricciones cada día más duras fragmentan y atomizan en forma creciente al individuo, sólo puede ser global y permanente. Ya no se trata de adquirir, aisladamente, conocimientos definitivos, sino de prepararse para elaborar, a todo lo largo de la vida, un saber en constante evolución, y de "aprender a ser".

Los desafíos de la educación se enmarcan dentro del gran engranaje de la vida, y hay que enfrentarlos y prevenirlos con el fin de que las futuras generaciones puedan disfrutar y satisfacer sus necesidades y aspiraciones básicas.

El aporte que puede realizar la educación a la conservación y preservación del medio ambiente es tremendamente importante. La educación, entendida como un proceso pedagógico que orienta al individuo a expresar sus diversas potencialidades, conjuga una serie de medios y métodos para el desenvolvimiento del educando, sobre todo de sus capacidades críticas, su espíritu de iniciativa y su sentido de responsabilidad. Estos son objetivos que también asume la educación ambiental, con el fin de formar una ciudadanía con una visión objetiva del funcionamiento de la sociedad, motivada para la vida colectiva y consciente de que la calidad de vida de las generaciones futuras depende en gran medida del cuidado de nuestras propias vidas.

Cabe destacar que tantos los objetivos de la educación como los de la educación ambiental apuntan hacia una misma dirección: posibilitar al ser humano de ciertos conocimientos, actitudes, motivaciones, habilidades, conciencia y compromiso por la defensa del medio ambiente. Este proceso debe darse dentro de un marco interdisciplinario, el cual permita al individuo conocer el medio ambiente y velar por su conservación.

El tema de la educación ambiental ha sido recurrente a partir de la década de los años setenta. A nivel internacional, las diversas conferencias intergubernamentales han insistido en primer lugar en un objetivo, la protección del medio ambiente y, en segundo lugar, en un

campo de acción. De esta forma se ha ido configurando un discurso con objetivos y estrategias que permiten visualizar caminos coherentes de intercambios de experiencias entre los diferentes países del mundo.

A nivel nacional, los encuentros que se han realizado a partir de los años ochenta, han tenido como objetivo establecer las bases conceptuales mínimas a partir de la realidad geográfica, social, económica y cultural de nuestro país.

## **2. Reseña de la Educación Ambiental a Nivel Internacional**

Durante los años que hemos escuchado hablar de educación ambiental, el objetivo central ha sido una exigencia que emana de la cultura del hombre actual, la cual debe buscar que él actúe en el marco de una nueva ética. Esta nueva visión de enfrentar el proceso educativo no puede ser abordada desde una sola disciplina, por el contrario, debe ser un modelo de acciones, enmarcarse dentro de un aprendizaje innovador y enfrentar el proceso desde una perspectiva holística e interdisciplinaria. Las recomendaciones y principios que han emanado de cada una de las conferencias internacionales buscan sensibilizar a las autoridades y a la comunidad en general sobre la grave crisis de estos años, y advierten que, de no asumirla con seriedad y voluntad, el problema puede llegar a ser catastrófico.

El programa de las Naciones Unidas para promover la educación ambiental tiene su origen en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en junio de 1972. En dicha conferencia se manifestó que "el hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, igualdad y adecuadas condiciones de vida en un medio ambiente de una calidad tal que permita una vida de dignidad y bienestar, y él tiene la responsabilidad solemne de protegerlo y mejorarlo para las generaciones presentes y futuras...".

En cuanto a la educación ambiental, la Conferencia estableció en su principio N° 19 que: "La educación sobre temas ambientales, tanto para los jóvenes como para los adultos, dando la debida consideración a los menos privilegiados, es esencial para ampliar las bases de una opinión esclarecida y de una conducta responsable de los individuos, empresas y comunidades, para proteger y mejorar el medio ambiente en su plena dimensión humana. También es esencial que los medios de comunicación no contribuyan al deterioro del medio, sino que, por el contrario, diseminen información de naturaleza educativa sobre la necesidad de mejorar y proteger el ambiente para permitir el desarrollo del hombre en todos los aspectos". De igual manera, la recomendación N° 96, producto de esta conferencia, señala que: "Se insta al desarrollo de la educación ambiental como una de las estrategias para atacar la crisis del medio ambiente". Desde los inicios de la educación ambiental, sus objetivos se vieron ligados a los de la protección y mejoramiento de la calidad ambiental, y en este sentido todas las acciones que se emprendieron tenían como fin buscar este acercamiento del hombre con su medio.

Durante 1975 se acordó en Belgrado, Yugoslavia, la llamada Carta de Belgrado, documento donde se establecen los principios y lineamientos de lo que sería el desarrollo de la educación ambiental en el programa de las Naciones Unidas:

"Nuestra generación ha sido testigo de un crecimiento económico y de un progreso tecnológico sin precedentes que, si bien han aportado beneficios a muchas personas, han producido igualmente graves consecuencias sociales y ambientales. La desigualdad entre los pobres y los ricos dentro de las naciones es cada vez mayor y existe la prueba de un creciente deterioro del medio físico, en algunos aspectos a escala mundial. Esta situación, aunque primordialmente por un número más bien reducido de naciones, afecta a toda la humanidad".

"Lo que necesitamos es universalizar una ética más humana. Una ética que induzca a los individuos y a las sociedades a adoptar actitudes y comportamiento que estén en consonancia con el lugar que ocupa la humanidad dentro de la biosfera, que reconozca y responda de manera sensible a las relaciones complejas y en constante evolución entre el hombre y la naturaleza, y de los hombres entre sí".

