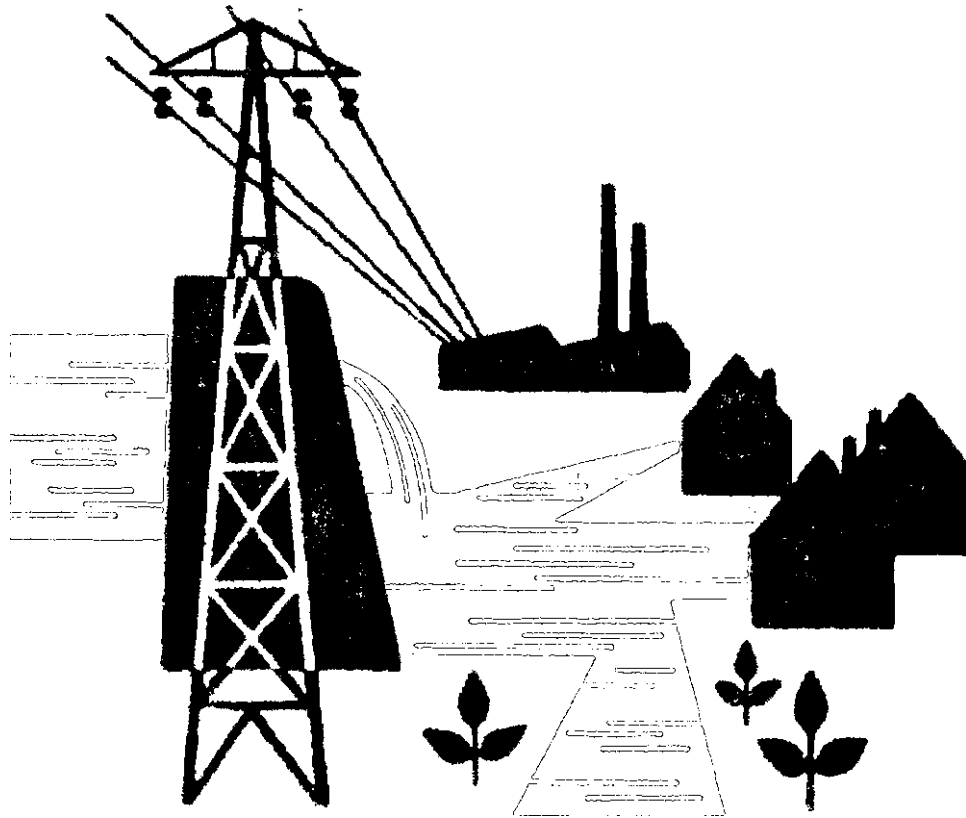


Publicación de
la Oficina de
Estadística



LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE CHILE



NACIONES
UNIDAS

PUBLICACIONES IMPRESAS DE LA COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA

(continuación de la 6ª página de forros)

Desarrollo económico

- El desarrollo económico de América Latina y sus principales problemas* (E/CN.12/89/Rev. 1)
Nº de venta: 1950. II. G. 2, 60 pp., Dls. 0,40
- * *El desarrollo económico del Ecuador* (E/CN.12/295)
Nº de venta: 1953. II. G. 5, xvi + 218 pp., Dls. 2,00
- La cooperación internacional en la política de desarrollo latinoamericano*
(E/CN.12/359)
Nº de venta: 1954. II. G. 2, x + 158 pp., Dls. 1,25
- Las inversiones extranjeras en América Latina* (E/CN.12/360; ST/ECA/28)
Nº de venta: 1954. II. G. 4, viii + 180 pp., Dls. 1,75
- Análisis y proyecciones del desarrollo económico.*
- I. *Introducción a la técnica de programación* (E/CN.12/363)
Nº de venta: 1955. II. G. 2, vi + 94 pp., Dls. 1,00
- II. *El desarrollo económico del Brasil* (E/CN.12/364/Rev. 1)
Nº de venta: 1956. II. G. 2, xvi + 176 pp., Dls. 2,00
- III. *El desarrollo económico de Colombia* (E/CN.12/365/Rev. 1)
Nº de venta: 1957. II. G. 3, xvi + 422 pp., Dls. 4,50
- IV. *El desarrollo económico de Bolivia* (E/CN.12/430 y Add. 1, Rev. 1)
Nº de venta: 58. II. G. 2, xx + 300 pp., Dls. 3,00
- * V. *El desarrollo económico de la Argentina* (E/CN.12/429/Rev. 1)
Nº de venta: 59. II. G. 3. Vol. I, xiv + 128 pp., Dls. 1,50; Vol. II, xvi + 260 pp., Dls. 3,00; Vol. III, xii + 182 pp., Dls. 2,50
- VI. *El desarrollo industrial del Perú* (E/CN.12/493)
Nº de venta: 59. II. G. 2, xl + 336 pp., Dls. 4,00
- * VII. *El desarrollo económico de Panamá* (E/CN.12/494/Rev. 1)
Nº de venta: 60. II. G. 3, xii + 204 pp., Dls. 2,50
- * VIII. *El desarrollo económico de El Salvador* (E/CN.12/495)
Nº de venta: 60. II. G. 2, xii + 176 pp., Dls. 2,00
- Manual de proyectos de desarrollo económico* (E/CN.12/426/Add. 1/Rev. 1)
Nº de venta: 58. II. G. 5, xvi + 264 pp., Dls. 3,00

Agricultura

- La expansión selectiva de la producción agropecuaria en América Latina.*
(E/CN.12/378/Rev. 2)
Nº de venta: 1957. II. G. 4, viii + 80 pp., Dls. 0,70
- El café en América Latina. Problemas y perspectivas. I. Colombia y El Salvador*
(E/CN.12/490)
Nº de venta: 58. II. G. 4, xii + 156 pp., Dls. 1,75

Estudios sobre Centroamérica

- * *Memoria del Seminario Centroamericano de Crédito Agrícola* (E/CN.12/305)
Nº de venta: 1953. II. G. 1, 3 Vols. viii + 96, iv + 160 y iv + 196 pp.
Dls. 1,25 (Vol. I); Dls. 1,50 (Vol. II); Dls. 2,00 (Vol. III)
- * *El transporte en el Istmo Centroamericano* (E/CN.12/356; ST/TAA/Ser. C/8)
Nº de venta: 1953. VIII. 2, xvi + 244 pp., Dls. 2,50
- * *Nomenclatura Arancelaria Uniforme Centroamericana (NAUCA) y su Manual de Codificación* (E/CN.12/420)
Nº de venta: 1955. II. G. 3, viii + 416 pp., Dls. 4,00
- * *La integración económica de Centroamérica, su evolución y perspectivas*
(E/CN.12/422)
Nº de venta: 1956. II. G. 4, vi + 98 pp., Dls. 1,00
- * *La política tributaria y el desarrollo económico en Centroamérica* (E/CN.12/486)
Nº de venta: 1957. II. G. 9, vi + 142 pp., Dls. 1,50
- * *Compendio Estadístico Centroamericano* (E/CN.12/487)
Nº de venta: 1957. II. G. 8, x + 125 pp., Dls. 1,25

Boletín Económico de América Latina, publicación semestral

* Sólo en español.

PROPIEDAD DE
LA BIBLIOTECA

LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE AMERICA LATINA

I. CHILE

Informe preparado por la Secretaría de la Comisión Económica para América Latina



México, 1960

E/CN.12/501

Octubre 1960

NOTA

Las firmas de los documentos de las Naciones Unidas se componen de letras mayúsculas y cifras. La simple mención de una de tales firmas indica que se hace referencia a un documento de las Naciones Unidas.

PUBLICACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

Nº de venta: 60.II.G.4

**Precio: 2.50 dólares; 17 chelines y 6 peniques; 10.50 francos suizos
(o su equivalencia en otras monedas)**

INDICE

Nota de la Secretaría	Pág. xiii
Prólogo	xv

Introducción: CHILE Y SU DESARROLLO HIDRÁULICO

I. Geografía, clima y población	1
II. Desarrollo económico general	4
1. Principales sectores de producción	5
a) Minería	5
b) Industria	6
c) Agricultura	6
d) Electricidad	7
2. Actividad económica por cuencas hidrográficas	7
III. Administración	9
IV. Legislación	9

Primera Parte: METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

<i>Capítulo I: METEOROLOGÍA</i>	13
I. Características meteorológicas de Chile	13
1. Condiciones atmosféricas generales	13
2. Estudio del régimen pluvial	13
a) Registros pluviométricos de estaciones localizadas en 9 latitudes diferentes	14
b) Perfiles que caracterizan las lluvias en latitudes similares	17
c) Precipitaciones en las grandes alturas. La nieve	18
3. Nebulosidad y "lluvia artificial"	18
4. Temperatura del aire y evaporación	18
5. Influencia de las condiciones hidrometeorológicas sobre el suelo y la vegetación	19
a) Erosión del suelo	19
b) Ciclos de vegetación	19
II. Organización y atribuciones de los servicios. Material e instalaciones disponibles	20
Grupo I: Organismos gubernamentales	20
Grupo II: Organismos semifiscales	22
Grupo III: Actividades particulares	22
III. Análisis crítico de los organismos meteorológicos y recomendaciones para su reorganización	23
1. Necesidad de coordinar los distintos organismos. Establecimiento de una Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología	23
2. Eficiencia de los servicios	23

	Pág.
3. Orientación de las investigaciones	23
a) Mediciones de la humedad del suelo	23
b) Establecimiento de un Instituto de Estudio de la Nieve y el Hielo	23
4. Uniformación de los instrumentos	24
5. Número y distribución de las estaciones	24
6. Servicios para fines especiales	25
Capítulo II: HIDROLOGÍA	27
I. Descripción hidrológica de Chile	27
1. Aguas superficiales	27
a) Descripción por regiones	27
b) Mediciones hidrológicas	31
c) Aguas de interés internacional	34
2. Aguas subterráneas	34
a) Norte Grande y Norte Chico	34
b) Chile Central y Sur Chico	35
II. Servicios hidrológicos existentes y análisis del material y de las instalaciones disponibles	36
1. Lista y organización de los servicios actuales	36
a) Aguas superficiales	36
b) Aguas subterráneas	36
c) Calidad del agua	36
2. Material e instalaciones disponibles.	37
a) Estaciones de medición de caudales	37
b) Distribución de las mediciones de caudal	37
c) Material para aguas subterráneas	37
d) Registros.	37
III. Estudio crítico de los organismos hidrológicos y sugerencias para su reorganización	37
1. Coordinación.	37
2. Exactitud de los registros hidrológicos	37
3. Aumento del número de estaciones para aguas superficiales.	39
4. Investigaciones sobre aguas subterráneas	39
5. Centralización y publicación de registros	40
6. Aguas de interés internacional	40

Segunda Parte: APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS

Capítulo I: ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA Y JURÍDICA	43
I. Planeamiento hidráulico: organización y actividades	43
1. Sistema de planeamiento general	43
2. Planeamiento hidráulico por sectores	44
II. Catastro de los derechos de aguas	45
III. Administración y sistemática jurídica de las aguas según sus usos.	46

	Pág.
1. Usos domésticos y urbanos (agua potable y alcantarillado)	46
a) Aspectos institucionales	46
b) Disposiciones legales.	47
2. Usos agrícolas. Aspectos institucionales	47
a) Sector público	47
b) Sector semifiscal	48
c) Sector privado	49
d) Aspectos legales	50
3. Hidroelectricidad.	50
a) Sistema institucional.	50
b) Dirección de Servicios Eléctricos	51
c) Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA).	52
d) Compañía Chilena de Electricidad	52
e) Aspectos legales.	52
4. Modificaciones legales sugeridas	53
5. Usos industriales.	53
6. Transporte fluvial y lacustre	54
7. Legislación sobre efectos nocivos de las aguas	54
a) Crecientes y avenidas	54
b) Avenamiento	55
c) Erosión.	55
d) Contaminación	55
IV. Aguas subterráneas	56
1. Aspectos institucionales	56
2. Aspectos legales	56
V. Régimen jurídico de las aguas de interés internacional	57
1. Legislación vigente.	57
2. Tratados y convenciones internacionales suscritos por Chile	57
a) Chile-Argentina.	57
b) Chile-Perú	57
c) Chile-Bolivia	57
d) Declaración de Montevideo	57
Capítulo II: ANÁLISIS FUNCIONAL DEL USO DEL AGUA	59
i. Agua potable.	59
1. Situación actual	59
2. Demanda y abastecimiento futuros	60
a) Cuadro general.	60
b) Situación por regiones	61
c) Inversiones necesarias	63
d) Sistemas de tarifas	64
II. Riego	64
1. Desarrollo histórico.	64
2. Situación actual	66
a) Deficiencias de las obras principales	67
b) Deficiencias de las obras dentro de los predios	67

	Pág.
c) Deficiencia de los métodos	67
d) Tasa de riego: estimación del agua desperdiciada.	67
3. Perspectivas del riego	68
a) Clasificación de la tierra	68
b) Necesidad de riego	70
c) Obras de riego en construcción y en estudio	71
d) Plan Chillán	74
e) Aspectos financieros	75
III. Hidroelectricidad	75
1. Recursos hidroeléctricos.	75
a) Potencial bruto	75
b) Potencial técnicamente utilizable y capacidad técnicamente instalable y económicamente aprovechable	76
2. Generación y demanda de electricidad	79
IV. Utilización en la industria y la minería	88
1. Desarrollo y perspectivas de la industria y la minería.	88
2. Necesidades de agua de los principales usuarios mineros e industriales.	90
a) Minería del cobre	92
b) Extracción de salitre.	94
c) Industria siderúrgica.	95
d) Industria de papel y celulosa	95
e) Refinación de petróleo.	95
f) Textiles	95
g) Productos químicos	96
h) Otras industrias.	96
i) Consumo total de agua de la industria y la minería	96
j) Aspectos cualitativos.	96
3. Necesidades de agua para la producción de energía térmica.	96
V. Navegación y transporte por flotación	98
VI. Acción contra los efectos nocivos de las aguas	99
1. Regulación de crecientes y avenidas	99
2. Erosión y conservación del suelo	99
3. Saneamiento y avenamiento de tierras	100
4. Regulación de las aguas de los cursos superiores	100
5. Contaminación de las aguas	100
Capítulo III: PROBLEMAS QUE PLANTEA EL USO MÚLTIPLE DEL AGUA	101
I. Demanda de agua para distintos usos	101
II. Recursos hidráulicos en relación con la demanda	102
1. Disponibilidad y demanda de agua por regiones	102
2. Estudio especial de ocho hoyas hidrográficas	103
a) Metodología	103
b) Resumen de los resultados	103

	Pág.
<i>Capítulo IV: NECESIDAD DE UNA POLÍTICA HIDRÁULICA. RECOMENDACIONES.</i>	112
1. Proyectos especiales para mejorar la medición de los recursos y usos	113
a) Establecimiento de un instituto para la medición de la nieve	113
b) Establecimiento de por lo menos una estación meteorológica de primer orden en cada zona climática.	113
c) Establecimiento de varias estaciones hidrométricas nuevas en todo el país.	113
d) Búsqueda y evaluación de aguas subterráneas especialmente en la zona de Santiago	113
e) Evaluación empírica de las necesidades de agua de diversos cultivos en distintas zonas	113
2. Reformas legislativas sugeridas.	113
a) Medición de los recursos y usos	113
b) Explotación ordenada de las aguas subterráneas	113
c) Eficiencia en el uso de las aguas (con especial referencia al riego)	113
d) Privilegio de expropiación	114
e) Evaluación económica: Prioridades y sistemas de reintegro	114
3. Reorganización administrativa propuesta para la formulación de una política hidráulica integrada.	114
a) Redistribución de funciones dentro de la organización actual	114
b) Consejo Nacional de Aguas	115
4. Otras posibles bases de acción	116

Anexos

I. Bibliografía chilena sobre legislación de aguas	119
II. Tablas y gráficos hidrometeorológicos	120
III. Estudio de cuencas hidrográficas	155
I. Río Loa	155
II. Río Elqui	156
III. Río Aconcagua	162
IV. Ríos Maipo y Mapocho	166
V. Río Rapel	175
VI. Río Maule	179
VII. Río Itata.	183
VIII. Río Bío-Bío.	187

INDICE DE CUADROS

Introducción

<i>Cuadro</i>	<i>Pág.</i>
1. Chile: Ríos principales	2
2. Chile: Población por regiones, 1957	3
3. Chile: Crecimiento demográfico	4
4. Chile: Distribución de la población	4
5. Chile: Composición y aumento de la producción	4
6. Chile: Actividad económica por cuencas hidrográficas	8

Primera Parte

Capítulo I

7. Chile: Precipitaciones pluviales	15
8. Chile: Estaciones meteorológicas y pluviométricas	22

Capítulo II

9. Chile: Gasto medio de los ríos principales	31
10. Chile: Caudal medio de siete ríos escogidos	32
11. Chile: Coeficientes de escorrentia	33
12. Chile: Grado de irregularidad dentro del año hidrológico	33
13. Chile: Aguas de interés internacional entre Chile y países vecinos	34
14. Chile: Estaciones hidrológicas	38

Segunda Parte

Capítulo II

15. América Latina: Población que dispone de servicios públicos de agua	59
16. Chile: Población urbana que carece de servicios de agua potable	59
17. Chile: Necesidades de agua potable en distintos sectores de Santiago	60
18. Chile: Datos sobre control sanitario de los servicios de agua potable	60
19. Chile: Consumo actual y proyectado de agua potable en el Norte Grande	61
20. Chile: Consumo actual y proyectado de agua potable en el Norte Chico	62
21. Chile: Consumo actual y proyectado de agua potable en Chile Central	62
22. Chile: Consumo actual y proyectado de agua potable en el Sur Chico y en el Sur Grande	63
23. Chile: Consumo actual y proyectado de agua potable por regiones	63
24. Chile: Inversiones necesarias para abastecer normalmente de agua potable a toda la población urbana en 1973	64
25. Chile: Superficie regada con obras construidas por la Dirección de Riego según el tipo de proyecto	65
26. Chile: Obras en explotación, construidas por la Dirección de Riego	65
27. Chile: Superficie regada	66
28. Chile: Muestra de estimaciones de tasas y necesidades de riego	68
29. Chile: Clasificación de los suelos	68
30. Chile: Superficie regada	69
31. Chile: Evolución del balance agrícola	69
32. Chile: Estimación del aumento necesario de la superficie regada	70
33. Chile: Comercio exterior de productos agropecuarios	71
34. Chile: Obras en construcción y en estudio	72
35. Chile: Superficie regada con agua de embalses	73
36. Chile: Relación producto-capital de algunas obras de riego en construcción o en estudio	73
37. Chile: Potencial hidroeléctrico bruto	76
38. Chile: Recursos hidroeléctricos de las principales cuencas hidrográficas (gasto medio)	77
39. Chile: Potencial técnicamente aprovechable y capacidades técnicamente instalables y económicamente explotables	78
40. Chile: Capacidad técnicamente instalable	78
41. América Latina: Relación entre la generación de electricidad por habitante y el producto bruto por habitante, 1956	79
42. Chile: Capacidad eléctrica instalada, 1957	80
43. Chile: Producción de energía eléctrica, 1957	81
44. Chile: Distribución de la capacidad instalada y de la generación de electricidad, 1957	81
45. Chile: Capacidad instalada y generación eléctrica de origen hidráulico, 1957	82
46. Chile: Centrales hidroeléctricas	83

<i>Cuadro</i>	<i>Pág.</i>
47. Chile: Proyección de la capacidad hidroeléctrica instalada para 1973	84
48. Chile: Valor agregado por la minería y la industria en relación con el ingreso nacional (1925-1956)	89
49. Chile: Composición de las exportaciones	89
50. Chile: Valor de la producción industrial	90
51. Chile: Índices de la proyección de la producción	91
52. Chile: Ubicación de las actividades mineras por provincias, 1951	91
53. Chile: Ubicación de las actividades industriales por provincias, 1952	92
54. Chile: Uso del agua en actividades industriales y mineras	96
55. Chile: Capacidad instalada y proyectada para la generación de energía térmica	97
56. Chile: Uso del agua para la generación de termoelectricidad en algunas centrales.	98

Capítulo III

57. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Loa	105
58. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Elqui	105
59. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Aconcagua	106
60. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Ríos Maipo y Mapocho.	107
61. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Rapel	108
62. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Maule	109
63. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Itata	109
64. Chile: Resumen de los estudios hidrográficos. Río Bío-Bío	110

Capítulo IV

65. Chile: Inversión pública en obras hidráulicas	112
---	-----

Anexo III

1. Río Loa: Disponibilidad de agua a la altura de Jalquíncha	155
2. Río Loa: Uso actual y futuro del sistema	156
3. El riego en el Valle del Elqui	157
4. El Algarrobal: Disponibilidad mensual de agua	158
5. Río Elqui: Uso consuntivo del agua para riego en Vicuña y La Serena, por meses	158
6. Río Elqui: Necesidades de agua para cultivo en Vicuña	159
7. Río Elqui: Necesidades mensuales de agua para cultivo en La Serena	159
8. Río Elqui, Sección 1: Necesidades mensuales de agua para cultivo.	159
9. Río Elqui, Sección 3: Necesidades de agua para cultivo	160
10. Río Elqui, Secciones 1 y 3: Necesidades mensuales de agua para cultivo.	160
11. Río Elqui: Prueba de regulación, 1928-56	161
12. Río Aconcagua: Uso para agua potable y alcantarillado	163
13. Río Aconcagua: Caudal, 1940-56	164
14. Río Aconcagua: Agua retirada por el Canal Chacabuco, 1947-57.	164
15. Río Aconcagua: Uso consuntivo del agua para riego	165
16. Río Aconcagua: Necesidades mensuales de agua para los diversos cultivos.	165
17. Río Aconcagua: Posibilidades de riego en años de media y mínima	166
18. Ríos Maipo y Mapocho: Agua potable y para alcantarillado	167
19. Río Maipo: Proyecciones de la demanda mensual neta de agua.	168
20. Ríos Maipo y Mapocho: Caudales disponibles, 1914-52	169
21. Río Maipo: Demanda mensual de agua según los diversos cultivos.	170
22. Río Maipo: Gasto de agua de los canales	170
23. Río Maipo: Posibilidades mensuales de riego	171
24. Agua superficial retirada de fuentes distintas del Río Maipo	171
25. Ríos Maipo y Mapocho: Balance de aguas para beber y alcantarillado.	171
26. Ríos Maipo y Mapocho: Prueba de regulación para 250 000 hectáreas, 1914-51	172
27. Ríos Maipo y Mapocho: Prueba de regulación para 270 000 hectáreas de riego, 1914-51	173
28. Río Rapel: Consumo actual y futuro de agua potable y para alcantarillado.	176
29. Río Rapel: Caudales, 1945-56	177
30. Río Rapel: Posibilidades de riego en el período indicado	178
31. Río Rapel: Prueba de regulación del agua para riego, 1945-56.	178
32. Río Rapel: Agua recuperada y agua disponible en los meses enero-abril, 1947-51	179
33. Río Maule: Consumo actual y futuro de agua potable y para alcantarillado	180
34. Río Maule: Caudal disponible, 1947-56	181
35. Río Maule: Necesidades mensuales de agua para riego	182
36. Río Maule: Posibilidades de riego en el período octubre-abril	182
37. Río Maule: Demanda de agua en el período octubre-abril	183
38. Río Maule: Prueba de regulación para 500 000 hectáreas, 1947-56	183
39. Río Itata: Consumo actual y futuro de agua potable y para alcantarillado.	184
40. Río Itata: Caudal disponible, 1947-56	184
41. Río Itata: Gasto promedio mensual	185
42. Ríos Itata y Maipo: Uso consuntivo mensual básico	185
43. Río Itata: Demanda mensual de agua según los diversos cultivos	185
44. Río Itata: Necesidades mensuales de agua para riego	185

Cuadro

	Pág.
45. Río Itata: Posibilidades de riego	186
46. Río Itata: Demanda mensual de agua	186
47. Río Itata: Prueba de regulación para 180 000 hectáreas, 1947-56.	186
48. Río Bío-Bío: Consumo actual y futuro de agua potable	187
49. Río Bío-Bío: Caudal disponible, 1949-56	188
50. Río Bío-Bío: Caudal medio mensual.	189
51. Río Bío-Bío: Necesidades mensuales de agua para riego	189
52. Río Bío-Bío: Posibilidades de riego en año de mínima (1950)	189
53. Río Bío-Bío: Posibilidades de riego en el período octubre-abril	189

INDICE DE TABLAS

Tabla

1. Chile: Datos climatológicos de estaciones seleccionadas	120
2. Antofagasta	123
3. Copiapó.	124
4. Ovalle	125
5. Santiago.	126
6. Chillán	127
7. Valdivia.	128
8. Puerto Montt	129
9. Aysén.	130
10. Punta Arenas	131
11. Chile: Temperaturas medias mensuales de estaciones seleccionadas	132
12. Chile: Siembra y cosecha de algunos productos agrícolas.	132
13. Chile: Porcentajes de lluvia de cada mes en distintas zonas.	133
14. Chile: Estaciones meteorológicas controladas por la oficina meteorológica y la fuerza aérea	134
15. Chile: Estaciones pluviométricas según lista de la oficina meteorológica	136
16. Chile: Lista de estaciones pluviométricas controladas por el Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Riego	137
17. Chile: Estaciones de la Empresa de Agua Potable	138
18. Chile: Ministerio de Agricultura, Subdepartamento de conservación de suelos y aguas (Servicio agrometeorológico)	138
19. Chile: Estaciones meteorológicas de la empresa nacional de electricidad (ENDESA)	139
20. Universidad de Chile, Santiago	139
21. Chile: Relación entre las estaciones actuales y propuestas con sus respectivas zonas de influencia para las hoyas fluviales principales de la Zona Central	140

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico

I. Chile: Administración (pública y privada) de los recursos hidráulicos	9
II. Chile: Precipitación y caudal en algunos ríos	28
III. Chile: Generación de energía eléctrica.	79
IV. América Latina: Relación de la generación de electricidad y el producto interno bruto por habitante en 1956	80
V. Chile: Correlación entre la generación de electricidad destinada a la industria y el producto bruto de la industria manufacturera	85
VI. Chile: Correlación entre la generación de electricidad destinada a otros consumidores y el ingreso nacional	85
1. Antofagasta.	141
2. Copiapó.	141
3. Ovalle	142
4. Santiago.	142
5. Chillán	143
6. Valdivia.	143
7. Puerto Montt	144
8. Aysén.	144
9. Punta Arenas	144
10. Perfil A-A: Tocopilla, Chuquicamata, Calama, San Pedro.	145
11. Perfil B-B: Caldera, Algarrobo, Copiapó, Negro Francisco	146
12. Perfil C-C: Huasco, Vallenar, San Félix, El Tránsito, La Pampa.	146
13. Perfil D-D: La Serena, Vicuña, Rivadavia, Paiguano, Guanta, La Laguna	147
14. Perfil E-E: Valparaíso, Quillota, Llay-Llay, San Felipe, Los Andes	147
15. Perfil F-F: Concepción, Peñuelas, Bulnes	148
16. Perfil G-G: Concepción, Yungay, Abanico	148
17. Perfil H-H: Corral, Valdivia, Antihue, Panguipulli, Puerto Fui	149
18. Perfil I-I: Maullín, Puerto Montt, Ensenada, Cayutú, Peulla, Puerto Blest	150
19. Ciclo Vegetativo. Zona Norte. Tarapaca y Coquimbo	151
20. Ciclo Vegetativo. Zona Central. Aconcagua y Concepción.	152
21. Ciclo Vegetativo. Zona Sur. Bío-Bío y Llanquihue.	153
22. Ciclo Vegetativo. Zona Austral. Chiloé, Aysén y Magallanes.	154
A Caudales mensuales acumulados de los ríos Maipo y Mapocho y lluvia acumulada en Santiago (1914-52)	170
B Río Rapel: Cantidad de agua disponible y caudal mensual en la desembocadura	179

INDICE DE MAPAS

<i>Mapa</i>	<i>Pág.</i>
I. Chile: División en zonas climática y geográficas	1
II. Chile: Ubicación de los perfiles	16
III. Chile: Mapa hidrográfico	37
IV. Aguas que nacen en Argentina y entran en Chile	57

INDICE DE CROQUIS

<i>Croquis</i>	
I. Hoya del Río Loa	154
II. Río Elqui y sus afluentes	156
III. Hoya del Río Aconcagua	162
IV. Hoya del Río Maipo	166
V. Hoya del Río Rapel	175
VI. Hoya del Río Maule	179
VII. Hoya del Río Itata	183
VIII. Hoya del Río Bío-Bío	187

NOTA DE LA SECRETARÍA

En la resolución 99 (VI), aprobada por la Comisión Económica para América Latina el 15 de septiembre de 1955 se recomendó que la Secretaría realizara, entre otras cosas, "un examen preliminar de la situación relativa a los recursos hidráulicos en América Latina, su aprovechamiento actual y futuro, en lo posible, para fines múltiples, tales como energía, regadío y abastecimiento de aguas, defensa contra inundaciones, tomando en cuenta otros factores tales como saneamiento y demás beneficios que deriven de la construcción de las obras correspondientes y del uso del agua".

En la misma resolución se indica que, para llevar a cabo esta tarea, la Secretaría debería obtener la cooperación de la Administración de Asistencia Técnica (AAT),¹ del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, de las demás comisiones económicas regionales de las Naciones Unidas y de otros organismos e instituciones interesados en esta materia.

Siguiendo las recomendaciones citadas, se estableció en 1957 un grupo de trabajo conjunto CEPAL/TAA² para efectuar el examen preliminar propuesto. También participa en estos estudios sobre los recursos hidráulicos la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Durante los primeros dos años formaron parte del grupo el general Charles G. Hawes, experto

¹ Ahora Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica (DOAT).

² Ahora DOAT.

de la AAT en el análisis del desarrollo de los recursos hidráulicos para su aprovechamiento múltiple; el señor Guillermo J. Cano, experto de la AAT en asuntos legales y administrativos, y el Dr. Rudolf Schroeder, experto de la OMM en meteorología e hidrometeorología. Durante su primer año de trabajo, el grupo contó también con la asistencia del señor A. Pfaff, experto en hidroelectricidad, cuyos servicios fueron amablemente prestados por el gobierno francés.

El presente estudio de los recursos hidráulicos de Chile se basa en las investigaciones técnicas llevadas a cabo individualmente por los distintos expertos mencionados.

En el desempeño de sus funciones el grupo también contó con la asistencia de otras fuentes, sobre todo de expertos de la AAT destacados en el país estudiado. Además, de acuerdo con la FAO, se establecieron relaciones especiales con los representantes y expertos de esta organización. Por último, se obtuvo una valiosísima cooperación en Chile tanto de la administración pública como de círculos privados. Merecen especial mención los muchos funcionarios que participaron en el trabajo del grupo o facilitaron su labor. A este respecto se reconoce especialmente la cooperación recibida de los Ministerios de Agricultura, Obras Públicas y Defensa, así como de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y de la Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA).

PRÓLOGO

El presente estudio constituye un examen preliminar de los recursos hidráulicos de Chile y de su aprovechamiento en función del desarrollo económico del país. En su introducción se reseñan someramente la geografía y el clima chilenos a fin de encuadrar el análisis de los recursos hidráulicos. Esta ojeada a las características físicas del país se complementa con un breve estudio del crecimiento demográfico, del progreso económico y de la evolución de las instituciones, centrandose todo ello, como es natural, en torno a los problemas hidráulicos. Esta breve incursión permite destacar los recursos de esta índole que mayor significación ofrecen para el desenvolvimiento económico nacional. La mayor parte del crecimiento demográfico y de las actividades económicas se dan en ocho cuencas hidrográficas, razón por la cual en el curso del estudio se presta mayor atención a los recursos hidráulicos de dichas cuencas y su capacidad para satisfacer la creciente demanda de agua. Pónese de manifiesto asimismo la baja tasa de capitalización del país, por lo cual en todo el estudio se subraya la necesidad de utilizar el capital en forma eficiente y de cobrar tarifas económicas por los servicios de aguas. Otro problema es el que guarda relación con la eficiencia de las actuales legislaciones y administraciones de los recursos hidráulicos, concebidas ambas para una época de menor presión demográfica y menor grado de crecimiento económico. En el curso de este informe se presta bastante atención a las posibilidades de adaptar las instituciones existentes a las necesidades de una política hidráulica eficiente.

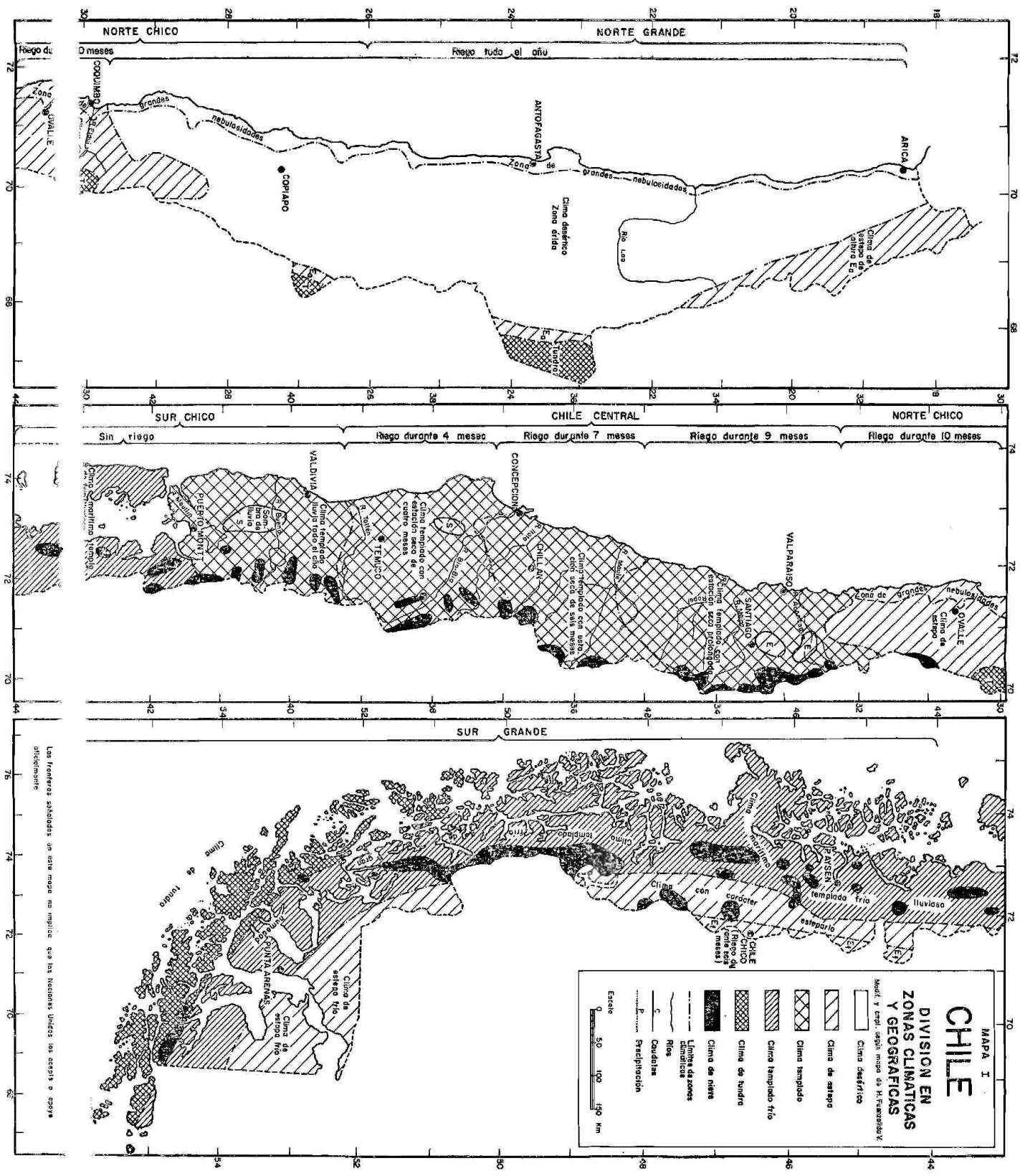
Bosquejado así el problema en sus líneas generales, en la Primera Parte del estudio se entra a analizar los recursos hidráulicos con que cuenta el país. Los estudios hidrometeorológicos e hidrológicos abarcan a todo el país, aunque se dan mayores informaciones sobre la disponibilidad de aguas en los ocho ríos a que se ha hecho referencia. Indícanse las fluctuaciones estacionales por su importancia desde el punto de vista del riego y de la producción de hidroelectricidad. Destácase asimismo la utilidad de medir la nieve de la cordillera con el fin de conocer en forma anticipada el gasto de los ríos al fundirse aquélla. Al estudiar la hidrometeorología y la hidrología, se consideran también las mediciones que actualmente se practican, la organización de los servicios y la necesidad de ampliarlos y coordinarlos.

La utilización de los recursos (Segunda Parte) abórdase desde dos ángulos diferentes: por funciones separadas (abastecimiento doméstico, riego, hidroelectricidad, etc.) y por zonas geográficas (estudios especiales de las necesidades de agua para los distintos usos en relación con su disponibilidad). En primer término preséntase la estructura institucional que condiciona las actividades de cada uno de ellos y su coordinación (o su falta de coordinación).

En el análisis funcional de su aprovechamiento, se tiene en cuenta la actual utilización de las aguas en varios fines (población que dispone de agua potable, extensión de las zonas regadas, instalaciones hidroeléctricas y producción, etc.). La demanda de agua para cada uso funcional se ha proyectado para un período de quince años (hasta 1973), teniendo en cuenta el desarrollo económico general, el crecimiento de las necesidades alimenticias de la población, etc. También se ha intentado estimar las inversiones necesarias en obras hidráulicas derivadas de una mayor demanda de agua. En materia de riego, que es la actividad que más agua consume en Chile, se han estudiado los métodos que se aplican, y se ha puesto de manifiesto al hacerlo el considerable desperdicio de este elemento que se observa.

Al estudiar la utilización de las aguas en fines múltiples, se examinan en forma conjunta el uso combinado del agua en varias funciones, primeramente definiendo tipos de problemas en grandes regiones geográficas, y luego analizando en detalle las ocho cuencas hidrográficas en que se concentra la mayor parte de la actividad económica. Aunque la información hidrológica suele ser escasa, de estos estudios preliminares del sistema fluvial de Chile se desprende que un aprovechamiento racional de los recursos requiere su coordinación bajo la responsabilidad de una autoridad central.