"La reforma de los procesos y sistemas educacionales es de importancia capital para instaurar esta nueva ética del desarrollo y el nuevo orden económico mundial. Los gobiernos y los encargados de decidir las políticas puede ordenar que se realicen cambios, y nuevos enfoques del desarrollo pueden comenzar a mejorar la situación mundial, pero todo ello sólo representa una solución a corto plazo, a menos que la juventud del mundo reciba otra clase de educación. Esto requerirá que se establezcan nuevas y fructuosas relaciones entre los estudiantes y el personal docente, entre las escuelas y las comunidades, y entre el sistema de educación y el conjunto de la sociedad".

A partir de la reunión de Belgrado se realizaron cinco reuniones en 1976 y una en 1977, de carácter regional: Africa (Brasseville), América Latina (Bogotá), Estados Arabes (Kuwait), Asia (Bangkok) y Europa (Helsinki). El documento preparatorio para dichas conferencias, "La Educación Frente a los Problemas del Medio Ambiente", destacó el papel de la educación en sus cinco capítulos:

- I. Principales problemas ambientales en la sociedad contemporánea.
- II. El cometido de la educación para contribuir a resolver los problemas ambientales.
- III. Actividades en curso a escala nacional e internacional con miras al desarrollo de la educación ambiental.
- IV. Estrategias para el desarrollo de la educación ambiental en el plano nacional.
- V. Cooperación en educación ambiental.

De este documento destaca el punto N° 38 del capítulo II, que hace referencia a la necesidad de abordar el medio ambiente desde una perspectiva integral:

"Es evidente que esta educación no representa una adición a los programas educativos como si se tratara de una disciplina aislada o una materia particular de estudio (como son las matemáticas, la física o la biología), sino que es una dimensión que debe integrarse en todos los programas. La educación ambiental es el resultado de una reorientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas (ciencias naturales, ciencias sociales, artes y letras) que facilita la percepción integrada del medio ambiente, haciendo posible una acción más racional y capaz de responder a las necesidades".

En 1977 se realizó la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental en Tbilisi. En ella se estableció el marco central de principios y directrices para la educación ambiental a todo nivel y para todos los grupos de edad, dentro y fuera del sistema escolar:

"La educación ambiental, debidamente entendida, debería constituir una educación permanente que reaccionara a los cambios que se producen en el mundo. Esa educación debería preparar al individuo mediante la comprensión de los principales problemas del mundo contemporáneo, proporcionándole conocimientos técnicos y las cualidades necesarias para desempeñar una función productiva con miras a la vida y a la protección del medio ambiente, prestando la debida atención a los valores éticos. Al adoptar un enfoque global, enraizado en una amplia base interdisciplinaria, la educación ambiental crea de nuevo una perspectiva general dentro de la cual se reconoce la existencia de una profunda interdependencia entre el medio natural y el medio artificial; esa educación contribuye a poner de manifiesto la continuidad permanente que vincula los actos del presente a las consecuencias del futuro, demostrando además la interdependencia entre las comunidades nacionales y la necesaria solidaridad entre todo el género humano".

Las palabras de la conferencia son decidoras en relación al papel de la educación en el tema del medio ambiente. En este evento se señaló que "es indispensable una educación ambiental que no sólo sensibilice sino también modifique las actitudes y proporcione nuevos conocimientos y criterios". La relación hombre-naturaleza-educación tiene de particular que no tan sólo ve el presente, sino que conjuga el pasado para tomar de él las experiencias y proyectarlas al presente, y desde ahí señalar caminos y estrategias para el futuro.

### **2.1. Nuestro Futuro Común**

En abril de 1987 se publica el documento llamado "Nuestro Futuro Común", que a pesar de no ser un texto de educación, la connotación y el trasfondo que se desprenden sin duda lo hacen ser de gravital importancia para cualquier programa educativo que se quiera implementar. Dicho texto caracteriza el concepto de desarrollo sustentable como síntesis de tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y conservación ambiental. Ninguno de estos tres objetivos es alcanzable sin un elemento central como es la educación, tanto a nivel formal como no formal.

## **2.2. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo**

Entre los informes que surgieron de la Cumbre de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el año 1992, está la llamada Agenda 21; en ella se establecen 40 capítulos divididos en cuatro secciones: I. Dimensiones Sociales y Económicas, II. Conservación y gestión de los recursos para el desarrollo, III. Fortalecimiento del papel de los grupos principales y IV. Medios de ejecución. En las secciones III y IV se destacan los capítulos 25 y 36, que tienen relación con el tema de la educación ambiental.

En el capítulo 25, La Infancia y la Juventud en el Desarrollo, cabe destacar la importancia que se le asigna al mundo juvenil: "La juventud representa cerca del 30% de la población mundial. La participación de la juventud actual en la adopción de decisiones y en la ejecución de programas relativos al medio ambiente y al desarrollo es decisiva para que la Agenda 21 tenga un éxito perdurable".

Entre las áreas establecidas como prioritarias en este capítulo se encuentran la promoción del papel de la juventud y de su participación activa en la protección del medio ambiente y el fomento del desarrollo económico y social.

Las dos áreas tienen como objetivo incorporar a los niños y jóvenes en un proceso participativo, en función de las decisiones que se deban tomar por parte de los gobiernos frente al tema del medio ambiente.

El capítulo 26 dice relación con el Fomento de la Educación, la Capacitación y la Forma de Conciencia; estos tres elementos se encuentran vinculados con prácticamente todos los capítulos de la Agenda 21 y más explícitamente con los que se refieren a la satisfacción de necesidades básicas, la creación de estructuras necesarias, la generación de datos e información, el apoyo a la ciencia y la función que corresponde a los grupos principales.