Como quiera que el agua es escasa en la parte económicamente más avanzada de Chile, y como también es escaso el capital, es esencial formular una política de administración de aguas integral para que el país pueda aprovechar sus recursos hidráulicos en forma eficiente. Sin embargo, enunciar esa política habría significado rebasar el objeto y los límites de este estudio, en cuyo capítulo final se examinan las medidas que habría que adoptar con el fin de posibilitarla, formulándose al efecto algunas recomendaciones.



CHILE
 MAPA I
 DIVISION EN
 ZONAS CLIMATICAS
 Y GEOGRAFICAS

Model. y empl. según mapa de H. Fuenzalida V.

- Clima desértico
- ▨ Clima de estepa
- ▧ Clima templado
- ▩ Clima templado frío
- Clima de tundra
- Clima de nieve
- Límites de zonas climáticas
- Ríos
- Caudales
- Precipitación



Las fronteras señaladas en este mapa no implican que los Naciones Unidas sea copias o copies oficialmente

Handwritten scribble or mark.

Handwritten text or lines, possibly a signature or date, located at the bottom of the page.

Introducción

CHILE Y SU DESARROLLO HIDRÁULICO

I. GEOGRAFÍA, CLIMA Y POBLACIÓN

Con una superficie de 742 000 km² (excluido el territorio antártico), Chile se extiende a lo largo de la costa del Pacífico, entre ella y la cordillera de los Andes, desde los 17°12' a los 56°32" de latitud sur. Su anchura media de 188 kilómetros contrasta con su longitud de 4 300 kilómetros. Su gran variedad de latitudes, su aridez en el norte y su clima riguroso en el sur son otros tantos factores que influyen en el desenvolvimiento del país.

Sus principales rasgos geográficos son la Cordillera de la Costa, cadena que se alza hasta 2 000 metros y está situada al oeste, y la Cordillera de los Andes, cadena de altas montañas, al este, con una extensa depresión longitudinal entre uno y otro sistema.

En el norte, la Cordillera de la Costa emerge abruptamente desde un mar muy profundo. Detrás de este sistema, se extienden las pampas desérticas y sus salares. Por último, hacia el este, la Cordillera de los Andes, que por ahí separa a Chile de Bolivia y la Argentina, alza sus elevadas mesetas (3 000 a 4 000 metros en promedio), que dominan volcanes y picachos de más de 6 000 metros de altitud.

En el Chile Central, la Cordillera de la Costa se divide en breves cadenas y bajos macizos que separan el Valle Central en varias partes. Los Andes alcanzan allí sus más elevadas alturas.

En la región Sur Chico la depresión se ensancha no siendo apenas interrumpida por cadenas. Es ésta sísmica y de actividad volcánica.

Al sur de los 41°30', el Valle Central se divide en numerosas islas, y en el Sur Grande, profundos fiordos penetran los Andes, que escasamente exceden de 3 000 metros en aquel sector.

En la mayor parte del país, los ríos corren hacia el occidente, precipitándose desde los Andes en marcha hacia la costa. Sin embargo, en el Sur Grande, la línea divisoria de las aguas se desplaza hacia el este. En el extremo sur, en Magallanes, corre al este del eje principal de los Andes.

La configuración del país explica que no existan ríos muy largos. En cambio, son por lo general de pronunciado declive, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista de su aprovechamiento como fuentes de producción de hidroelectricidad. Los principales ríos de Chile aparecen clasificados por zonas geográficas en el cuadro I, dividiéndose el norte del país en dos regiones: Norte Grande y Norte Chico.

La división de Chile en regiones geográficas corresponde aproximadamente a las principales zonas de ve-

getación, que varían según el clima. Corresponde también exactamente esta división a la siguiente clasificación hidrológica de las regiones: zonas que han menester de riego durante todo el año, zonas que lo requieren durante varios meses y zonas en fin que no necesitan de él para el desarrollo de la producción agrícola.

En el Norte Grande los cultivos importantes sólo son posibles en zonas aisladas que requieren riego constante durante todo el año. Y esto también vale para el Norte Chico, en cuya parte meridional el período de riego puede reducirse a unos diez meses aproximadamente en que se producen lluvias adicionales y la temperatura es tal que se abrevia el período de crecimiento. La zona central necesita riego durante un período que varía entre nueve meses al norte y cuatro meses al sur en relación con el tiempo de germinación de las plantas después del invierno, época en que el volumen de las precipitaciones aumenta en forma constante. En el Sur Chico puede prescindirse casi totalmente del riego, aunque también allí, en particular en la zona de sombra de lluvia, alrededor de la ciudad de Osornom existe un período de sequía de duración variable. Por último, en el Sur Grande no se necesita generalmente riego, pues allí las lluvias y las nieves son abundantes, aunque se dan algunas excepciones, como la de Chile Chico, en el lago Buenos Aires, lugar en que la agricultura requiere de más agua desde octubre a marzo.

En el país pueden distinguirse cinco tipos principales de clima: *a*) clima desértico; *b*) clima de estepa; *c*) clima templado (influido por el océano y las latitudes moderadas); *d*) clima de tundra, y *e*) clima de nieve (que comprende las grandes altitudes con nieves eternas y cubiertas de hielo). (Véase el mapa I.)

El clima templado puede muy bien subdividirse según los períodos de precipitación en clima continuamente húmedo y clima periódicamente seco. Es ésta una distinción de señalada importancia para Chile desde el punto de vista de la administración de las aguas, de la energía hidroeléctrica y del riego.

El clima desértico predomina en el Norte Grande y el Norte Chico. En vastas zonas no existe la menor precipitación. Caen ligeras lluvias sólo en la vertiente occidental de los Andes dentro de un reducido sector y a una altitud que oscila entre 2 500 y 3 000 metros. Estas lluvias dan a esa región un clima similar al de las altas estepas. De anchura variable, esta zona se extiende a través de Chile en dirección al oriente, desde Arica hasta cerca de los 22° latitud sur, continuando luego

Cuadro 1
CHILE: RÍOS PRINCIPALES

<i>Zona geográfica</i>	<i>Latitud</i>	<i>Provincias en la zona</i>	<i>Ríos</i>	<i>Superficie de la cuenca hidrográfica, en km²</i>
Norte Grande (178 000 km ²)	18° - 26°	Tarapacá Antofagasta	Lauca ^a Lluta Camarones Loa	3 300 4 760 30 970
Norte Chico (120 000 km ²)	26° - 32°	Atacama Coquimbo	Copiapó ^b Huasco ^b Elqui ^b Limarí ^b Chapa ^b	21 280 10 430 9 840 12 090 8 070
Chile Central (147 000 km ²)	32° - 39°	Aconcagua Valparaíso Santiago O'Higgins Colchagua Curicó Maule Talca Linares Concepción Ñuble Arauco Bío-Bío Malleco Cautín	Aconcagua ^b Maipo ^b Rapel ^b Mataquito ^b Maule ^b Itata ^b Bío-Bío ^b Imperial ^b Toltén ^b	7 590 15 620 13 940 6 490 21 410 11 380 23 440 12 930 8 500
Sur Chico (72 000 km ²)	39° - 45°	Valdivia Osorno Llanquihue Chiloé	Valdivia ^b Bueno ^b Petrohué ^b Puelo ^b	10 500 ^c 15 110 2 760 3 110 ^c
Sur Grande (225 000 km ²)	45° - 56°	Aysén Magallanes	Yelcho Palena Aysén Baker Serrano	3 930 ^c 6 970 ^c 11 460 ^c 27 700 ^c 8 110 ^c

^a Parte chilena. Entra en Bolivia.

^b Superficie medida planimétricamente a base del mapa hidrológico de la ENDESA.

^c Parte chilena. El río principal y sus afluentes nacen en la Argentina.

hacia Bolivia. Sólo a la altura de Antofagasta y al sur de Caldera existen otras dos pequeñas zonas con el mismo clima.

El clima de tundra (sobre 4 000 metros de altura) existe únicamente en tres pequeños sectores de Chile adyacentes a las estrechas regiones de clima estepario, donde la altura general no baja de 4 000 metros. Caracterízase por una intensa radiación solar durante el día y por la pérdida de cantidades similarmente elevadas de calor durante la noche, siendo el aire puro en extremo. La temperatura media es muy baja, por lo general alrededor de 5°C. La variación de la temperatura durante el año es pequeña, al paso que puede ser considerable a lo largo del día.

Las pequeñas precipitaciones que se registran en las regiones de las altas estepas y tundras no revisten importancia hidrológica, por cuanto su volumen escasamente excede de 200 mm como máximo, lo que basta apenas para formar en algunos lugares pequeños depósitos que luego se evaporan.

En la parte oriental, a la altura de los 27° y 30° latitud sur, en la frontera con la Argentina, existen otras dos pequeñas regiones de clima de tundra provocado

por la altura. Son más importantes hidrológicamente hablando, porque la precipitación —almacenada en forma de nieve— es mayor, ascendiendo aproximadamente a 500 mm al año. Además, los meses de precipitaciones más abundantes corresponden a la parte más fría del año, lo que significa una ventaja desde el punto de vista hidrometeorológico. Los ríos que nacen en esas zonas llegan a la costa y sus aguas se utilizan en el riego durante todo el año.

Al clima desértico viene a agregarse una zona de clima de estepa, que en términos generales sigue los límites de las provincias de Atacama y Coquimbo, y comprende la parte norte de la provincia de Aconcagua y continúa esporádicamente hasta Santiago. En esa zona semiárida se registran fuertes precipitaciones que pueden dar vida a alguna vegetación. Sin embargo, esas lluvias irregulares no tienen importancia para los fines de la agricultura o de la energía hidroeléctrica. Pueden desencadenarse ocasionalmente fuertes temporales que ocasionan grandes daños.

En cambio, las precipitaciones sólidas almacenadas en los picachos de los montes cordilleranos son, hidrológicamente consideradas, de gran importancia para

esta zona semiárida y también para las provincias adyacentes del sur. La primera zona de gran extensión con nieves eternas y capas de hielo aparece a los 31° latitud sur.

A lo largo de toda la zona de clima de estepa se extiende una estrecha faja costera de intensa nebulosidad. Esta humedad, que no puede medirse hidrológicamente, reviste importancia para la vegetación sólo en contados lugares.

Desde Aconcagua, y abarcando la mayor parte de esta provincia, se extiende hasta el sur del río Toltén, una vasta región de clima marítimo cálido temperado, con 8 meses secos en el norte, que disminuyen a alrededor de 7 en el sur, en los límites de las provincias de Talca y Linares. Las provincias de Linares, Maule, Ñuble, Concepción y Bío-Bío tienen el mismo tipo de clima, pero la estación seca es más corta y se reduce a los 6 meses de verano. Arauco, Malleco y Cautín, hasta el río Toltén, gozan por lo general de una distribución más favorable de las precipitaciones, que duran entre 8 y 9 meses al año. También allí la estación de las lluvias se presenta durante el invierno (a mediados de año) y dura hasta la primavera. Al mismo tiempo, las lluvias comienzan más temprano durante el otoño. Por otra parte, en esa zona se observan interrupciones en las lluvias en ciertas localidades al sur del Golfo de Arauco y en la vertiente de sombra de lluvias de la Cordillera de Nahuelbuta.

Al sur del río Toltén existe una zona continuamente húmeda con fuertes lluvias que caen durante todo el año. Sólo en el lado de las sombras de lluvia de la Cordillera Pelada aparece una zona más seca. Aunque el clima de esa zona húmeda pertenece al grupo de temperatura cálida, se diferencia por algunas oscilaciones notables. El margen de variación anual de la temperatura es estrecho: alrededor de 9°C. Se hace sentir ahí la influencia del mar, que modera la temperatura en invierno.

Desde el punto de vista hidrológico, es ésta una zona de extremada importancia por cuanto generalmente existen suficientes precipitaciones naturales para la agricultura, lo que elimina la necesidad de riego adicional. La evaporación es baja como resultado del alto contenido de humedad del aire y del predominio de las nubes. Todos estos factores, unidos a la gran acumulación natural de agua en los lagos y a la existencia de cadenas montañosas cubiertas de nieves eternas, constituyen importantes recursos de energía.

La mayor parte de las provincias de Chiloé y Aysén cuenta con clima marítimo templado frío lluvioso. Como resultado de las fortísimas precipitaciones y, también, de su distribución estacional, la temperatura media mensual durante el verano se eleva a poco más de 10°C durante 4 meses, lo que constituye una característica esencial de esta subdivisión climática. En algunos puntos la lluvia y la nieve exceden de 5 000 mm. La línea de las nieves es muy baja y los ventisqueros se extienden hasta el borde del mar, particularmente en la parte austral de la zona templada fría. Esta región aún no ha sido estudiada ni hidrometeorológica ni hidrológicamente.

La parte oriental de la provincia de Aysén es de clima seco influido por los rasgos continentales de la Patagonia. Los inviernos son más fríos y los veranos, en promedio, más cálidos que en la parte occidental. La precipitación es notablemente menor, hecho de singular importancia para la vegetación, que es parecida a la que se encuentra en las estepas. Este clima estepario se hace más pronunciado hacia el sur, donde predomina el clima típico de las estepas frías, y aunque se prolonga sobre la parte oriental de las provincias de Aysén y Magallanes, existe allí una repentina transición al clima templado frío con fuertes precipitaciones hacia la costa del Pacífico.

En cuanto a la población, el clima y la vegetación han influido, por supuesto, en su distribución geográfica. Chile cuenta con una población de 7.2 millones de habitantes aproximadamente y una densidad media de 9.7 habitantes por kilómetro cuadrado. Sin embargo, esa población se encuentra repartida en forma muy desigual. Las zonas en exceso áridas y húmedas están escasamente pobladas.

Si se exceptúan los distritos mineros al interior y sus puertos terminales, el Norte Grande está prácticamente deshabitado. El Norte Chico, con actividades mineras en menor escala, pero con mayores posibilidades para la agricultura de riego en la parte meridional, tiene una densidad algo superior. Pero la masa de la población chilena (80 por ciento) se agrupa en los valles centrales. Dentro de esta región, la concentración es mayor en la ciudad capital, Santiago, y en su puerto, Valparaíso. Las dos provincias de Santiago y Valparaíso, que son los centros de mayor actividad industrial, reúnen más del 40 por ciento de la población total. La agricultura de riego existe en toda la región de Chile Central. En su límite con el Sur Chico, está desarrollándose un centro industrial en la zona de Concepción, con el establecimiento y la ampliación de una industria siderúrgica. El Sur Chico cuenta fundamentalmente con una población agrícola, que va disminuyendo hacia el sur. El Sur Grande está poco poblado, con la excepción de Magallanes. (Véase el cuadro 2.)

Entre 1920 y 1950, la población de Chile aumentó alrededor de 56 por ciento. Ha sido éste uno de los

Cuadro 2
CHILE: POBLACIÓN POR REGIONES, 1957

Región	Superficie (Miles de km ²)	Población ^a (Miles)	Densidad
Norte Grande	178	350	2.0
Norte Chico	120	416	3.5
Chile Central	147	5 621	38.1
(sólo las provincias de Santiago y Valparaíso).	(22)	(2 739)	(125.6)
Sur Chico	72	725	10.1
Sur Grande	225	99	0.4
Total	742	7 211	9.7

FUENTE: Servicio Nacional de Estadística.
^a Fines de año.

crecimientos demográficos más bajos de América del Sur, cuyo promedio durante el mismo período fue de 83 por ciento. La mortalidad infantil en Chile ha sido de lejos la más alta de la zona templada de la América del Sur (más del doble de la de la Argentina y el Uruguay) y casi igual a las más altas tasas de la zona tropical. Como resultado de un reciente descenso de la mortalidad, la tasa anual de crecimiento de la población ascendió a 2.5 por ciento en los últimos años, que es similar a la de los países de rápido crecimiento demográfico. Sin embargo, la tasa actual podría no mantenerse en caso de producirse un descenso en la natalidad. En este informe se ha supuesto, para el período 1958-73, una tasa media anual de crecimiento demográfico de 2.2 por ciento, con sus repercusiones en materia de suministro de agua, necesidades alimenticias, crecimiento industrial y demanda de energía.

Cuadro 3
CHILE: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

Año	Población ^a (Miles)	Porcentaje anual de crecimiento
1885	2 492	1.16
1907	3 213	1.34
1930	4 365	1.68
1952	6 295	2.50
1957	7 121	2.20
1973	10 100	

^a Medios de año.

II. DESARROLLO ECONÓMICO GENERAL

En 1956, el ingreso nacional por habitante ascendió a 290 dólares, cifra que sitúa a Chile en el grupo de países latinoamericanos de ingreso medio. Sin embargo, la tasa de crecimiento de la economía chilena es bastante baja. Como resultado de una desfavorable relación de precios del intercambio, el ingreso real por habitante disminuyó 22 por ciento entre 1929 y 1945; luego aumentó 11.8 por ciento entre 1945 y 1956, o sea a una tasa media anual de 1.1 por ciento. Sin embargo, durante los últimos cuatro o cinco años la economía se ha mantenido casi estacionaria. Un rasgo sobresaliente de este cuadro de crecimiento es la bají-

sima tasa de inversión que, inferior al 10 por ciento del producto nacional bruto, está por debajo de la tasa de la mayoría de los países que se encuentran en un nivel de desarrollo similar.

Los índices de producción de los principales sectores productivos de la economía —minería, industria y agricultura— que son de mayor significado desde el punto de vista de las necesidades hidráulicas, muestran una tendencia de crecimiento muy desigual. Comparada con el nivel registrado a fines de la década de los años veinte, la producción minera ha crecido sólo en 30 por ciento, la industrial se ha duplicado con creces y ahora

Cuadro 5
CHILE: COMPOSICIÓN Y AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN
(Promedios en millones de pesos de 1950 y porcentajes con respecto a la producción total)

	Promedio 1925-29	Porcentajes	Promedio 1945-49	Porcentajes	Promedio 1955-57	Porcentajes	Porcentajes de aumento		
							1955-57	1955-57	1945-49
							1945-49	1925-29	1925-49
Minería	8 101	21.3	8 589	14.2	10 585	13.9	23.2	30.7	6.0
Industria ^a	13 881	36.5	29 075	48.2	38 511	50.5	32.5	177.4	109.5
Agricultura ^b	16 050	42.2	22 670	37.6	27 180	35.6	19.9	69.3	41.2
Total	38 032	100.0	60 334	100.0	76 276	100.0	26.4	100.6	58.6

^a Incluyendo la construcción.

^b Incluyendo la ganadería, la pesca y la silvicultura.

Cuadro 4
CHILE: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN
(Porcentajes)

Año del censo	Urbana	Rural
1907	43.2	56.8
1920	46.4	53.6
1930	49.4	50.6
1952	56.8	43.2
1973	69.0	31.0

Sobre la base de esta hipótesis, la población total de Chile en 1973 excedería de 10 millones de habitantes. (Véase el cuadro 3.)

Con cerca de 57 por ciento de su población establecida en ciudades, según el censo de 1952, ya no puede decirse que Chile sea predominantemente agrícola. El ritmo de la urbanización ha sido bastante rápido desde los años treinta, período en que el gobierno inició una vigorosa política de industrialización. En realidad, la mayor parte de esta expansión ha ocurrido en la zona Santiago-Valparaíso. Es probable que esta tendencia de la urbanización continúe, y que la población rural no crezca en forma sustancial en el futuro. Casi todo el incremento de la población se acumularía en los centros urbanos, de suerte que la población urbana podría llegar al 69 por ciento de la total. Este permanente proceso de urbanización plantea, naturalmente, problemas sanitarios e hidráulicos. (Véase el cuadro cuatro.)

alcanza a más del 50 por ciento de la producción total, y la agrícola ha aumentado en cerca del 40 por ciento. (Véase el cuadro 5.)

Estas diferencias de las tasas de crecimiento provienen en parte de una política de desarrollo deliberada. Los comienzos del siglo xx se caracterizaron en Chile por una rápida expansión de la minería, que permitió abundantes exportaciones. Este desarrollo hacia el exterior fue una fuente de riqueza a la par que una causa de vulnerabilidad debido a la creciente dependencia de su economía con respecto a los inestables mercados para sus minerales. Después que el mercado tomó un giro desfavorable para sus dos principales productos mineros (por la depresión mundial en lo que respecta al cobre y por la competencia del nitrato sintético en lo referente al salitre), Chile inició al comenzar los años treinta una vigorosa política de industrialización basada en varias medidas, entre ellas la fijación de tarifas arancelarias altamente proteccionistas y el fomento directo de la industria, para cuyos efectos no tardaría en crearse (1939) la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), organización estatal que emprendió numerosos proyectos industriales y participó en otros. No cabe duda de que la acción del gobierno ha contribuido notablemente al rápido crecimiento de la industria.

Mientras la industria seguía progresando, la tasa de aumento de la producción agrícola quedaba a la zaga del crecimiento de la población y aún mucho más con respecto al consumo de alimentos por habitante, que crece ligeramente. Resultó de ello que Chile, exportador neto de alimentos, empezó a importar cereales y carne, transformándose en importador neto de alimentos en 1939. De acuerdo con las conclusiones de un estudio conjunto realizado por la FAO y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, que mostró varias posibilidades de incrementar sustancialmente la producción agropecuaria del país, las autoridades chilenas prepararon un Plan de Desarrollo Agrícola y de Transportes de ocho años (1954-62), que se espera devuelva a la agricultura nacional su capacidad de exportadora neta.

En 1957 no existía en Chile un plan de desarrollo económico general, sino una serie de planes individuales para algunos sectores y aun algunas regiones. En efecto, además del Plan de Desarrollo Agrícola y de Transportes, Chile tiene actualmente en ejecución un Plan de Electrificación (1943-64), un Plan de Obras Públicas (1954-59), un plan de desarrollo regional en el Valle Central, el Plan Chillán, y otros dos en el norte: el Plan Arica y el Plan Norte. Todos estos planes sufren en su ejecución, los efectos de las condiciones inflacionarias de que Chile ha padecido durante años y que repercuten en las fuentes financieras y en la fase de construcción. También se resiente seriamente el servicio de las inversiones efectuadas.

De este modo, el desarrollo "hacia afuera" que predominó durante los comienzos del siglo xx ha tendido a transformarse en un crecimiento "hacia adentro" de la industria y ahora de la agricultura, lo que da mayor estabilidad a la economía chilena. Sin embargo, la tasa general de crecimiento depende en gran medida

de que se logre romper el círculo vicioso que forman una baja tasa de inversión y un lento aumento de la producción. (El Plan de Desarrollo Agrícola previó para el período de 1954 a 1962 una elevación de la tasa de inversión a 13 por ciento, que en realidad no se ha alcanzado.) La experiencia ganada en materia de planeamiento de las actividades económicas podría servir para utilizar en forma más eficiente el capital y los recursos, y elevar con ello los niveles de producción. Mas esto sólo se logra lentamente. De superarse las persistentes condiciones anormales de los mercados de minerales y considerando un lapso de unos quince años, no parece que fuera imposible alcanzar una tasa anual de crecimiento del orden del 2 por ciento del ingreso por habitante. Es la hipótesis de crecimiento que se empleará en este estudio para determinar la demanda de agua en distintos usos.

1. Principales sectores de producción

a) Minería

Las actividades mineras constituyen la principal fuente de las exportaciones chilenas (alrededor del 80 por ciento). La más importante de ellas es la del *cobre*. Las reservas comprobadas de mineral de cobre de Chile son las mayores del mundo. Con una producción anual de 400 000 a 450 000 toneladas, ese metal constituye del 60 al 70 por ciento del valor de las exportaciones chilenas. A menos de mantenerse las desfavorables condiciones del mercado del cobre, los planes de expansión de las compañías permitirían elevar la producción a 500 000 toneladas a comienzos de la década de 1960-69. Actualmente se explotan dos grandes yacimientos. Uno se encuentra en el Norte Grande, en Chuquicamata, en el altiplano adyacente a la Cordillera de los Andes. Proporciona más de la mitad de la producción actual. Para satisfacer sus necesidades hidráulicas, Chuquicamata se abastece en el curso superior del sistema del río *Loa*. El segundo gran yacimiento, El Teniente (35 por ciento de la producción actual), se encuentra a 3 500 metros de altura aproximadamente en Sewell en el Valle Central, al sur de Santiago. Utiliza las aguas del sistema del río *Rapel*. Además de los "dos grandes", existe una mina menor (30 000 toneladas anuales) en Potrerillos, en el Norte Chico; en la misma región de Santiago se encuentran en explotación o en vías de ampliación varias otras minas pequeñas.

Tras el cobre viene, entre las actividades mineras, la minería del *salitre*. Los nitratos chilenos han sufrido considerablemente a raíz de la competencia del salitre sintético. De un máximo de 3 millones de toneladas alcanzado en 1917, la producción ha bajado a 1 500 000 toneladas anuales, que siguen sin embargo representando un 10 por ciento del valor de las exportaciones. La capacidad de competencia de los nitratos chilenos ha mejorado recientemente como resultado de las modificaciones introducidas en la legislación minera del país y del descubrimiento de nuevos procedimientos técnicos que aumentan el rendimiento de sus subpro-

ductos. Todas las salitreras se encuentran localizadas en el Norte Grande, con una gran concentración en los salares de la provincia de Antofagasta. Los dos principales yacimientos de la región (Pedro de Valdivia y María Elena) proporcionan el 65 por ciento de la producción total. Ambos utilizan las aguas del río Loa.

Un tercer grupo minero importante, aunque de mayor significado para el desarrollo interno que para las exportaciones (si bien se exportan considerables cantidades de ambos productos), lo forman el *hierro* y el *carbón*. Existen ricos yacimientos de minerales de hierro con reservas comprobadas de más de 120 millones de toneladas de mineral y reservas probables del orden de los 800 millones, en su mayoría localizados en el Norte Chico. La principal mina de hierro, El Romeral, es explotada por la Bethlehem Steel Corporation. Numerosos productores pequeños están aumentando actualmente sus operaciones. Trátase de minería seca, que prácticamente no ha menester de agua. De una producción total de 3.5 millones de toneladas anuales, alrededor de la mitad se exporta, transportándose la otra mitad, por barco, a través del puerto de Coquimbo, hasta Huachipato, centro de la industria del acero, cerca de las minas de carbón de la parte meridional del Valle Central. En el Golfo de Arauco existen reservas de carbón de buena calidad de unos 500 millones de toneladas. La producción de carbón alcanza actualmente a 2.5 millones de toneladas anuales. Una de las razones que se tuvo en cuenta para elegir el actual emplazamiento de la industria del acero fue la falta de agua en la zona de las minas de hierro y la proximidad del río Bío-Bío a las minas de carbón. Los altos hornos de Huachipato tienen hoy una capacidad de 300 000 toneladas de producción anual, que se duplicaría en los próximos cinco años.

Otras actividades mineras son la minería del *oro* y del *manganeso* en el Norte Chico, varios productos de *sal* y *azufre* del Norte Grande, *molibdeno* en el Valle Central y *petróleo* en Magallanes. La producción de petróleo, que alcanza a 560 000 toneladas anuales, se embarca para la refinería de Concón (cerca de Valparaíso), que emplea las aguas del río Aconcagua.

b) Industria

No obstante el considerable aumento experimentado por la actividad industrial basada en la minería en el curso de los últimos diez años (desde 1948 la producción de metales no preciosos y las industrias metalúrgicas y mecánicas se han triplicado con creces), la masa de la industria chilena sigue descansando en numerosas fábricas pequeñas de "industrias livianas". La producción de alimentos y bebidas representa más de la cuarta parte de la actividad industrial; una alta proporción de la industria de alimentos corresponde a la molienda de cereales, que es una industria casi seca. Después de las industrias de la alimentación vienen las textiles y del vestuario (también más del 25 por ciento de la producción total), de las cuales, las primeras necesitan agua para blanquear y teñir. El grupo de metales no preciosos, mecánica y metalurgia repre-

senta actualmente el 15 por ciento de la producción industrial, y requiere grandes cantidades de agua para el acero. La industria química (principalmente ácido sulfúrico, álcalis y abonos) se ha mantenido prácticamente estacionaria en torno al 4 por ciento, pero existen planes en estudio para su ampliación (productos a base de petróleo, del carbón y, en un futuro más lejano, productos electroquímicos).

Una característica importante de la industria chilena es su actual concentración geográfica en la zona de Santiago y Valparaíso (71 por ciento de la producción industrial), que satisface sus necesidades hidráulicas con las aguas de los ríos *Maipo* y *Aconcagua*. El otro centro industrial que necesita agua es Concepción (12 por ciento), cuyas industrias metalúrgica y textil se abastecen en el Bío-Bío.

El crecimiento industrial, que probablemente continuará a ritmo seguro, pone de manifiesto dos nuevas tendencias en lo que respecta a las necesidades de agua: por una parte, muchas de las nuevas industrias proyectadas o que habrán de ampliarse, serán grandes consumidoras de agua (fábricas de azúcar de remolacha, de celulosa y papel, de productos químicos, ampliación de las refinerías de acero y petróleo); y por otra, en su mayoría no se localizarían en la zona de Santiago.

c) Agricultura

De una superficie total de 74 millones de hectáreas, 22 millones no son aptas para la agricultura, 21 millones están cubiertas de bosques y sólo 31 millones son de suelos agrícolas. Sin embargo, las dos terceras partes de éstos se componen de pastos naturales, de suerte que la superficie cultivable alcanza a cerca de 11 millones de hectáreas, de los cuales 7.1 millones necesitan riego. Actualmente se cultivan 6.8 millones de hectáreas de suelos agrícolas, de los cuales cuentan con riego 1.3 millones. Aunque por lo general los mejores suelos ya se encuentran bajo cultivo, aún no se han agotado las tierras que pudieran cultivarse económicamente previa limpieza, avenamiento y riego.

Además del cultivo de más tierras, podría aumentarse la producción mejorando la productividad, que es baja. Uno de los factores causantes de la baja productividad es el actual régimen de tenencia de la tierra basado en predios o demasiado pequeños o demasiado grandes para una producción eficiente. Casi la mitad de los 178 000 predios agrícolas se compone de pequeñas unidades de menos de 5 hectáreas cada una, que en conjunto no suman más del 0.6 por ciento de la superficie total, en tanto que los fundos de más de 1 000 hectáreas representan el 75 por ciento de esa misma superficie, aun cuando sólo constituyen el 1.5 por ciento del número total de predios.

Los principales productos agrícolas son los cereales (50 por ciento del valor de la producción agrícola), las papas (8 por ciento), las leguminosas (6 por ciento) y las uvas (8 por ciento). La ganadería y la lana representan 18 y 6 por ciento respectivamente. Como resultado del lento crecimiento de la producción en el curso de las últimas décadas, ha habido que efectuar grandes

importaciones de trigo (alrededor de 20 millones de dólares), carnes (15 millones) y azúcar (15 millones). Por su parte, Chile exporta lana (15 millones de dólares), productos forestales (8 a 9 millones), leguminosas diversas (6 millones), frutas y hortalizas (13 millones). El Plan de Desarrollo Agrícola (1954-62), que en realidad se encuentra sólo en sus comienzos, tiene el propósito de eliminar totalmente las importaciones de trigo y carnes y reducir las de azúcar. Simultáneamente se desarrollaría la producción de artículos de exportación, sobre todo de productos forestales.

Las formas regionales de producción están determinadas por el clima, la topografía y los suelos. Los desiertos del Norte Grande no ofrecen sino limitadas posibilidades agrícolas y la pequeña superficie apta para el cultivo no se puede aprovechar plenamente debido a la alcalinidad de los suelos y a veces de agua. Disponiendo de más agua de riego (hay 140 000 hectáreas), el Norte Chico produce, si bien en escala limitada, excelentes cosechas y ganado. Zona de excedentes alimenticios, el Norte Chico puede proveer al Norte Grande de bienes perecederos, y a la región de Santiago de frutas y hortalizas de invierno.

La actividad agrícola del país se concentra en el Valle Central. El ya citado informe de la FAO y del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, refiriéndose a las condiciones naturales de esta región, dice que "no son ni muy favorables ni demasiado desfavorables", debido a que la mayor parte de las lluvias cae fuera del ciclo vegetativo de los principales cultivos, aunque el ligero declive de los suelos y la existencia de numerosos ríos favorecen grandemente el riego. Existen en el Valle Central alrededor de 1.2 millones de hectáreas regadas, superficie que se aumentará de acuerdo con el Plan de Desarrollo Agrícola. La parte meridional del Valle Central y el Sur Chico son ricos en recursos forestales y posibilidades de forestación, que se explotarán en forma más racional para la producción de madera, celulosa y papel. En el Sur Chico se cultiva el trigo de secano, constituyendo esa región el granero de Chile (más del 30 por ciento de la producción de cereales). El avenamiento permitiría ocupar nuevas tierras. El Sur Grande está sin explotar, aunque tiene tierras de pastoreo y se presta para la ganadería; también posee densos bosques con buenas perspectivas madereras.

d) *Electricidad*

La producción de electricidad en 1957 fue de 590 KWH por habitante, que es con creces la tasa de generación más alta de América Latina. Explícate por el elevado consumo de las compañías cupreras y salitreras (que poseen el 31 por ciento de la capacidad de producción), los abundantes recursos hidroeléctricos del sur del país y la vigorosa política de electrificación que ha llevado a cabo la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), dependiente de la Corporación de Fo-

mento de la producción, organismo estatal creado en 1939.

En 1957, la capacidad instalada total alcanzaba a 1 006 100 KW, y de ellos un 52 por ciento correspondía a hidroelectricidad. La termoelectricidad puede subdividirse a su vez en energía de generación diesel (15 por ciento) y energía de generación a vapor (33 por ciento), que requiere más agua. El cumplimiento del plan de electrificación permitiría aumentar la capacidad en 1973 a 2.1 millones de KW con 77 por ciento de hidroelectricidad. En la zona de Santiago, actualmente hay escasez de electricidad.

Como el Norte Grande casi no posee recursos hidroeléctricos, las necesidades de electricidad se satisfacen allí casi en su totalidad con centrales térmicas (cerca del 70 por ciento de la producción de termoelectricidad del país y 45 por ciento de la capacidad térmica instalada). El Norte Chico tiene una capacidad instalada menor (100 300 KW, de la cual sólo el 22 por ciento es hidráulica). Chile Central dispone del 36 por ciento de la capacidad instalada de termoelectricidad del país, y del 91 por ciento de la capacidad de hidroelectricidad. Aunque los ríos de esa región sólo representan un pequeño porcentaje del potencial hidroeléctrico del país, se han explotado primero debido a su proximidad a los centros de consumo. Por la misma razón, corresponderá a esa región la mayor parte del aumento de la producción de hidroelectricidad (91 por ciento) proyectado para los próximos quince años. En el Sur Chico existe actualmente una sola central hidroeléctrica de importancia (24 200 KW), aunque para 1973 se han proyectado nuevas obras (60 000 KW). El enorme potencial hidroeléctrico del Sur Grande se encuentra intacto.

2. *Actividad económica por cuencas hidrográficas*

El cuadro que acaba de trazarse de los grandes sectores de la economía chilena revela un alto grado de concentración geográfica de la actividad económica, que desde el punto de vista hidráulico puede identificarse con 7 cuencas hidrográficas. Son de Norte a sur, los ríos Loa, Aconcagua, Maipo, Rapel, Maule, Itata y Bío-Bío. En representación del Norte Chico, podría agregarse el río Elqui. Estas 8 cuencas hidrográficas representan cerca del 73 por ciento de la población, 83 por ciento de la minería, 96 por ciento de la industria y 85 por ciento de la capacidad instalada de electricidad. La proporción es menor en el caso de la agricultura (55 a 60 por ciento), aunque la diferencia corresponde casi totalmente a la agricultura del Sur Chico, que no necesita riego. La mayoría de los proyectos de riego e hidroelectricidad en los próximos quince años se radicará también en estas cuencas. Semejante intensificación de la demanda frente a una disponibilidad de recursos sin variación se traduce en conflictos entre ambos factores que plantean con creciente agudeza el problema de una administración eficiente de los recursos hidráulicos. (Véase el cuadro 6.)