## **3. Estado de la Educación Ambiental en Chile**

En la década de los ochenta, Chile comenzó a dar los primeros pasos en la temática de la educación ambiental, en un primer período repitiendo y asimilando las recomendaciones de las conferencias intergubernamentales. De esta forma, se iría constituyendo lentamente un marco referencial de reflexiones y acciones incipientes en el tema. Tal vez el punto de partida lo podemos situar en el Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente organizado por el Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente en 1983. A pesar que el tema educativo no fue un aspecto prioritario durante el encuentro, su consideración permitió abrir un camino nuevo de reflexión, que trajo como consecuencia un sinnúmero de experiencias que se comenzaron a implementar en todo el país, tanto por organismos gubernamentales como no gubernamentales. Un evento importante en el tema de educación ambiental lo constituyó el Primer Seminario Taller sobre Incorporación de la Dimensión Ambiental en los Programas Educativos, realizado en La Serena en 1985, en el cual participaron más de 138 personas, entre delegados de instituciones, invitados y observadores.

### **3.1. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**

La Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente puso en marcha el Programa Regional de Educación Ambiental, en el cual Chile participa a través del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas del Ministerio de Educación (MINEDUC).

El programa nacional se fijó los siguientes objetivos:

- Sensibilizar a la comunidad en la problemática de la educación ambiental a través de una campaña nacional que involucre a los diversos sectores gubernamentales y organismos privados vinculados a esta temática, utilizando diferentes estrategias y medios de comunicación masiva.
- Sensibilizar a la comunidad nacional, en particular los docentes directivos, docentes de aula y alumnos del sistema educacional chileno, en la problemática ambiental a través de actividades educativas, utilizando diversas estrategias y medios de comunicación masiva sobre la base de la política nacional ambiental definida.
- Vincular el programa nacional con los programas de otros países y/o con el Programa Regional sobre Educación Ambiental, en la perspectiva de completar los esfuerzos desplegados e intercambiar experiencias.

Bajo el patrocinio del Programa Regional de Educación Ambiental se realizó un Curso Latinoamericano de Sensibilización y Capacitación en Educación Ambiental, durante enero de 1989, con la participación de Guatemala, Uruguay, Brasil, Argentina, Paraguay, Perú, Colombia y Chile. Al mismo tiempo, y con la participación del mismo programa, se plantearon los objetivos para el Primer Encuentro Nacional de Educación Ambiental. El objetivo general fue elaborar un plan de trabajo nacional en torno al fomento de la educación ambiental que comprometa efectivamente a todas las instituciones nacionales pertinentes.

### **3.2. Educación Ambiental a Nivel Gubernamental'**

#### **3.2.1. Comisión Biministerial de Educación Ambiental**

Durante 1991 se creó la Comisión Biministerial de Educación Ambiental formada por los ministerios de Educación y Bienes Nacionales, cuyo compromiso era formular un plan nacional de educación ambiental. Esta comisión, de funcionamiento esporádico, logró diseñar un primer documento, en el que se definieron aspectos básicos para el posterior tratamiento del tema.

---

' CONAMA. 1993. *Bases para una Propuesta de un Plan Nacional de Educación Ambiental*. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago. pp. 36-48.

### 3.2.2. Ministerio de Educación

A partir de 1989, MINEDUC inició una búsqueda institucional sobre cómo enfrentar la educación ambiental, asumiendo que su ámbito de acción es de carácter nacional.

Esta búsqueda se desarrolló de manera descentralizada para que cada sección con responsabilidad en el tema desarrollara su estrategia de implementación de la educación ambiental de acuerdo a sus obligaciones y ámbitos de competencia en el proceso educativo. No obstante, aun cuando existe un grado de autonomía para definir los programas, ya en esta época se inició un período de intercambio de opiniones entre las distintas personas que asumen las responsabilidades principales de la educación al interior del Ministerio, pero no se llegó a establecer un equipo de trabajo.

Como una forma de dar respuesta a la necesidad de integración y coordinación de los planes de educación ambiental al interior del Ministerio, a mediados de 1991 se nombró un Coordinador Nacional de Educación Ambiental. El trabajo de dicho coordinador se centró en la formulación de una política de educación ambiental nacional.

#### 3.2.2.1. División de Educación General

El trabajo de educación ambiental realizado en esta división puede situarse en dos períodos definidos: uno que correspondió al inicio de las actividades de educación ambiental en 1989 y que se extendió hasta comienzos de 1991, y otro que va desde 1991 hasta el presente.

El primer período se caracterizó por una actividad focalizada en la sensibilización de estudiantes y docentes antes que en la búsqueda y desarrollo de lo educacional propiamente tal. Se planificaron diferentes acciones centradas en los problemas ambientales, que tuvieron amplio respaldo de la comunidad escolar. Campañas, foros, concursos y afiches relacionados con los principales problemas ambientales nacionales y globales, son algunos resultados de estas actividades.

En octubre de 1990, a instancias de la División de Educación General, se llevó a cabo el Primer Encuentro Comunal de Profesores de Educación Ambiental en todas las regiones del país. La idea era conocer las inquietudes y sugerencias de los docentes sobre cómo enfrentar el tema ambiental desde una perspectiva educacional. Las conclusiones de estos encuentros fueron publicadas en un documento sobre una Propuesta de Plan Nacional de Educación Ambiental, el cual fue comentado por varios organismos.

El segundo período se puede entender como un período de planificación específica cuyo énfasis se orienta a los planes educativos. La planificación tiende a desarrollar los contenidos, metodologías de la educación ambiental y los aspectos institucionales que faciliten su implementación. En este sentido se puede ver como un plan más amplio y estructurado que el primero, ya que abarca varios aspectos fundamentales para el desarrollo de la educación ambiental en el campo formal de la educación<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> MINEDUC. 1992. *Informe. Programa de Educación Ambiental y Ecología*. División de Educación General, Ministerio de Educación, Santiago.

El plan para 1993, por ejemplo, en términos generales asume lo expresado por las Naciones Unidas respecto a la necesidad de incluir la educación ambiental como parte integrante de la política del Estado, con el objeto de buscar soluciones a los problemas ambientales. Sus fundamentos conceptuales se basan en la documentación emanada a nivel internacional, que definen a la educación ambiental como un proceso permanente destinado a crear una población ambientalmente responsable de su desarrollo sociocultural.

Sus consideraciones nacionales apuntan a la búsqueda de soluciones al deterioro ambiental ocurrido en nuestro país, a la diversidad de problemas según la región que se considere y a reconocer el papel de las unidades educativas y de la educación ambiental en el mejoramiento ambiental.

En este sentido, durante el segundo período la División de Educación General ha estado preocupada de atender y dar solución a esta creciente necesidad ecológica, ambiental y social, y ha estado, desde un punto de vista educacional, implementando un Programa Nacional de Educación Ambiental y Ecología.

El objetivo fundamental del programa es desarrollar un programa nacional de educación ambiental permanente, que permita al educando adquirir valores que se expresen en conocimientos y cambios de actitudes en relación al ambiente natural y sociocultural, con el propósito de mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo sustentable<sup>1</sup>.

El plan operativo de este programa se expresa en cuatro componentes:

- Un aspecto nacional, que se define como orientador respecto del quehacer en educación ambiental.
- Un componente regional, que se define como ejecutor y orientador en el plan regional, sin restarle su calidad de creador en los planos metodológicos y cognitivos.
- Un componente de apoyo material y financiero.
- Nombramiento de un Coordinador Regional de Educación Ambiental, reconocido como tal por las Secretarías Regionales de Educación (SEREDUC).

Respecto de las actividades, estas incluyen:

- **Política de Educación Ambiental.** Elaboración de un plan nacional de educación ambiental, diagnósticos regionales respecto de los requerimientos de la educación ambiental, elaboración de los planes regionales de educación ambiental, y evaluación y seguimiento de proyectos regionales sobre el tema.

---

<sup>1</sup> Id. a nota 2.

- **Capacitación.** Organización de seminario-talleres sobre gestión ambiental y organización de encuentros interregionales de educación ambiental.
- **Apoyo Didáctico a la Educación Ambiental.** Elaboración y publicación de módulos de educación ambiental, afiches y trípticos.

### 3.2.2.2. Departamento de Educación Extraescolar

El desarrollo de la educación ambiental en este departamento del MINEDUC ha sido similar al que se ha dado en la Dirección de Educación General. Un primer período que se focalizó en el "hacer" y un segundo período más reflexivo, que apuntó a considerar la educación ambiental como un proceso educativo.

Dado además que dicho departamento ha trabajado bajo un concepto amplio, la educación ambiental extraescolar no se diferencia en contenido de la educación formal, aunque existen diferencias en la forma. No se trata, por lo tanto, de actividades complementarias, sino que sin el contacto con la realidad la educación ambiental carece de sentido.

El primer período, que en fechas coincide con las de la Dirección de Educación General, se caracterizó por poner en marcha un proceso de sensibilización y participación de los estudiantes a través de campañas de denuncia sobre los problemas ambientales tanto nacionales como regionales. Esta participación se hizo a través de la organización de grupos ecológicos, brigadas verdes, grupos científicos y otras expresiones de organización grupal de los estudiantes. En este mismo período, este departamento organizó diferentes concursos y ensayos destinados a incentivar la participación no sólo de los estudiantes sensibilizados con el tema sino de toda la población estudiantil del país.

Esta actividad de sensibilización y participación fue apoyada por guías técnico-informativas que aportaban los antecedentes necesarios para el desarrollo de las campañas.

Bajo este marco, el Área de Medio Ambiente del Departamento de Educación Extraescolar ha desarrollado un plan de actividades que se orienta en tres grandes campos:

- Organización y auspicio de encuentros sobre educación ambiental, así como apoyo didáctico a profesores y monitores de educación ambiental.
- Organización de actividades regionales y nacionales que tienden a promover el contacto directo de los estudiantes con la naturaleza, en una perspectiva de cambio de valores y actividades hacia el medio ambiente.
- Valorar el aporte del estudiando en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales del país y sensibilizar a la población.

El segundo período se inició a partir de marzo de 1991, cuando se comenzó a considerar la educación ambiental como un modelo educacional y, por lo tanto, la consistencia y desarrollo del plan debería incluir los componentes conceptuales y metodológicos determinantes de la educación ambiental<sup>4</sup>.