Cuadro 6
CHILE: ACTIVIDAD ECONÓMICA POR CUENCAS HIDROGRÁFICAS
(Valor de la producción en miles de millones de pesos)

Cuencas hidrográficas	Provincia	Población (Fines de 1957) (Miles)	Porcentaje de aumen- to de la po- blación 1957- 1940	Valor de la produc- ción minera 1951	Valor de la produc- ción indus- trial 1950	Agricultura				Electricidad Capacidad instalada en 1956 (Miles de KW)			Proyecta- da para 1973 (Hidroelec- tricidad)
						Trigo	Cebada	Maíz	Gana- do va- cuno (Millo- nes de cabe- zas)	Total	Hi- dráu- lica	Tér- mi- ca	
Loa	Antofagasta	225	+50	7.6	0.6	—	—	—	—	196	5	191	2
Elqui	Coquimbo	160	+33	0.3	0.2	0.1	—	—	0.1	17	1	16	—
Aconcagua	Aconcagua	156	+33	0.1	0.2	0.3	—	—	0.1	99	22	77	—
	Valparaíso	606	+43	0.2	3.8	0.2	0.1	—	—				
Maipo	Santiago	2 133	+68	0.3	11.8	0.9	0.3	0.2	0.2	166	118	48	—
Rapel	O'Higgins	273	+36	5.8	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	132	132	—	399
	Colchagua	170	+30	—	0.3	0.4	—	0.1	0.1				
Maule	Talca	211	+34	—	0.1	0.3	—	—	—	101	101	—	268
	Linares	178	+23	—	0.4	0.3	—	—	0.1				
Itata	Ñuble	306	+26	—	0.1	0.6	—	—	0.1	—	—	—	—
Bío-Bío	Concepción	500	+62	1.2	2.0	0.1	—	—	0.1	115	87	28	349
	Bío-Bío	168	+24	—	0.1	0.4	—	—	0.1				
	Malleco	194	+26	—	0.1	0.8	—	—	0.2				
<i>Total</i>		<u>5 280</u>	<u>(+50)</u>	<u>15.5</u>	<u>20.0</u>	<u>4.7</u>	<u>0.5</u>	<u>0.4</u>	<u>1.2</u>	<u>826</u>	<u>466</u>	<u>360</u>	<u>1 018</u>
<i>Total Chile</i>		<u>7 211</u>	<u>(+44)</u>	<u>18.7</u>	<u>20.8</u>	<u>8.5</u>	<u>0.7</u>	<u>0.6</u>	<u>2.3</u>	<u>980</u>	<u>518</u>	<u>462</u>	<u>1 225</u>
Porcentajes de las ocho cuencas		73		83	96	55	80	66	52	85	89	78	83

ORGANIZACIONES E INDIVIDUOS PRIVADOS

INSTITUCIONES SEMIFISCALES O SEMIPUBLICAS

ORGANISMOS PUBLICOS

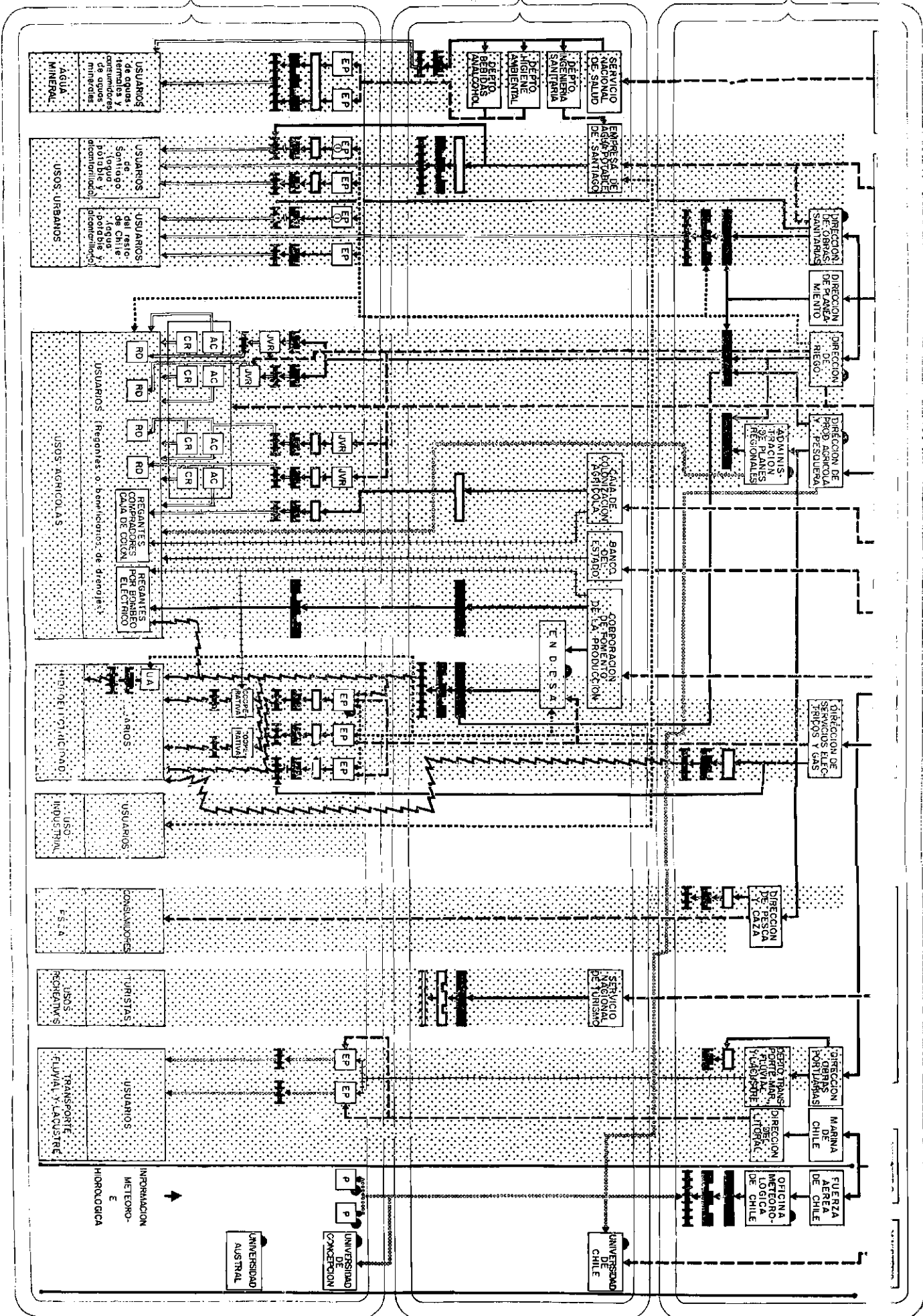

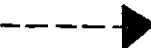

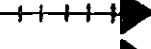

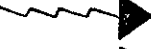
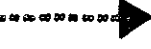






Gráfico 1
CHILE: ADMINISTRACION (PUBLICA Y PRIVADA) DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

Explicación de los signos usados en el gráfico 1

- 1  Indica *dependencia jerárquica* (la institución dependiente es aquella hacia la cual apunta la flecha).
- 2  Indica *control o supervisión* (sin *superioridad jerárquica*), por la institución de donde arranca la línea hacia aquella a la que apunta la flecha.
- 3  Indica *otorgamiento de concesiones o permisos*, por id. id.
- 4  Indica *otorgamiento de créditos o subsidios*, por id. id.
- 5  Indica *suministro de agua*, por id. id.
- 6  Indica *suministro de electricidad*, por id. id.
- 7  Indica *suministro de servicios o ayuda técnica*, por Id. id.
- 8  Indica *actividad de planeamiento, cumplida* por la institución a la que está unida por una línea. Si el signo está en blanco, sin rellenar, indica que la actividad *no se realiza*.
- 9  Indica *construcción de obras, cumplida* por la institución a la que está unida por una línea. Si el signo está en blanco, sin rellenar, indica que la actividad *no se realiza*.
- 10  Indica *explotación de obras o prestación de servicios*, id. id.
- 11  Indican *colección de información meteoro e hidrológica*, cumplida por la institución donde aparece el signo.

Abreviaturas:

- EP: Empresa privada.
 JVR: Junta de Vigilancia de Ríos.
 AC: Asociación de canalistas.
 CR: Comunidad de Regantes.
 P: Individuo particular.
 EPI: Empresa privada intervenida (bajo administración estatal).
 RD: Regantes individuales, directos de un río.
 UA: Usuarios autoprodutores de la energía que consumen.

III. ADMINISTRACIÓN

Chile ha organizado sus instituciones en un sistema de dirección unitaria, caracterizándose además por la gran centralización geográfica de su estructura administrativa. Ello ha constituido un factor importante de la excesiva concentración de la actividad económica en la zona de Santiago. Sin embargo, ante la creciente intervención y participación directa del gobierno en los asuntos económicos, ha aparecido la tendencia a descentralizar funcionalmente algunos servicios económicos y a establecer organismos autónomos (como la Corporación de Fomento o la Empresa Nacional de Electricidad), con objeto de evitar las influencias políticas en la administración de los servicios públicos y de permitirles mayor flexibilidad en el desempeño de sus funciones. Simultáneamente, se han relajado los vínculos que existían entre los distintos organismos en desmedro de una política nacional coordinada e integral.

En lo que respecta a los recursos hidráulicos, la administración chilena ofrece las mismas características generales de gran centralización (unida a la existencia de instituciones autónomas), a pesar de lo cual no existe una política hidráulica integral. Estos organismos altamente centralizados han sido concebidos únicamente para aplicar medidas unilaterales referentes a determinados usos de las aguas. Es lo que ha ocurrido con el Plan de Desarrollo Agrícola (uno de cuyos aspectos importantes es el riego), con las obras públicas (incluyendo el abastecimiento de agua y el riego), con la electricidad (en su mayor parte energía hidráulica),

etc. No existe una autoridad administrativa para formular una política hidráulica integral que tenga en cuenta los posibles conflictos o la complementación de los distintos usos planeados separadamente. Los intentos de coordinación que hasta aquí se han hecho han sido obra de la iniciativa personal de algunos funcionarios.

La falta de coordinación en materia de política hidráulica no implica una carencia de actividades o de organismos administrativos para formularla individualmente. Muy por el contrario, son numerosos, si bien se encuentran dispersos o se superponen. En lo que respecta a los principales usos del agua (riego, electricidad, consumo humano), no existe una desvinculación administrativa notable en el plano ejecutivo, sino más bien, a veces, una duplicación de órganos con las mismas atribuciones.

En realidad, puede afirmarse que con los mismos elementos humanos y materiales de que dispone el gobierno para administrar los recursos hidráulicos del país, podría formularse y aplicarse una política hidráulica integral.

En el gráfico I se da un esquema de la actual organización institucional chilena en materia de recursos hidráulicos, que abarca tanto el sector público como el privado. Indícase la autoridad responsable de las fases principales de actividad (planeamiento, construcción y funcionamiento). El gráfico pone claramente en evidencia la falta de coordinación entre los distintos usos del agua y la dispersión de esfuerzos.

IV. LEGISLACIÓN

El Código Civil de Chile, redactado por don Andrés Bello, se inspiró en el Código de Napoleón en lo relativo a la legislación de aguas, aceptando en su artículo 834 la doctrina de los derechos ribereños, o sea el derecho de los propietarios ribereños a usar las aguas de los cursos naturales *proprio jure*, sin necesidad de una merced. El riego se ha desarrollado en Chile bajo este sistema, cuyo espíritu sigue influyendo en el planeamiento del desarrollo agrícola. Dado que el aprovechamiento del agua se autorizaba por la ley, era incorporado en el derecho de dominio de las tierras ribereñas. Los usuarios no inscribían ni llevaban registros de los usos que hacían de las aguas y, salvo contados casos, tampoco lo hacen hoy debido a que las reformas legislativas posteriores no les impusieron tal obligación.

Partiendo de la idea de que los derechos de aguas de los propietarios ribereños equivalían al dominio de una porción del río, resultó que éste se encontraba dividido entre aquellos en cuotas. Estas cuotas, llamadas "acciones" o "regadores", implicaban la idea de una copropiedad del río, idea que en el fondo inspiraba a la legislación nacional. Así, pues, ésta reconoce los derechos de los propietarios ribereños y, hoy, el de todos los titulares de una merced a vender o arrendar los excedentes que no utilizan. Del mismo modo, las obras

de captación y conducción también son copropiedad de los propietarios ribereños.

El Código de Napoleón había sido redactado para Francia, país "húmedo" y en el cual la navegación interior era, al entrar en vigencia aquél, un problema mucho más importante que el riego. Los ríos dividíanse así en navegables y no navegables; el dominio de los primeros pertenecía al estado y el de los segundos, a los propietarios ribereños. También fue ésta la tendencia de la legislación de los Estados Unidos cuando se encontraban en vías de desarrollo sólo los estados del este. Al iniciarse la explotación de las regiones árida y semiárida, los Estados Unidos promulgaron, en 1907, una ley en que se adoptaba un nuevo concepto para los estados del oeste: la doctrina de la "apropiación", esto es la concesión del derecho a usar del agua al primer ocupante, fuera o no propietario ribereño. En la misma dirección se orientó Colombia al limitar los derechos del propietario ribereño al uso que efectivamente podía hacer del agua.

En Chile se ha operado una evolución similar, pero iniciada antes. El artículo 860 del Código Civil reconoce a los propietarios no ribereños el derecho a obtener mercedes. Éstas han sido concedidas por las municipalidades, los intendentes o el gobierno nacional, pero

al margen de toda legislación orgánica. El desarrollo del riego en Chile (que es el país que dispone de mayor superficie regada de la América del Sur) hizo necesario dictar nuevas medidas legislativas sobre administración de aguas. La Ley 2138 estableció y reglamentó en 1908 las Asociaciones de Canalistas, creación original de la legislación chilena. Por último, tras varias tentativas, el 1º de abril de 1951 se promulgó el Código de Aguas, que derogó las disposiciones anteriores contenidas en el Código Civil y en el Código de Minas. (Fuera del Código, subsisten varias leyes, como la 9962 de 1950, sobre construcción y explotación de obras de regadío por el estado.)¹

El Código de Aguas innova sustancialmente con respecto al Código Civil en lo referente al dominio de las aguas, que pueden dividirse en dos categorías:

a) Aguas de dominio público:

Pertencen a esta categoría: i) todas las aguas que corren por cauces naturales, cualquiera que sea la importancia de su caudal;² ii) los lagos navegables por buques de más de 100 toneladas, y iii) las vertientes que nacen en un predio y corren hacia otro.

b) Aguas de dominio privado:

Entre ellas cuentan i) las vertientes y corrientes que nacen y mueren dentro de una misma heredad; ii) los lagos navegables por barcos de menos de 100 toneladas y los lagos no navegables; iii) las aguas subterráneas³ y iv) las aguas de lluvia, que jurídicamente son *res nullius*,

¹ La bibliografía chilena en materia de legislación de aguas en su casi totalidad es anterior al Código por lo cual no presenta sino un interés limitado en un estudio de la legislación positiva. De todos modos, en el Anexo I se da una bibliografía anterior y posterior al Código.

² En lo sucesivo, el aprovechamiento de tales aguas sólo puede obtenerse mediante una merced del Presidente de la República. Sin embargo, el Código reconoce los derechos adquiridos bajo el imperio de las leyes precedentes, inclusive los derechos de los propietarios ribereños.

³ El Código no establece que son privadas, pero, mediante el me-

pero que pueden ser retenidas por el propietario del suelo.

Por lo que toca al uso de las aguas de dominio público, el Código contiene las siguientes disposiciones importantes:

i) El Presidente de la República tiene autoridad para fijar y reservar cuotas de determinadas aguas y concederlas sólo para ciertos usos. También puede dictaminar el "agotamiento" de ciertas aguas, lo que impide conceder en ellas nuevas mercedes.

ii) Las mercedes se definen como derechos reales. Por lo tanto, la ley no prohíbe su arriendo o transferencia —como ocurre en muchas legislaciones sudamericanas— y admite que puedan venderse.

iii) Las mercedes se otorgan para cierta cantidad y para cierto tiempo, pero el Código no exige la fijación de normas para tasar el aprovechamiento de las aguas en relación con una superficie dada u otra de unidad de medida.

iv) El Código establece un estricto orden de prelación en el caso de superposición de solicitudes de merced para unas mismas aguas. Este orden es el siguiente: 1º Bebida y servicio de agua potable de las poblaciones y centros industriales; 2º Usos domésticos y saneamiento de poblaciones; 3º Abastecimiento de ferrocarriles y elaboración de salitre; 4º Regadío; 5º Plantas generadoras de fuerza motriz o eléctricas; 6º Industrias, molinos y fábricas, y 7º Otros usos.

Aunque la legislación chilena se ha apartado de la doctrina original de los derechos de los propietarios ribereños, el problema de su idoneidad actual y futura para un aprovechamiento eficiente de las aguas debe ser totalmente examinado a la luz de la disponibilidad de recursos para satisfacer las crecientes necesidades de aguas.

canismo de las mercedes, otorga su aprovechamiento al propietario del predio en que se encuentran.

PRIMERA PARTE
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Capítulo I

METEOROLOGÍA

I. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE CHILE¹

1. Condiciones atmosféricas generales

Para comprender los procesos hidrometeorológicos no sólo se requiere información acerca de las precipitaciones, sino también un estudio de las condiciones meteorológicas generales. Se prestará especial atención a los factores que provocan las precipitaciones en sus distintas formas (inclusive la lluvia artificial).

La principal característica del clima chileno es la discrepancia entre la temperatura del aire y la cantidad de radiación. Mientras ésta es la que corresponde a la latitud, la temperatura del aire es inferior a lo normal. Esta anomalía, causada por la corriente de Humboldt y la proximidad del agua fría a la costa, aumenta en las zonas norte y central de Chile desde el sur hacia el norte y desde el invierno hacia el verano. La temperatura se normaliza a medida que crece la distancia con respecto a la costa.

En vastas zonas del norte y del centro del país existen grandes variaciones diarias en la temperatura del aire. Estas variaciones que condicionan el tiempo y el clima, se hacen más marcadas a medida que se penetra desde la costa hacia el interior.

Las condiciones del viento están determinadas, en primer término, por la posición del país, situado como está al oeste de la Cordillera de los Andes, a lo largo de un extenso y estrecho zócalo continental, y en segundo término, por la posición del anticiclón del Pacífico. Por sobre los 40° de latitud sur, el viento que predomina en el océano sopla hacia el sur. Al alcanzar la costa, vira hacia el sudoeste como resultado del diario intercambio de las brisas terrestres y marinas. Más al sur, aproximadamente desde la latitud de Valdivia, predomina un viento del oeste, que gira gradualmente hacia el noroeste al acercarse al Polo. En el valle longitudinal, donde sólo se producen pequeñas corrientes cálidas ascendentes durante los días de sol, el viento frío del océano penetra en las capas atmosféricas más bajas hasta una altura de unos 500 metros, en tanto que en la noche bajan masas de aire frío desde la Cordillera. Parece producirse una fuerte evaporación en la parte superior de las capas de nubes cercanas a la costa que provoca precipitaciones en los contrafuertes cordilleros cuando soplan vientos del oeste o del sur.

Hasta el presente, prácticamente no se ha efectuado en Chile estudio alguno sobre el curso que siguen las zonas de baja presión y su influencia en las condiciones del tiempo, sobre todo desde el punto de vista hidro-

meteorológico. A pesar de que existen registros diarios sobre el tiempo en tierra y vientos a grandes alturas y abarcan un buen número de años, esos registros —tomados con fines de navegación aérea— no han sido elaborados ni analizados estadísticamente todavía.

El centro de depresión se forma aproximadamente a la altura del Golfo de Corcovado (Chiloé). La posición central de su frente se desplaza un tanto hacia el norte durante el invierno y hacia el sur durante el verano. Esto determina el ciclo anual de lluvias.

La lluvia es provocada por el viento tropical que sopla a lo largo de los Andes desde el norte hacia el sur. En casi todo el territorio del país, en especial desde Coquimbo a Chiloé, los períodos de precipitación se presentan en invierno. Durante el verano sólo se registran precipitaciones en el sur de la Patagonia, cuando el frente se desplaza hacia el Polo. Pero la alta cadena de los Andes viene a complicar esta sencilla modalidad. En la vertiente argentina (Mendoza) existe una marcada época de lluvias estivales que se extiende hacia el territorio chileno por sobre una meseta de más o menos 3 000 metros sobre el nivel del mar, y que se prolonga entre las dos cadenas andinas desde los 20° de latitud sur. Las regiones bajas, al igual que la costa en general reciben muy poca lluvia, cuando llegan a recibirla, durante el invierno.

El predominio de las lluvias invernales sobre las zonas más activas desde el punto de vista económico, tiene importantes consecuencias, en su mayoría adversas. En lo que respecta a la agricultura, la mayor parte de las lluvias se registra fuera del ciclo de cultivo, de donde la necesidad de recurrir al regadío. En cuanto a la hidroelectricidad, las precipitaciones invernales en las altas montañas revisten la forma de nieve sólida que se funde sólo en el verano, al paso que la mayor demanda de energía ocurre durante el invierno. Las lluvias invernales también aumentan la erosión de los suelos ya que la cubierta vegetal les da menos protección durante dicha estación. Por otra parte, las lluvias que caen durante una estación fría están menos sujetas a la evaporación. La nieve acumulada en las montañas proporciona también reservas abundantes para los fines hidráulicos.

2. Estudio del régimen pluvial

Desde una precipitación de invierno infinitesimal o nula en las regiones secas del Norte Grande —por lo que es necesario el riego todo el año— el volumen absoluto de las lluvias anuales va aumentando hacia

¹ En este capítulo se prestará particular atención a los aspectos hidrometeorológicos.

el sur. Al mismo tiempo, la proporción —no el total— de las precipitaciones invernales (abril-septiembre) disminuye en forma gradual en tanto que las precipitaciones estivales (octubre-marzo) aumentan en la misma forma.

Basándose en informaciones provenientes de distintas estaciones del país, se han preparado algunos gráficos pluviométricos que muestran los porcentajes de lluvia anual para cada mes.² El estudio de estas mediciones mensuales a lo largo de los años es de extraordinaria importancia para calcular no sólo los valores medios, sino también los máximos y mínimos de las precipitaciones durante todo el período de observación. El mínimo tiene importancia para determinar la amplitud que cabría dar a las obras de regadío, así como el máximo la tiene para calcular la capacidad necesaria de los elementos de rebalse de las presas y obras de defensa ribereña. Si se desea conocer con gran exactitud la regularidad de las variaciones registradas, se requieren alrededor de 40 años de observaciones para todas las regiones tropicales y zonas bajas no tropicales, y 50 en las regiones montañosas. Muchas de las estaciones de Chile llenan el requisito del número de años de observación, pero, al menos en el Norte Grande y el Norte Chico, no se anotan las tendencias estadísticas. En las zonas que normalmente carecen de lluvias, una precipitación repentina puede influir en los promedios y las variaciones efectivas al extremo de comprometer totalmente cualquiera regularidad registrada antes. Puede considerarse que el señalado requisito de 50 años de observaciones se cumple satisfactoriamente en Chile Central, el Sur Chico y el Sur Grande.

a) Registros pluviométricos de estaciones localizadas en 9 latitudes diferentes

En Antofagasta, donde se encuentra la estación más septentrional del país y que no registra prácticamente lluvia alguna, durante todo el período de observación se produjeron sólo algunas precipitaciones esporádicas, en especial entre los meses de junio y noviembre. El mes con mayores probabilidades de lluvia es julio. (Véase el cuadro 7.)

La estación siguiente hacia el sur, Copiapó, registra un cuadro similar, aunque el tiempo con mayores probabilidades de lluvia empieza en mayo, y las lluvias son poco más intensas y por lo común cesan en octubre. La probabilidad de que pueda llover en cualquier período del año es mayor que en Antofagasta, aunque durante el período de observación se registraron 8 años con lluvias inferiores a 10 mm y 6 años sin lluvia alguna.

La distribución de las precipitaciones cambia en Ovalle, en el sur de la provincia de Coquimbo. El único mes totalmente seco es enero y durante el período de 1900 a 1954 no se registraron años sin lluvias. También allí la principal estación de lluvias se sitúa entre los meses de mayo y octubre. Cabe destacar que duran-

te los meses de junio y julio no se registraron lluvias sólo en 6 o 7 años de todo el período de observación. En otros términos, estos dos meses presentan una alta probabilidad de lluvias. Los registros mensuales suelen ser muy altos, siendo el máximo de 209 mm. Como en general las lluvias son muy intensas pueden causar serios perjuicios en los caminos y en las obras de regadío.

En lo que respecta a Santiago, el estudio pluviométrico se basó en un período de observación que va desde 1900 a 1956, aunque se dispone de series que abarcan alrededor de 100 años. El principal período de lluvias se extiende entre los meses de abril y octubre. En términos generales, no hay ningún mes sin lluvia, si bien las probabilidades de precipitaciones durante los meses estivales de noviembre a marzo son en extremo escasas. Un rasgo interesante lo constituyen los elevados registros mensuales entre mayo y agosto, que en muchos casos exceden considerablemente la cantidad total de agua caída en ciertos años. Estos hechos deben tenerse en cuenta en cualquier plan de regadío y de regularización de aguas. Sin embargo, suele ocurrir en Santiago que durante el período de lluvias mismo, esto es, en invierno, los meses que presentan los registros medios más elevados —mayo, junio y julio— sean en algunos años totalmente secos.

La falta de lluvias durante los meses en que normalmente se esperan —y ello es de suma importancia para la agricultura y la producción de energía— no se observa más al sur, en la provincia de Ñuble (Chillán). Además, el promedio mensual aumenta. Las probabilidades de lluvias mensuales (número de meses de lluvias dividido por el número de meses del período de observación) también aumentan en todos los meses, correspondiendo los registros más bajos a enero. En Chillán, las condiciones más favorables para las lluvias se presentan en junio, mes que, si bien es casi igualado por julio, ha registrado hasta ahora el máximo absoluto mensual.

Valdivia, estación en extremo lluviosa, recibe precipitaciones prácticamente cada mes, con un pronunciado mínimo en febrero. La precipitación media máxima se registra en junio, aunque los registros más altos observados hasta el presente corresponden a mayo y julio. Conviene señalar que, no obstante los altos registros mensuales y anuales habidos durante todo el período de observación, no llovió sino dos veces en enero y una en diciembre.

En Puerto Montt —la estación más austral de la parte de Chile que hasta ahora se ha desarrollado agrícola— la tendencia pluviométrica es similar a la de Valdivia: un registro medio anual elevado con distribución media muy pareja a través de todos los meses. También allí el máximo se registra en junio y el mínimo —que no es muy inferior a los registros de los demás meses— se ha desplazado hacia enero. No hay ningún mes totalmente seco.

Las observaciones en Puerto Aysén abarcan sólo pocos años, pero así y todo, ese período breve ha permitido formarse un cuadro bastante exacto de la distribución de las lluvias. Cabe destacar que entre sep-

² Véase anexo II.

Cuadro 7
CHILE: PRECIPITACIONES PLUVIALES
(mm)

Región	Promedios mensuales												Promedios anuales	Máxima	Mínima				
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.							
Norte Grande Antofagasta. (1904-1956)	0	0	0	0.2	0.6	2.1	3.2	0.9	0.5	1.1	0.2	0	9.3	mensual anual	55 100	Julio 1911	1911	0 0	varios varios
Norte Chico Copiapó. (1900-1956)	0	0	0.2	1.2	3.8	9.0	7.3	4.6	0.4	0.9	0.2	0	28.5	mensual anual	75 95	Junio 1927	1927	0 0	varios 1910, 13, 24, 33, 45,
Ovalle. (1900-1956)	0	1	0.3	2.5	28.1	44.2	33.5	20.5	5.0	2.1	0.8	1.0	139	mensual anual	209 347	Julio 1904	1926	0 26	varios 1924
Chile Central Santiago. (1900-1956)	2	3	4.5	14.3	69.5	89.5	72.1	52.9	27.0	14.1	5.8	3.5	322	mensual anual	433 820	Junio 1926	1900	0 66	varios 1924
Chillán. (1913-1956)	16.8	18.7	30.5	62.4	192	213	174	132	84.4	45.6	34.0	25.8	997	mensual anual	571 1 654	Junio 1934	1914	0 484	varios 1924
Sur Chico Valdivia. (1901-1956)	65.8	65.1	109	209	381	424	374	320	218	118	112	98	2 467	mensual anual	1 127 3 493	Mayo 1951	1904	0 1 343	Dic. 1910 1955
- Puerto Montt. (1901-1956)	94.8	99.2	135	173	243	268	222	213	166	120	120	121	1 860	mensual anual	542 3 653	Mayo 1902	1930	2 1 298	Ene. 1941 1943
Sur Grande Puerto Aysén. (1928-1956)	191	192	242	229	291	279	291	269	198	192	198	213	2 796	mensual anual	557 3 650	Junio 1928	1933	22 2 142	Dic. 1952 1934
Punta Arenas. (1901-1956)	35.2	26.3	45.8	45.7	49.7	41.2	37.6	35.8	33.6	25.8	32.1	32.3	438	mensual anual	188 829	Mayo 1919	1950	0 189	varios 1937

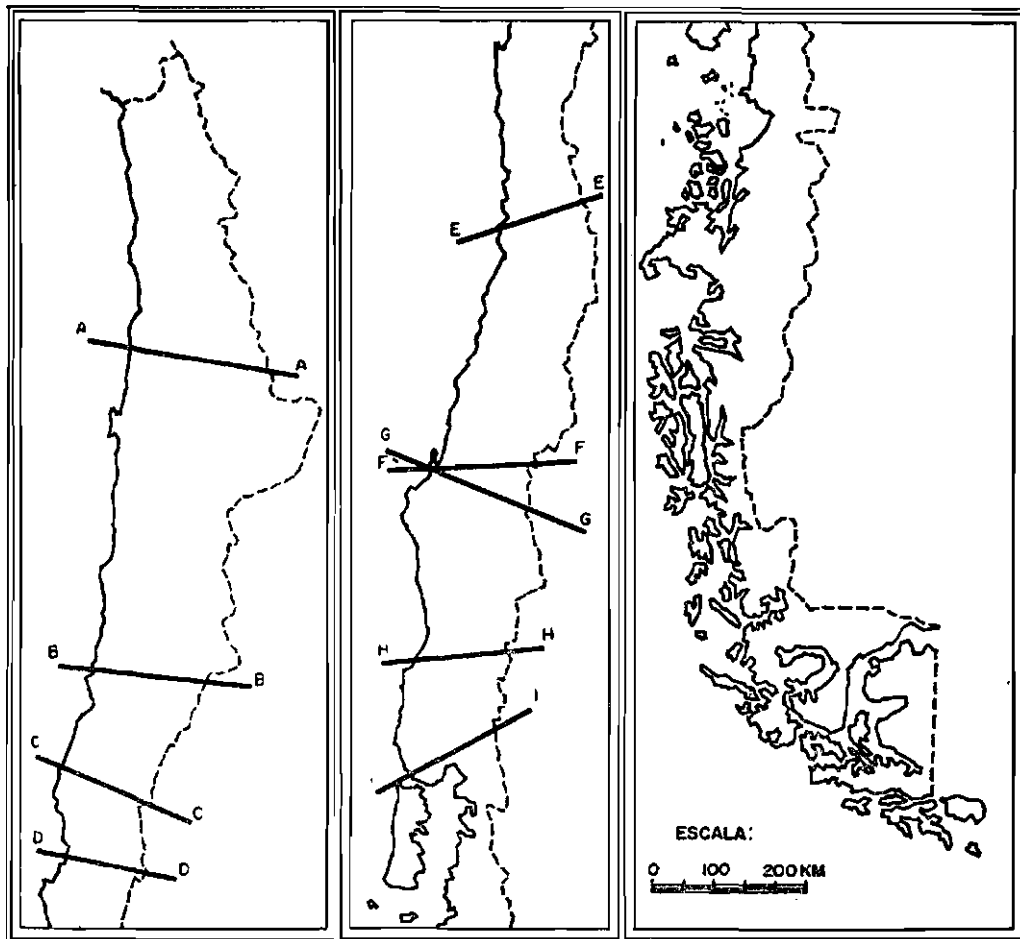
tiembre y febrero, las cantidades de aguas lluvia son casi las mismas, y que durante el invierno sólo aumentan muy ligeramente. Entre 1928 y 1956 no se registró ningún mes sin lluvias.

La distribución de éstas es similar en Punta Arenas, donde se encuentra la estación más austral de Chile construída hasta la fecha. La cantidad media de agua caída fluctúa muy poco entre un mes y otro, registrándose las mayores precipitaciones entre marzo y julio. Es importante señalar que los dos registros mínimos ocurren en febrero y en octubre, y el máximo, generalmente en mayo.

Desde el punto de vista hidrometeorológico, la parte austral de Chile, que comprende las provincias de Aysén y Magallanes, representadas por los registros medios de Puerto Aysén y Punta Arenas, sigue siendo des-

conocida. Esos promedios se refieren no sólo a las islas, sino también a la tierra firme. A los efectos de este estudio, el Sur Grande debe considerarse inexplorado. Por lo que se sabe hasta aquí, es improbable que la tendencia pluviométrica general presente problemas particulaes en lo futuro pues una distribución anual pareja con suficientes precipitaciones, unida a la existencia de abundantes recursos hidráulicos provenientes de las nieves y los ventisqueros, garantiza amplios recursos. Las mediciones se han efectuado únicamente en aquellas partes de Chile en que la línea divisoria de las aguas está ubicada al otro lado de la cordillera principal, y en el interior de Punta Arenas, debiendo agregarse que sólo abarcan unos pocos años. No existen observaciones individuales que permitan extraer conclusiones más exactas.

Mapa II
CHILE: UBICACIÓN DE LOS PERFILES



Las fronteras señaladas en este mapa no implican que las Naciones Unidas las acepten o apoyen oficialmente.

Perfiles:

- A — A Tocopilla, Chuquicamata, Calama, San Pedro.
- B — B Caldera, Algarrobo, Copiapó, Negro Francisco.
- C — C Huasco, Vallenar, San Félix, El Tránsito, La Pampa.
- D — D La Serena, Vicuña, Rivadavia, Paiguano, Guanta, La Laguna.
- E — E Valparaíso, Quillota, Llay-Llay, Los Andes.
- F — F Concepción, Peñuelas, Bulnes.
- G — G Concepción, Yungay, Abanico.
- H — H Corral, Valdivia, Antihue, Panguipulli, Puerto Fui.
- I — I Maullín, Puerto Montt, Ensenada, Cayutúe, Peulla, Puerto Blest.

b) *Perfiles que caracterizan las lluvias en latitudes similares*

El primer perfil empieza en Tocopilla, sobre la costa, y termina un poco al sur de los 22° de latitud, en la frontera chileno-boliviana. Por desgracia, las observaciones meteorológicas en esta franja de 200 kilómetros no son muy numerosas. Sólo existen datos para Tocopilla y San Pedro. Los registros para Chuquicamata y Calama son muy inseguros. Es interesante anotar el desplazamiento del período anual de lluvias desde la costa hacia el interior. Aunque en Tocopilla la época con mayores probabilidades de precipitaciones es el invierno (es imposible hablar de una estación húmeda), en San Pedro el período de lluvias ya se ha desplazado al verano. Por la falta de estaciones de observación, es imposible trazar el curso del desplazamiento y establecer los límites entre las precipitaciones de verano y las de invierno. El riego es necesario durante todo el año para la pequeña agricultura existente, salvo en las grandes alturas durante los meses de junio y julio, cuando las bajísimas temperaturas obligan a invernar a toda vegetación. (Véase el mapa II.)

Un segundo perfil, que ilustra el ciclo de lluvias entre Caldera y Negro Francisco, cruza la fértil zona regada del río Copiapó. Caldera, estación costera, registra una distribución anual de lluvias que difiere muy poco de la de las estaciones más septentrionales. Es interesante señalar un aumento de la cantidad media de lluvias, aunque el período lluvioso se extiende a otros dos meses en Algarrobo, lo que significa un aumento de la proporción del invierno. Algarrobo se encuentra situado en la zona de las grandes nubosidades de la costa, donde existen algunas zonas de vegetación dispersas que se alimentan con las precipitaciones de aquellas nubosidades en los primeros contrafuertes de la Cordillera.

No es posible comprobar la exactitud de las mediciones. La tercera estación, Copiapó, se encuentra en el valle del río, encerrada por altas cadenas montañosas. El volumen de las lluvias vuelve a disminuir aquí y se parece un tanto al de Caldera. La última estación —Negro Francisco— situada en las vecindades del nacimiento del río y rodeada de altos macizos, presenta una distribución de lluvias peculiar. Pueden observarse aquí dos períodos de lluvias perfectamente distintos: uno estival, en enero y febrero, y el otro de invierno, más normal, con precipitación máxima en junio. Dicha estación se encuentra situada entre la zona de lluvias de verano (San Pedro) y la zona característica de lluvias de invierno. Desgraciadamente, por no disponerse de observaciones completas, es imposible establecer con claridad si los dos períodos de lluvias se presentan cada año o si, para cierto número de años, predomina un período de lluvias de verano o uno de invierno. Los registros no permiten afirmar que ocurra esto último, aunque esa parece ser la situación. Conviendría investigarlo desde los puntos de vista hidrometeorológico e hidrológico, de modo que pudiera disponerse de datos exactos en que fundar cualquier plan de desarrollo hidráulico. También parece necesario de-

terminar los límites entre la zona en que se evaporan las nieves, lo que ocurre en la parte más septentrional de Chile (Norte Grande), y la zona en que las nieves se funden y aumentan directamente los recursos hidráulicos.

Otro perfil incluye la fértil zona de riego del río Huasco y las estaciones de Huasco, Vallenar, San Félix, El Tránsito y La Pampa. El ciclo general de lluvias se conforma a los principios climáticos normales: aumento de la precipitación con la altitud y, al mismo tiempo, un ligero alargamiento del período de lluvias. Aquí rige en toda su amplitud el período de lluvias invernales, aún en las montañas.

Existe una situación similar, por lo que toca a la distribución mensual de las lluvias, en los perfiles siguientes, que comprenden la fértil zona del río Elqui. Allí las estaciones de observación son más numerosas que en la parte norte del país y las precipitaciones son mayores en el conjunto. Es lo que acontece tanto en la estación costera de La Serena como en las cinco restantes comprendidas en el perfil. Cabe señalar que las estaciones de Paihuano y Guanta registran una pequeña disminución del volumen medio de lluvias, lo que parecería deberse principalmente a las condiciones orográficas. En la estación más alta —La Laguna— las precipitaciones aumentan un poco, sobre todo en forma de nieve. Es ésta también una de las pocas estaciones en donde los niveles de la nieve se miden regularmente, como base para pronosticar las posibilidades de riego en la zona del río Elqui. Estas mediciones de la nieve son muy elementales y no se ajustan a las normas hidrometeorológicas corrientes, pero la inaccesibilidad de la región dificulta en alto grado el proceder a verificaciones regulares. Puede suponerse que con mediciones más precisas de la nieve se obtendrían cifras más elevadas.

El perfil que va desde Valparaíso hacia Los Andes atraviesa la parte de Chile de mayor grado de desarrollo económico. Obsérvase aquí otro aumento del volumen total de lluvia, a la par que el período lluvioso es en promedio un tanto más largo. En este perfil, que sigue el curso del río Aconcagua, se advierte con nitidez la influencia de la Cordillera de la Costa en el régimen de las lluvias, que actúa como verdadero paraguas. En Valparaíso, la precipitación pluvial media al año es de 470 mm; en Quillota, también situada al oeste de aquella cadena, el registro desciende a 427 mm; en Llay-Llay, punto donde el río Aconcagua atraviesa la cadena de la costa, el volumen de aguas lluvias decrece notablemente, en tanto que en San Felipe, situado entre ambas Cordilleras, se registra casi la mitad del volumen de Valparaíso. Las lluvias vuelven a aumentar en Los Andes como resultado de una reciente elevación orográfica de las masas de aire. Por desgracia, no se han hecho mayores observaciones útiles en la zona de las altas cumbres.