En este marco de reflexión se elaboró un Plan Nacional de Educación Ambiental basado en tres programas básicos:

- **Programa Escuela y Medio Ambiente.** El objetivo es desarrollar un contacto directo de los estudiantes con su entorno más inmediato, en una perspectiva cognitiva y afectivo-valórica. El programa se concretiza con proyectos como reconstitución de un hábitat, estudio de ecosistemas, etc.
- **Programa Escuela, Medio Ambiente, Comunidad.** El objetivo principal es desarrollar una cooperación intersectorial sobre la gestión del medio ambiente. El programa se desarrolla a través de proyectos de estudio y propuestas de soluciones a casos particulares, foros sobre problemas locales, etc.
- **Programa de Capacitación.** Este programa parte de la premisa que en el proceso de capacitación ambiental tanto el docente como el estudiante pueden ser protagonistas de su propio aprendizaje, permitiéndoles asumir papeles complementarios y no antagónicos en un proceso en que ambos se educan ambientalmente. En este aspecto se desarrolló un Programa de Capacitación para Docentes y un Programa de Capacitación para Monitores Juveniles.

Cada uno de estos programas de trabajo tenía su concreción a través de un proyecto grupal, el cual se gestaba y desarrollaba a partir de los intereses y las realidades ambientales más sentidas por los estudiantes.

### 3.2.2.3. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas<sup>5</sup>

El desarrollo de la educación ambiental a través de los programas del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP) se puede entender como un proceso evolutivo, el cual partió de una preocupación por la enseñanza integrada de las ciencias naturales, expresado en el Programa CIBEX, para en 1990 cambiar a PRODAM, Programa de Promoción de la Educación Ambiental.

De esta forma el CPEIP, además de responder a la nueva institucionalidad e interés del MINEDUC por la educación ambiental, entró en un proceso de búsqueda y proposiciones conceptuales y metodológicas sobre la educación ambiental.

<sup>4</sup> MINEDUC. 1992. *Guía Técnica de Educación Ambiental*. Departamento de Educación Extraescolar, Ministerio de Educación, Santiago.

<sup>5</sup> CPEIP. 1991. *Gestión Institucional Realizada en el Ambito de la Educación Ambiental, Período 1980- 1990*. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas, Ministerio de Educación, Santiago.

Como objetivo general el PRODAM se propone "fomentar la difusión de la educación ambiental en los diferentes niveles del sistema educacional y a través de éste a la comunidad local, regional y nacional, para contribuir al mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida". Como objetivo específico se planteó "establecer una red nacional y multi-institucional en el marco del proyecto PRODAM, que permita el intercambio de informaciones y experiencias en relación a la temática educativa-ambiental". Otros objetivos están relacionados con la capacitación de los agentes educativos.

Se puede inferir que el marco conceptual del proyecto PRODAM se sitúa dentro de lo definido por las conferencias internacionales sobre educación ambiental. Por ejemplo, se establece con claridad el vínculo entre calidad de vida, medio ambiente y la necesidad de la participación de la comunidad. A nivel operacional, el proyecto se orienta al desarrollo de una red que permita crear los vínculos orgánicos para la difusión e intercambio de experiencias en educación ambiental.

Bajo este esquema, el PRODAM ha desarrollado tres encuentros entre 1990 y 1993, en los cuales se ha conjugado el intercambio de experiencias con el perfeccionamiento docente.

#### 3.2.2.4. Secretarías Ministeriales de Educación

Coherente con el plan propuesto por la División de Educación General, las SECREDUC elaboraron en la mayoría de las regiones sus propios Planes Regionales de Educación Ambiental. Particularmente importante fue el desarrollado por la SECREDUC de la V Región de Valparaíso en año 1991. Este plan puede ser considerado como uno de los más ambiciosos en materias de educación ambiental a nivel regional.

Durante 1990-1991 la SECREDUC de la V Región de Valparaíso desarrolló un Programa de Educación y Acción Ambiental, cuyo objetivo principal fue crear conciencia ambiental respecto de los grandes problemas que afectan al medio ambiente, así como ser capaces de actuar para solucionar algunos de ellos.

El programa propuesto apuntó a tres ámbitos de trabajo:

- **La Escuela**, como lugar propio del quehacer educativo en donde se integró la temática ambiental en forma transdisciplinaria.
- **Lo extraescolar**, ámbito intermedio que recoge todo el accionar no curricular de la escuela y que involucra acciones fuera de ella.
- **La comunidad**, donde se desarrolló un trabajo de integración en torno a las acciones ambientales que proyectó cada escuela.

Con este propósito, en noviembre de 1990 se realizó un Seminario Regional del Medio Ambiente, en el que participaron más de 500 profesores.

### 3.2.3. Comisión Nacional del Medio Ambiente

A poco tiempo de haber comenzado a funcionar, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) incorporó dentro de sus ámbitos de preocupación la educación ambiental. CONAMA conformó un equipo técnico asesor en educación ambiental, que estuvo integrado por representantes de la Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO), MINEDUC, CPEIP, Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Chile, Universidad Metropolitana de la Educación, Universidad de Playa Ancha, Universidad Católica Blas Cañas, Museo Nacional de Historia Natural y organismos no gubernamentales.

Trabajando dentro de un marco conceptual que reconoce a la educación ambiental como parte integrante de la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales y del proceso de desarrollo sustentable, durante 1991 CONAMA realizó una labor orientada en dos campos: sensibilización docente para iniciar la implementación de la educación ambiental en las unidades educativas y rescate e incentivo de experiencias pedagógicas realizadas a través de encuentros de educación ambiental.

Durante este mismo período se realizó una encuesta a las instituciones de educación superior, con el fin de establecer un banco de datos sobre los planes y programas educacionales referidos a educación ambiental impartidos por estas casas de estudios.

En el período 1992-1993 se inició un programa de trabajo conjunto con MINEDUC en el plano formal y extraescolar. Este mismo programa también se realizó con organizaciones no gubernamentales, con el fin de trabajar el ámbito de la sensibilización en la comunidad.