Las precipitaciones vuelven a aumentar, al igual que la proporción de las lluvias invernales, al sur de la provincia de Concepción. Subsiste la influencia de la Cordillera de la Costa, aunque desaparece totalmente más al interior. A partir de Concepción, la distribución de

las estaciones es un tanto irregular, si bien el cambio en el volumen de lluvias anuales es claro, o sea aumenta en la zona montañosa, como también aumenta la proporción de las lluvias estivales en el volumen total de precipitaciones. Desafortunadamente, también aquí casi no existen mediciones para las regiones montañosas. Respecto de esta parte de Chile, hay que subrayar una vez más que las zonas montañosas deben contar con mayor número de estaciones eficientes y que la nieve debe medirse en forma adecuada.

El octavo perfil corre desde Corral por Valdivia hacia Panguipulli, en el lago del mismo nombre, y baja allí hacia el sur, en dirección a Puerto Fui, en el lago Pihueico. Corral, ciudad marítima, registra el mayor volumen de lluvias; en las estaciones de más al interior disminuyen tanto el volumen como la proporción estival de las lluvias; por último, los registros de la zona costera extrema reaparecen tan pronto como se llega a las montañas. Extendiéndose aproximadamente desde la desembocadura del río Toltén hacia Villarrica, siguen luego la línea fronteriza, al sur de la cual las condiciones pluviales hacen innecesario el riego.

La estación de Cayutué, situada en la región del lago Todos los Santos, registra el mayor volumen de lluvias de todo el último perfil, que se extiende desde Maulín hasta Puerto Blest (Argentina), en el lago Nahuel-Huapi. Lo elevado de los registros, con un promedio de 4 298 mm, puede atribuirse con toda seguridad al hecho de que la estación se encuentra situada en una zona orográfica de lluvias: En este perfil, el aumento de las lluvias es evidente, como consecuencia de la proximidad de las montañas. Existe un hecho curioso, en las dos últimas estaciones del perfil, el registro mínimo se ha desplazado de enero a febrero y, en Puerto Blest, el máximo se ha corrido de junio a mayo. Allí, justo en el centro de la cadena montañosa, se produce la transición de las lluvias invernales (en el lado chileno de los Andes) a las lluvias estivales (en el lado argentino).

c) *Precipitaciones en las grandes alturas. La nieve*

En el estudio de los perfiles pluviométricos se han hecho referencias esporádicas a las nieves. Hay que destacar la fundamental importancia de las precipitaciones sólidas en las montañas para los meses estivales sin lluvias en los valles de los ríos. Sin embargo, la falta de suficientes mediciones no permite trazar un cuadro sistemático de estas reservas hidráulicas. Además de la estación de la Dirección de Riego en el río Elqui, la Braden Copper Company posee otra estación de nieves que determina el contenido de agua de la capa de nieve. También la ENDESA ha establecido un pequeño servicio para sus propios fines. No obstante su limitación en número y duración, estas mediciones pueden ser de utilidad para prever en algunos casos el régimen de los ríos.

También podría empezarse a levantar mapas más amplios de las regiones cubiertas de nieve y hielo. En el mapa climatológico (véase nuevamente el mapa I) se ha tratado de calcular planimétricamente las zonas

con clima de nieve en la mayor parte de Chile, hasta la provincia de Chiloé. La superficie total cubierta de nieves y hielos eternos ascendería a unos 14 670 km². Aunque la escala del mapa es tan pequeña que sólo puede hacerse un cálculo muy ligero, es el único método para obtener una aproximación de la magnitud y distribución de la reserva hidrológica más importante de Chile. Suponiendo una relación básica de 1:5, puede decirse que alrededor de 3 000 km² están cubiertos de ventisqueros

3. *Nebulosidad y "lluvia artificial"*

Las nebulosidades de las regiones árida y semiárida del Norte Grande y Norte Chico son de gran importancia hidrológica. Reducen la absorción y emisión de radiación y aminoran la tasa de evaporación. En condiciones especiales, un techo de nubes suficientemente denso puede alimentar una vegetación permanente sin ninguna precipitación mensurable. En invierno, la zona de máxima nebulosidad —8 décimas— se sitúa en la costa, cerca de Iquique; además, en todo el Norte, desde la frontera hasta los 21° de latitud sur, existen zonas con 7 décimas; más al sur, entre Taltal y Caldera, la nebulosidad vuelve a subir a 8 décimas.

La presencia de nubes permitiría provocar lluvia artificial en caso de que el tiempo fuese propenso a las precipitaciones de modo que el número de núcleos de condensación contenidos en las nubes aumentase con la vaporización de los yoduros de plata u otros agentes similares. Sin embargo, las nebulosidades del norte de Chile, planas y tenues, no reúnen por lo general estas condiciones. Sólo existirían a lo largo de la costa misma. En Antofagasta, el grado de nebulosidad es elevado en el invierno. Las nubes, que se forman principalmente en la tarde y en la noche, alcanzan un espesor de 200 a 300 metros, no habiéndose determinado en cambio su altura media. La humedad relativa del cielo es sólo de 15 a 20 por ciento. Cabría señalar, para el caso de que se intentasen experimentos, que lo mismo las construcciones públicas que las privadas no fueron ejecutadas para soportar lluvias muy intensas.

Los experimentos efectuados en mayo de 1956 en La Serena no dieron los resultados apetecidos. Aunque el nivel de las precipitaciones fue elevado, la lluvia no cayó en la zona prevista —La Serena y sus alrededores— después de efectuados los experimentos, sino únicamente fuera de la zona de siembra de nubes. Estos costosos experimentos se prosiguieron durante algún tiempo, pero con resultados negativos.

4. *Temperatura del aire y evaporación*

En Chile no existe un mapa de temperaturas en gran escala que indique la distribución de las lluvias y la situación del clima. No siempre se reúnen en forma adecuada las condiciones básicas necesarias para un buen conocimiento de las condiciones de temperatura. Aunque el número de estaciones es suficiente, deben uniformarse la organización y el instrumental (termó-

metros). Este último debería probarse, distribuirse e inspeccionarse en forma regular. También es necesario uniformar las horas de lectura, de modo que en todas las estaciones se hagan simultáneamente. Las observaciones tienen que prolongarse por varios años y la obtención de los valores medios debe ser uniforme y adecuada a los fines requeridos.

En el Norte Grande y el Norte Chico las isothermas anuales reducidas al nivel del mar muestran muy pocas fluctuaciones y, como resultado de las corrientes marinas frías, tienen su inflexión más profunda en la costa (17° C), aumentan a 20° C en el interior del desierto y bajan a 18° C hacia el este, en la frontera.

En la parte central de Chile se registran durante el verano temperaturas relativamente bajas a lo largo de la costa, en tanto que en la parte oriental del país predominan temperaturas medias mayores. Desde la provincia de Cautín al sur, las temperaturas de enero son normales para la latitud. Más al sur se ofrece una tendencia general a temperaturas más elevadas de lo que podría esperarse dada la latitud, lo que tiene gran influencia en la evaporación. Así pues, en la región agrícola más importante del valle longitudinal de Chile, la evaporación es superior a la normal para la latitud, pero tiene menos influencia en el derretimiento de la nieve. Las necesidades de agua para los cultivos son también mayores de lo que correspondería con temperaturas normales.

En julio —invierno— ocurre exactamente lo contrario. En ese mes las bajas temperaturas del valle longitudinal —las más bajas que se registran— se extienden hasta muy al norte. (Santiago, por ejemplo, tiene, durante el mes de julio, el mismo promedio de isothermas reducidas que la provincia de Cautín.)

Desde el punto de vista de la agricultura, esto significa un largo período de invernación para la vegetación. Asimismo, la línea de las nieves es más baja de lo que corresponde de acuerdo con la latitud. También en este caso las isothermas se prolongan desde el norte hacia el sur. Un rasgo sobresaliente es la formación de dos zonas calientes en el valle longitudinal, la más importante de las cuales va de Santiago a Rancagua, y la otra abarca las provincias de Talca, Linares, Maule y Ñuble.

En la principal zona agrícola de Chile no ocurren “días de hielo” (días en que la temperatura, incluyendo la máxima, permanece bajo cero grado centígrado) ni se dan largos períodos de heladas. La nieve raras veces permanece en el suelo más de medio día.

El ciclo anual de evaporación por lo general está estrechamente ligado al ciclo de las temperaturas. Sin embargo, las observaciones de la evaporación no han sido lo bastante frecuentes como para disponer de datos fidedignos.

En cumplimiento del programa de observaciones hidrológicas de la ENDESA se está creando una serie de estaciones para medir la evaporación. Las mediciones y los cálculos de la evaporación son de vital importancia para determinar con exactitud la amplitud de los recursos hidráulicos.

Dentro de poco se instalarán, como parte del nuevo

servicio agrometeorológico que se creará en cooperación con el Plan Chillán, evapotranspirómetros Thornwaite para determinar las necesidades de agua de las plantas. Ya se han instalado 9 estaciones de evaporación de otro tipo (atmómetro Livingstone) y se han proyectado otras más del mismo tipo.

5. Influencia de las condiciones hidrometeorológicas sobre el suelo y la vegetación

a) Erosión del suelo

La erosión eólica no es importante en Chile, salvo en la zona de la costa y en varios sectores pequeños del Norte Grande y Norte Chico. En cambio, provocan una grave erosión las grandes fluctuaciones diarias de temperatura y las lluvias de invierno.

A raíz de los fuertes descensos de temperatura que se producen diariamente, se forman a menudo en el suelo, durante el invierno, grandes agujas de hielo (fenómeno típico que se presenta cuando la tierra se hiela durante algunas horas al día) a altitudes de 700 a 800 metros, a lo largo de la latitud de Santiago, y a altitudes inferiores hacia el sur. En la tierra desnuda, o ligeramente cubierta, húmeda, pero no helada, se forman unas finas agujas de hielo perpendiculares que rompen la delgada capa de tierra y provocan su deslizamiento al sobrevenir el deshielo.

Debido a que en su mayor parte caen durante el invierno, las precipitaciones pluviales también producen un efecto negativo desde el punto de vista de la erosión. La tierra carece de una capa de vegetación después de que se han recogido las cosechas anuales. Las nuevas semillas aún no se han sembrado y cuando lo son a fines del invierno, las jóvenes plantas no han tenido tiempo suficiente para arraigar con firmeza. Todavía más, la rotura de la tierra para las nuevas siembras se hace precisamente durante el período de precipitaciones más intensas.

b) Ciclos de vegetación

Las condiciones generales del tiempo, las lluvias y la temperatura influyen considerablemente en el ciclo de vegetación. Pueden distinguirse cuatro zonas principales de vegetación, correspondiendo más o menos a las zonas geográficas (asignando al Norte Grande la parte septentrional del Norte Chico y a Chile Central, la parte meridional). El período comprendido entre la rotura de la tierra y la cosecha se ha relacionado con el porcentaje de precipitación mensual y se ha expresado en forma de diagrama.³

La Zona 1 abarca las provincias de Tarapacá a Coquimbo. Como quiera que los cultivos en esa región sólo son posibles en pequeñas y aisladas manchas fértiles, su relación con la distribución, tan repartida, de las precipitaciones es clara; sin embargo, aun aquí existe un período principal de crecimiento para todos los cultivos después de los respectivos meses de lluvias, lo

³ Véase anexo II.

que se debe sobre todo al hecho de que la vegetación permanece dormida durante los meses de invierno como consecuencia del descenso de la temperatura, y no a la precipitación, puesto que el Norte Grande virtualmente carece de lluvia y necesita riego durante todo el año.

En la Zona 2, que se extiende desde Aconcagua a Concepción, la dependencia de la vegetación con respecto a la distribución de las lluvias es mucho mayor. Las lluvias mismas aumentan regularmente de norte a sur, mientras la proporción de lluvias en invierno disminuye un poco. El número de meses secos, cuando el riego es necesario para la agricultura, disminuye desde el norte hacia el sur, como lo indica claramente la distribución de las lluvias registradas en algunas estaciones. Aparte de las uvas y manzanas, sólo se han considerado en esta zona cultivos anuales. La mayoría de los cultivos y de las frutas empieza a germinar y brotar después de la estación lluviosa. La cosecha se recoge a fines de la estación seca, antes de que comience la nueva estación de lluvias. El riego es esencial durante este período.

II. ORGANIZACIÓN Y ATRIBUCIONES DE LOS SERVICIOS. MATERIAL E INSTALACIONES DISPONIBLES

Existe en Chile toda una serie de organismos fiscales, semifiscales y privados que se ocupan de las observaciones meteorológicas (incluyendo la hidrometeorología), y, en algunos casos, de la investigación.

Realizan observaciones meteorológicas —de particular utilidad para fines hidrometeorológicos, sobre todo en lo que respecta a las precipitaciones— los siguientes organismos gubernamentales:

- Grupo I: a) *Ministerio de Defensa Nacional:*
Oficina Meteorológica de Chile
(Dirección de Tránsito Aéreo, de la Fuerza Aérea de Chile)
- b) *Ministerio de Obras Públicas:*
Sección Hidrometría (Dirección de Riego)
- c) *Ministerio de Obras Públicas:*
Dirección de Obras Sanitarias
- d) *Ministerio de Agricultura:*
Servicio Agrometeorológico del Subdepartamento de Conservación de Suelos y de Aguas.

De estos cuatro organismos, actualmente sólo funcionan los tres primeros. La Dirección de Obras Sanitarias está ahora equipando las estaciones hidrológicas ya construídas. El Ministerio de Agricultura ha trazado un plan para la construcción de diez estaciones agrometeorológicas como parte de estaciones agrícolas experimentales más amplias.

También realizan observaciones los siguientes organismos semifiscales:

- Grupo II: a) División de Hidrología, ENDESA
b) Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile
c) Facultad de Agronomía de la Universidad Austral (Valdivia).

En términos generales, el riego es innecesario en la Zona 3 (zona sur) que comprende las provincias de Malleco a Llanquihue, más la isla de Chiloé. Sólo en las partes más septentrionales —o sea en las provincias de Malleco y Cautín— se emplea el riego para complementar las lluvias. Con esta excepción, la agricultura descansa casi exclusivamente en las precipitaciones naturales, que en las partes meridionales de esa región satisfacen con exceso la necesidad de agua de los cultivos. En esta zona, la invención tiene un efecto aún mayor en el ciclo de vegetación.

En la zona más austral de Chile —que comprende las provincias de Chiloé, Aysén y Magallanes— sólo hay dos cultivos de cierta importancia: el trigo y la papa. El trigo sólo se cultiva en algunos lugares y en escala reducida. La papa se planta únicamente en las vecindades de los escasos centros poblados. La siembra y la cosecha no dependen de las precipitaciones, sino de la temperatura. De ahí que el riego se haya limitado a unas pocas localidades en la zona de Chile Chico.

Además de estos organismos, de los cuales el único realmente importante es el de la ENDESA, realizan investigaciones particulares los agricultores y las grandes compañías. Estos registros no son fácilmente asequibles al público.

- Grupo III: a) Braden Cooper Company
b) Pan American Grace Airways Inc.
(Panagra)

Todos los servicios y organismos señalados realizan observaciones con sujeción a un plan preestablecido que puede adaptarse para fines hidrológicos.

Aparte estos tres grupos, existen otras compañías —por ejemplo, las empresas ferroviarias y la Anaconda Copper Mining Company (Chuquicamata)— que registran únicamente las condiciones atmosféricas generales, las lluvias, la nebulosidad, el estado de la atmósfera, etc.

Todos los servicios de los grupos I y II envían sus observaciones a la Oficina Meteorológica. De los del grupo III, sólo la PANAGRA transmite diariamente sus datos a esta última, donde son archivados. Por lo tanto, teóricamente la Oficina Meteorológica debería disponer de todos los datos necesarios para fines hidrometeorológicos; mas no es éste el caso en la práctica, debido a que, por falta de personal y medios económicos, sólo se ha podido acumular la información archivada, mas no elaborarla.

Grupo I: Organismos gubernamentales

a) La *Oficina Meteorológica de Chile* está destinada a atender ante todo las necesidades de la Fuerza Aérea. A consecuencia de ello, goza de preferencia el servicio sinóptico por lo que la labor hidrometeoroló-

gica que realiza la Sección Climatología es muy reducida.

La Sección Climatología cuenta con una Subsección de Pluviometría que reúne y comprueba los datos registrados, publicándolos después en el *Anuario Meteorológico*. El último número de esta publicación —el correspondiente a 1943 y recién publicado en 1957— contiene, además de los registros climatológicos de las estaciones de "primer orden",⁴ los datos sobre precipitaciones reunidos por las estaciones pluviométricas (total mensual, máximo diario, número de días con precipitaciones de 0.1 mm o más, 1 mm o más y 10 mm o más). No se miden las precipitaciones de nieve, pero en las estaciones climatológicas se registran los días con nevadas de más de 1 mm. (Estos datos pueden conducir a engaño ya que sólo se refieren a los niveles de la nieve y no al contenido de agua.) Los totales diarios no se dan en el *Anuario*, siendo el mes la menor unidad de tiempo que se utiliza.

Aparte las estaciones pluviométricas propiamente tales, la Oficina posee algunas termopluiométricas que registran, además de las lluvias, la temperatura y la humedad del aire (psicrometría).

Las estaciones de "primer orden" —así las antiguas como las recientemente creadas— se ocupan en especial de los registros necesarios para la seguridad del tráfico aéreo, datos que al mismo tiempo se elaboran para fines climatológicos y para su publicación en el *Anuario*. Parte de estas observaciones puede utilizarse para fines hidrológicos generales, aunque no se llevan registros de la evaporación. En cambio, para las investigaciones especiales no pueden emplearse sino en muy reducida escala debido a que las estaciones de "primer orden" se encuentran situadas en su mayoría cerca de los aeródromos y no proporcionan información alguna sobre las condiciones hidrológicas locales.

No se han publicado instrucciones especiales para los observadores de las estaciones de "primer orden". Las únicas instrucciones disponibles son las que se han preparado para el personal de observación de las estaciones pluviométricas, que están muy bien elaboradas. Aunque, con arreglo a ellas, también debe observarse la nieve, en la práctica sólo se registran los días con nevazones. No se miden el nivel de la nieve ni su contenido de agua.

Otra grave deficiencia es la falta de una estación de gran altura en un país tan montañoso como es Chile. Además, el número de registradores de lluvia instalados por la Oficina es totalmente insuficiente. Estos aparatos se han instalado, hasta la fecha, sólo en Santiago y Concepción. La evaporación no se mide.

La *Fuerza Aérea de Chile* efectúa observaciones hora por hora en algunas de sus estaciones (Santiago, Quintero, Antofagasta y Puerto Montt). La mayoría de estas estaciones hacen 13 observaciones diarias pero, desgraciadamente, ninguna por la noche.

Las observaciones de las estaciones de radiosonda de la *Fuerza Aérea* en Antofagasta, Quintero y Puerto Montt serán de grande importancia en el futuro para

la hidrometeorología. Si bien los métodos para determinar el contenido de humedad de las masas de aire se encuentran sólo en su etapa de perfeccionamiento, estas estaciones, en colaboración con sus similares de la Argentina, podrían hacer previsiones bastante exactas de la cantidad de agua que contiene el aire marítimo tropical que sopla desde el Pacífico y de la proporción de humedad medida en la Argentina. La diferencia representaría la cantidad de precipitaciones en Chile.

En 1957, la Oficina Meteorológica no tiene planes para mejorar la red de estaciones con el fin de recoger mejores datos hidrometeorológicos. (Sin embargo, la Fuerza Aérea sigue ampliando su red de estaciones para la seguridad del tráfico aéreo). Falta dinero y personal —dos factores igualmente importantes— para el desarrollo de los estudios hidrometeorológicos y climatológicos. Sería muy conveniente que cada sección de la Oficina Meteorológica dispusiera de un ingeniero especializado en meteorología. Sin embargo, es difícil contar con el personal necesario por cuanto la meteorología no es una carrera. Al terminar sus estudios, el empleado que ingresa en la Oficina percibe un sueldo inicial de 30 000 a 40 000 pesos (de 1957) mensuales, y como quiera que en puestos similares puede ganar mucho más en otros ministerios, es natural que prefiera otras ocupaciones antes que la meteorología.

El sistema de pagar a observadores voluntarios para que se ocupen de medir las lluvias caídas y llenar los formularios que han de remitirse a la Oficina Meteorológica (entre 250 y 300 pesos chilenos de 1957 anuales) es absolutamente inadecuado. Los observadores voluntarios de las estaciones meteorológicas reciben, por tres observaciones diarias, una remuneración que oscila entre 3 000 y 6 000 pesos chilenos por año, según el programa que se les fija.

b) La *Dirección de Riego* del Ministerio de Obras Públicas ha establecido, a través de su Sección Hidrometría, su propia red de estaciones hidrometeorológicas. Aquella sección tiene a su cargo la medición de las precipitaciones pluviales, siendo su método de observación idéntico al de la Oficina Meteorológica y los pluviómetros, los mismos. Fuera de la lluvia, no se mide ningún otro fenómeno meteorológico. Las observaciones, al igual que los registros de lluvias que figuran en los informes sinópticos diarios de la Oficina Meteorológica, son elaborados estadísticamente por la Sección Hidrometría para los efectos de medir el aumento y la disminución de caudal de los ríos. La Dirección posee una sola estación de nieve —a la cual ya se hizo referencia— situada en La Laguna y se ocupa de calcular el gasto del río Elqui.

Puesto que las observaciones pluviométricas de la Sección Hidrometría consisten en registros destinados a un fin específico, son elaboradas simultáneamente en la Sección y pueden utilizarse luego en el campo de la hidrología propiamente tal. En la hoja de observación, además de la lluvia, se registran las condiciones atmosféricas generales.

c) Además de la red actual de estaciones pluviométricas de que dispone, la *Dirección de Obras Sanitarias*

⁴ Véase la sección III en que se define este término.

proyecta establecer aparatos registradores de lluvia en todos los grandes centros de agua potable (ciudades) situados entre La Serena y Punta Arenas. Al igual de lo que ocurre con las demás instalaciones, hasta la fecha se miden únicamente las lluvias, no se hacen observaciones sobre la nieve y los datos se intercambian con la Oficina Meteorológica.

d) En el *Subdepartamento de Conservación de Suelos y Aguas* y en el *Servicio Agrometeorológico* del Ministerio de Agricultura se mide la evaporación—siguiendo el sistema de Veihmeyer (atmómetro de Livingstone)— con el objeto de determinar el agua que requieren los cultivos. Ese servicio lo prestan los siguientes institutos de investigación agrícola: Iquique, Vallenar, La Serena, Maipú, Chillán, los Angeles y Temuco.

Los servicios del Ministerio de Agricultura van a contar también con una red de estaciones agrometeorológicas. Ya se recibieron en Chile y han comenzado a instalarse los instrumentos que suministró la Administración de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas. A base de ellos se empezaron a instalar en 1957 diez estaciones que han entrado en funciones en forma escalonada hasta 1959. Adscritas al Ministerio de Agricultura, dependen del Servicio Meteorológico Mundial desde el punto de vista técnico. Aunque son esencialmente agrometeorológicas, son de gran utilidad como estaciones estratégicas de primer orden dentro de la red de centros de observación hidrometeorológica. Además de las lluvias, se observarán los siguientes fenómenos: temperatura del aire, temperatura del suelo, humedad del aire, movimiento del aire (dirección y velocidad) y radiación solar.

Todas las observaciones que efectúan los servicios del Ministerio de Agricultura se intercambian en seguida con las de la Oficina Meteorológica.

Grupo II: Organismos semifiscales

a) La *Empresa Nacional de Electricidad S. A. (ENDESA)* tiene el programa de observaciones más amplio, que abarca todos los elementos climáticos de importancia hidrometeorológica.⁵ Su División de Hidrología tiene la obligación de efectuar mediciones de las precipitaciones (lluvia y nieve), del viento y de la evaporación. Esta división está muy bien organizada y dispone de un personal formado por observadores eficientes y bien preparados. La organización de la ENDESA podría servir de modelo para cualquier servicio hidrológico e hidrometeorológico futuro de Chile.

b) La *Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile* ha establecido en su instituto experimental de La Rinconada (Maipú), y para su uso particular, una estación pluviométrica y otra atmométrica. En el mismo sitio se está construyendo otra estación con la estrecha cooperación del Servicio Agrometeorológico del Ministerio de Agricultura. Los datos registrados se el-

⁵ En un breve informe titulado *Informe sobre la organización de la División Hidrológica de la Empresa Nacional de Electricidad S. A. ENDESA* aparece la organización y actividades del servicio hidrológico de este organismo, incluyendo la hidrometeorología.

borarán junto con los obtenidos por las demás estaciones de este último.

c) *Universidad Austral, Valdivia.* En Valdivia, existe una estación agrometeorológica de primer orden dependiente de la *Facultad de Agronomía de la Universidad Austral*. Es éste el único lugar de Chile en que se estudian con precisión, gracias a instrumentos modernos y métodos nuevos, los problemas de microclima⁶ y las relaciones entre el suelo, el clima y la vegetación. No existe vínculo oficial entre esta estación y la Oficina Meteorológica. Las observaciones que allí se realizan también son de gran valor para el estudio de los problemas hidrometeorológicos de Chile.

Grupo III: Actividades particulares

a) La *Braden Copper Company* realiza mediciones de la lluvia—que utiliza en sus fines particulares— en 6 estaciones que posee en la región montañosa. Además de la lluvia mide la nieve caída y su contenido de agua. Desde 1912, la estación de Sewell viene registrando una de las series más homogéneas de que se dispone. Las observaciones relativas a las precipitaciones se comparan con las mediciones de caudal que se practican en cuatro pequeñas zonas de captación. La Braden Copper Company es la única institución de Chile que realiza mediciones de la nieve para utilizarlas en obras de defensa contra los aludes. Los datos puede solicitarlos para otros usos cualquier interesado. Todos los datos que reúne la compañía son de importancia única para los estudios hidrológicos de Chile debido a que son las

Cuadro 8
CHILE: ESTACIONES METEOROLÓGICAS
Y PLUVIOMÉTRICAS

		Meteo- rológicas	Pluvio- métricas	Total
Grupo I . . .	a	77	185	262
	b	0	75	75
	c	0	68	68
	d	10	0	10
		87	328	415
Grupo II . . .	e	9	24	33
	f	1	0	1
	g	1	0	1
		11	24	35
Grupo III . . .	h	6	0	6
	i	7	0	7
		13	0	13
Total . . .		111	352	463

Grupo I a) Oficina Meteorológica y Fuerza Aérea de Chile.
b) Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Riego.
c) Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Sanitarias.
d) Ministerio de Agricultura. Servicio agro-meteorológico.
Grupo II e) Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA).
f) Universidad de Chile.
g) Universidad Austral.
Grupo III h) Braden Copper Company.
i) PANAGRA.

⁶ Modificaciones del clima general que obedecen al ambiente inmediato.

únicas mediciones que se han hecho regularmente durante un período largo en la región montañosa.

b) La *Pan American Grace Airways Inc.* (PANAGRA) posee un servicio meteorológico en el aeropuerto de Los Cerrillos (Santiago). Las observaciones meteorológicas de la PANAGRA son útiles desde el punto de vista hidrológico sólo en lo que respecta a la amplitud de las zonas que abarcan sus registros diarios del tiempo. En cooperación con la Fuerza Aérea de Chile y la Oficina Meteorológica, publica boletines diarios del tiempo destinados a servir a la navegación aérea. La estación más importante de la PANAGRA desde el punto de vista hidrológico, situada en La Cumbre⁷ se encuentra cerrada desde enero de 1958.

Fuera de los observatorios de los grupos I, II y

⁷ Al este de Los Andes, a 3 837 metros de altura.

III. ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS ORGANISMOS METEOROLÓGICOS Y SUGESTIONES PARA SU REORGANIZACIÓN

1. Necesidad de coordinar los distintos organismos *Establecimiento de una Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología*

Si bien es verdad que la posición geográfica de Chile, que comprende todas las zonas de precipitación, hace singularmente difícil organizar un servicio eficiente capaz de satisfacer todas las necesidades hidrológicas, no lo es menos que la actual dispersión del sistema hidrometeorológico podría mejorarse en medida sustancial en lo que concierne a la uniformidad y eficiencia de sus actividades.

Coordinar los distintos organismos encargados de las observaciones hidrometeorológicas es de particular importancia para a) distribuir adecuadamente las estaciones (evitando las superposiciones o los vacíos); b) uniformar el material, y reducir así los costos y facilitar la comparación de los resultados, y c) elaborar y publicar las observaciones registradas.

En esta indispensable labor de coordinación y en las reorganizaciones que ella entraña, deben cooperar todas las instituciones y servicios que se ocupan de observaciones meteorológicas y, singularmente, de observaciones hidrometeorológicas. Un técnico de la Administración de Asistencia Técnica sugirió en 1956 la creación de una Comisión Nacional de Meteorología.⁸ Sería del caso ampliar gradualmente el alcance de esta sugerencia de manera que las actividades de esa Comisión llegasen a barcar todo el campo de la meteorología y de la hidrología. Andando el tiempo, esta Comisión podría formar parte de un Consejo Nacional de Aguas, que estaría llamado a coordinar todas las actividades relacionadas con el desarrollo de los recursos hidráulicos.⁹

2. Eficiencia de los servicios

No todos los servicios que se ocupan de cuestiones hidrometeorológicas han alcanzado el mismo grado de

⁸ Véase P. M. Austin Bourke, *Agricultural Meteorology* (TAA/CHI/2, 25 de septiembre de 1956).

⁹ Véase el capítulo IV de la Segunda Parte de este estudio.

de los mencionados en este grupo III, existen otros particulares que se ocupan del tiempo, particularmente de las lluvias. Sus observaciones, en cuanto son de valor y asequibles, han sido reunidas por el profesor Elías Almeyda Arroyo. Sus registros son hasta ahora la fuente más segura de todos los datos sobre precipitaciones. Ha tenido la paciencia de verificar la exactitud de todos los datos dispersos, de ampliar las series más breves y de darles cierta homogeneidad. En su mayoría, las series datan de más de 25 años, al paso que los servicios oficiales apenas cuentan con algunos registros debido a que se han establecido no hace mucho tiempo.

En el cuadro 8 se indican los tipos y el número de estaciones correspondientes a los distintos grupos (gubernamentales, semifiscales y particulares).

desarrollo. La Dirección de Riego y la ENDESA cuentan con cuerpos directivos capaces y con un personal y una organización eficientes. Además, la primera posee buenas oficinas regionales servidas por funcionarios que han pasado años en el mismo puesto y tienen un acabado conocimiento de las condiciones locales de precipitación. Otro tanto puede decirse de la ENDESA, aunque sus servicios no son tan vastos. En cambio, la Oficina Meteorológica no tiene actualmente una organización adecuada y seguirá así por algunos años más. Según el señor Bourke,¹⁰ la reorganización técnica del servicio meteorológico chileno con vistas a su modernización demandará tiempo. Con un firme programa de modernización, Chile podría contar con un buen servicio meteorológico dentro de 3 o 5 años, y con uno excelente dentro de 6 o 10. Esta tarea ya se ha emprendido, pero debido a las preocupaciones que para Chile significó el Año Geofísico, ha habido que aplazar hasta ahora los estudios hidrometeorológicos necesarios.

3. Orientación de las investigaciones

a) Mediciones de la humedad del suelo

Para llegar a un aprovechamiento eficiente de las aguas, sobre todo si ha de ampliarse la superficie regada, habrá que prestar más atención que hasta el presente a la relación entre el desarrollo de la planta y la humedad del suelo. Recomiéndase por ello crear un servicio de medición de la humedad del suelo en los principales centros de distribución de aguas. Dicho servicio podría ser atendido fácilmente por las actuales estaciones de la Dirección de Riego.

b) Establecimiento de un Instituto de Estudio de la Nieve y el Hielo

Se ha subrayado ya el escaso conocimiento que en Chile se tiene de la nieve y el hielo, así como la enorme im-

¹⁰ Op. cit., p. 65.

portancia de la primera en el balance hidráulico. Considerando la dificultad de trabajar en las zonas de altas montañas, convendría crear un instituto científico que estudiara la nieve y el hielo en los picachos andinos.

La labor de este Instituto podría distribuirse de la siguiente manera:

Aspectos científicos: Mapas de los ventisqueros de terminación del contenido de agua de las masas de hielo, movimiento del hielo, evaporación del hielo, estudio de los aludes, etc.

Aspectos técnicos: Fiscalización de las observaciones, archivo y publicación de los datos, formación del personal de observación, verificación regular de los instrumentos de medición, etc.

Competiría al Instituto la fiscalización general de las observaciones relativas a la nieve y el hielo que se efectuaran en las zonas de altas montañas por cuanto para una tarea de esa naturaleza sólo puede considerarse un personal especialmente preparado en vista de los peligros y las dificultades que presenta diariamente. No es posible determinar en la actualidad el número exacto de estaciones que se requeriría. Podrían tomarse como modelo del Instituto propuesto los establecimientos similares que existen en Francia o en Suiza.

4. Uniformación de los instrumentos

Convendría uniformar en lo posible los instrumentos que habría que instalar en las estaciones actuales, así como en las proyectadas, para simplificar el intercambio interno de los datos, la reserva de repuestos, la fiscalización de las estaciones y la verificación de las mediciones. Dado su número, la fabricación de los pluviómetros resultaría más barata. Los instrumentos habría que instalarlos siguiendo las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial.¹¹

5. Número y distribución de las estaciones

Excluyendo los territorios de la Antártida, existen en Chile (véase de nuevo el cuadro 8) 111 estaciones meteorológicas de "primer orden" y 352 estaciones pluviométricas —de acuerdo con la clasificación de la Oficina Meteorológica— lo que da un total de 463 estaciones. Sin embargo, con la posible excepción de Los Cerrillos, ninguna de las estaciones de "primer orden" reúne los requisitos que define la Organización Meteorológica Mundial. Se las podría denominar más propiamente "estaciones totalmente sinópticas".

Parece recomendable crear por lo menos una estación completa de primer orden por zona climática. De este modo habría una estación en la región árida, una en la región de las estepas y dos en la zona temperada (una en la zona de riego y la otra en la zona que no lo requiere). Estas estaciones quedarían bajo la jurisdicción de la Oficina Meteorológica. El Instituto de Estudio de la Nieve y el Hielo tomaría bajo su responsabilidad la zona de nieves.

¹¹ Véase *Guide to International Meteorological Instrument and Observing Practice*, WMO N° 8 TP 3, 1954.

Las estaciones de primer orden podrían utilizarse asimismo para trabajos especiales. Así, por ejemplo, las estaciones de las zonas de clima árido y de estepa podrían servir para llevar a cabo estudios en conexión con el Programa de la Zona Árida de la UNESCO, según se ha sugerido en un estudio reciente.¹²

Además de la creación de estaciones de primer orden, es menester aumentar el número total de estaciones. Sobre una superficie de 742 000 km², cada estación sirve en promedio un radio de 1 602 km², con una distancia media entre cada una de 40 km. Esta densidad es insuficiente, ya que normalmente se requiere una estación por cada zona de influencia de 100 km². La distribución regional de las estaciones es en cambio más satisfactoria.

Con el fin de formarse una idea acerca de la distribución de las estaciones en aquellas partes del país en que son más importantes desde el punto de vista del desarrollo hidráulico, se midieron planimétricamente las principales cuencas hidrográficas, tomando como base el mapa de la ENDESA, y se compararon con el número de estaciones de medición de lluvia y nieve que existen en esas regiones. Las cuencas hidrográficas que abarca el mapa de la ENDESA se extienden desde el río Copiapó (Norte Chico) hasta el río Puelo (Sur Chico). El área de las cuencas de los ríos varía entre 21 279 km² (Copiapó) y 793 km² (Chamiza), al paso que la zona de influencia de cada puesto de observación pluviométrica fluctúa entre 7 092 km² (Copiapó) y 390 km² (Maipú). En las cuencas de estos ríos existen 250 estaciones, lo que da una densidad media de una estación por cada 895 km².

Para alcanzar una densidad media de una estación por cada 100 km², se requerirían alrededor de 2 000 estaciones más, número que está claramente fuera del alcance de los recursos de los organismos y de las empresas chilenas que tienen interés en el desarrollo hidráulico del país. Por consiguiente, en un plan inicial de construcción de estaciones de observación podría tomarse como base la extensión de la zona de influencia de una estación situada en la cuenca del río Maipo. En esa comarca, la zona más pequeña que cubre una estación es de 390 km². Suponiendo una distancia media de 20 kilómetros entre fuentes, habría que aumentar en 305 estaciones la red pluviométrica entre Copiapó y Chiloé. Sin embargo, en las montañas debería disponerse de un mayor número de estaciones que en los valles, y las precipitaciones en las zonas altas habría que medirlas con mayor precisión que en las zonas planas.

En el Norte de Chile existen actualmente 76 estaciones meteorológicas, con una densidad por estación de 3 922 km². En el Plan Norte se recomienda el establecimiento de 150 nuevas estaciones, con lo que cada estación principal de medición serviría un área de 1 320 km², densidad que así y todo seguiría estando muy por debajo de la de Chile Central. Sin embargo, esta di-

¹² M. Gilead y N. Rosenan, "Climatological Observational Requirements in Arid Zones", en *Climatology, Reviews of research (Arid Zone Research, Vol. X)*, publicación de la UNESCO (París, 1958), pp. 181-188.

ferencia se justifica por el hecho de que en casi todo el Norte las lluvias están por debajo del límite hidrológico efectivo. Las estaciones deben establecerse sólo allí donde se producen grandes precipitaciones y donde el conocimiento exacto de la distribución real de las lluvias permite determinar las cantidades de aguas disponibles. Esto, naturalmente, en las zonas montañosas. Ahí, en la cuenca superior de captación, hay que instalar estaciones de medición de la lluvia y de la nieve que deberían completarse, en la zona comprendida entre las zonas de escurrimiento y las de vaciamiento, con estaciones de aforo. En estas condiciones, las 150 nuevas estaciones previstas en el Plan Norte bastarían.

La extensión de la red hidrometeorológica desde la frontera septentrional del país hasta Chiloé, incluyendo las 150 estaciones previstas en el Plan Norte y las 300 estaciones de Coquimbo a Chiloé —pero excluyendo las cuatro estaciones de primer orden establecidas antes— significaría disponer de pluviómetros por un costo estimado en 6 millones de pesos (de 1957) aproximadamente. Como lo sugiere el Plan Norte, las mediciones las efectuarían agentes aduaneros, carabineros y particulares bajo la dirección de la Oficina Meteorológica.