Particularmente importante es el trabajo conjunto realizado en 1993 con MINEDUC, el cual se ha orientado en tres áreas:

- Desarrollo de los componentes afectivo-valóricos de la población estudiantil, con respecto a su percepción del medio ambiente. Este objetivo se concretizó a través del "Concurso Nacional Joven Crea Tu Medio Ambiente", el cual estuvo dirigido a todos los estudiantes del país e incluyó las áreas de pintura, fotografía y cuento. La respuesta estudiantil a esta convocatoria fue amplia, quedando de manifiesto el interés y preocupación de los jóvenes por el tema ambiental.
- Con respecto al incentivo y rescate de experiencias metodológicas en educación ambiental, durante 1993, en conjunto con la División de Educación General y las SECREDEC se desarrollaron los Encuentros Interregionales de Educación Ambiental en el norte, centro y sur del país. Particularmente, el encuentro interregional que se efectuó en la zona central del país, tiene como antecedente la realización del I, II y III Encuentro Regional de Educación Ambiental, organizado en conjunto con la SECREDEC de la Región Metropolitana de Santiago, el Museo Nacional de Historia Natural y la Universidad Católica Blas Cañas.

Respecto al rescate de experiencias educativas en el plano de la educación ambiental no formal, en noviembre de 1993, en conjunto con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Casa de la Paz, se organizó el Primer Encuentro de Educación Ambiental No Formal, dirigido a las organizaciones no gubernamentales de la Región Metropolitana de Santiago y de la V Región de Valparaíso. El objetivo fue iniciar una secuencia de reuniones y de intercambio de experiencias que puedan aportar significativamente al desarrollo nacional de la educación ambiental no formal.

- Se han publicado los trabajos presentados en el I y II Encuentro Regional de Educación Ambiental realizados en la Región Metropolitana de Santiago. Además se ha realizado la traducción, adaptación y publicación de un manual sobre tratamientos de residuos sólidos elaborado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

En términos de difusión, cabe destacar una serie de afiches y trípticos elaborados con motivos de los diferentes encuentros de educación ambiental, además de otros materiales de difusión de carácter permanente destinados a sensibilizar la población.

- Otra actividad relevante realizada por esta comisión en materia de educación ambiental es la publicación del documento "Bases para una Propuesta de un Plan Nacional de Educación Ambiental", que se inscribe dentro de las tareas y responsabilidades de esta institución, con el fin de colaborar en el diseño de un plan nacional de educación ambiental. Además, entre los instrumentos de gestión ambiental que se estipulan en la Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente N° 19.300 se encuentra la educación ambiental. Esta incorporación, como tema de gestión, le dará una nueva perspectiva institucional al tratamiento de la educación ambiental.

### 3.2.4. Corporación Nacional Forestal

En 1990 la Corporación Nacional Forestal (CONAF) dio a conocer su plan oficial sobre lo que será en el futuro su política de educación ambiental<sup>6</sup>. La elaboración de dicho documento fue encargada a una comisión técnica y enriquecida en una reunión nacional de jefes de departamentos técnicos.

En sus aspectos fundamentales sobre política de educación ambiental, CONAF señala:

"La Corporación Nacional Forestal deberá contribuir a la gestación y consolidación de una conciencia ambiental de la comunidad nacional, que promueva conductas positivas en relación a la protección y adecuada utilización de los recursos naturales renovables, fundamentalmente los del sector forestal y la flora y fauna silvestre de Chile, y que dicho proceso educativo estimule la participación individual y colectiva en la comprensión y búsqueda de soluciones

---

<sup>6</sup> CONAF. 1990. *Política de Educación Ambiental, Documento de Trabajo N° 135*. Corporación Nacional Forestal, Santiago.

de los problemas ambientales, con énfasis en los incendios forestales, la erosión y la pérdida de la biodiversidad, dentro del marco del desarrollo sustentable".<sup>7</sup>

Los fundamentos de la Política de Educación Ambiental de CONAF se basan en dos consideraciones: el creciente deterioro del medio ambiente a nivel nacional e internacional y la necesidad de enmendar esta tendencia, y la necesidad de crear una conciencia ambiental nacional que incentive actitudes positivas hacia el medio ambiente.

Algunos de los principios rectores esta política son: toma de conciencia, conocimiento, participación, actitudes e identificación.

### 3.2.5. Museo Nacional de Historia Natural

El Museo Nacional de Historia Natural, a través de su Unidad Educativa, ha desarrollado en los últimos años una importante labor en el campo de la educación ambiental.

El enfoque utilizado por esta unidad es que a partir de la integración y utilización de las diferentes asignaturas como fuentes de información los estudiantes lleguen a percibir, comprender, analizar y valorizar el patrimonio nacional, incluyendo el medio ambiente natural y construido.

Dentro de las actividades desarrolladas se puede mencionar un encuentro de investigadores con profesores, con el fin de intercambiar opiniones sobre la percepción del medio ambiente. Otra actividad fue un concurso de pintura ecológica, dirigido a estudiantes de enseñanza básica, media y superior. También se realizaron talleres de fauna, flora y medio ambiente, usando como entorno geográfico la cuenca del Río Mapocho, y encuentros científicos juveniles, que en 1992 estuvieron orientados a proyectos de ecología y medio ambiente.

### 3.2.6. Programas de Gobiernos Locales

Los gobiernos locales han desarrollado una importante actividad en el ámbito de la educación ambiental no formal, incorporado a la gestión ambiental del municipio como un componente de la planificación municipal.

Varias son las experiencias a nivel nacional, pero aún no existe una sistematización de ellas para poder hacer un recuento detallado. Como actividad generalizada podemos mencionar los programas de reciclaje de desechos en distintas municipalidades.

Adicionalmente, en la Región Metropolitana de Santiago, a mediados de 1993, un grupo de municipalidades participó de un ciclo de videos cuyo objetivo fue divulgar la información sobre determinados tópicos ambientales y promover un intercambio de opiniones sobre ellos.

---

<sup>7</sup> Id. a nota 7.

### **3.3. Instituciones de Educación Superior**

El tratamiento del tema en las instituciones de educación superior ha ido creciendo en interés, en la medida que una mayor población ha comenzado a buscar instancias de capacitación y perfeccionamiento.

En este sentido es importante destacar los encuentros sobre educación ambiental de la Universidad de La Serena, Universidad Austral de Valdivia, Universidad Católica Blas Cañas, Universidad Metropolitana, Instituto EDUCARES y Universidad de Playa Ancha. Todos ellos han reunido una cantidad importantes de docentes que han estado elaborando módulos de educación ambiental, como una forma de dar respuesta a los problemas ambientales de nuestro tiempo.

Además, son varias las instituciones de educación superior que han diseñado programas en el ámbito de la educación ambiental: Universidad Austral de Chile (Postítulo Ecología y Educación Ambiental), Universidad de Concepción (Postítulo en Educación Ambiental), la Universidad de Playa Ancha (Magíster en Educación Ambiental), la Universidad Católica Blas Cañas (Postítulo en Educación Ambiental), y Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (Magíster en Educación Ambiental).

### **3.4. Organismos No Gubernamentales**

La labor de las ONGs, en el plano de la educación ambiental ha sido ampliamente reconocida; por su naturaleza de organismos vinculados directamente a sectores específicos de la población, están en condiciones de informar y capacitar en temas ambientales a grupos de personas que no participan del sistema formal de educación. Este campo de acción, en muchos casos, ha trascendido al sector formal, cuando este último no ha respondido con la pertinencia y prontitud deseadas.

Las ONGs por años, se constituyeron en las entidades que desarrollaron actividades en torno a la educación ambiental, como es el caso de Comité pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF), Red Nacional de Acción Ecológica (RENACE), Casa de la Paz, Casa Azul, Acción Holística, Programa de Apoyo y Extensión en Salud Materno-Infantil (PAESMI), Taller de Educación y Capacitación Ambiental (TECA), Corporación de Protección e Investigación del Medio Ambiente (COPRIMA) y Centro El Canelo de Nos, entre otras.

Hacer un recuento de la labor de las ONGs, en nuestro país no es fácil, sobre todo cuando la información aún no se ha sistematizado a nivel nacional. Sin embargo, cabe destacar el Primer Encuentro de Educación No Formal con la participación de 25 instituciones y organismos, dirigido a la Región Metropolitana de Santiago y V Región de Valparaíso. Dicho encuentro se realizó en Santiago, en noviembre de 1993, y fue organizado por UNICEF, CONAMA y Casa de la Paz. En 1994 se realizarán estos encuentros en la zona norte y sur del país, conformando de esta manera un catastro de la organizaciones que realizan actividades en el ámbito de la educación ambiental no formal.

#### 4. Reseña de Actividades en Educación Ambiental

A través de todo el país se iniciaron, a partir de los años ochenta, un sinnúmero de encuentros, seminarios y programas experienciales en torno a la educación ambiental, de los cuales quisiéramos destacar algunos:

- Programa Interdisciplinario en Educación y Formación Ambiental, de la Universidad de La Serena, que apoyado por organismos internacionales como OREALC/UNESCO y Organización de Estados Americanos, propician un programa con un enfoque ambientalista de la educación.
- Docentes de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile implementaron una línea de investigación e innovación de la enseñanza; como producto de dicho trabajo se generó una estrategia didáctica denominada Indagación Constructiva.
- Programa de Educación Ambiental de OREALC/UNESCO, durante 1991 desarrolló en la Comuna de Conchalí de la Región Metropolitana de Santiago el Proyecto Mejoramiento e Innovaciones en la Enseñanza de las Ciencias con Énfasis en Educación Ambiental, patrocinado por MINEDUC.
- La SECREDOC de la IX Región de la Araucanía con la colaboración de profesores de la Universidad de la Frontera, desarrollaron el proyecto de Innovación Curricular.
- Encuentro Nacional de Educadores de Párvulo, Niño y Vida: Supervivencia en el Chile del Mañana, organizado por la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- El Departamento de Educación de la Municipalidad de La Unión, junto a un equipo de profesionales del sector agropecuario, desarrollaron una investigación sistemática en la que se integraron aspectos ambientales, sociales y económicos al proceso educativo.
- En la ciudad de Coihaique se ha realizado un proyecto con alumnos de educación parvularia, el cual involucra visitas a los parques nacionales y reservas naturales, y trabajos en el jardín para reforzar las experiencias.
- La SECREDOC de la V Región de Valparaíso desarrolla un Programa de Educación y Acción Ambiental, y en noviembre de 1990 se realizó un Seminario Regional del Medio Ambiente, donde participaron más de 500 profesores.
- Durante agosto de 1992 la Universidad EDUCARES desarrolló la IV Jornada Trasandina de Aprendizaje, Medio Ambiente en el Proceso de Aprendizaje del Niño.

- La Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación realizó un congreso de educación ambiental para la educación formal durante septiembre de 1992.
- La Junta Nacional de Jardines Infantiles ha desarrollado, a través de varios años, diversos programas de educación ambiental.