Los demás planes de ampliación del servicio hidrometeorológico y climatológico exigirían el establecimiento de un orden de prelación que variará ampliamente según las condiciones regionales y económicas. Establecería ese orden la sugerida Comisión meteorológica e hidrometeorológica teniendo en cuenta las mediciones que habría que hacer de la distribución de las lluvias en función del abastecimiento de aguas para usos industriales y de la población, de las necesidades de la agricultura y de la construcción de obras hidroeléctricas. Sin embargo, para crear las nuevas estaciones que aquí se sugieren no habría que esperar el establecimiento de aquella Comisión ya que las demoras podrían tener efectos contraproducentes en los planes técnicos debido al mínimo de años de observación que se requieren para muchos proyectos.

6. Servicios para fines especiales

En el desempeño de sus funciones, ningún sistema hidrometeorológico bien organizado puede prescindir de la asistencia de los servicios especiales, que se crean para fines particulares y destinados no ya a sustituir las observaciones hidrometeorológicas sino a complementarlas.

Al crear tales servicios, convendría distinguir dos tipos diferentes:

a) Servicios especiales para labores específicas que quedan fuera del campo del sistema hidrometeorológico y meteorológico regular, y

b) Servicios especiales para la realización de investigaciones particulares, por lo general de muy breve duración.

Ambos tipos de servicios revisten importancia y tienen un papel que desempeñar dentro del sistema hidrometeorológico. Entre los trabajos de esta clase

de servicios no se incluyen ciertas actividades especiales que desarrollan los sistemas regulares, como mediciones parciales después de una lluvia fuerte o prolongada.

Los servicios especiales del primer tipo —consistentes en observaciones complementarias (no limitadas en el tiempo) que no pueden incluirse en los programas hidrometeorológicos regulares— se encargan sobre todo de informes acerca de aquellas zonas donde no existen estaciones de observación permanentes. Estos informes pueden limitarse a determinadas épocas, aun cuando siempre pueden repetirse. Entre los elementos que deben anotarse figuran el principio del derretimiento de la nieve; el comienzo del máximo caudal resultante; perjuicios especiales causados por la humedad, las inundaciones o la sequía; nevazones particularmente intensas; formación de aludes y, por último, la condición de los caminos, problema que linda con las observaciones hidrometeorológicas y las observaciones destinadas a fines económicos. En muchos casos, estas observaciones especiales se refieren a otros problemas, como la contaminación de los ríos cercanos a las ciudades o a zonas industriales. También caen dentro del radio de acción de estos servicios especiales, si bien en este caso deben ser organizados por las autoridades agrometeorológicas, los informes sobre la aparición de enfermedades en las plantas, como lo señala en su estudio P. M. Bourke.¹³ Por ejemplo, en el caso de la aparición del tizón de la papa, debe informarse inmediatamente a las oficinas locales de la Dirección de Riego para que puedan adoptar las medidas de riego necesarias.

Los servicios especiales del segundo tipo se limitan en general a trabajos de duración determinada, es decir se organizan temporalmente para tareas particulares, sin perjuicio de que en algunos casos puedan sus actividades prolongarse hasta por un año. Servirán sobre todo para reforzar la red de puestos de observación existentes. Este aspecto de su labor es de gran importancia para Chile, donde en muchos casos las condiciones hidrometeorológicas locales se desconocen casi por completo. Por ejemplo, si no se practican mediciones en determinado sector de la zona de captación de una cuenca hidrográfica particular pueden organizarse pequeños puestos especiales y por un tiempo limitado, que establecerían series de observaciones para compararlas en seguida con series más largas y debidamente reducidas, siempre que se conocieran las condiciones atmosféricas generales y las tendencias meteorológicas durante el período de observación.

En este sentido, el estudio local de las zonas que presentan los registros máximos de lluvia es de particular importancia, y en las grandes ciudades puede ser de gran utilidad para los efectos de planificar racionalmente las obras de alcantarillado y desagües pluviales.

En sus actividades, estos servicios también pueden comprender la determinación de la zona de sombra de lluvia en determinadas condiciones atmosféricas, y el estudio de la influencia de las lluvias intensas en la

¹³ Véase TAA/CHI/2, op. cit.

erosión de los suelos en la cuenca de avenamiento inmediata de las barreras y obras de distribución de las aguas. Podrían asimismo realizar observaciones e investigaciones acerca de las heladas locales, aunque estas funciones bordean muy de cerca el campo de la agrometeorología.

La organización de estos servicios especiales debe planearse en forma muy cuidadosa y llevarse a cabo de manera que los objetivos que se logren sean proporcionales a los gastos que ellos entrañan. La organización montada con motivo del Año Geofísico es un ejemplo de un servicio completo de esta clase.

Los observadores de los servicios especiales del primer tipo deberían gozar de las mismas condiciones que los miembros del servicio regular.

No es posible proporcionar aquí datos acerca de lo

que costaría crear servicios especiales del segundo tipo para los distintos casos que pudieran presentarse. Casi no habría necesidad de personal complementario puesto que las estaciones encargadas de observaciones e investigaciones especiales ya poseerían los especialistas necesarios para llevar a cabo las observaciones y la elaboración de los datos. Tampoco pueden darse datos precisos acerca de los instrumentos que habrían de requerirse. En el presupuesto del servicio convendría prever una asignación específica para este efecto. El costo real de una estación de primer orden comprende la suma necesaria para el instrumental destinado a fines especiales. No sería demasiado alto ya que para equipar las nuevas estaciones siempre se podría recurrir a la reserva de instrumentos que son muy apropiados para trabajos especiales.

Capítulo II

HIDROLOGÍA

I. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA DE CHILE

1. Aguas superficiales

La gran variedad de condiciones hidrometeorológicas que se presentan de norte a sur del país determina una variedad similar de regímenes hidrográficos. Ello no obstante, la topografía crea una característica común de muchos ríos chilenos: en razón de la escasa distancia que media entre los Andes y el Pacífico, el pronunciado declive del suelo tiende a acentuar las fluctuaciones de sus caudales.

Son varios los elementos importantes que influyen en el caudal de los ríos y que varían con cierta regularidad desde el Norte hacia el Sur, a saber: *a*) la época, la duración y la importancia de las precipitaciones; *b*) las proporciones relativas de precipitaciones sólidas y líquidas, y *c*) la época y la duración del derretimiento de la nieve.

Si bien hay otros factores —como la altitud media de la zona de captación— que varían en cada cuenca, las influencias hidrometeorológicas permiten la siguiente clasificación general del régimen de los ríos:

Norte Grande: hidrografía de tipo desértico

Norte Chico: hidrografía de tipo mixto de nieve y lluvia

Chile Central: *parte superior* (Aconcagua a Mataquito): predominio de la influencia de la nieve; *parte inferior* (Maule al Bío-Bío): tipo de nieve también, aunque con creciente influencia de las lluvias.

Sur Chico: caudal de los ríos condicionado principalmente por las precipitaciones pluviales.

Aunque la hidrografía del Sur Grande no se ha estudiado aún suficientemente, el derretimiento de la nieve parecería ser de nuevo el factor dominante.

La actual falta de datos adecuados para un suficiente número de años no permite cuantificar con precisión todos estos recursos. Por ello se examinan en primer término las características generales de los distintos regímenes fluviales, haciéndose las referencias generales necesarias a la importancia de cada cuenca hidrográfica desde el punto de vista de las posibilidades de riego y producción de hidroelectricidad, y luego se proporcionan varias mediciones hidrológicas y un inventario de los recursos hidráulicos de algunas cuencas. (Véase el gráfico II.)

a) Descripción por regiones

i) *Norte Grande*. Siendo las lluvias muy escasas, los ríos son poco caudalosos. Sin embargo, las condiciones topográficas crean diferencias hidrográficas en

tre las provincias de Tarapacá y Antofagasta. En la primera no existen obstáculos naturales mayores que impidan a los ríos alcanzar la costa, al paso que más al sur, en la provincia de Antofagasta, las cadenas montañosas que corren paralelas a la costa —Cordillera de Chuquicamata, Cordillera Domeyko— constituyen verdaderas barreras para el agua que baja de los Andes y que se pierde en los salares, evaporándose o infiltrándose bajo tierra. El único río que llega al mar es el Loa, al cabo de un largo rodeo para atravesar la Cordillera de Chuquicamata.

Provincia de Tarapacá. El río Lluta tiene un gasto medio de 2 m³/seg. aproximadamente. Su mínimo (octubre a diciembre) y su máximo (enero a marzo) corresponden a las lluvias de verano de la alta montaña. Sus aguas son salobres y sólo pueden utilizarse para el riego de cultivos resistentes a la sal.

Otros ríos pequeños —Azapa, Camarones, Quebrada de Vitor, Tarapacá, etc.— son de caudal intermitente. Están asimismo sujetos a fluctuaciones violentas y repentinas. Por ejemplo, el gasto del río Tarapacá suele subir en menos de una hora de 0 a 220 m³/seg. para descender en seguida a 10 m³/seg. 16 horas más tarde.

Algunos ríos de la parte nororiental del Altiplano corren hacia Bolivia. Dependen de las lluvias estivales. El más importante es el Lauca, con un gasto medio de 2 a 3 m³/seg. La Dirección de Riego estudia la posibilidad de aumentar su caudal reduciendo la zona de evaporación de los pantanos de Parinacota y las lagunas de Chungara, situadas en su curso superior. En esta forma se espera duplicar el caudal medio de ese río.

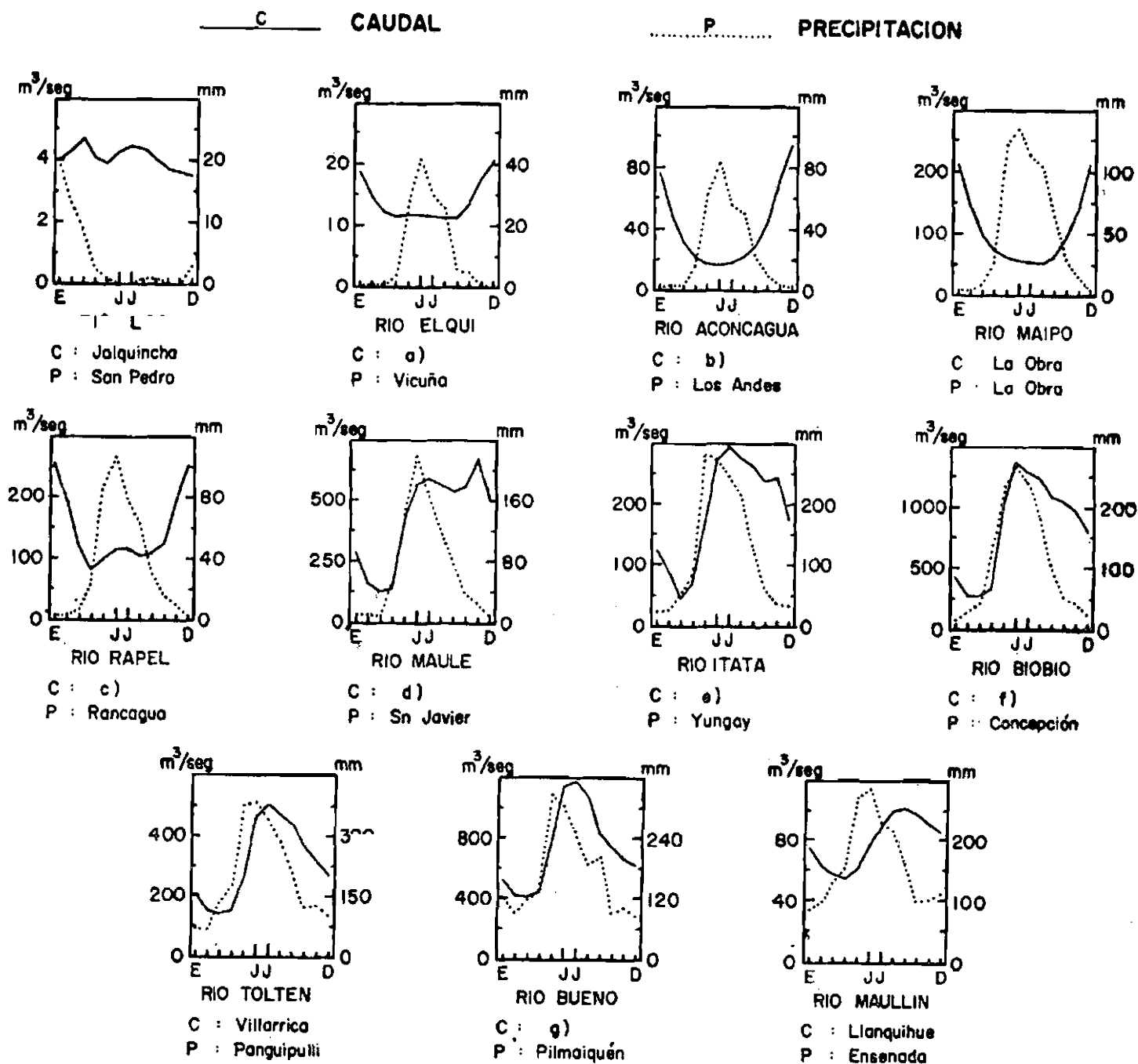
Provincia de Antofagasta. El río Loa (440 kilómetros) nace en una depresión longitudinal situada entre los Andes y la Cordillera de Chuquicamata y fluye hacia el sur a lo largo de 165 kilómetros antes de curvarse hacia el oeste y atravesar el desierto. En la estación de Angostura, después de los fuertes gastos ocasionados por el aprovechamiento que de él hacen las minas de cobre y el acueducto de Antofagasta, su gasto medio es de 4 m³/seg. El máximo corresponde a los meses lluviosos de la Cordillera, esto es de enero a marzo. La calidad del agua no es uniforme y algunos de sus afluentes son salobres.

Al sur del Loa, las aguas superficiales desaparecen casi totalmente. Al este de la Cordillera Domeyko existen varios ríos andinos encerrados (río Grande) que se filtran en el Salar de Atacama.

ii) *Norte Chico*. Los ríos de esta región, de régimen

Gráfico II

CHILE: PRECIPITACIÓN Y CAUDAL EN ALGUNOS RÍOS



- a) Obtenido como suma de los caudales de los ríos Claro en Rivadavia y Turbio en Varillar.
- b) Id. Aconcagua en Chacabuquito y Putaendo en El Resguardo.
- c) Id. Cachapoal en Coya, Tinguiririca en Bajo los Briones y Chimbarongo en Paniahue.
- d) Id. Maule en Armerillo, Claro en Camarico, Putagán en Y. Buenas, Achibueno en Peñones, Cato en Digua, Longaví en Quiriquina, Bullileo en Sta. Filomena y Perquilauquén en S. Manuel.
- e) Id. Nuble en S. Fabián, Chillán en La Esperanza, Renegado en La Invernada, Diguillín en Atacalco e Itata en Cholguán.
- f) Id. Laja en La Lancha, Duqueco en Villucura, Mulchén en Mulchén, Bureo en Mulchén, Bío-Bío en Rucalhue, Lirquen en El Padre y Malleco en Collipulli.
- g) Id. Bueno en Bueno, Pilmaiquén en S. Pablo y Rahue en Cancura.

mixto, son alimentados por el derretimiento de la nieve en verano y por las lluvias en invierno. Su caudal desciende al mínimo a fines del verano (febrero-marzo), vuelve a aumentar con las lluvias invernales, baja por segunda vez al término del invierno y experimenta una nueva crecida al fundirse las nieves en noviembre-diciembre. Algunos de los afluentes que se forman en los valles bajos dependen predominantemente de las lluvias, registrándose su máximo en invierno, cuando alcanzan caudales torrentosos. Las principales cuencas hidrográficas son las de los ríos Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí y Choapa.

Como el río *Copiapó* sigue recibiendo la influencia de las lluvias de verano del norte, su caudal es relativamente estable. Dos de sus principales afluentes —el Manflas y el Jorquera— son de régimen de lluvia y registran su máximo en invierno. El tercer afluente importante —el Pulido— es de régimen de nieve, con su máximo en verano. El Copiapó es el primer río que puede aprovecharse como fuente de hidroelectricidad y además en su valle se practica el riego. El río *Huasco* tiene características similares al Copiapó.

El Elqui mantiene un caudal notablemente parejo a lo largo del año, si bien durante junio, julio y agosto baja un tanto con relación a los demás meses. De diciembre a enero se producen, con ciertos intervalos, fuertes crecidas ocasionadas por el derretimiento de la nieve. En grado mucho mayor que el Copiapó, el Elqui está sujeto a la influencia de su tributario el río Turbio, de régimen de nieve.

La cuenca del río Elqui está intensamente regada, y si se regularan sus caudales, el área regada podría ampliarse. En cambio, el potencial hidroeléctrico parece muy reducido.

En los ríos *Limarí* y *Choapa*, situados al sur del Elqui, la influencia del derretimiento de las nieves es mucho mayor, aunque las lluvias también provocan su crecida durante el invierno. El riego se encuentra grandemente desarrollado en el valle del río Limarí y en el nacimiento de su afluente Los Molles existe una central hidroeléctrica. Para ampliar el regadío en el valle del Choapa sería menester almacenar sus aguas. En el nacimiento de este río existen algunas posibilidades hidroeléctricas.

Todos estos ríos corren por suelos permeables, de modo que se producen fuertes pérdidas por infiltración, que origina así importantes napas subterráneas. Algunos, como el Elqui, pierden agua por infiltración en algunas secciones, pero después la recuperan en otras.

iii) *Chile Central. Parte superior.* Los ríos Aconcagua, Maipo, Rapel y Mataquito dependen del derretimiento de las nieves, caracterizándose por fuertes caudales en verano y violentas fluctuaciones estacionales.

En el caso de los ríos *Aconcagua* y *Maipo*, el caudal es alto en enero y febrero, baja en junio y julio y vuelve a subir en noviembre y diciembre. El Maipo tiene un afluente importante, el río Mapocho, aunque durante el verano arrastra poca agua debido al gran consumo que de ella se hace para el riego, situándose las bocatomas en su curso superior. El sistema Maipo-Ma-

pocho es el mejor conocido de Chile. Desde 1912, se hacen observaciones hidrológicas regulares en La Obra.

Las tendencias del caudal de ambos ríos, el Aconcagua y el Maipo, son favorables para el riego por cuanto alcanza su nivel más elevado durante el mes de demanda máxima. El riego se ha desarrollado intensamente en ambas hoyas de modo que para cualquier ampliación del área regada habría que construir obras de regulación de las aguas.

El pronunciado declive del lecho de ambos ríos representa importantes potenciales hidroeléctricos, aunque la distribución estacional de sus aguas es desfavorable debido a que la demanda máxima de energía ocurre en invierno. Sin embargo, existen algunas instalaciones hidroeléctricas en el Maipo y en los canales que nacen de él, y se han proyectado nuevas obras hidroeléctricas.

El río *Rapel* presenta un cuadro similar desde el punto de vista de su caudal, aunque está más sujeto a la influencia de las lluvias de invierno, sobre todo en la cuenca de captación inferior. Durante los meses de junio, julio y agosto el caudal se eleva por sobre su nivel ordinario. El río mismo está formado por la confluencia de otros dos: el Cachapoal, con régimen de nieve principalmente, y el Tinguiririca, en el que influyen más las lluvias invernales. El riego está bastante desarrollado en la cuenca del río. Se encuentran en funcionamiento, o en construcción, varias centrales de energía hidroeléctrica y se han proyectado nuevas ampliaciones.

Parte inferior (ríos *Maule*, *Itata* y *Bío-Bío*). Bajo la influencia creciente de las precipitaciones pluviales, estos ríos presentan dos máximas, correspondiendo la mayor al comienzo del verano como consecuencia del primer derretimiento de la nieve, y la segunda al invierno, con la llegada de las lluvias. Existen también dos mínimas: la más pronunciada en abril y la segunda, en la primavera.

Por otra parte, los ríos de esta zona empiezan a recibir la influencia reguladora de los lagos: lago Invernada y laguna del Maule en el caso del río del mismo nombre, y lago Laja en el caso del Bío-Bío.

El sistema hidrográfico del Maule es uno de los más importantes de Chile. Antes de cruzar la Cordillera de la Costa, ese río recibe el aporte de numerosos afluentes que bajan desde el macizo andino. Los principales son el Melado, el Claro y el Loncomilla, alimentados principalmente con el derretimiento de las nieves. En su curso inferior, el Maule recibe varios afluentes de la Cordillera de la Costa: el Perquilauquén, el Achibueno, etc., alimentados sobre todo por las lluvias de invierno.

El riego está bastante desarrollado y es considerable el potencial hidroeléctrico, que ya se aprovecha en parte.

El río *Itata* tiene caudales mucho menores. El riego está muy desarrollado en su valle, pero el potencial eléctrico es pequeño.

La importancia del *Bío-Bío* excede la del Maule en largo, superficie de cuenca y volumen de caudal. La influencia de las lluvias en él se acentúa. Antes de atra-

vesar la Cordillera de la Costa, recibe el importante afluente del Laja, cuyo caudal es regulado parcialmente por el lago del mismo nombre.

El regadío se encuentra muy desarrollado en el valle y la superficie regada todavía podría aumentarse en medida sustancial. El sistema del Bío-Bío encierra el mayor potencial hidroeléctrico de la parte económicamente desarrollada de Chile.

Conviene advertir que las aguas potencialmente aprovechables del Bío-Bío, y también del Maule, podrían incrementarse si se pudieran disminuir las fuertes infiltraciones actuales provocadas por los lagos que actúan como reguladores. Tanto el lago Laja como la laguna La Invernada están formados por una represa natural de lava, con fuertes filtraciones subterráneas que afloran poco más abajo en los respectivos ríos (47 m³/seg. en el caso del Laja —que deja un gasto de sólo 17 m³/seg.— y 11 m³/seg. en el caso de La Invernada). El beneficio que reportaría la supresión de esas filtraciones, justifica los estudios geológicos y de ingeniería que lleva a cabo la ENDESA. Sin embargo, es imposible en el estado actual de las investigaciones indicar en qué medida se justificarán económicamente las obras de impermeabilización requeridas. Merece señalarse la semejanza que existe entre las pérdidas que se registran en estos lagos y las que ocurren en los lagos centroamericanos (Atitlán en Guatemala, Guaja en Salvador y Tojos en Honduras), de formación volcánica similar y que están siendo estudiados en la actualidad.

Los ríos *Imperial* y *Toltén* constituyen una especie de transición con respecto a los ríos del Sur Chico. Su caudal es más uniforme a consecuencia de pendientes menos pronunciadas y de una influencia creciente de las lluvias, distribuidas en forma más pareja a través del año.

El río *Imperial* tiene dos períodos de máxima: junio-julio y diciembre-enero. Las obras de regadío que existen en su valle podrían ampliarse. En cambio, no parecen ser muy importantes las posibilidades de su aprovechamiento con fines hidroeléctricos.

El caudal del río *Toltén* disminuye durante los meses de enero a abril, aumenta en forma brusca en mayo y junio hasta alcanzar su máxima en julio, y vuelve a descender progresivamente hasta diciembre. En su curso superior existen tres grandes lagos —el más importante de los cuales es el Villarrica— y otro más pequeño. La hoya hidrográfica del *Toltén* es la última que necesita de riego. Su potencial hidroeléctrico parecería limitado.

iv) *Sur Chico*. Los ríos de esta región se caracterizan por el predominio de las lluvias de invierno. Puede registrarse una segunda máxima cuando el río recibe sus afluentes que nacen en la zona de la alta montaña (como el río *Puelo*) y cuando el derretimiento de las nieves —que se presenta durante la primavera— prolonga el período de crecidas. Los declives disminuyen en forma progresiva hacia el sur, de manera que los caudales se tornan más regulares. La estación seca desaparece. En su mayoría, los ríos son regulados también por grandes lagos, lo que posibilita la navegación

en su curso inferior. Las condiciones hidrológicas y topográficas de su curso superior ofrecen buenas posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico.

El río *Valdivia* está formado por la confluencia del *Cruces* y del *Calle-Calle*. Este último recibe la influencia de la nieve de los Andes y atraviesa varios lagos: el *Calafquén*, el *Pirihueico*, el *Panguipulli* y el *Riñihue*. El caudal máximo del *Valdivia* corresponde a los meses de junio, julio y agosto, después de los cuales desciende hasta alcanzar el mínimo en marzo y abril. Su potencial hidroeléctrico parece ser el más alto de todos los ríos del Sur Chico.

El río *Bueno* nace en el lago *Ranco* y tiene como afluentes los ríos *Pilmiquén* y *Rahue*, que nacen de los lagos *Puyehue* y *Rupanco* respectivamente. El caudal del *Bueno* es muy parecido al del *Valdivia*, aunque con menos variaciones extremas que éste.

El *Maullín*, que nace en el lago *Llanquihue*, recibe sólo la influencia de las precipitaciones pluviales.

Los ríos *Petrohúe* y *Puelo*, en el límite con el Sur Grande, forman un mismo estuario. El primero nace en el lago *Todos los Santos* y hasta ahora no se ha determinado su caudal. El *Puelo* está influido en cierto grado por el derretimiento de la nieve, lo que tiende a aminorar las fluctuaciones anuales. Su régimen es prácticamente igual al del río *Valdivia*, pero con caudales mucho más regulares, si bien con ligeros aumentos durante los meses de junio a agosto.

La hidrología de la *Isla Grande Chiloé* no se ha estudiado hasta ahora. Sólo revisten alguna importancia los ríos de la costa occidental (*Chepi*, *Cucao*, *Medina*) y en la parte norte el *Redeto*, que —ensanchado con el aporte de varios afluentes— forma un estuario navegable.

v) *Sur Grande*. Hasta ahora no se ha medido con regularidad ninguno de los ríos del Sur Grande. Sólo la Corporación de Fomento ha realizado algunas mediciones temporales del cauce de algunos de ellos, como el río *Baker*. Por su parte, en fecha reciente la ENDESA llevó a cabo algunas estimaciones indirectas comparando las zonas de captación de los ríos del Sur Grande con la del río *Puelo*, cuyo caudal se ha medido. Puede decirse que, en general, el Sur Grande posee grandes recursos hidráulicos: según los cálculos de la ENDESA, los gastos medios de los ríos *Palena*, *Aysén* y *Pascua* excederían de 1 000 m³/seg. y el del *Baker*, de 3 000 m³/seg. (Las mediciones del caudal de este río hechas por la Corporación de Fomento durante el verano de 1947 arrojaron un gasto medio de 900 m³/seg. en esa fecha.)

Todos estos ríos ofrecen grandes posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico. El río *Aysén* forma el centro de un importante sistema hidrográfico; uno de sus afluentes, el río *Blanco*, une ocho lagos andinos y podría ofrecer, además, posibilidades de colonización. El río *Baker*, que nace en los lagos *Buenos Aires* y *Cochrane*, recibe luego numerosos afluentes y a más o menos 68 kilómetros de su desembocadura (El *Salton*) su lecho se angosta de 400 a 20 metros, formando así el lugar que encierra el mayor potencial hidroeléctrico de Chile. El río *Pascua* también ofrece grandes

posibilidades hidroeléctricas. Nace en el lago San Martín y en un trecho de más o menos 26 kilómetros aparece cortado por numerosos saltos.

b) *Mediciones hidrológicas*

i) *Estimaciones de gastos medios.* En el cuadro 9 aparecen las estimaciones de los gastos medios de los principales ríos de Chile. La calidad de tales estimaciones es bastante dispareja. Con excepción del río Maipo, ninguno de los períodos de observación es lo bastante largo como para dar valores medios fehacientes. Se ha dicho que los cálculos referentes al Sur Grande ni siquiera se basan en mediciones directas. Además, las estimaciones relativas a los distintos ríos del país no se refieren a trechos comparables de ellos. Pese a todas estas deficiencias, el cuadro 9 indica un orden general de la magnitud de las disponibilidades de aguas superficiales de norte a sur del país.

ii) *Disponibilidad de aguas en algunas hoyas hidrográficas.* Aprovechando las informaciones disponibles, se hicieron estimaciones estacionales acerca de los ríos en que actualmente se concentra el desarrollo económico de Chile. Se prepararon dos series de estimaciones: una que abarca el período comprendido entre

los meses de octubre y abril, que corresponde más o menos al período medio de riego en Chile; y la otra, que abarca los meses de enero a abril, período crítico desde el punto de vista del regadío. Estos cálculos sólo pudieron hacerse para los ríos Elqui, Aconcagua, Rapel, Maule, Itata y Bío Bío; la escasez de datos impidió extenderlos al Loa. (Véase el cuadro 10.)¹

1 Los datos se tomaron de los archivos de la Dirección de Riego, Sección hidrométrica, y se elaboraron en la siguiente forma.

a) El caudal medio mensual se calculó, en cada estación hidrológica, en millones de metros cúbicos de las series disponibles de un sistema hidrográfico.

b) Para el caudal del río, se sumaron los caudales mensuales medios de todas las estaciones que miden dichos caudales en la Cordillera. No se incluyen las estaciones situadas en la parte plana, y en consecuencia, algunas cifras están ligeramente por debajo de la realidad, en relación con las posibilidades de riego.

c) Las cifras referentes al caudal así obtenidas son sólo muy aproximadas en razón de lo siguiente: i) no se miden todos los afluentes cordilleranos; ii) es posible que río arriba de las estaciones de medición del caudal se extraiga agua para riego que por consiguiente no se mide; iii) se han encontrado vacíos en los registros básicos de los caudales medios mensuales. En tales casos se han hecho interpolaciones mediante comparaciones con otros años similares, con lo cual se ha evitado acortar demasiado las series.

Los datos referentes al río Elqui se tomaron de un informe preparado por el señor Juan Bennett, de la Dirección de Riego. Las cifras concernientes al caudal se ajustaron de acuerdo con el agua aprovechada en el riego. Por lo que toca al sistema Mapocho-Maipo, los datos pertinentes provienen del informe *Aprovechamiento hidrológico de la Hoya del Río Maipo, 1957*, de la Dirección de Riego.

Cuadro 9
CHILE: GASTO MEDIO DE LOS RÍOS PRINCIPALES
(m³/seg)

Norte Grande		Norte Chico		Chile Central		Sur Chico		Sur Grande	
Lluta (Tocontasi)	2	Copiapó (Pastillo)	5.3	Aconcagua a	43.0	Valdivia (Trafún)	450	Yelcho	860
Loa (Angostura)	6	Huasco (Camarones)	6.7	Maipo (La Obra)	102	Bueno (Junta Rahue)	760	Palena	1 020
		Elqui (Algarrobal)	14.2	Rapel	128	Puelo (Carrera de Basilio)	690	Cisnes	460
		Choapa (Junta Illapel)	27.0	b					
				Mataquito (El Morrillo)	103	Petrohué (Desagüe Todos los Santos)	286	Aysén	1 160
				Maule c	405			Baker	3 180
				Itata d	188			Bravo	210
				Bío-Bío e	800			Pascua	1 650
				Imperial (Curso inferior)	600				
				Toltén (Desagüe Villarica)	350				

FUENTES: Este cuadro está basado sobre datos estadísticos de varios organismos chilenos: ENDESA, Dirección de Riego, etc.

a Suma de: R. Aconcagua en Chacabuquito y R. Putaendo en el Resguardo.

b Suma de: R. Cachapoal en Coya más Tinguiririca en Bajo Briones más Estero Chimbarongo en Panishuel.

c Suma de: R. Maule en Armerillo más R. Claro en Camarico más R. Putagán en Yebes Buenas, más R. Achibueno en Peñones más R. Cato en Digna más R. Longavi en Quiriquina más R. Bullileo en Santa Filomena y más R. Perquilauquén en S. Manuel.

d Suma de: R. Nuble en San Fabián más R. Chillán en Esperanza más R. Renegado en Invernada más R. Dignillín en Atacaleo y más R. Itata en Cholguán.

e Suma de: R. Laja en La Laucha más R. Duqueco en Villucura, más R. Mulchén en Mulchén, más R. Bureo en Mulchén más R. Bio-Bio en Rucalhue más R. Lirquén en El Padre y más R. Malleco en Collipulli.

Cuadro 10
CHILE: CAUDAL MEDIO DE SIETE RÍOS ESCOGIDOS

Provincia	Cuenca del río, en km ²	Caudal medio (Millones de m ³)			Periodo de observación
		Todo el año	Octubre a abril	Enero a abril	
Coquimbo.	Elqui 9 570	447.4	290.4	151.5	1928-1956
Aconcagua.	Aconcagua 2 640	1 368.9	1 099.2	469.8	1940-1956
Santiago.	Maipo/Mapocho 15 400	3 576.4	2 745.0	1 461.4	1914-1952
O'Higgins-Colchagua	Rapel ^a 13 520	4 050.4	2 679.3	1 332.3	1946-1956
Talca-Maule-Linares.	Maule ^b 21 700	12 760.5	6 350.8	1 847.4	1947-1956
Ñuble.	Itata ^c 11 500	5 921.1	2 607.6	895.3	1947-1956
Malleco-Bío-Bío-Concepción	Bío-Bío 23 900	25 225.0	9 880.6	3 671.2	1949-1956

FUENTE: Dirección de Riego, Sección Hidrométrica. (Véase la nota 1 de la página anterior.)

^a Los datos referentes al río Cachapoal se han tomado de los registros de la ENDESA.

^b Se han interpolado algunas cifras en los años 1953, 1954 y 1955.

^c En esta serie se han introducido numerosas interpolaciones.

iii) *Correlación entre las precipitaciones de nieve y el caudal de los ríos.* Con los escasos datos de que se dispone acerca de las precipitaciones de nieve —datos que se limitan a las mediciones efectuadas por la ENDESA en Portillo, en el nacimiento del río Aconcagua, y en Lo Aguirre, en el nacimiento del Maule— se elaboraron estudios de correlación con el caudal total de los ríos Aconcagua y Maule durante el período de octubre a abril (ambos meses inclusive) que sigue al invierno. Las curvas obtenidas ofrecieron poca confianza por basarse en escasos puntos. No obstante, en un tiempo más, con información que comprenda mayor número de años, será posible establecer unos gráficos que permitan pronosticar con suficiente precisión el caudal de los ríos en las estaciones escogidas sobre la base de mediciones de la nieve del invierno anterior. Disponer anticipadamente de información de esta especie podría ser de mucha ayuda para quienes tienen a su cargo la regulación del caudal de los canales de regadío, así como para la administración de una red eléctrica interconectada. En la provincia de Mendoza (Argentina) las mediciones de la nieve han permitido prever con bastante exactitud el caudal de los ríos.

iv) *Rendimiento de las cuencas.* Cuando no existen datos directos de aforos en una cuenca, se hacen estimaciones de su caudal medio a base de la información pluviométrica y del área tributaria, apreciando —mediante comparación con otras similares— el caudal desaguado por kilómetro cuadrado o el porcentaje que colecta el río del total de agua caída en la cuenca (coeficiente de escorrentía).

La gran variación del rendimiento de las cuencas por la diversidad de factores que influyen en él (oro-

gráficos, meteorológicos, geológicos —permeabilidad— altimétricos, de vegetación, etc.) conduce a estimaciones siempre inciertas del rendimiento unitario o coeficiente de escorrentía y, como consecuencia, del caudal medio que se investiga.

En Chile —donde casi no se miden las precipitaciones de nieve en la cordillera y prácticamente se desconocen los volúmenes de agua empleados en el riego— se dificulta más la estimación de los rendimientos y es prácticamente imposible calcular coeficientes que engloben el caudal de todo el año para la extensión total de las cuencas principales.

Sólo para hacerse una idea del orden de magnitud y de la variación que experimentan los rendimientos de norte a sur, se han seleccionado determinadas cuencas de carácter cordillerano cuyos caudales medidos no están alterados por el riego, o cuyo volumen captado aguas arriba ha sido posible estimar.

Se han calculado los coeficientes respectivos a base de isohietas y caudales medios correspondientes a series de distinta duración, las más largas de que se disponía. No obstante tales deficiencias, es interesante anotar el aumento acentuado del coeficiente con la latitud, que refleja la estrecha relación del rendimiento de las cuencas con la cantidad de las precipitaciones. (Véase el cuadro 11.)

El bajo rendimiento que acusan las cuencas del Norte, si bien se explica por la alta evaporación que impera en la zona, induce a pensar que una parte del caudal superficial se insume para alimentar napas subterráneas. Ello es consecuencia de la elevada proporción de materiales volcánicos, altamente permeables, que forman el suelo y el subsuelo, y de los sedimentos fluviales depositados en los valles transversales (Norte

Cuadro 11

CHILE: COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

Río	Estación de aforo	Latitud (Aprox.)	Superficie cuenca (km ²)	Volumen anual ^a		Altura media de precipitaciones (mm)	Coeficiente de escorrentía (Porcentaje)
				De lluvias (x10 ⁶ m ³)	Aforado (x10 ⁶ m ³)		
Copiapó	Pastillo	28° 03'	7 595	880	119	116	13
Turbio	Varillar	29° 57'	4 203	1 075	320	256	30
Grande (Limarí)	Agua Chica	30° 45'	2 168	753	232	347	31
Maipo	La Obra	33° 35'	4 996	6 857	3 333	1 370	48
Tinguiririca (Rapel)	Bajos Briones	34° 40'	1 820	3 207	1 588	1 760	50
Nuble (Itata)	San Fabián	36° 36'	1 731	5 269	3 118	3 040	59
Duquesco (Bío-Bío)	Villucura	37° 34'	1 066	2 568	2 199	2 410	85
Bío-Bío	Rucalhue	37° 44'	7 119	21 430	15 381	3 010	72
Cautín (Imperial)	Rari-Ruca	38° 27'	1 351	4 576	3 703	3 390	81
Toltén	Villarrica	39° 16'	2 960	10 872	9 915	3 670	92

^a Valores medios.

Chico), muy importantes en relación con los caudales reducidos que escurren principalmente en invierno.

v) *Irregularidad del caudal de los ríos dentro del año hidrológico.* Existen numerosas relaciones o indicadores para designar el grado de irregularidad del caudal de los ríos dentro del año hidrológico. Con el objeto de tener una primera idea de la variación a lo largo del país así como del grado de irregularidad de los ríos chilenos, y para efectuar además comparaciones preliminares con ríos de otros países y continentes, se ha calculado en unos cuantos puntos de la cordillera andina el coeficiente Cr, que adoptó el Comité de Energía Eléctrica de la Comisión Económica para Europa, en marzo de 1959.²

El método seguido consiste en adoptar un año hidrológico ficticio, en que el escurrimiento de cada mes es igual al promedio aritmético de los valores correspondientes de la serie estadística disponible, multipli-

² El coeficiente se define así:

$$Cr_i = \frac{V_i}{W_i}$$

donde:

Cr_i = Coeficiente de irregularidad del caudal dentro del año.

V_i = Capacidad de embalse requerido para una regulación total del caudal escurrido en el año.

W_i = Volumen total escurrido en el año.

cando el valor de Cr aproximadamente calculado para ese año, por un coeficiente correctivo. El coeficiente correctivo empleado en todos los ríos corresponde al calculado directamente para el río Maipo en La Obra, sólo para la serie estadística 1942-51.³ Los valores obtenidos se recogen en el cuadro 12.

Estos valores reflejan en forma cuantitativa la variación del grado de irregularidad anual, que ya se vio cualitativamente en el análisis de los esquemas del gráfico II.

Con el objeto de evitar en los cálculos el efecto perturbador que introducirían los canales de riego no controlados y la regulación (aunque sea natural) de lagos y represas, se eligieron cuencas cordilleranas libres de tales influencias. La contrapartida de esta selección fue el tamaño muy reducido de las cuencas examinadas. No obstante, la irregularidad obtenida es en general pequeña como consecuencia del régimen mixto de lluvia y nieve que domina en el país.

La irregularidad de los ríos se acentúa en puntos más bajos de su curso no sólo por abarcar cuencas mayores, sino porque en varios de ellos —principalmente al sur del país— incluyen en sus tributarios el efecto "suavizador" de los lagos. La mayor parte de éstos,

³ Esto representa una primera aproximación, porque en rigor el coeficiente debe ser algo diferente para los distintos ríos considerados.

Cuadro 12

CHILE: GRADO DE IRREGULARIDAD DENTRO DEL AÑO HIDROLÓGICO

Río	Estación de aforo	Latitud (Aprox.)	Cr aprox.	Coeficiente correctivo	Cr
Carmen (Huasco)	Ramadillas	28° 47'	0.10	1.03	0.10
Claro (Elqui)	Rivadavia	30°	0.11	"	0.11
Choapa	Cuncumén	31° 55'	0.33	"	0.34
Maipo	La Obra	33° 35'	0.24	"	0.25
Tinguiririca (Rapel)	Bajo Briones	34° 44'	0.23	"	0.24
Achibueno (Maule)	Los Peñones	35° 58'	0.22	"	0.23
Maule	Afluentes L. de La Invernada	35° 48'	0.19	"	0.20
Laja (Bío-Bío)	Afluentes Lago Laja	37° 22'	0.17	"	0.18
Allipén (Toltén)	Los Laureles	38° 57'	0.16	"	0.16
Pilmaiquén (Bueno)	El Salto	40° 37'	0.15	"	0.15
Maullín	Llanquihue	41° 13'	0.10	"	0.10
Puelo	Carrera de Basilio	41° 37'	0.09	"	0.09

Cuadro 13

CHILE: AGUAS DE INTERÉS INTERNACIONAL ENTRE CHILE Y PAÍSES VECINOS^a

- 1) *Con Perú*
 - i) Laguna Blanca (c.c.)^b
 - ii) Canales artificiales de riego de Uchusuma y Mauri (c.s.)^c
- 2) *Con Bolivia*
 - i) Río Caucosa (c.s.)
 - ii) Río Todos Santos (c.s.)
 - iii) Río Lauca (c.s.)
 - iv) Río Caquena (o Cosaquilla) (c.s.)
- 3) *Con la Argentina*
 - i) Río Sapaleri y sus afluentes
 - ii) Río Guahum (o HuaHum —que une los lagos Pirehueico (Chile) y Lacar (Argentina) (c.s.)—. Según Büchi, e el río Calle Calle, afluente del Valdivia, forma parte de su sistema
 - iii) Laguna Cris (c.c.)
 - iv) Cuenca del río Puelo
 - a) Río Pueblo (c.s.)
 - b) Río Manso (c.s.)
 - v) Cuenca del río Yelcho
 - a) Río Futalefú (c.s.)
 - b) Río Carrenleufú (c.s.)
 - vi) Cuenca del río Palena
 - a) Río Encuentro (c.c.)
 - b) Lago General Paz (c.c.)
 - c) Río Pico (c.s.)
 - vii) Cuenca del río Aysén
 - a) Río Simpson y arroyo Hurso (c.c.)
 - viii) Cuenca del río Baker
 - a) Lago Buenos Aires (c.c.) (1 034 km² en Chile y 881 km² en la Argentina)
 - b) Río Veinemenú (c.c.)
 - c) Lago Cochran (c.c.)
 - ix) Cuenca del río Pascua
 - a) Río Mayer (c.s.)
 - b) Lago San Martín (c.c.) (505 km² en Chile y otro tanto en la Argentina)
 - x) Ventisquero Cerro Catedral (c.c.)
 - xi) Ventisquero Cerro Daudet (c.c.)
 - xii) Hielo Continental (c.c.)^f
 - xiii) Cuenca del río Serrano
 - a) Río de las Chicas (c.s.)
 - b) Río Palaque (c.s.)
 - c) Río Biscachas (c.s.)
 - d) Río don Guillermo (c.s.)
 - xiv) Cuenca del río Gallegos
 - a) Río Penitente (c.s.)
 - b) Río Chico (c.s.)
 - c) Río Zurdo (c.s.)
 - xv) Isla de Tierra del Fuego
 - a) Río Cullén (c.s.)
 - b) Río San Martín (c.s.)
 - c) Río Grande y sus afluentes Moneta, Cuavanos y Las Turbas (c.s.)
 - d) Lago Fagnano (c.c.)

a Fuera de las fuentes indicadas en las notas b a f, se han utilizado además los siguientes documentos: *Geografía Económica de Chile*, Santiago, 1950, publicada por la Corporación de Fomento de la Producción, Vol. 1, y *Aprovechamientos hidroeléctricos internacionales* (edición mimeografiada), de Carlos A. Volpi. Las Naciones Unidas no se responsabilizan de la inclusión o de la omisión de aguas ni de las cifras citadas.

b Las iniciales (c.c.) indican los ríos o lagos que sirven como frontera.

c Las iniciales (c.s.) indican los ríos o lagos que cruzan la frontera. En el Art. 2 del Tratado de 3 de junio de 1929 entre Chile y Perú, Chile garantiza a perpetuidad al Perú la servidumbre de riego sobre estos canales, que nacen en territorio chileno.

d Estos ríos se han tomado del Tratado de 20 de octubre de 1904 entre Chile y Bolivia. Sin embargo, el mapa de Chile (escala: 1/1 000 000, edición oficial de 1951, reimpresso en 1956 por el Instituto Geográfico Militar de Chile), también señala como aguas de interés internacional las siguientes: a) Lago Chungana (la frontera pasa por su ribera oriental); b) río Isluga; idéntica observación; c) arroyo Sacaya; idéntica observación; y d) río San Pedro, idéntica observación.

e Juan F. Büchi: *Las fuerzas hidráulicas de la República Argentina* (Buenos Aires, 1945, ed. J. Montero, p. 76).

f Véase Eliseo Castinella de Ríos: "A la búsqueda de un continente", en *Revista Histonium*, Buenos Aires, agosto de 1957, Nº 219, pp. 32 y siguientes.

mediante obras de ingeniería de costo moderado en sus desagües, pueden controlarse a voluntad como enormes embalses e incluso podrían ampliarse para usos de aprovechamiento múltiple.

La ENDESA y la Dirección de Riego han ejecutado o tienen en realización trabajos de esta naturaleza en Laguna del Maule, La Invernada y Lago Laja y en proyecto muchos más.

c) Aguas de interés internacional

Al contrario de lo que acontece en otros países latinoamericanos, Chile no posee grandes sistemas de aguas de interés internacional. Con todo, entre Chile, el Perú, Bolivia y principalmente la Argentina, existen varios ríos y lagos de este tipo. Hay aguas de interés internacional sobre todo en el sur del país, donde los Andes pierden altura y su papel de línea divisoria de las aguas. El cuadro 13 enumera los ríos y lagos de ese tipo.

En el norte, el principal río de interés internacional es el Lauca, entre Chile y Bolivia. El gobierno chileno ha construido un acueducto que conduce alrededor del 30 al 40 por ciento del caudal del río hacia el valle de Azapa para utilizarlo en el riego y la producción de energía hidroeléctrica.

En el sur existen varios lagos y ríos —lago Buenos Aires, río Yelcho, sistema Palena-Encuentro— de interés internacional, que están explotados conjuntamente por Chile y la Argentina como vías de navegación. Actualmente, Chile subvenciona la navegación en el Yelcho y el sistema Palena-Encuentro. Las hoyas hidrográficas de interés internacional que poseen un considerable potencial hidroeléctrico (Palena, Aysén, Baker y Pascua) hasta hoy no se han explotado.

2. Aguas subterráneas

a) Norte Grande y Norte Chico

Dada la gran escasez de aguas superficiales en el Norte Grande, y en medida menor, en el Norte Chico, las aguas subterráneas tienen para esas regiones singular importancia.

En la parte norte de la provincia de Tarapacá se producen infiltraciones a lo largo de los valles de los pequeños ríos locales (Lluta, Azapa, Camarones) y algunas de esas aguas se aprovechan para riego y el abastecimiento de poblaciones, como acontece en el valle de Azapa.

Es probable que la gran depresión que es la Pampa del Tamarugal contenga grandes cantidades de aguas subterráneas, por cuanto las lluvias de verano en la zona de alta montaña, por una parte, y la estructura volcánica del suelo, por otra, facilitan la infiltración y la formación de napas subterráneas retenidas por los estratos impermeables que se levantan hacia la costa. Ningún río corta a la Cordillera de la Costa desde Pisagua hasta el río Loa, constituyendo así un dique natural continuo de 200 km de largo para las aguas subterráneas del valle longitudinal. El espesor del ma-

terial permeable no consolidado que cubre este valle es considerable. Un pozo alcanzó 500 m y otro 585 m de profundidad sin llegar a las rocas fundamentales.⁴ En su nacimiento, el río Loa también pierde parte de sus aguas por infiltraciones en la zona de Calama.

Al sur del río Loa, la Cordillera de Domeyko divide la parte llana del Norte Grande en dos secciones muy diferentes. En la sección oriental las aguas provenientes de la Cordillera de los Andes quedan totalmente encerradas por aquella cadena, con lo que tanto las aguas de río como las de las precipitaciones se infiltran en el Salar de Atacama, considerado como la principal reserva de agua subterránea del Norte de Chile. Al oeste de la Cordillera de Domeyko, por ser las aguas superficiales y las precipitaciones muy escasas, prácticamente no existen napas subterráneas.

En el Norte Chico, las aguas subterráneas parecen abundar a lo largo de los cajones de los ríos cubiertos por sedimentos fluviales permeables que alcanzan grandes espesores y que podrían ser de gran valor para ampliar el riego una vez agotadas las superficiales. Aprovechándose también para usos industriales, aunque en algunos sectores no alcanzan a satisfacer las necesidades. En Copiapó, verbigracia, la fundición de cobre emplea 30 litros por segundo de aguas subterráneas, las que en el curso de los últimos 6 a 7 años han mostrado signos de un agotamiento lento pero seguro.

En un interesante informe⁵ se resumen los trabajos que se han realizado en materia de aguas subterráneas en el Norte Grande y el Norte Chico. Según esa fuente, las principales napas freáticas del Norte Grande son las de la Pampa del Tamarugal y del Salar de Atacama. El informe proporciona además estimaciones de las aguas subterráneas de que se podría disponer.

Investigaciones recientes de la Corporación de Fomento confirman la importancia de esas napas. La Corporación ha perforado 5 pozos en el Salar de Atacama, cerca de San Pedro. Uno de ellos no sirvió porque el agua estaba demasiado profunda; pero los otros 4 están suministrando actualmente de 10 a 60 litros por segundo cada uno; de cada pozo podrían bombearse alrededor de 150 a 200 litros por segundo, a menos de 50 metros de profundidad. Sin embargo, estas aguas no pueden emplearse en todos los usos humanos y agrícolas debido a su calidad. Además de una alta proporción de sólidos (2 500 partes por millón), que las hacen impotables, tienen un elevado contenido de boro, que se ha calculado en 15 partes por un millón. (Cabe recordar que una proporción de 3 partes basta para matar casi todo producto agrícola, excepto la alfalfa.) Varios análisis han demostrado la presencia de boro en toda la zona. Sin embargo, en fecha muy reciente, un pozo abierto a unos 40 kilómetros al sur de San Pedro de Atacama produjo agua de buena calidad, con sólo 1.5 partes de boro por millón, aunque localizada a gran profundidad.

Se ha confirmado asimismo la existencia de aguas subterráneas en la Pampa del Tamarugal, pero también

de calidad variable. Parece que ésta es satisfactoria en la parte oriental de la Pampa, pero la producción es baja. En cambio, en la parte occidental la producción más alta tiene calidad inferior. Los análisis practicados por la estación de la Corporación han arrojado hasta 3 000 partes de sólidos y 22 partes de boro. En cambio, estas aguas son bastante adecuadas para la minería del salitre. Cuando sólo contienen boro, pueden utilizarse para beber. Por lo tanto, permitirían abastecer de agua potable a Iquique, a una distancia de unos 50 kilómetros. En conclusión, en todo el Norte Grande no se dispondría de más de 3 a 5 m³/seg. de agua de buena calidad.

En el Norte Chico la calidad del agua subterránea parece ser buena en general y más abundante. El ingeniero Herman House Escobar⁶ da un promedio de 16.5 a 44 m³/seg.

b) Chile Central y Sur Chico

Los estudios hechos parecen indicar que habría cantidades apreciables de agua subterránea en las cuencas de todos los ríos del Valle Central, desde el Aconcagua hasta el Maullín, cerca de Puerto Montt. La escasa longitud y los pronunciados declives de los ríos del Chile Central indican además que, a ciertos intervalos a lo largo del lecho de los ríos —especialmente en los puntos en que se desprenden de la Cordillera— habría considerables afloraciones de aguas subterráneas en forma de vertientes. De existir, tales afloraciones podrían constituir un valioso aporte en la época de bajo caudal de los ríos (por lo general durante los meses de febrero-marzo y abril).

No es mucho lo que se ha hecho hasta ahora en el estudio sistemático de las aguas subterráneas de esta región. La Corporación de Fomento ha investigado el problema en Santiago mismo.⁷ Por su menor costo, por la seguridad de un abastecimiento regular —en especial durante el verano— por la constancia de su temperatura y de su contenido de elementos químicos, las aguas subterráneas se han venido aprovechando intensamente en este centro industrial, el principal de Chile. Funcionan alrededor de 360 pozos, con profundidades que varían entre 25 y 75 metros. Muchos de estos pozos están situados alrededor del centro de la ciudad y el excesivo bombeo está provocando un cono de agotamiento en la capa de agua de esta zona. El bombeo total en la zona de Santiago, ascendería a unos 5 m³/seg.

Así pues, si bien existe un serio peligro de agotamiento por exceso de bombeo en el centro de la capital, podría alumbrarse más agua, a profundidades parecidas, en los alrededores de Santiago. Se estima que, distribuyéndose en forma conveniente los pozos, podrían bombearse hasta 10 m³/seg. sin agotar la napa freática.

Además de esta capas subterráneas situadas a baja

⁶ Op. cit.

⁷ Robert J. Dingman y Lorenzo Barráz "El agua subterránea de Santiago. Informe preliminar", *Boletín del Instituto de Investigaciones Geológicas*, N° 1.

⁴ Véase Instituto de Investigaciones Geológicas, *Boletín* N° 1, 1958.

⁵ Véase Ing. Herman House Escobar, *Recursos de aguas subterráneas en la zona norte*, abril de 1956.

o mediana profundidad, no se excluye la existencia de otras a profundidades mucho mayores. Así lo puso en evidencia la calidad del agua obtenida de pozos artesianos (alrededor de 150 metros) que hace algunos años perforó el Ministerio de Obras Públicas al oeste de la capital. Estas aguas son más calientes, más delgadas y contienen menos sólidos que las provenientes de las napas actualmente explotadas en Santiago. Si tales capas existiesen bajo la ciudad a unos 300 metros, la solución del problema del abastecimiento de agua potable podría facilitarse considerablemente.

En el resto de Chile Central y en el Sur Chico, las aguas subterráneas se emplean en las pequeñas ciudades para proveerse de agua potable y en algunas empresas industriales. El nuevo servicio de abastecimiento de agua de Valparaíso arrancará de una galería subterránea situada bajo el lecho del río Aconcagua, en Las Vegas. Al sur de Santiago, parte del agua subterránea se aprovecha en el riego, existiendo en explo-

tación entre 100 y 200 pozos. También se está trabajando actualmente en aguas subterráneas dentro del Plan Chillán. A la altura de Chillán, en una línea que va de este a oeste, a través del Valle Central, se han perforado 5 pozos profundos. Es interesante anotar que los 5 pozos resultan económicos, aun los que se usan para el riego. Dada la creciente escasez de aguas superficiales en relación con la demanda en el Chile Central,⁸ los recursos de aguas subterráneas irán adquiriendo cada vez mayor importancia en esa zona para los efectos de su abastecimiento hidráulico.

Los recursos de aguas subterráneas del Sur Grande no se han explorado, pero teniendo en cuenta la gran abundancia de aguas superficiales con que cuenta esa región, un estudio de aquellos recursos no pasaría de ofrecer, en cualquier futuro previsible, sino un interés puramente académico.

⁸ Véase el capítulo II de la Segunda Parte de este estudio.

II. SERVICIOS HIDROLÓGICOS EXISTENTES Y ANÁLISIS DEL MATERIAL Y DE LAS INSTALACIONES DISPONIBLES

1. Lista y organización de los servicios actuales

a) Aguas superficiales

La medición del gasto de los ríos se encuentra a cargo de dos organismos públicos:

i) la Sección Hidrométrica de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, servicio dirigido por un ingeniero jefe y subdividido en dos zonas geográficas, a la cabeza de cada una de las cuales se encuentra un ingeniero: desde el Norte hasta el río Rapel, y desde el río Mataquito hasta el Sur, contando los ingenieros de ambas zonas con el asesoramiento de 8 y 5 técnicos respectivamente; y

ii) la Sección Hidrológica de la ENDESA.

Además de estos dos organismos públicos, la Braden Copper Company efectúa mediciones en el nacimiento del río Cachapoal, datos que reúne y archiva la Sección Hidrológica de la ENDESA.

Fuera de los servicios permanentes, la Corporación de Fomento ha organizado misiones hidrológicas temporales, como la del Sur Grande, en 1947.

b) Aguas subterráneas

Los trabajos de perforación están a cargo de tres organismos públicos:

i) la Sección Aguas Subterráneas de la Corporación de Fomento, que procede a perforar pozos en el país a solicitud de las partes interesadas para usos comerciales, industriales y riego, realiza ensayos de bombeo por su cuenta, reuniendo muestras de materiales (Chillán);

ii) la Sección Agua Subterránea de la Dirección de Riego, que realiza perforaciones para la Dirección misma o para terceros, y que lleva a cabo in-

vestigaciones sobre abastecimiento de ese tipo de agua en varias partes del país, pudiendo destacarse dos estudios, uno en Tarapacá y otro en Antofagasta y el valle del río Loa;⁹

iii) la Dirección de Obras Sanitarias, que tiene a su cargo el abastecimiento de agua de todas las ciudades de más de 2 000 habitantes, y que, aunque no realiza perforaciones por sí misma, alquila el material de perforación que requieren a los contratistas particulares.

Además de esos organismos públicos, existen 5 ó 6 empresas privadas que se dedican a estos trabajos.

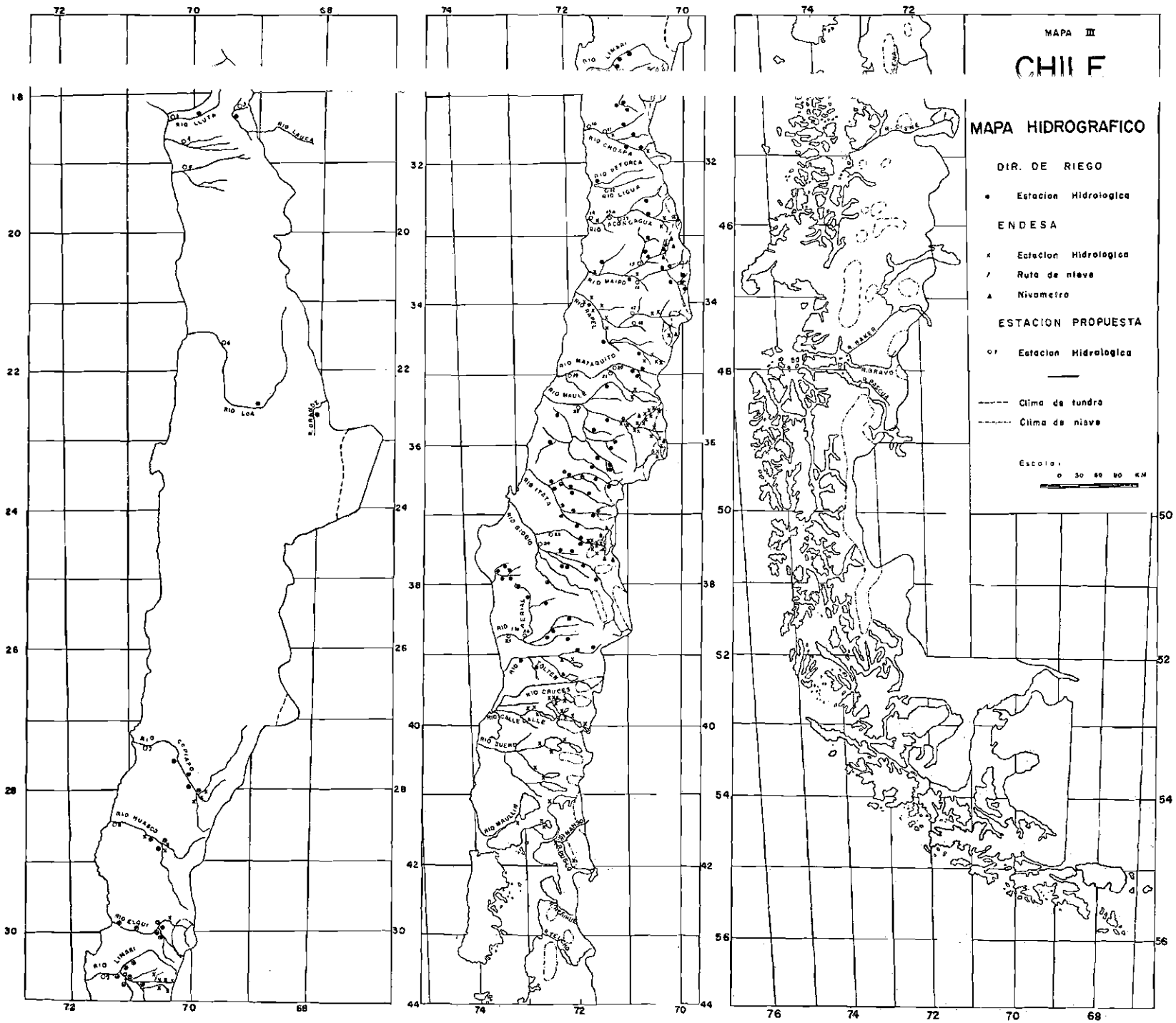
El Instituto Geológico, finalmente, se ocupa de formar geólogos especialistas en aguas terrestres, dirigir investigaciones científicas y reunir datos sobre recursos hidráulicos terrestres, todo ello como parte de sus actividades geológicas.¹⁰

c) Calidad del agua

El Instituto Geológico dispone en la Escuela de Ingeniería de Santiago de un laboratorio para analizar la calidad de las aguas subterráneas. Por su parte, la Dirección de Riego cuenta con otro laboratorio para analizar la calidad de las aguas superficiales y de las aguas de los pozos que construye. Un tercer laboratorio importante es el de la Dirección de Obras Sanitarias, ubicado también en Santiago, y en el cual se analiza el agua para determinar su aptitud para el consumo del hombre. En las ciudades que cuentan con sistemas públicos de abastecimiento de agua existen pequeños laboratorios con la misión de comprobar la calidad de ese elemento.

⁹ La Sección también tiene a su cargo las perforaciones necesarias para estudiar el subsuelo en que se asientan las represas.

¹⁰ Esas actividades representan alrededor de la cuarta parte del trabajo del Instituto.





2. Material e instalaciones disponibles

a) Estaciones de medición de caudales

La Sección Hidrométrica de la Dirección de Riego y la Sección Hidrográfica de la ENDESA mantienen 109 y 100 estaciones de medición respectivamente. Las de la Dirección de Riego se distribuyen entre el río Lluta, en el norte, y el Toltén, en el sur. Las de la ENDESA empiezan en el río Copiapó y terminan en el Puelo (1957). En el río Aysén se está instalando la primera estación de la ENDESA en el Sur Grande.

En el cuadro 14 se indica el número de estaciones, por ríos, que mantienen estos dos organismos. Divídense en estaciones de "limnímetro" y en estaciones de "limnígrafo", según que empleen aparatos medidores ordinarios, que lee el personal, o aparatos registradores. Todas las estaciones miden los caudales periódicamente. Se establecen relaciones entre los caudales medidos y los niveles del agua, que luego se emplean para calcular los gastos medios mensuales en metros cúbicos por segundo en cada sitio. El mapa III muestra las posiciones de las estaciones hidrológicas existentes.

b) Distribución de las mediciones de caudal

Las estaciones de la Dirección de Riego por lo general están situadas en los puntos en que los ríos arrancan de los primeros contrafuertes de la Cordillera; en cambio, las estaciones de la ENDESA se encuentran en el nacimiento de los ríos, donde existen pronunciadas caídas aptas para la generación de energía. De este modo, los datos que recoge la ENDESA complementan los de la Dirección de Riego. Pero en los ríos de Chile existen muchos canales particulares, algunos de ellos muy antiguos, que utilizan grandes cantidades de agua y cuyos caudales ni se miden ni se registran oficialmente. Se dispone de algunas mediciones de los gastos de los canales —y los correspondientes

registros— hechas por la Asociación de Canalistas, pero la Dirección de Riego no tiene registro alguno de esos gastos. Como en algunos casos las bocatomas de los canales se encuentran río arriba de la estación de medición, los datos obtenidos no representan el agua de que realmente puede disponerse.

c) Material para aguas subterráneas

Existen en Chile alrededor de 50 a 60 aparatos de perforación. La Sección Aguas Subterráneas de la Corporación de Fomento dispone de 14, y la Dirección de Obras Sanitarias del mismo número. Por su parte, la Dirección de Riego posee alrededor de 20, que se adquirieron con un préstamo del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento para obras en el río Elqui. Cuando terminaron esas obras, el material se transfirió a la Dirección. Cada contratista particular cuenta con uno a tres aparatos.

d) Registros

La Dirección de Riego y la ENDESA llevan sus propios registros de todas las mediciones de caudal de los ríos, pero ninguna de esas organizaciones publica sus datos. Sin embargo, cualquiera de ellas puede obtener libremente de la otra los que ésta reúne.

La Sección Aguas Subterráneas de la Corporación de Fomento lleva controles de los pozos y registros permanentes de las perforaciones practicadas. Estos registros se encuentran a disposición de los demás servicios y del público. La Dirección de Riego también reúne datos sobre los pozos y los pone a disposición de los interesados, principalmente para fines de riego. Lo mismo que en el caso de las aguas superficiales, estos datos no se publican. No existen registros sistemáticos del agua aluminada de las napas subterráneas, lo que significa un grave vacío dado el peligro de agotamiento de las napas, como en el caso ya mencionado del centro de Santiago.

III. ESTUDIO CRÍTICO DE LOS ORGANISMOS HIDROLÓGICOS Y SUGESTIONES PARA SU REORGANIZACIÓN

1. Coordinación

Sin duda, la coordinación sistemática entre los organismos que se ocupan de mediciones e investigaciones hidrológicas en Chile sería beneficiosa para la hidrología, por cuanto permitiría evitar la duplicación de maquinaria, reducir los gastos generales, uniformar la recolección de datos y facilitar el mantenimiento y la reparación de las instalaciones.

La coordinación entre los actuales servicios hidrológicos podría hacerse a través de la Comisión de Meteorología e Hidrología sugerida en el capítulo precedente. Para evitar las duplicaciones o los vacíos, esta Comisión revisaría periódicamente las actividades programadas por cada organismo. La misma Comisión podría coordinar también los trabajos de índole hidrometeorológica e hidrológica, aunque, en verdad esto se hace

ya en parte mediante la integración de los servicios hidrometeorológicos al través de las secciones de hidrometría de la Dirección de Riego y de la ENDESA. Por lo que toca a los servicios de aguas subterráneas, en caso de adoptarse la solución de centralizarlas todos en un nuevo Departamento Hidráulico, las investigaciones geológicas en relación con el agua subterránea podrían dejarse fuera del servicio, porque sería difícil formar un personal de geólogos para ese solo propósito. En tal caso habría que establecer una estrecha colaboración —que podría comprender aun la facilitación de personal por parte del Instituto— entre el Instituto Geológico y el Departamento Hidráulico.

2. Exactitud de los registros hidrológicos

El trabajo que desarrolla la Dirección de Riego y de

Cuadro 14
CHILE: ESTACIONES HIDROLÓGICAS

Río	1 Dirección de riego		2 ENDESA		3 Estaciones propuestas ^a		Observaciones
	Limnímetro	Limnígrafo	Limnímetro	Limnígrafo	Limnímetro	Limnígrafo	
Lluta.	1 *	—	—	—	2 (1 y 2A)	1 (2)	* Una estación se transformará en limnígrafo
Lauca.	—	1	—	—	—	1 (3)	
Quebrada de Vitor	—	—	—	—	1 (4)	—	
Camarones.	—	—	—	—	—	1 (5)	
Loa.	—	1	—	—	—	1 (6)	
Grande.	1	—	—	—	—	—	
Copiapó.	4 *	—	—	3	—	1 (7)	* Una se transformará en limnígrafo
Huasco.	2 *	1	1	—	—	1 (8)	* Conjuntamente con la ENDESA
Elqui.	5	1	1 *	3 **	—	—	* Turbio en Huanta; recientemente instalada — registra también la luminosidad solar — ** 3 para fines de 1958 y comienzos de 1959
Limarí.	5	5	—	7	—	1 (9)	
Choapa.	4	—	—	4 *	—	2 (10 y 11)	* Dos en curso de instalación en 1958
Petorca.	1	—	—	—	—	—	
Ligua.	—	—	—	—	—	1 (12)	
Aconcagua.	1	1	—	4	2 (13A y 14)	1 (13)	
Maipo con Mapocho	5	6	—	1	1 (15)	1 (16)	
Rapel.	3	—	5	9 *	—	2 (17, 18)	* Una más en curso de instalación en 1958
Casablanca.	5	—	—	—	—	—	
Mataquito.	2	1	— *	2	2 (20, 21)	1 (19)	* Para 1958, en Río Teno (no se incluye en el total)
Maule.	5	7	4	14 *	—	1 (22)	* Proyectada para 1959 (no se incluye en el total) 1 instalada en Río Claro (1958)
Itata.	18 *	—	—	—	—	—	* En curso de instalación en 1957
Bío-Bío.	8+2 *	1	6 **	4+4 *	1 (24)	1 (23)	* Otras 6 en instalación en 1958
Imperial.	6	—	—	—	2 (25, 26)	—	** (no se incluyen en el total)
Toltén.	5	—	2	—	—	—	
Valdivia.	—	—	10 *	4	—	—	* En estudio (no se incluyen en el total)
Bueno.	—	—	4 *	2	—	—	* Una se transformará en limnígrafo en 1958
Mauñín.	—	—	1	1 *	—	—	* En el Lago Llanquihue; se instalará en 1958
Chamiza.	—	—	—	1 *	—	—	* A la salida del Lago Chaco
Petrohué.	—	—	—	1 *	—	—	* A la salida del Lago Todos los Santos
Puelo.	—	—	— *	1	—	—	* En estudio (no incluida en el total)
Aysén.	—	—	1	— *	—	—	* Limnígrafo en estudio por la ENDESA
Total.	83	25	35	65	11	17	

NOTA: Los números entre paréntesis indican la ubicación en el mapa 4 de las nuevas estaciones propuestas.
^a La dirección de Riego y la ENDESA tienen actualmente en estudio planes para nuevas estaciones.

la ENDESA puede considerarse de buena calidad y los datos aceptables. Sin embargo, existen muy pocas estaciones de medición con registros que abarquen períodos de tiempo realmente largos. Las estaciones más antiguas son las del Maipo (La Obra) pertenecientes a la Compañía Chilena de Electricidad, establecidas en 1912, y las del río Cachapoal, creadas por la Braden Copper Company en 1917. Durante el decenio de 1930 a 1939 hubo interrupciones en las mediciones de las estaciones de la Dirección de Riego y el registro sistemático sólo comenzó durante la década siguiente. Todas las estaciones de la ENDESA empezaron a funcionar en esta última.

La duración de los registros no es satisfactoria y las conclusiones que de ellos pueden derivarse merecen algunas reservas, puesto que para tener datos fidedignos sobre mínimas, medias y máximas, se requieren aproximadamente 30 años de observaciones continuas.

3. Aumento del número de estaciones para aguas superficiales

El actual número de estaciones no basta para determinar la cantidad de agua que arrastran los distintos ríos de Chile durante todo el año.

a) En la zona comprendida entre el límite septentrional del Norte y el límite meridional del Sur Chico, recomiéndase el establecimiento por la Dirección de Riego de por lo menos 28 estaciones de medición adicionales. Además, en dos estaciones establecidas convendría reemplazar los aparatos que deben ser leídos por los observadores por otros de registro automático.

En general las 28 nuevas estaciones de medición convendría instalarlas en el curso inferior de los ríos. Estas estaciones tendrán necesariamente que proporcionar datos para calcular con exactitud el agua de cada sistema hidrográfico y, en particular, para determinar el caudal que desemboca en el mar. Estas estaciones representan las necesidades mínimas. Por supuesto, es esencial instalar otras estaciones de medición en puntos estratégicos para fines específicos, a cuyo efecto, la Dirección de Riego está preparando actualmente un plan.¹¹ (Véase de nuevo el cuadro 14 y el mapa III.)

El personal necesario para atender adecuadamente las 108 estaciones de medición de los caudales que hay en funciones y las 28 previstas, comprende la provisión de 6 auxiliares técnicos más. El costo de adquisición e instalación de los instrumentos ascendería a unos 27 millones de pesos (1957) y 9 000 dólares. Los gastos anuales por concepto de mantención y funcionamiento (más el sueldo de los 6 técnicos propuestos) ascenderían a 23 millones de pesos (1957) aproximadamente.

b) En lo que atañe a la hidroelectricidad, el período medio actual de observaciones de las estaciones de la ENDESA a través del país es de más o menos 13 años.

Esto no basta para predecir con suficiente exactitud las tendencias de los caudales puesto que se requiere un mínimo de 20 a 25 años de observaciones. Es posible que, merced a la capacidad de sus técnicos, la ENDESA haya podido evitar hasta ahora grandes errores, pero, dado el considerable desarrollo de la hidroelectricidad en lo futuro, sería muy aconsejable disminuir ese riesgo. En relación con esto, la ENDESA tiene el firme propósito de comenzar a medir los caudales de los ríos del Sur Grande, e instalará cinco estaciones en los ríos Aysén, Baker y Pascua. Sin embargo, es mucho más lo que se necesita en esa región, como asimismo en todo el país, y la mencionada entidad está estudiando un programa amplio que no sólo incluirá la creación de nuevas estaciones hidrológicas e hidrometeorológicas (medición pluviométrica de la evaporación, etc.), sino también la provisión de los materiales necesarios para los próximos doce años. Es incuestionable que será menester coordinar los planes de la Dirección de Riego, la ENDESA y la Oficina Meteorológica. Lograda esta coordinación, habrá que darles a esos planes la necesaria prelación que impone su importancia desde el punto de vista de la preparación y planeamiento de los proyectos de riego e hidroelectricidad.

4. Investigaciones sobre aguas subterráneas

Ya se ha puesto de relieve la creciente importancia de los recursos subterráneos para el abastecimiento de agua en las distintas zonas del país. Convendría considerar en primer lugar el llevar a cabo nuevas exploraciones en Santiago para ubicar fuentes complementarias de agua para la bebida y usos industriales. Si las primeras perforaciones confirman la existencia de napas freáticas profundas, el costo de perforación de 15 a 20 pozos profundos y de su funcionamiento ascendería a menos de un millón de dólares y bastarían unos pocos meses de trabajo, en tanto que la construcción de represas de almacenamiento río arriba resultaría mucho más cara y más larga. Además, esto permitiría evitar los conflictos que pudieran surgir al solicitarse las aguas superficiales para otros usos.

Las exploraciones sobre aguas subterráneas habría que proseguirlas en el norte del país, donde las superficiales son tan escasas. Mas como también los recursos subterráneos son limitados, las exploraciones deben elegirse muy bien con el fin de evitar empresas costosas, y basarse en una cuidadosa información geológica, que hasta ahora ha faltado.

Las aguas subterráneas tendrán cada vez mayor importancia para el riego en Chile Central. Habría que explorar sistemáticamente los recursos subterráneos de las cuencas hidrográficas de los ríos Aconcagua y Maipo, donde se deja sentir una escasez creciente de aguas superficiales con relación a las necesidades. También podrían realizarse otras exploraciones más al sur, para atender las necesidades de aquellas tierras que por su ubicación están fuera del alcance de las aguas superficiales. A esos efectos, la Corporación de Fomento iniciará pronto las exploraciones en la zona de San

¹¹ 1957. La Dirección mencionada, en cooperación con la ENDESA y la Oficina de Meteorología, preparó un plan integral de expansión de la red de estaciones hidrológicas que fue presentado al Fondo Especial de las Naciones Unidas y aprobado en 1959.