## 5. Desafíos de la Educación Ambiental en Chile

Si bien es cierto que son muchas las iniciativas emprendidas durante estos años, no existe una estrategia nacional de educación ambiental que, en forma orgánica y sistemática, establezca caminos que posibiliten vías de solución a los graves problemas ambientales que enfrenta nuestro país, y sobre todo busque la creación de conciencia en la comunidad nacional.

En la propuesta de objetivos fundamentales y contenidos mínimos de curso de la Ley Orgánica Constitucional de Educación, MINEDUC plantea que "un concepto renovado de calidad educativa no sólo debe ser postulado en función de los requerimientos propios de una sociedad que se prepara para penetrar en el siglo XXI; también debe estar planteado sobre el reconocimiento de que el ser humano constituye el referente y motivo esencial de toda acción escolar. En este contexto, la formación integral del educando debe expresar la necesidad de contribuir a la armonía que éste debe observar consigo mismo, con la naturaleza y con la sociedad en que le corresponde vivir...".

Por lo tanto, entre los temas relevantes respecto de los cuales cada establecimiento deberá proponer con el fin de enfatizar la formación humana integral, se encuentra el tema del cuidado y protección ambiental.

Todas las iniciativas que se implementen pueden ser muy importantes pero insuficientes si no existe un plan coherente y estructurado. Además, no basta con reforzar el currículo con un mayor número de contenidos sobre temas o problemas ambientales, cualesquiera sean sus orientaciones, puesto que se precisa una transformación cualitativa de los procesos y prácticas escolares que cuestione críticamente la tradición selectiva del conocimiento escolar.

Por lo mismo, desde el momento en que se incorpore la dimensión ambiental al currículo escolar, ésta se convierte en un vigoroso eje de articulación interdisciplinaria que proporciona una mayor congruencia al conocimiento de la realidad, así como también en la recuperación de una matriz de significación en la que adquieren nuevos sentidos las ideas y los hechos.

En relación con estos planteamientos habría que insistir en que los problemas ambientales responden a una serie de factores de diversa índole que requieren, consecuentemente, acciones y medidas de distintos órdenes: legislativas, tecnológicas y económicas, entre otras. La educación cumple en todo este estado de cosas una función importante, pero no podrá aportar por sí sola la solución de cuestiones de raigambre histórico. No obstante, ésta deberá acompañar las medidas a adoptar sobre estos asuntos.

El potencial humano que se encuentra en el sistema educativo formal podría ser un elemento muy importante de cambio si se incorporara la temática ambiental en cada uno de los programas educativos, partiendo por la educación parvularia para luego continuar con la educación básica y media. Esto abarcaría casi tres millones de personas, con lo cual es posible revertir cualquier proceso a mediano plazo, y es aquí donde surge la importancia que tienen los diversos agentes del sistema educativo.

Dada la complejidad geográfica de nuestro territorio es importante tener presente al sector rural, ya que representa casi 400 mil alumnos, con realidades, muchas veces, muy distintas al sector urbano.

En este sentido, no podemos dejar de mencionar la necesidad de contar con un cuerpo de profesores preparados para enfrentar eficazmente la temática ambiental. Se hace imprescindible establecer un sistema de formación, el cual permita que los profesores se instruyan en todo lo referente a la educación ambiental; no se obtiene nada con seguir insistiendo en la importancia del tema si no iniciamos un esfuerzo significativo de formación con metodologías y estrategias innovadoras, las cuales permitan a los educadores perfeccionarse y renovarse en su quehacer pedagógico.

El país cuenta con 134 mil profesores aproximadamente, distribuidos en educación parvularia, educación especial, básica y media, que prácticamente en su totalidad necesitan ser sensibilizados y formados en una pedagogía ambiental

## **6. Prioridades de la Educación Ambiental para los Próximos Años**

La incorporación de la educación y la investigación en la Ley de Bases Generales sobre el Medio Ambiente N° 19.300 permitirá estructurar y organizar una serie de iniciativa tanto en el ámbito formal como no formal. Durante los próximos años debemos entrar en un proceso de reflexión y discusión en torno a un marco conceptual y operativo de la educación ambiental.

A la luz de esta nueva normativa existen otras prioridades, tales como:

- Implementar un centro de documentación e información y sistematizar la información y experiencias realizadas.
- Incentivar el intercambio entre las organizaciones que trabajan en educación ambiental.
- Incentivar y apoyar la realización de estudios, investigaciones y eventos.
- Organizar encuentros, seminarios y cursos en temas tales como: currículo, evaluación, metodologías y tecnologías alternativas, entre otros.
- Promover en las instituciones de educación superior la incorporación de la dimensión ambiental en las carreras tradicionales y estimular la especialización en gestión y educación ambiental.

- Fomentar la búsqueda de mecanismos de integración de los campos de educación ambiental formal y no formal.
- Incorporar la educación ambiental a los currículos de formación de educadores de párvulos y de educación básica y media.
- Perfeccionar a los profesores en servicio.
- Realizar actividades extraprogramáticas en los establecimientos educacionales municipalizados y privados.
- Sensibilizar a la comunidad a través de los medios de comunicación social.
- Elaborar un directorio de instituciones que desarrollen actividades en educación ambiental.

Son múltiples las actividades y tareas que se deben emprender en el campo de la educación ambiental, tanto en el corto como mediano plazo, si se quiere lograr un cambio de actitudes y nuevas formas de comportamientos en las futuras generaciones, que conlleven a un desarrollo integral y ambientalmente sustentable de nuestra sociedad.