Carlos. Para todos estos trabajos habrá necesidad de más material de perforación.

5. Centralización y publicación de registros

Sería muy de desear que todos los datos hidrológicos se reunieran anualmente y que se verificaran y publicaran en forma de un anuario hidrológico de Chile. Dicha publicación debería contener todos los datos originales que se hubiesen registrado y dar los resultados que arroja su elaboración, verbigracia, el gasto en cada estación expresado en $m^3 \times 10^6$, por mes, etc., para cada año. Habría de señalar asimismo cualquier hecho especial —cambios de los sitios de medición, cambios en el curso de los ríos, etc.— que pudiese influir en la validez de los registros. Por último, la referida publicación no debería limitarse únicamente a los recursos mismos, sino dar también observaciones de los canales y otros consumos que gastan agua de cada río, y acompañar planos de los sistemas de cana-

les. Lo mismo habría que decir, por supuesto, respecto de las aguas subterráneas.

6. Aguas de interés internacional

En general, no parece probable que las aguas de interés internacional se aprovechen en el futuro inmediato, aunque la mayor parte de sus usos potenciales guarda relación con la energía hidroeléctrica, que requiere un largo período de mediciones previas. Por consiguiente, apenas fuera posible, convendría instalar estaciones de medición en los lagos con el objeto de medir el nivel de las aguas. Del mismo modo, habría que instalar aparatos de medición a la salida de los ríos alimentados por aquéllos. Tales aparatos deberían leerse diariamente y registrarse los resultados. De particular interés para esas zonas son los aparatos de registro que funcionan solos durante seis meses. Estas mediciones hidrológicas convendría hacerlas en colaboración con la Argentina.

SEGUNDA PARTE

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS

Capítulo I

ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA Y JURÍDICA

I. PLANEAMIENTO HIDRÁULICO: ORGANIZACIÓN Y ACTIVIDADES

Conviene recordar brevemente los distintos aspectos de una política pública integral en materia de aprovechamiento de recursos hidráulicos, a saber:

- 1º Programación, que comprende las siguientes etapas.
 - a) Medición de los recursos;
 - b) Proyección de la demanda de agua;
 - c) Definición de una política hidráulica;
- 2º Planes concretos de las obras y los servicios;
- 3º Construcción de las obras y organización de los servicios;
- 4º Coordinación entre los distintos servicios;
- 5º Funcionamiento de las obras y prestación de los servicios;
- 6º Fiscalización del cumplimiento del programa.

Los aspectos primero y último constituyen en realidad una sola fase: la del planeamiento propiamente tal. Deben abordarse con unidad de criterio dentro del marco de una política económica general como manera de asegurar la debida coordinación y el aprovechamiento eficiente de las aguas. Ello no parece posible si el planeamiento no se confía a un solo organismo gubernamental (que bien podría ser una comisión formada por representantes de las distintas instituciones interesadas).

Por lo que respecta a la ejecución, no es conveniente centralizarla en un organismo único, como tampoco es posible subordinar toda la administración pública al desarrollo de un solo recurso natural. Las instituciones gubernamentales chilenas se estudiarán a la luz de estas consideraciones generales.

1. Sistema de planeamiento general

Al Ministerio de Obras Públicas, a través de su Junta y de su Dirección de Planeamiento, le corresponde i) planear y coordinar las obras que realicen sus dos Direcciones de Riego y de Obras Sanitarias, y ii) coordinar las obras que proyecten y ejecuten otros ministerios, instituciones semifiscales, empresas autónomas del estado y toda persona jurídica creada por ley en que tenga participación el estado.

Este bosquejo parecería indicar que existe un órgano general encargado de elaborar los planes de obras públicas. Sin embargo, existen otros muchos aspectos que deben considerarse en toda programación general y que escapan a la competencia de la Junta.

La Dirección de Planeamiento es el órgano de estudio y coordinación que debe someter sus conclusio-

nes a la consideración de la Junta. Debe mantener actualizado un Plan Quinquenal de Obras Públicas. Este Plan —preparado por la Dirección en 1954, aprobado por la Junta y sancionado por el Ejecutivo mediante el Decreto 2300, de 3 de diciembre de 1954— consulta una serie de obras públicas que habían de construirse durante el quinquenio 1955-59, entre ellas obras de interés hidráulico, como las sanitarias y de riego. Sin embargo, en lo que respecta a este último, la Corporación de Fomento y el Ministerio de Agricultura elaboraron al mismo tiempo un "Plan de Desarrollo Agrícola y Transportes", que difiere en criterio, hipótesis y objetivos. O sea, dos organismos de un mismo gobierno han estado trabajando en cuestiones hidráulicas simultáneamente pero en sentidos diferentes. Cabe hacer notar que ningún plan se ha cumplido en la forma programada.

Además del Plan Quinquenal de Obras Públicas, la Dirección de Planeamiento ha preparado otros dos planes regionales, que también comprenden obras hidráulicas. Ambos son quinquenales, aunque no especifican la fecha en que habrán de comenzar. El Plan Arica, para el departamento del mismo nombre de la provincia de Tarapacá, contiene estimaciones sobre riego y abastecimiento de agua. El Plan Norte (septiembre de 1955) es un mero conjunto de conclusiones preliminares para un estudio de mayor envergadura sobre el desarrollo de las provincias de Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo. Incluye las obras previstas en el Plan Arica. Ambos planes sugieren la creación de organismos autónomos regionales para su ejecución.

La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) cuenta con su propio Departamento de Planificación y Estudios. Esta entidad preparó el Plan de Electrificación del país y, según ya se indicó, en colaboración con el Ministerio de Agricultura formuló el Plan de Desarrollo Agrícola y de Transportes, con el que el gobierno de Chile se propuso aplicar las sugerencias del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y de la FAO, contenidas en su estudio conjunto titulado *La Economía Agraria de Chile* (1952); aunque los dos planes se ocupan del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, no han sido coordinados.

Formulados estos planes, la CORFO ha cesado su labor en materia de planificación del aprovechamiento del agua en la agricultura, aunque se ha dedicado a ejecutar gradualmente sus recomendaciones del Plan de Desarrollo Agrícola en la parte que le concierne.

La fiscalización del cumplimiento integral del plan se confió al Consejo de Fomento e Investigaciones Agrícolas (CONFIN), creado en junio de 1953. Tampoco este plan se ha cumplido, ante todo por dificultades de financiamiento.

Por lo que toca a la hidroelectricidad, la ENDESA se ha encargado y ha asumido la ejecución del plan hidroeléctrico y ha actualizado y publicado una segunda edición revisada del plan original.

De modo, pues, que en la hora actual no existe ninguna institución encargada de formular un programa de desarrollo hidráulico integral.¹

2. Planeamiento hidráulico por sectores

El planeamiento hidroeléctrico en el sector privado lo abordó el Instituto de Ingenieros de Chile en 1935, ampliando en 1939 su estudio original a solicitud del gobierno. Ambos estudios consideraban que la ejecución de un plan nacional de electrificación debía distribuirse entre el gobierno y las empresas privadas. En 1939 se creó la Corporación de Fomento, una de cuyas primeras actividades fue preparar el Plan de Electrificación del País (impreso en 1942). Su ejecución se confió a la ENDESA, que volvió a actualizar el plan original en 1956. Este plan, aunque bien fundamentado y de vasto alcance, sólo se ocupa de la ejecución de obras para la generación y distribución primaria del sector público.

La ENDESA no consulta sus planes con la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas, organismo creado con posterioridad a ella. Dicho en otros términos, la Dirección de Planeamiento no tiene ingerencia en el planeamiento hidroeléctrico. Sin embargo, en la práctica la ENDESA está obligada a consultar sus proyectos hidroeléctricos con la Dirección de Riego para los efectos de obtener de ésta las mercedes necesarias para el aprovechamiento de aguas de dominio público. Esta actividad de la Dirección de Riego no la fiscaliza la Dirección de Planeamiento, lo que tampoco puede considerarse una política de planificación coordinada.

En lo que atañe al abastecimiento de agua para usos domésticos, ni la Dirección de Obras Sanitarias ni la Empresa de Agua Potable de Santiago mantienen contacto directo con la Dirección de Riego, aun cuando todas esas entidades tienen que enfrentarse con problemas causados por la escasez de agua. Tampoco tienen conexión con aquellas instituciones que conocen del aprovechamiento del agua en centrales de energía hidroeléctrica. En cambio, la Dirección de Planeamiento interviene en los planes de la Dirección de Obras Sanitarias,² juntamente con el Servicio Nacional de Salud.

El directorio de la Empresa de Agua Potable de Santiago³ está formado por representantes de la Mu-

nicipalidad de Santiago, del Servicio Nacional de Salud y del Ministerio de Obras Públicas. La Empresa no consulta con la Dirección de Planeamiento la elaboración de sus planes, no obstante atender las necesidades de Santiago, donde habita el 25 por ciento de la población total del país.

La Dirección de Obras Sanitarias está recurriendo al alumbramiento de aguas subterráneas para abastecer las poblaciones, lo que también hacen muchas empresas particulares para satisfacer sus propias necesidades. No existe coordinación alguna entre estas actividades y las que, con fines de riego, realizan la Dirección de Riego y la CORFO.

En lo que se refiere al aprovechamiento de las aguas en la agricultura, la actividad en punto a planificación está parcelada en tres sectores:

i) El planeamiento de las grandes obras de captación, almacenamiento y conducción de aguas incumbe a la Dirección de Riego, con la participación de la Dirección de Planeamiento y del Ministerio de Agricultura. La ley exige el dictamen del Ministerio sobre la rentabilidad económica y las tasas de amortización de los proyectos. En la práctica, sin embargo, el Ministerio de Agricultura no participa en la elaboración de los planes y sólo opina *a posteriori* sobre los aspectos referidos de los proyectos de la Dirección de Riego, que cuenta con su propia oficina de agronomía para prepararlos.

ii) Las obras medianas, incluso las de regadío mecánico. Una parte de estas obras la proyecta y ejecuta la CORFO, sin que exista un plan general al respecto, pues las hace o a solicitud de parte interesada, o para ayudar a resolver otros problemas de su incumbencia. De otra parte de las referidas obras ocúpase la Dirección de Riego, también a pedido de los interesados. Por último, también ejecutan obras de esta naturaleza los particulares, pero sin sujetarse a plan de conjunto alguno, y menos a coordinación con los planes de obras públicas.

iii) Las obras individuales de riego de los fundos o de conducción de aguas a los mismos son de la exclusiva incumbencia de los particulares y escapan a toda planificación. En algunas regiones (verbigracia Chillán) se realiza una intensa labor educativa y se proporcionan algunas facilidades crediticias (CORFO y Banco del Estado), pero sin obedecer a un plan integral.

No existe la menor coordinación entre estos tres sectores de actividades.

Entre los usos agrícolas queda comprendido el saneamiento de tierras por avenamiento. Incumbe esta labor a la Dirección de Riego, que no cuenta con los medios adecuados para abordar este problema en forma sistemática. Hay otros organismos que suelen desempeñar ocasionalmente esta función, como la Caja de Colonización Agrícola (en los terrenos de su propiedad), y, una vez más, sin acción planificada.

Tampoco se han elaborado planes para la defensa contra la salificación y erosión. Contra esta última se realiza una intensa labor, pero sólo de alcance regional (Chillán). En todo caso, la política forestal —asun-

¹ Véase: Administración pública en la política de desarrollo (TAA/LAT/17), 1957, pp. 39 ss. y 51 ss.

² Decreto-Ley 150 (3 de agosto de 1953), Art. 17.

³ Decreto-Ley 150 (3 de agosto de 1953), Art. 51, y Ley N° 1012 (31 de enero de 1938).

to que escapa al objeto del presente estudio— guarda estrecha vinculación, en el centro y sur del país, con la política hidráulica en razón de la directa influencia que los bosques tienen en la conservación de los recursos hidráulicos.

Las obras de defensa contra las avenidas y de regulación de las crecientes son de la incumbencia de la Dirección de Obras Sanitarias, que es la encargada de planearlas en colaboración con la Dirección de Planeamiento. Sin embargo, la delimitación territorial de la labor de la primera excluye de hecho de su actividad la protección de los predios rurales, y ello repercute también en la de los predios urbanos. La Ley 11402 —promulgada cuatro meses después del Decreto-Ley 150 (1953)— pone de manifiesto la falta de todo concepto de coordinación en la actividad estatal en materia de planeamiento hidráulico.

También competen a la Dirección de Obras Sanitarias los problemas relacionados con la contaminación de las aguas. Sin embargo, en lo que atañe a la agricultura, el encargado de estudiar sus causas y sus efectos es el ministerio del ramo, aunque sin un plan de acción preestablecido.

No existe ningún organismo que se ocupe de planear el transporte fluvial y lacustre, dispersándose la actividad que se cumple a este respecto entre la Dirección de Transportes Marítimo, Fluvial y Lacustre, la Dirección de Obras Portuarias y la Dirección del Litoral dependientes de distintos ministerios y sin ninguna vinculación entre sí.

La Dirección de Pesca y Caza (Ministerio de Agricultura) se ocupa de todo lo referente a la pesca. Tampoco existe un plan y hasta aquí no se ha prestado atención alguna a los conflictos que pudiesen surgir con motivo de otros usos de las aguas, y ello a pesar de existir disposiciones sobre el particular en el Decreto-Ley 84, de 12 de marzo de 1931.

Los particulares pueden obtener créditos de fomento del Banco del Estado, de la CORFO y de la Caja de Colonización Agrícola. Las dos primeras instituciones también conceden préstamos a otras entidades estatales, sobre todo para obras de regadío (mecánico o gravitacional) y de electrificación rural, esta última especialmente en cuanto se aplica al riego. No existe sin embargo una política crediticia de fomento hidráulico.

Reciben atención particular los programas de fo-

mento regional. Gracias a un convenio celebrado entre los gobiernos de Chile y los Estados Unidos⁴ se elaboró un plan de desarrollo agrícola para las provincias de Maule, Ñuble y Concepción (Plan Chillán). Del lado chileno, participan en el Plan —que no abarca la industria ni el comercio— los Ministerios de Agricultura, Salud Pública, Tierras y Colonización, la CORFO y la Universidad de Concepción. De la programación y coordinación están encargados un Consejo Coordinador Interministerial y un Coordinador General (del Ministerio de Agricultura). En cuanto a su aprovechamiento en la agricultura, las aguas se han considerado en varios “proyectos”.⁵ Dentro de este limitado aspecto —y siempre en la órbita regional— el plan es el más completo de cuantos se han elaborado en Chile, pues comprende i) obras grandes y medianas, a cargo de la Dirección de Riego (incluyendo mediciones hidrológicas) y obras de regadío mecánico, a cargo de la CORFO; ii) captación sistemática de aguas subterráneas, con estudios hidrológicos preliminares, a cargo de la CORFO; iii) conservación de los cursos de agua y de los suelos ribereños; iv) difusión de métodos de regadío modernos dentro de los fundos con vistas a un mejor aprovechamiento de las aguas; v) formación y capacitación de personal para planear y llevar a cabo estas actividades.

Como se mencionó antes, el Plan no se ocupa del aprovechamiento de las aguas en usos no agrícolas ni de las obras que para ello se requerirían. No se han previsto una evaluación completa de los recursos hidráulicos de la región ni los estudios meteorológicos en que debería fundarse. En cuanto a los estudios hidrológicos, se refieren sólo a las aguas superficiales de los ríos Ñuble, Chillán y Diguillín, en relación con las grandes obras hidráulicas y la racionalización de las redes de regadío necesarias para la distribución de las aguas.

⁴ Convenio básico de Cooperación Técnica entre los Gobiernos de Chile y los Estados Unidos, de fecha 16 de enero de 1953.

⁵ Cabe citar entre ellos el Proyecto 22 (Conservación de Suelos y Aguas — 15 de agosto de 1953); los Proyectos 25-29 (Investigación agrícola y económica—1º de agosto de 1953 y 1954); el Proyecto 28 (Coordinación del Plan—1º de agosto de 1953); el Acuerdo con la CORFO sobre el uso de aguas en Concepción, Ñuble y Maule (27 de julio de 1953) y su Proyecto 1 (20 de enero de 1955); Acuerdo con el Ministerio de Tierras (30 de diciembre de 1953) y sus Proyectos 1 y 3 sobre reforestación.

II. CATASTRO DE LOS DERECHOS DE AGUAS

La inscripción de las mercedes de agua en un registro público, además de la importancia jurídica de garantizar los derechos de sus titulares, tiene la de que permitiría a la administración pública mantener al día un inventario del aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Esta finalidad estadística no se cumple en Chile, lo que priva a la administración de un elemento fundamental para toda programación y la obliga a basarse en meras estimaciones.

Existe una importante categoría de derechos de aguas no sujetos a inscripción, sencillamente porque

la ley no lo exige: los nacidos o constituídos antes de la vigencia del Código de Aguas (1º de abril de 1951). La legislación anterior a este Código otorgaba a los propietarios ribereños el derecho a aprovechar las aguas de dominio público *proprio jure*, sin necesidad de concesión, y cuando aquel cuerpo legal confirmó tales derechos no impuso su inscripción.

Desde la promulgación del Código no se puede hacer nuevos usos de las aguas sin una merced y sin la inscripción de ésta. Pero durante cerca de un cuarto de siglo, antes de dictarse el Código, las Municipali-

dades, los Intendentes de provincia y el Ejecutivo concedieron muchas mercedes, cuya inscripción quedaba entregada al arbitrio de los interesados.

Otro inconveniente es la multiplicidad de registros. Existen por lo menos dos registros generales, el que lleva la Dirección de Riego y los que llevan los Conservadores de Bienes Raíces. El primero abarca todo el país y está dividido por cuencas hidrográficas o canales. En cambio, los registros de los Conservadores de Bienes Raíces están organizados de acuerdo con las divisiones políticas del país. Algunos derechos de agua de inscripción obligatoria en los libros de los Conservadores no se incorporan en el registro de la Dirección de Riego. Otros deben inscribirse en cuatro registros diferentes y los registros de las Asociaciones de Canalistas no concuerdan a menudo con el de la Dirección o con el del Conservador pertinente.

III. ADMINISTRACIÓN Y SISTEMÁTICA JURÍDICA DE LAS AGUAS SEGÚN SUS USOS

1. Usos domésticos y urbanos (agua potable y alcantarillado)

a) Aspectos institucionales

La construcción de las obras y la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y desagües pluviales urbanos en todo el país —con la sola excepción del servicio de agua potable de la ciudad de Santiago (Decreto-Ley 150, Art. 21)— son de la competencia de la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas.

Sin embargo, el artículo 51 de la Ley de Municipalidades (Decreto 3031, de 4 de julio de 1949) atribuye a éstas competencia para reglar “el uso, construcción, nivelación y limpieza de cloacas”, y el artículo 52, facultad para autorizar “la construcción, abovedamiento y uso de pozos, cisternas, acueductos y esclusas”. Estos dos artículos ponen potencialmente en conflicto a las autoridades comunales con la Dirección de Obras Sanitarias.

La Dirección tiene asimismo a su cargo las obras de defensa y regulación de los ríos contra las avenidas y crecientes. Además, de acuerdo con el artículo 53 de su ley, las municipalidades tienen autoridad para reglamentar la extracción de arenas y ripio de los ríos, lagunas, etc., autoridad que la Ley 11402 también confiere a la Dirección de Riego. Hay, pues, una superposición de atribuciones que habría que eliminar.

No existe en Chile un monopolio legal del estado sobre los servicios de agua potable y alcantarillado, autorizándose la actividad privada.⁶

La Dirección de Obras Sanitarias interviene en los servicios privados (y municipales) en tres aspectos; i) fijación de las tarifas; ii) inspección sanitaria de las aguas, y iii) continuidad en la prestación de los servicios y buena calidad de las aguas.

La Dirección ha intervenido en muchos casos las empresas privadas en resguardo del interés de los usu-

Actualmente no se dispone de información alguna acerca de la superficie regada por cada concesionario o titular de una merced, ni de la cantidad de agua que cada uno de ellos recibe. En realidad, podrían obtenerse de esos datos si se aplicara el Art. 34 del Código, que impone a los concesionarios la obligación de instalar aparatos de medición en las bocatomas de los canales y de informar sobre la cantidad de agua que pasa por ellos. Pero este artículo 34 ha sido respetado sólo por muy contados regantes, debido a que los artículos 100 y 101 han confiado a las Juntas de Vigilancia y a las Asociaciones de Canalistas (y no a la Dirección de Riego) la facultad de reglamentar la naturaleza de los aparatos aforadores. El costo elevado de estos instrumentos ha impedido que se instalasen en el número necesario.

rios, y ha asumido aun su administración. Su actividad se extiende también a la construcción de obras de defensa contra las crecientes y avenidas; y a la aplicación de la ley sobre contaminación de las aguas.

La Empresa de Agua Potable de Santiago tiene a su cargo el abastecimiento de agua de la ciudad, pero no el servicio de alcantarillado, que incumbe a la municipalidad. Sin embargo, con motivo de un préstamo concedido por el gobierno a la empresa, se aprobó la Ley 1012 de 31 de enero de 1898, con arreglo a la cual, mientras el préstamo no fuese íntegramente reembolsado, la empresa sería administrada por una junta formada por dos representantes del Presidente de la República y uno de la municipalidad.

Entre tanto compete al Presidente de la República reglamentar el nombramiento y remoción de los empleados y el funcionamiento del servicio. Además, las utilidades de la empresa deben invertirse en la amortización de la deuda con el fisco (que devenga 6 por ciento de interés anual), o en la ampliación de sus servicios. Como resultado de los fuertes empréstitos obtenidos del gobierno para financiar nuevas obras, la antigua deuda en realidad está aún insoluta. Por lo tanto, aun cuando el propietario aparente de la empresa es la municipalidad, la mayor parte de su activo corresponde a préstamos concedidos por el gobierno, que virtualmente la administra, ya que sus representantes tienen mayoría en la Junta.

La autonomía de la empresa, en cuanto actúa independientemente de la Dirección de Obras Sanitarias, a menudo se traduce en una duplicación de servicios que produce un aumento de los costos.

En 1936 la Cámara de Diputados aprobó un proyecto de ley que eliminaba al representante de la municipalidad de la junta y entregaba el manejo exclusivo de la empresa a la Dirección de Obras Sanitarias. La municipalidad resistió con éxito y el proyecto no fue sancionado por el senado. Sin embargo, como la empresa no goza de monopolio dentro de su territorio jurisdiccional, la Dirección puede construir obras, pedir

⁶ Decreto-Ley 235 (30 de mayo de 1931).

a la empresa que las ponga en servicio o prestar ella misma el servicio si ésta no lo hace.

Para utilizar aguas (superficiales o subterráneas) en los servicios de agua potable o alcantarillado, tanto la Dirección de Obras Sanitarias como la Empresa de Agua Potable de Santiago y los particulares deben obtener una merced a través de la Dirección de Riego. Sin embargo, en la práctica, esta obligación no rige por lo general para las instituciones gubernamentales en lo que respecta a las aguas subterráneas.

Han surgido varios conflictos sobre abastecimiento de agua: la Asociación de Canalistas del Maipo sostiene desde antes de 1916 dos pleitos contra el fisco alegando la ilicitud de las mercedes concedidas a la Empresa de Agua Potable por violar éstos derechos suyos preexistentes. En 1956, la ciudad de Valparaíso, a raíz de una sequía que agotó sus fuentes ordinarias de agua potable, hubo de ser servida con aguas del río Aconcagua en mayor proporción que de ordinario, a expensas de los derechos de los regantes de la zona.

b) Disposiciones legales

Por norma general, las leyes dan preferencia a este uso del agua sobre todos los demás. Tal es el privilegio denominado "derecho de la sed". Consagrando este principio, el Art. 40 del Código de Aguas autoriza la expropiación de aguas que hubiesen sido objeto de una concesión para otros usos, con el fin de destinarlas a los menesteres domésticos.

El Art. 41 faculta al Presidente de la República para destinar temporalmente, previa indemnización, las aguas de aprovechamiento particular (tanto las de dominio público que se hubieren dado en merced como las privadas propiamente tales) para el abastecimiento de una población en épocas de sequía extraordinaria.

El alumbramiento de aguas subterráneas para uso particular no requiere autorización, aun cuando de ello resultase menoscabarse el agua de que se alimenten pozos vecinos (Art. 53).

Las mercedes concedidas a los particulares para servicios públicos de abastecimiento de agua y alcantarillado están limitadas, en virtud del art. 39 del Código de Aguas, a 37 años y entrañan la obligación de retornar al estado, libres de todo gravamen, las instalaciones existentes al término de la concesión. Esto implica que las obras deben amortizarse dentro de ese período y dan derecho a incluir la amortización en las tarifas. El Decreto-Ley 235 de 1931 reglamenta las obligaciones de los particulares que explotan servicios de utilidad pública de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Los principales requisitos que establece el Decreto-Ley son la continuidad del servicio, la buena calidad del agua y la autorización previa de las tarifas. No hay modificaciones legales que sugerir en este aspecto.

2. Usos agrícolas. Aspectos institucionales

a) Sector público

La Dirección de Riego del Ministerio de Obras Pú-

blicas desempeña dos clases de funciones. Es el órgano a que compete la aplicación del Código de Aguas, con la tarea adicional de tener que asesorar al Presidente de la República en la concesión de las mercedes de aguas de dominio público y, correlativamente, llevar su catastro; y tiene a su cargo el planeamiento, la construcción y la explotación temporal de las grandes obras de riego que construye el estado para ser luego transferidas a los regantes, que se transforman en propietarios aun antes de su amortización. (Alrededor de 20 por ciento de las obras de riego actualmente existentes en Chile lo ha construido el gobierno; el resto lo ha sido por particulares.)

Aun cuando las mercedes son concedidas por el Presidente de la República, importa subrayar el papel preparatorio que desempeña la Dirección de Riego. Le corresponde examinar las solicitudes de mercedes para riego con aguas subterráneas aunque éstas sean de propiedad del dueño del suelo. (Sus funciones exceden el campo del regadío, puesto que también debe examinar las solicitudes de mercedes para otros usos.)

Otro papel importante de la Dirección de Riego es el de promover la constitución y fiscalizar después el buen funcionamiento de las Juntas de Vigilancia de Ríos, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Regantes. La Dirección tiene facultad para intervenir temporalmente en su administración y aun reemplazar a los directores de estos organismos en caso de violaciones graves de la ley o de los derechos de los regantes.⁷ Por su parte, la Dirección en el ejercicio de estas funciones queda sujeta a la jurisdicción de los tribunales ordinarios, a requisición de parte interesada.

Una vez concedidas las mercedes y establecidas las asociaciones de regantes, el uso de las aguas queda entregado a la discreción de sus beneficiarios. La Dirección de Riego carece de poder para intervenir en los aspectos técnicos de la construcción de obras en los canales de regadío, salvo en lo que respecta a los trabajos de defensa contra las crecientes y avenidas.

En cuanto al regadío en el interior de los fundos, la ley no ha dado autoridad alguna a la Dirección de Riego. Sin embargo, el Ministerio de Agricultura, a través de su Dirección de Producción Agrícola y Pesquera, realiza actividades educativas entre los agricultores enseñándoles las técnicas de regadío dentro de sus predios (incluyendo la construcción de pequeñas obras, como embalses para almacenamiento nocturno, acueductos secundarios, etc.). Estas actividades se han ampliado en forma particular con arreglo al Plan Chillán. Prepara también el Ministerio el personal técnico experto en usos agrícolas del agua, contando para ello con la colaboración de la Universidad de Concepción y del Departamento de Asuntos Interamericanos de los Estados Unidos, que coopera financiera y técnicamente en el Plan Chillán. Por último, el Ministerio de Agricultura estudia la rentabilidad de los proyectos de riego para en seguida informar a la Dirección de Riego.

⁷ Ley 9909 de 1951 que aprobó el Código de Aguas, Art. 8 reglamentado por el Decreto 1370, de 30 de julio de 1951.

La Dirección de Riego también tiene limitada autoridad para ocuparse de las deficiencias de los sistemas particulares de captación y distribución de aguas para riego. Ello se debe a la carencia de medios legales para obligar a los particulares a mejorar sus sistemas, o a la falta de fondos que impide que la Dirección realice estas mejoras a nombre del gobierno. Sea lo que fuere, ella sólo puede actuar a solicitud de parte interesada. Todas estas limitaciones rigen también tratándose de las aguas subterráneas.

En lo que respecta al proyecto, construcción y administración de las obras de regadío, la Dirección de Riego se rige por la Ley 9662 (de fecha 25 de agosto de 1950), en vías de ser totalmente reformada. Hasta ahora, más por insuficiencia de personal y recursos financieros que por disposiciones legales, la Dirección ha debido limitar sus actividades al proyecto y a la construcción de obras de gran envergadura (canales y embalses) y a una relativa programación general de estas obras en todo el país. En una medida bastante menor y sólo cuando ha contado con financiamiento especial, la Dirección ha abordado la construcción de obras medianas (canales derivados, diques de distribución, embalses pequeños) y obras pequeñas (sondajes, saneamiento). La Dirección no fiscaliza ni coordina las actividades de la CORFO en lo referente a obras de menor envergadura.

Para que la Dirección pueda iniciar la construcción de obras, la ley exige que éstas sean previamente aprobadas por un tercio de los futuros interesados. Reunido este quórum, los demás interesados, independientemente de su opinión, quedan obligados a contribuir al pago de las obras y a participar en su uso. Además, el Art. 4 de la ley faculta al Presidente de la República para ordenar la construcción de una obra y cargar su costo a los futuros usuarios cuando así lo exija el interés público, aun cuando el proyecto no reúna un mínimo de votos favorables. Tal decisión podría considerarse un acto de fuerza, aunque a decir verdad en la práctica jamás se ha ejercido esa facultad.

El principio de la consulta previa de las partes interesadas deriva de que la ley considera las obras construidas por el estado como propiedad exclusiva de los usuarios. El estado se limita a financiarlas y construir las, reembolsándosele ulteriormente su costo, y las administra durante los cuatro primeros años, aunque reconociendo siempre el dominio de los usuarios. Al quinto año, éstos pueden agregar a la propiedad de las obras su administración, con lo que la Dirección de Riego debiera cesar de intervenir en su explotación. Sin embargo, tratándose de obras de gran envergadura, lo que la ley prevé como una excepción se ha transformado en regla, y la Dirección sigue administrando las obras por cuenta de los usuarios, aunque reconociéndoles su dominio.

En la práctica, el sistema previsto en la Ley 9662 ha fracasado desde el punto de vista financiero debido a la inflación. El valor reembolsado por los usuarios no corresponde al costo real de las obras. La Dirección se ha descapitalizado así, y se ha encontrado sin fondos para cumplir sus planes.

Además, la contribución financiera de los usuarios suele ser demasiado exigua. Por ejemplo, con arreglo al Art. 5 de la ley cuando la Dirección de Riego construye una obra, los titulares de mercedes anteriores a la construcción no deben contribuir a su financiamiento, salvo en la medida en que reciban un caudal mayor de agua. Esto excluye su contribución financiera en el caso de toda obra que tenga por finalidad regular en el tiempo la disponibilidad de agua, y también de todas aquellas que tengan por objeto mejorar la calidad de ésta.

La facultad de expropiar las tierras y establecer las servidumbres necesarias para la construcción de las obras de que goza la Dirección, también se extiende a los embalses construidos por los particulares o administrativamente declarados de interés público, pero no a las demás obras. Por lo tanto, esta facultad no se aplica en el caso de muchas obras construidas por la CORFO, lo que suele dificultar su labor.

En lo que atañe al avenamiento, el Decreto-Ley 150 (de 3 de agosto de 1951), posteriormente confirmado en este respecto por la Ley 11402, confía a la Dirección de Riego todo lo relativo al avenamiento y recuperación de tierras para fines agrícolas. Sin embargo, la Ley de Municipalidades (Decreto 3031, de 4 de julio de 1949) les da a éstas competencia en materia de construcción de canales, acueductos y obras de avenamiento dentro de sus respectivos territorios jurisdiccionales, de suerte que la Dirección no puede intervenir en tales zonas. En las zonas agrícolas, una condición esencial para el éxito de las obras de avenamiento consiste en que éstas se efectúen simultáneamente en todos los fundos, siempre, claro está, que los recursos hidráulicos no se encuentren parcelados de acuerdo con el dominio del suelo. Sin embargo, no existe una ley que obligue a los propietarios a construir las obras de avenamiento dentro de sus predios, lo que no sólo sería beneficioso para ellos mismos, sino que también redundaría en interés de toda la zona avenada.

Los tribunales ordinarios en lo civil tienen competencia para conocer de los pleitos que surgen con motivo de la constitución o el funcionamiento de las Asociaciones de Canalistas y Juntas de Vigilancia de Ríos. Son también tribunales de alzada para conocer de los conflictos entre estos organismos y sus miembros. De este modo, el Código de Aguas chileno ha querido privar a la autoridad administrativa competente para conocer del mismo asunto (Dirección de Riego), del conocimiento de problemas puramente jurisdiccionales. Esta marcada inclinación *jusprivatista* en materias hidráulicas que caracteriza a la organización institucional chilena, la opone a la de los demás países latinoamericanos, en los cuales las actividades jurisdiccionales competen a tribunales administrativos, sistema que aumenta la eficiencia y la unidad de la política hidráulica, aunque a veces con menoscabo de los derechos de los particulares.⁸

⁸ Véase: Guillermo J. Cano, *Las leyes de aguas en Sud América*, Roma, FAO, 1956, p. 148.

b) Sector semifiscal

En la explotación de los recursos hidráulicos con fines agrícolas intervienen varias instituciones semifiscales, a saber: la CORFO, la Caja de Colonización Agrícola, la ENDESA y el Banco del Estado. Todas ellas otorgan facilidades crediticias a los beneficiarios.

La CORFO es una institución autónoma que preside el Ministro de Economía Nacional y que cuenta con sus propios recursos. Entre otros servicios, posee un Departamento de Planificación Agrícola y otro de Obras Civiles. También tiene secciones de aguas subterráneas y de geología. Sus actividades en materia de desarrollo hidráulico consisten en:

i) El proyecto, la construcción y el financiamiento de las obras de riego medianas y pequeñas en beneficio de particulares, actividades que realiza a petición de parte interesada o bien cuando, para el cumplimiento de planes regionales de fomento, estima necesario construir obras de regadío. Una vez terminadas, éstas pasan a propiedad de los particulares, que disponen del plazo de tres años para reembolsar su valor. (Según se manifestó antes, la CORFO carece de la facultad de que dispone la Dirección de Riego para actuar como autoridad pública e imponer la construcción de obras a quienes no las controlan voluntariamente con ella.)

ii) Facilitar, mediante el pago de una tarifa, la maquinaria necesaria para la construcción de embalses para el almacenamiento nocturno de aguas, nivelación de terrenos para el riego, etc. Estos servicios los presta no sólo a los particulares, sino también a otras instituciones públicas o semifiscales. Es ésta una función muy útil dado el costo de la maquinaria y la imposibilidad de que los particulares puedan asumirlo.

iii) La perforación de pozos para el alumbramiento de aguas subterráneas a solicitud y por cuenta de particulares. (Además, la CORFO hace también estudios generales de las cuencas subterráneas de determinadas regiones.)

iv) Otorgamiento de créditos a los agricultores (a 3 años plazo) para la construcción de obras o la adquisición de maquinaria. En esta labor compite con el Banco del Estado. Sin embargo, la Corporación cuenta con fondos muy limitados para este efecto.

La Caja de Colonización Agrícola, presidida por el Ministro de Tierras y Colonización, es otra entidad que dispone de autonomía administrativa y financiera. Tiene por finalidad promover la parcelación y venta de las tierras públicas y de otras que adquiera o expropie a particulares con igual fin. Su principal *modus operandi* consiste en adquirir tierras sin riego, dotarlas de él y luego venderlas. La inflación ha restringido su capacidad financiera.

En relación con el aprovechamiento agrícola del agua, la ENDESA ha procurado estimular el empleo de las aguas subterráneas, y también superficiales, mediante bombeo eléctrico. Con este fin ha creado una sección especial destinada a promover entre los agricultores la constitución de cooperativas rurales de electricidad. Estas cooperativas tienen por objeto construir las redes de distribución secundarias y las parti-

culares internas de cada predio. La ENDESA construye las redes y financia en parte su costo, aunque éste se financia en su mayor parte por el Banco del Estado. La CORFO construye y financia los pozos y las bombas. Ninguno de estos créditos se otorga a más de tres años, término demasiado breve para inversiones de esta clase.

El Banco del Estado, que preside el Ministro de Hacienda, concede crédito para fomento agrícola. En su programa crediticio —y con diversos porcentajes sobre el costo o el valor de los obras respectivas, plazos de amortización del préstamo y tipos de interés— se establecen los siguientes créditos que, directa o indirectamente, guardan relación con el desarrollo hidráulico: para electrificación rural y especialmente para riego por bombeo; para riego mecánico (bombeo de aguas superficiales o subterráneas); para construcción de canales de irrigación, embalses para el almacenamiento nocturno de aguas e instalación de maquinaria de bombeo; para nivelación de terrenos con objeto de mejorar los sistemas de riego, etc.

Como todos estos préstamos no se discriminan de los demás tipos de créditos del Banco, no es posible estimar cuantitativamente la acción del Banco en este sentido. Las actividades crediticias de la CORFO y de la Caja de Colonización no se coordinan con las del Banco. La Caja sólo concede préstamos a sus propios compradores; en cambio, las actividades crediticias de la CORFO compiten con las del Banco. En realidad, la política crediticia de la primera es más liberal que la de este último.

c) Sector privado

El papel de los regantes en la administración de las aguas de dominio público es muy importante. Cada cauce natural es administrado por una Junta de Vigilancia de Ríos, asociación civil reglamentada por la ley y en la que participan las Asociaciones de Canalis-tas, las Comunidades de Aguas y, cuando los hay, los regantes que toman sus aguas directamente de un cauce público. En los ríos muy extensos, en que las características geográficas permiten o imponen una subdivisión, existen subdivisiones por sectores, con una Junta para cada uno de ellos.⁹ Existen también muchos cursos de agua que carecen de Juntas.

La función de cada Junta consiste en administrar el río mismo y para repartir sus aguas entre los canales derivados la Junta designa a un ingeniero. Las aguas se entregan a las Asociaciones de Canalis-tas y a las Comunidades de Regantes en las respectivas bocatomas. Las Juntas no tienen ingerencia alguna en el régimen interno de estas Asociaciones y Comunidades, pues su jurisdicción termina en las bocatomas de los canales. En cambio, les corresponde llevar a cabo los trabajos de conservación del cauce de los ríos y de toda obra provisional así como cuidar del funcionamiento de las grandes obras hidráulicas una vez que les han sido transferidas por la Dirección de Riego.

⁹ El río Aconcagua por ejemplo, tiene 4 Juntas y 3 el Cachapoal.

No tienen autoridad para obligar a sus miembros a realizar trabajos de mejoramiento aguas abajo de las bocatomas, y aun cuando podrían hacerlo (inciso primero del Art. 3 del Código de Aguas), en la práctica no lo hacen por carecer de medios financieros.

Las Juntas se constituyen con intervención judicial, a solicitud de parte interesada o de la Dirección de Riego; sus estatutos deben ser aprobados por el Presidente de la República.

Los derechos de aguas ejercen un influjo predominante en su administración, ya que cada acción dispone de un voto, sin limitación del número de votos por miembro. Se elige un directorio de 3 a 11 miembros. El Directorio es juez, con calidad de árbitro en los conflictos sobre aguas entre los miembros de la Junta, siendo posible apelar de sus decisiones ante los tribunales ordinarios de justicia. Así pues, los regantes disponen de un tribunal especial, y la administración pública no tiene atribución alguna en este campo. El Directorio puede declarar el estado de "escasez de agua", durante el cual ésta se distribuye en forma rotativa, y también puede solicitar del Presidente de la República que declare el "agotamiento" del curso, obtenido lo cual no pueden concederse nuevas mercedes en él. Por último, el directorio debe llevar el catastro de los derechos de agua.

Los gastos de las Juntas son de cargo de sus miembros, a prorrata de sus respectivos derechos. Generalmente son pequeños. El directorio fija las cuotas que deben pagarse anualmente y puede privar del uso de las aguas a los miembros que no paguen sus cuotas o den a las aguas un uso ilícito.

En cuanto a las Asociaciones de Canalistas, algunas de ellas tienen más de siglo y medio de existencia. La Ley 2139, de 1908, les dio existencia legal, que fue confirmada por el Código de Aguas en 1951. Pueden crearse por acuerdo unánime de todos los interesados, o a solicitud de algunos de ellos o de la Dirección de Riego, pero con intervención judicial en estos dos últimos casos. En todos ellos, el Presidente de la República debe aprobar sus estatutos y autorizar su funcionamiento, previo informe de la Dirección de Riego. Son sociedades civiles reglamentadas por ley.

Las Asociaciones están formadas por todas las personas (accionistas) que riegan con aguas de un mismo cauce artificial. Su constitución es obligatoria sólo en limitados casos. En los demás es voluntaria y, no existiendo acuerdo, debe aplicarse el régimen de las Comunidades de Agua.

Todos los miembros de una Asociación eligen un directorio que dispone de las mismas atribuciones financieras y judiciales que el directorio de las Juntas de Vigilancia. Incumbe a las Asociaciones distribuir las aguas entre sus accionistas y llevar a cabo los trabajos de conservación que estime necesarios. También pueden contratar con terceros el aprovechamiento de sus aguas para producir hidroelectricidad, o vender las arenas del lecho de sus canales. Las rentas percibidas contribuyen a costear los gastos que origina el riego. En el caso del Canal del Maipo, esos ingresos cubren alrededor del 60 por ciento de los gastos de su presu-

puesto total. Los canales son copropiedad de los accionistas y no de las asociaciones. Sin embargo, éstas poseen capacidad para contraer préstamos y dar en garantía sus créditos contra sus accionistas.

Existe una asociación civil, la Confederación de Canalistas de Chile, que agrupa a 17 Juntas de Vigilancia y 80 Asociaciones de Canalistas. Es muy poderosa y pone de manifiesto el papel preponderante de la actividad privada en la administración de las aguas públicas del país.

Cuando no se crea una Asociación de Canalistas, se forma por sólo ministerio de la ley una comunidad de Aguas. La principal diferencia que la distingue de la Asociación es que carece de personalidad jurídica, de donde resulta que carece de capacidad contractual.

d) Aspectos legales

La autorización de las mercedes tiene dos fases: la merced provisional y la merced definitiva. Las mercedes provisionales se conceden exclusivamente con el objeto de preparar los planes y estudios detallados para las obras, dentro de los plazos prescritos. Las mercedes se otorgan siguiendo el orden cronológico en que han sido presentadas las solicitudes. Una vez aprobados los planes, el Presidente de la República fija los plazos dentro de los cuales deben ejecutarse las obras, cuya aprobación importa la concesión definitiva. Si no se aprovecha una merced en un lapso de cinco años, queda nula, aunque el concesionario puede apelar. Esta medida tiene por objeto evitar la especulación con las mercedes.

Aunque el informe de la Comisión de Carreteras y Obras Públicas de la Cámara de Diputados (agosto de 1956) acerca del proyecto de una Corporación Nacional de Riego sugiere muchas reformas importantes a la Ley 9662, mantiene el concepto de "dominio" sobre las aguas de parte de los titulares de las mercedes, lo que significa un debilitamiento de la facultad de la administración pública para imponer un mejor aprovechamiento de las aguas. Si bien este principio pudo haber sido de utilidad en un comienzo para estimular la iniciativa particular, el progreso futuro del riego en condiciones de presión demográfica y creciente demanda de alimentos que habrá que enfrentar con recursos limitados, supone que las autoridades tienen el derecho y los usuarios el deber de adoptar un régimen legal que permita aprovechar las aguas en forma más eficiente. Se insiste aquí en la necesidad de una reforma legislativa con el fin de autorizar a la Dirección de Riego a imponer medidas del tipo indicado.

3. Hidroelectricidad

a) Sistema institucional

Contrariamente a lo que acontece en el caso del riego, en la administración de las aguas destinadas a la producción de hidroelectricidad no predomina la influencia del sector privado, sino la de los sectores público y semifiscal. Del aprovechamiento de las aguas

en la producción de energía hidroeléctrica conocen dos servicios gubernamentales. Las mercedes de aguas destinadas a este fin han de tramitarse por conducto de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, que centraliza todas las solicitudes al respecto. Acerca de ellas se pronuncia en última instancia el Presidente de la República. Las tarifas y la eficiencia y continuidad de los servicios son de la competencia de la Dirección de los Servicios Eléctricos y de Gas del Ministerio del Interior.

No existe monopolio legal de producción; compiten en este campo tanto compañías privadas, como pequeñas empresas municipales, la Dirección de Servicios Eléctricos y la ENDESA. Sin embargo, desde 1945 se ha creado un monopolio de hecho en favor de la ENDESA en lo que respecta al aumento de la capacidad de producción a causa del sistema de tarifas, que hace que las inversiones privadas en este sector resulten totalmente desprovistas de interés. La ENDESA dispone actualmente del 60 por ciento de la capacidad hidroeléctrica instalada.

De ahí que la actividad privada haya quedado limitada a mantener en servicio las instalaciones generadoras establecidas en virtud de concesiones obtenidas con anterioridad a la creación de la ENDESA; la instalación por las grandes compañías industriales y mineras de sus propios servicios de producción de energía hidroeléctrica; y a comprar la energía producida por la ENDESA para revenderla al público.

Los particulares que deseen utilizar el agua para generar hidroelectricidad también deben obtener una merced a través de la Dirección de Riego, pero la intervención de la Dirección de Servicios Eléctricos disminuye y queda limitada a la policía de seguridad de las instalaciones. Cuando las compañías que generan su propia electricidad venden más del 20 por ciento de su producción, son calificadas como servicio público y se somete a dichas Compañías, en consecuencia, al régimen que rige al efecto.

Las concesiones otorgadas antes de 1931, cuando se aprobó la Ley de Servicios Eléctricos, no quedaron sujetas a inscripción obligatoria, y escapan así tanto al control de la Dirección de Servicios Eléctricos como al de la Dirección de Riego.

Salvo en lo que respecta a la policía de seguridad, la producción de hidroelectricidad escapa a la fiscalización gubernativa y puede ser contratada directamente entre los concesionarios. Los titulares de derechos de agua para riego, por ejemplo, pueden vender ese elemento para destinarlo a la producción de energía eléctrica siguiendo el principio de que los titulares de una merced de agua pueden usar este elemento del modo que deseen. Reafirmando este criterio, la misma ley fija una regalía de 0.005 pesos por KWH que los productores de hidroelectricidad han de pagar a los dueños de las aguas para el caso de que nada se hubiere establecido al respecto en el contrato. En algunos casos, esta disposición significa una importante fuente de ingresos para los canalistas.

b) Dirección de Servicios Eléctricos

La Dirección, que además del eléctrico tiene a su cargo los servicios de gas, teléfonos y telecomunicaciones, parece haber sido concebida para una política general de energía, aunque de momento no puede llenar cumplidamente estas funciones. La Dirección, verbi-gracia, tiene facultad para asumir la administración de las compañías de electricidad privadas, con lo que se convierte en productor y vendedor de energía eléctrica. Fuera de esta función administrativa, la Dirección lleva a cabo actividades productoras y distributivas en 13 lugares. Esta labor podría desempeñarla mejor la ENDESA.

Las atribuciones de la Dirección pueden resumirse como sigue:

i) Jurisdiccionales: actúa como juez en los conflictos que surjan entre los concesionarios, o entre éstos y los usuarios;

ii) Policía de seguridad: puede reglamentar las instalaciones de los concesionarios y también las de los servicios privados;

iii) Otorgamiento de concesiones de las mercedes y fiscalización de su funcionamiento: estas facultades comprenden la fijación de normas de contabilidad, el examen de los balances, el control del capital originalmente invertido y los aumentos posteriores, en orden a la fijación de tarifas, la autorización de las nuevas inversiones, la política de tarifas y su fijación provisional mientras se pronuncia el Presidente de la República, y la protección de los consumidores y usuarios contra abusos de los concesionarios;

iv) Imposición de servidumbres administrativas en interés del servicio eléctrico público;

v) Reservas de aguas para la producción de hidroelectricidad: el agua puede ser reservada para la producción de hidroelectricidad por el Presidente de la República previo informe de la Dirección. Esta medida priva a los particulares del derecho a obtener mercedes sobre las aguas reservadas;

vi) Prestación directa de servicios. En caso de deficiencias administrativas de parte de las empresas concesionarias, la Dirección puede asumir o intervenir su administración. Esta posibilidad rige también para los servicios municipales.

El régimen de tarifas, controlado por la Dirección, consiste en el derecho de los concesionarios a tarifas que les permitan una utilidad no inferior al 10 por ciento de su capital invertido ni superior al 15. Las tarifas que estén por debajo o por encima de esos límites han de ser revisadas. Mas para que las tarifas puedan ser revisadas es necesario que dichos límites hayan sido quebrantados durante tres años consecutivos. Además, la revaluación del activo sólo se autoriza cada cinco años. En un periodo de inflación, estos plazos de reajuste lesionan en forma particular los intereses de las empresas eléctricas. Tanto la ENDESA como las compañías privadas los han criticado públicamente.

Otra objeción se refiere al actual sistema tributario: la venta de energía hidráulica está directamente grava-

da con una tasa del 15 por ciento del precio nominal e indirectamente con otra de 1.5 por ciento (lo que hace un total de 16.5 por ciento), en tanto que otros consumos —los suntuarios, por ejemplo— se encuentran menos gravados. Ambos factores merman las utilidades de las empresas de electricidad, o aun ocasionan pérdidas que quitan todo interés a nuevas inversiones privadas en este sector.

La Comisión de Gobierno Interior de la Cámara de Diputados se ha ocupado de este problema y en agosto de 1957 aprobó una resolución por la cual propone modificar la actual Ley de Servicios Eléctricos y el contrato con la Compañía Chilena de Electricidad. He aquí las principales modificaciones propuestas:

i) Las tarifas se ajustarían anualmente y no cada tres años;

ii) Se da más agilidad a la revaluación del activo, permitiendo incluso la revaluación automática según los índices oficiales de los precios de artículos de primera necesidad al por mayor;

iii) La creación de una Comisión de Tarifas, que dispondría de las facultades que la Ley confiere actualmente al Presidente de la República, y que estaría formada por representantes de los sectores público y privado.

También propone la comisión cobrar tarifas especiales para riego mecánico entre septiembre y abril, tarifas que serían inferiores a las que rigen para la industria.

c) *Empresa Nacional de Electricidad S. A. (ENDESA)*

Aun cuando su capital en acciones pertenece casi totalmente al Gobierno, la ENDESA es una corporación independiente creada en 1943 bajo la legislación mercantil común.

Se previó en un comienzo la posibilidad de que los consumidores suscribieran una parte sustancial de su capital. Sin embargo, esto no ocurrió y la CORFO y otras instituciones semifiscales hubieron de suscribir 99.9 por ciento de su capital, controlando totalmente la Empresa pues designan la totalidad de sus once directores. De este modo, la ENDESA es virtualmente una empresa estatal pero con gran autonomía y que escapa al régimen legal y contable de la administración pública. La ENDESA ha concentrado sus actividades principalmente en la generación de hidroelectricidad, dejando por lo general la distribución a las empresas privadas.

d) *Compañía Chilena de Electricidad*

Es ésta la principal compañía privada de Chile y pertenece a capitales extranjeros. Siete de los once miembros de su directorio deben ser chilenos, incluyendo el presidente. Prácticamente satisface todo el suministro público de electricidad de la provincia de Santiago, Aconcagua y parte de Valparaíso y goza de una legislación especial para sus mercedes de aguas en los ríos Maipo y Aconcagua, que ascienden a cerca de 140 m³/seg. Estas mercedes se encuentran sujetas a la fiscalización de la Dirección de Servicios Eléctricos y

pueden declararse nulas por falta de aprovechamiento efectivo. Si bien una parte de la energía que produce la Compañía es térmica, también distribuye la energía hidráulica que compra a la ENDESA.

Con arreglo al convenio suscrito por la compañía y el gobierno en 1935 (Acuerdo Ross-Calder), aquélla reconoció el interés del estado, pasando a integrar el directorio cuatro representantes gubernamentales. El gobierno adquirió asimismo dos tercios del excedente disponible para dividendos una vez pagado el 5 por ciento del dividendo básico de las acciones ordinarias. La mitad de estas utilidades debe destinarse a rebajar las tarifas en beneficio de los consumidores. La otra mitad incrementa el capital del estado en la compañía.

La resolución de la Comisión de Gobierno de la Cámara de diputados relativa a la revisión de la Ley de Servicios Eléctricos sugiere también la aprobación del nuevo acuerdo suscrito en 1956 entre la compañía y el gobierno, acuerdo cuyas principales estipulaciones son las siguientes:

i) La confirmación de todas las concesiones de que goza la compañía y que haya utilizado efectivamente a la fecha y hasta el término de expiración, esto es en 2021.

ii) La sujeción de la compañía a la legislación general actual y futura, eliminándose el régimen especial de que goza.

iii) Liquidación de la participación atribuida al fisco por el Convenio Ross-Calder. El fisco recibiría la mitad en acciones ordinarias y la otra mitad, en bonos en dólares que devengarían 6 por ciento de interés anual.

iv) El compromiso de la compañía a invertir 31 millones de dólares en nuevas obras con una potencia instalada de 120 000 KW para satisfacer el déficit de electricidad en la zona que sirve.

v) La fijación del capital de la compañía en 74 millones de dólares.

e) *Aspectos legales*

Algunas legislaciones de otros países han distinguido entre la propiedad de las aguas y la de su potencial, con la posibilidad de conceder mercedes a una persona para su explotación en la producción de energía y a otra, para su explotación con otros fines. La legislación chilena no admite explícitamente este principio, pero lo consagra de modo implícito cuando exige, por ejemplo, que al concederse una merced para la producción de hidroelectricidad se notifique al “dueño” de las aguas.

Las concesiones para producir, transportar y vender energía sólo pueden otorgarse a chilenos o sociedades constituidas en Chile. Por lo menos 75 por ciento del personal debe ser chileno. Para vender electricidad fuera del país se requiere autorización por ley.

Todas las concesiones se otorgan bajo la condición de que las obras necesarias se construyan dentro de un plazo determinado. Por lo menos un tercio de las obras debe construirse antes de empezar a gozar de la merced y el resto, dentro del primer tercio del plazo de la concesión.

La ley distingue entre mercedes provisionales y mercedes definitivas, siendo las primeras el trámite preliminar para la constitución de las segundas.

Las mercedes provisionales autorizan para realizar los estudios y planos detallados de las obras. Se conceden sin exclusividad por un plazo máximo de dos años, dentro del cual deben presentarse los proyectos definitivos. Por cierto, la falta de exclusividad desanima a los posibles inversionistas. El otorgamiento de la merced provisional debe ser precedido de publicidad, de la audiencia de los "dueños" de las aguas, las demás partes eventualmente interesadas y los propietarios de los terrenos en que habrán de construirse las obras.

La merced definitiva la concede el Presidente de la República mediante un decreto previo trámite ante la Dirección de Servicios Eléctricos sobre las obras y el régimen de tarifas, y ante la Dirección de Riego en lo relacionado al empleo de aguas públicas.

El decreto de merced debe fijar los detalles de las obras, su ubicación y las tarifas. Debe indicar asimismo el periodo dentro del cual ha de ejecutarse totalmente el proyecto y la zona mínima que el concesionario debe empezar sirviendo.

Pero, fuera del decreto del Presidente, la ley sujeta al titular de una merced a varias obligaciones, cuyo alcance le es difícil prever. Al cabo de un período no inferior a diez años, el gobierno puede modificar las zonas originales que debía atender el concesionario; obligar al concesionario a servir nuevas zonas si le garantiza, durante los tres primeros años, un consumo anual mínimo equivalente al 50 por ciento de las inversiones necesarias para llevar a cabo la ampliación solicitada; y a canalizar subterráneamente la red distribuidora en las zonas urbanas siempre que el costo de las obras no exceda del doble de las entradas percibidas el año anterior con la red aérea.

Existen dos clases de mercedes definitivas: una para servicio público y otra para servicio privado. Ambas están sujetas a regímenes impositivos diferentes y se conceden por plazos también diferentes. Las primeras se conceden por un mínimo de 30 años y un máximo de 90, al término de los cuales pueden ser prorrogados por 30 años más, pero incorporando como socio al gobierno en la medida en que el capital inicial haya sido amortizado. Las mercedes de servicio privado se otorgan por un plazo hasta de 50 años, y subsisten mientras dure la actividad industrial para las que se dieron.

Las mercedes pueden terminar por expiración del plazo; incumplimiento de sus obligaciones por el concesionario; ejecución inoportuna de los trabajos, y expropiación, autorizada por ley. Si la expropiación se consuma durante los primeros 20 años de vigencia de la concesión, el concesionario debe ser reembolsado de todo el capital invertido, más una indemnización del 20 por ciento de dicho valor.

4. Modificaciones legales sugeridas

Pueden sugerirse las siguientes reformas de la legislación hidroeléctrica:

- i) Hacer una clara distinción entre la propiedad de las aguas y la de su potencial, separando totalmente las concesiones para hidroelectricidad y las mercedes para otros usos.
- ii) Eliminar la contribución que el concesionario de una merced para hidroelectricidad debe pagar al concesionario preexistente titular de mercedes para otros usos.
- iii) Eliminar las obligaciones que no pueden ser previstas por los solicitantes de mercedes, y que pueden debilitar su interés ante la eventualidad de tener que afrontar fuertes obligaciones financieras difíciles de prever.
- iv) Dar a las "concesiones provisionales" el carácter de exclusivas con el fin de estimular este tipo de inversiones.
- v) Revaluar el activo de las empresas sin plazos fijos a fin de tener en cuenta las fluctuaciones del valor de la moneda.
- vi) Obligar a la inscripción de todas las mercedes para hidroelectricidad en uso, cualquiera que sea la fecha de su otorgamiento, y al suministro por el titular de toda la información estadística que el gobierno necesita.
- vii) En una etapa ulterior, suprimir los requisitos legales para vender electricidad fuera del país.

5. Usos industriales

Pese a la importancia cada vez mayor del agua en la industria, no existe en Chile un organismo gubernativo específicamente encargado de este problema. La Dirección de Riego interviene en la concesión de las mercedes de agua cualesquiera que sean los usos a que se las destine, mas no le corresponde formular una política específica en este campo. Más adelante se estudia el problema de la contaminación de las aguas por sus usos industriales.¹⁰

El Código de Aguas otorga preferencia al uso agrícola y doméstico sobre el industrial. Consagra explícitamente esta prelación su Art. 49 cuando previene que el uso de las aguas para fines industriales debe hacerse de manera que no perjudique los riegos. Semejante orden fijo de prelación no siempre se justifica económicamente. El problema se examina en detalle en el capítulo II siguiente. Con arreglo al Art. 46, los concesionarios de mercedes para usos industriales están obligados a restituir las mismas cantidades de agua, lo que es imposible en el caso de usos industriales consuntivos de este elemento; y luego el Art. 47 los obliga además a preservar la calidad del mismo, lo que tampoco puede recomendarse respecto de ciertos usos industriales, como la industria del papel y la celulosa.

La legislación minera abarca usos de agua que por su naturaleza son industriales. En la ley de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo, defínese al "salitre" como las sales de nitrato de sodio derivadas del tratamiento de aguas termales. El Código de Aguas no

¹⁰ Véase el punto 7 letra d).

se ha referido a los usos industriales de esta clase de aguas, limitándose a reglar su empleo medicinal.

El Código de Minas da a los propietarios ribereños de un lago o un río el derecho a utilizar sus aguas en la explotación de salinas artificiales. Esta solución no concuerda con el principio general de que los lagos y ríos (navegables por buques de más de 100 toneladas) son "bienes nacionales de uso público". También establece ese Código que las aguas alumbradas en una mina pertenecen a la mina y no al propietario de la superficie. Esta norma tiene por objeto estimular a la industria minera y está de acuerdo con el principio de que la propiedad de las minas es distinta de la del suelo superficial.

El Código de Aguas sujeta a sus normas la constitución y ejercicio de las servidumbres de aguas en interés de las minas. Esta uniformidad de tratamiento es conveniente. En cambio, las aguas con alto contenido de minerales deberían caer bajo el régimen de la legislación minera.

6. Transporte fluvial y lacustre

El gobierno no ha manifestado hasta ahora gran interés por esta materia, y las disposiciones sobre flotación fluvial y de la Ley de Bosques no se han cumplido. Tienen competencia en esta materia tres organismos, sin ninguna coordinación entre sí: a) la Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Economía, que tiene a su cargo la preparación de los trabajos en ríos y lagos y su mantenimiento, pero que ha concentrado su actividad sólo en los sectores cercanos al mar; b) la Dirección del Litoral, de la Subsecretaría de Marina del Ministerio de Defensa Nacional, encargada de la seguridad de la navegación, incluyendo la lacustre, y c) el Departamento de Transporte Marítimo, Fluvial y Lacustre del Ministerio de Economía, que tiene a su cargo el fomento de la navegación interior.

En la región de los lagos hay lugares en que el único medio de transporte posible para personas y mercancías es la navegación. Anualmente se otorgan pequeños subsidios para esta actividad.

La ley protege la navegación contra el entorpecimiento que significan los ferrocarriles o caminos que cruzan los ríos. Cuando el Presidente de la República califica a un río o lago de navegable o flotable, puede imponerse a los propietarios ribereños la servidumbre de sirga.

La navegación se encuentra sujeta a una merced del Presidente de la República, tramitada por conducto de la Dirección de Riego, al igual que en el caso de los demás usos que pueden hacerse de las aguas. Sin embargo, jamás se ha presentado en la práctica una solicitud para una merced de esta naturaleza. Varias disposiciones importantes de la Ley de Bosques no se han cumplido por falta quizá de un organismo administrativo encargado de preocuparse de ello. Estas disposiciones, por ejemplo, autorizan al Presidente de la República para tomar las siguientes medidas: i) habilitar ríos flotables y navegables, declarándolos tales, y ordenar la construcción de las obras necesarias para dejarlos

expeditos; ii) construir puertos fluviales madereros y iii) pagar el 60 por ciento de estos trabajos con fondos públicos. (Los particulares interesados pueden constituir "Comunidades de transporte", para juntar el 40 por ciento restante.)

Parece importante establecer con claridad cuál es la autoridad administrativa competente para conocer de la autorización de navegación y para decidir eventuales conflictos entre ésta y otros usos de las mismas aguas.

7. Legislación sobre efectos nocivos de las aguas

a) Crecientes y avenidas

El organismo que tiene a su cargo esta función es la Dirección de Obras Sanitarias. Sin embargo, hubiera sido más apropiado asignar esta responsabilidad a la Dirección de Riego, a la que competen en parte las funciones de velar por la limpieza y regulación de los ríos y vertientes, y de fiscalizar los caudales de los canales de riego a fin de prevenir los daños ocasionados por las avenidas. Si estas obras no son financiadas con fondos públicos, la Dirección de Obras Sanitarias tiene competencia para aprobarlas y fiscalizarlas.

También se ha establecido un fondo especial de 100 millones de pesos para esta clase de obras, fondo que se incrementa con la amortización y los intereses pagados por los beneficiarios. Las condiciones de reembolso varían: los propietarios de predios urbanos reembolsan 20 por ciento; los de predios rústicos, 35 por ciento; los pequeños agricultores, 20 por ciento, y los beneficiarios de trabajos en las bocatomas de canales, limpieza y regulación, 100 por ciento. No se advierte la razón de estas diferencias.

Cuando los trabajos incluyen reforestación, quedan a cargo del Departamento de Bosques del Ministerio de Agricultura, aunque se pagan con fondos provistos por la Dirección de Obras Sanitarias.

Tanto el Código Civil como el Código de Aguas aceptan el principio de que la naturaleza distribuye el *periculum* y el *commodum*, lo que fuerza a todo propietario a recibir las aguas que entran en su predio naturalmente (y no por acción del hombre), prohibiéndole hacer obras que las desvíen. Este principio impide agravar la situación de los dueños de predios inferiores. Pero, dentro de estos límites, las obras de defensa son permitidas.

La ley hace una distinción entre crecidas regulares y extraordinarias. Respecto de las primeras, previene que los terrenos ocupados por las aguas son públicos, pero que pueden ser cultivados por los propietarios ribereños durante la menguante. En cuanto a las crecidas extraordinarias, los dueños tienen el plazo de un año para recuperar sus tierras dañadas. Además, los dueños de los terrenos inundados recuperan su propiedad si las aguas se retiran durante los primeros cinco años y en tal caso tienen derecho —previo permiso de la autoridad competente— a hacer las obras necesarias para volver el río a su antiguo lecho.

Los proyectos de obras de defensa, sean de iniciativa

gubernativa o de los particulares, deben notificarse a las partes interesadas y si no son rechazados por el 50 por ciento de éstas, considéranse aceptados y obligan a todos, incluso a participar en su financiamiento.

b) *Avenamiento*

El avenamiento y la rehabilitación de tierras para usos agrícolas están a cargo de la Dirección de Riego. Las obras ejecútanse a solicitud de los interesados y son totalmente reembolsadas por ellos. Comprende esta labor la recuperación de los terrenos inundados periódicamente, el avenamiento de las tierras pantanosas y la protección en las bocatomas de los canales con el fin de impedir su destrucción por las crecidas.

La Dirección tiene autoridad para imponer a los canalistas los trabajos de defensa necesarios. Es éste uno de los raros casos en que las leyes chilenas autorizan a la Administración para imponer ciertos trabajos a los usuarios de aguas públicas.

También puede actuar en este aspecto la CORFO, aunque carece de las atribuciones de la Dirección de Riego. Por ello sólo interviene cuando lo solicitan todos los interesados y aceptan éstos el proyecto.

El Código Civil hace extensivas las reglas establecidas por el Código de Aguas para la servidumbre de acueducto a la necesaria para dar salida a los canales de desagüe. Trátase de una servidumbre legal, esto es, de aquellas que pueden imponerse aun contra la voluntad del dueño del predio sirviente, previa indemnización.

c) *Erosión*

No existe un organismo nacional que se ocupe de este problema, que ha sido abordado con éxito por el Ministerio de Agricultura en el plano regional (Plan Chillán). Indirectamente, esta labor compete también al Departamento de Bosques del mismo Ministerio en cuanto las medidas contra la erosión se basen en la forestación.

También se ocupa del manejo de las aguas y tierras regadas, aunque sólo en el plano regional, el Departamento de Conservación de Tierras y Aguas del mencionado Ministerio, mediante campañas educativas entre los agricultores.

No existe una legislación orgánica en materia de erosión que imponga obligaciones a los particulares, y sólo la forestal se ocupa parcialmente de ella. Una legislación de defensa contra la erosión debería inspirarse en los siguientes principios: i) obligación de forestar y replantar las tierras sitas en las cuencas hidrográficas erosionables; ii) prohibición de talar en determinadas franjas a lo largo de los cursos de agua y alrededor de sus cabeceras; iii) obligación de emplear métodos de riego y cultivo adecuados allí donde las pendientes provocan la erosión por las aguas de riego.

Los dos primeros principios están parcialmente tratados en la legislación forestal existente. La Ley de Bosques (Decreto-Ley 4363, de 30 de junio de 1931)

concede exoneraciones de impuestos (impuesto a la renta, impuesto sucesorio) por treinta años a los terrenos particulares declarados forestales por el Presidente de la República. La misma ley estipula además una prima en dinero por hectárea, pero su monto ha resultado inoperante a causa de la desvalorización de la moneda.

Las tierras pueden ser declaradas forestales por una decisión del Presidente de la República si se trata de terrenos fiscales y a pedido del dueño si se trata de suelos particulares, y aun contra la voluntad de éste en determinados casos. Algunos de estos casos se refieren a la conservación de los recursos hidráulicos, a saber: cuando la forestación aumenta la cantidad de agua, sirve para corregir el régimen de los torrentes, o cuando la pendiente de los suelos es tal que se erosionan por la lluvia. Cuando un terreno se declara forestal, debe ser forestado y explotado en la forma prevista en el reglamento administrativo.

La Ley de Bosques prohíbe asimismo talar árboles silvestres en ciertos lugares, sean o no declarados forestales. Dichos lugares son: 400 metros alrededor de los manantiales que brotan en los cerros; 200 metros a ambas riberas de sus afluentes hasta que llegan a la llanura; y 200 metros en los manantiales que brotan en llanuras.

Ya se ha indicado que esta Ley de Bosques sólo abarca una parte del problema de la erosión y su cumplimiento deja mucho que desear. No se dispone de suficiente personal administrativo para aplicarla y las penas previstas en caso de violación son demasiado leves.

d) *Contaminación*

Existen tres organismos gubernativos que se ocupan de este problema: la Dirección de Obras Sanitarias, el Servicio Nacional de Salud y el Departamento de Defensa Agrícola de la Dirección Nacional de Producción Agrícola y Pesquera del Ministerio de Agricultura.

El Servicio Nacional de Salud tiene a su cargo los problemas derivados de la contaminación de las aguas que se originan en los establecimientos termales y los que interesan a los distritos urbanos como resultado de actividades industriales y mineras. En cuanto al Ministerio de Agricultura, conoce de los problemas de contaminación de aguas que perjudican a la agricultura; analiza los terrenos y el crecimiento de las plantas en las regiones presuntamente inficionadas. Por último, a la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas se le ha asignado la misión de prevenir toda infección, sea en sectores urbanos o en sectores rurales, lo que significa dejar un tanto en el aire la competencia de los otros dos organismos en la materia. Sería conveniente que la ley definiera claramente la competencia respectiva de los distintos organismos. Para vaciar los residuos industriales en las corrientes de agua requiérese también la autorización del Ministerio de Obras Públicas.

Los titulares de mercedes de aguas para usos industriales están obligados a devolver el elemento utilizado

sin alterar su calidad, ya que de otro modo pueden causar daño a la agricultura. Sin embargo, la contaminación puede provenir de actividades en que no se empleen aguas públicas. Para verter los residuos industriales en cauces naturales o artificiales, la ley exige la autorización previa de la autoridad competente. Se ha establecido una lista de las industrias consideradas peligrosas, ninguna de las cuales puede funcionar ni instalarse sin previa autorización de sus sistemas de depuración.

larse sin previa autorización de sus sistemas de depuración.

Fuera de las multas, cuyo monto resulta anacrónico, las municipalidades y los particulares lesionados por una contaminación de las aguas tienen acción para perseguir judicialmente a su autor. Mientras se sustancia el juicio, los jueces pueden decretar la clausura de los establecimientos.

IV. AGUAS SUBTERRÁNEAS

1. Aspectos institucionales

Las aguas subterráneas pueden aprovecharse con varios fines —agrícolas, domésticos e industriales— y parece a primera vista que su administración pudiera organizarse en torno a tales usos. Sin embargo, la exploración de fuentes de aguas subterráneas y su evaluación quedan sujetas a trámites comunes para todos los usos. Lo mismo vale para la conservación de estos recursos, lo que entraña medidas tendientes a proteger su calidad y a impedir su agotamiento.

Las disposiciones existentes en materia de exploración y evaluación de aguas subterráneas se han examinado ya y se han formulado algunas recomendaciones al respecto.¹¹ En lo que atañe a su explotación, debe presentarse una solicitud de merced a la Dirección de Riego, solicitud que, debidamente informada, pasa luego al Presidente de la República para los efectos de que éste la conceda. Esta aprobación administrativa concuerda con el Código de Aguas, que dispone que las aguas subterráneas deben concederse al dueño del suelo en cuyas entrañas fueren encontradas. Pero en este caso, la “merced” constituye una verdadera limitación de los derechos del propietario establecida en el interés público. En cambio, tratándose de aguas subterráneas existentes bajo terrenos fiscales, la autorización para aprovecharlas que se les da a los particulares por intermedio de la Dirección de Riego sí que constituye una verdadera merced. En ambos casos, la Dirección exige que, una vez practicadas las perforaciones, se le proporcionen informaciones técnicas sobre la estructura del subsuelo, y en la merced misma fija el volumen máximo que pueda extraer el concesionario.

Estos requisitos son insuficientes. En primer término, la información técnica se exige *a posteriori*, sin inspección alguna durante la construcción de los pozos, cuando llevarla a cabo sería necesario para adoptar medidas de protección de las napas freáticas (por ejemplo, aislar las aguas insalubres). En segundo lugar, la información geológica que exigen la Dirección misma y

los demás organismos administrativos competentes en materia de aguas subterráneas no es uniforme. Tercero, el máximo de agua utilizable se fija a menudo sobre la base de antecedentes insuficientes que no se revisan con posterioridad. Por último, es frecuente que los demás organismos que se dedican a efectuar exploraciones de aguas subterráneas no cumplan en la práctica las disposiciones del Código de Aguas en cuanto a solicitar un permiso de la Dirección de Riego, lo que se traduce en una dispersión de las informaciones y en una falta de coordinación en sus actividades.

2. Aspectos legales

Al estudiarse el sistema de mercedes, se indicaron los principios que rigen en materia de dominio de las aguas subterráneas. Cabe agregar aquí que el régimen legal de las que yacen bajo terrenos fiscales se ha asimilado virtualmente al de las minas, lo que se explica dada su importancia en las regiones áridas y semiáridas.

El artículo 51 del Código de Aguas autoriza a otorgar permisos de exploración para buscar aguas subterráneas en tierras de propiedad fiscal, hasta 5 000 hectáreas y por un plazo máximo de dos años. Quien alumbra el agua tiene derecho a una concesión. Sin embargo, este sistema no funciona satisfactoriamente porque el Código no señala la forma en que el explorador puede obtener la tierra necesaria para usar esa agua.

Parece que fuera conveniente exigir al explorador, antes de empezar la explotación de un pozo y aun tratándose de terrenos de su propiedad, cumplir con los siguientes requisitos: i) someterse a las normas técnicas que le fije la autoridad para evitar la intercomunicación de napas salubres con otras insalubres, o la pérdida de napas potentes en otras de poco caudal, y ii) comunicar a las autoridades, durante la perforación, los perfiles geológicos del terreno atravesado.

Por su parte, la Administración no debiera fijar el volumen de agua que va a concederse sin antes completar el estudio de la respectiva hoyo subterránea. En todo caso, mientras esos estudios llegan a su término, deberían fijarse volúmenes provisionales sujetos a revisión.

¹¹ Véase el punto 4 de la sección III del capítulo II de la Primera Parte.

1. Legislación vigente

La Constitución Política de 1925 no contiene normas específicas sobre esta materia. La ratificación de los tratados internacionales requiere la aprobación previa del Congreso, siendo su discusión, conclusión y firma de la competencia del Presidente de la República. Todo lo relacionado con la ejecución de dichos tratados es de la competencia del Ministerio de Relaciones Exteriores. Esta organización general se aplica a las aguas de interés internacional.

Como a la Dirección de Riego le compete todo lo relativo al dominio público, también le atañe lo referente a las concesiones sobre las partes de las aguas de interés internacional que pertenecen a Chile. La legislación vigente no ha incluido expresamente los ventisqueros y el hielo continental entre las aguas de dominio público, de donde resulta que pertenecerían a los propietarios de los terrenos en que se encuentran. El Ministerio de Relaciones Exteriores interviene cada vez que surge un problema de su competencia.

2. Tratados y convenciones internacionales suscritos por Chile

a) Chile-Argentina

El Tratado de 23 de julio de 1881 y su Protocolo adicional de 19 de mayo de 1893, al fijar los límites entre ambos países, adoptó en algunos casos la línea divisoria de las aguas. En tales casos, ambos países han rechazado la tesis de un condominio y han establecido su principio: el agua uca a dentro de sus respectivos territorios una vez fijada la línea fronteriza. Tal es la situación especialmente en el caso de los lagos de la Patagonia. Una empresa de navegación, por ejemplo, que deseara establecer un servicio en uno de esos lagos tendría que sujetarse en cada parte de él a las leyes y autoridades del respectivo país, y concertar acuerdos separados con cada uno de ellos. (Véase el mapa IV.)

b) Chile-Perú

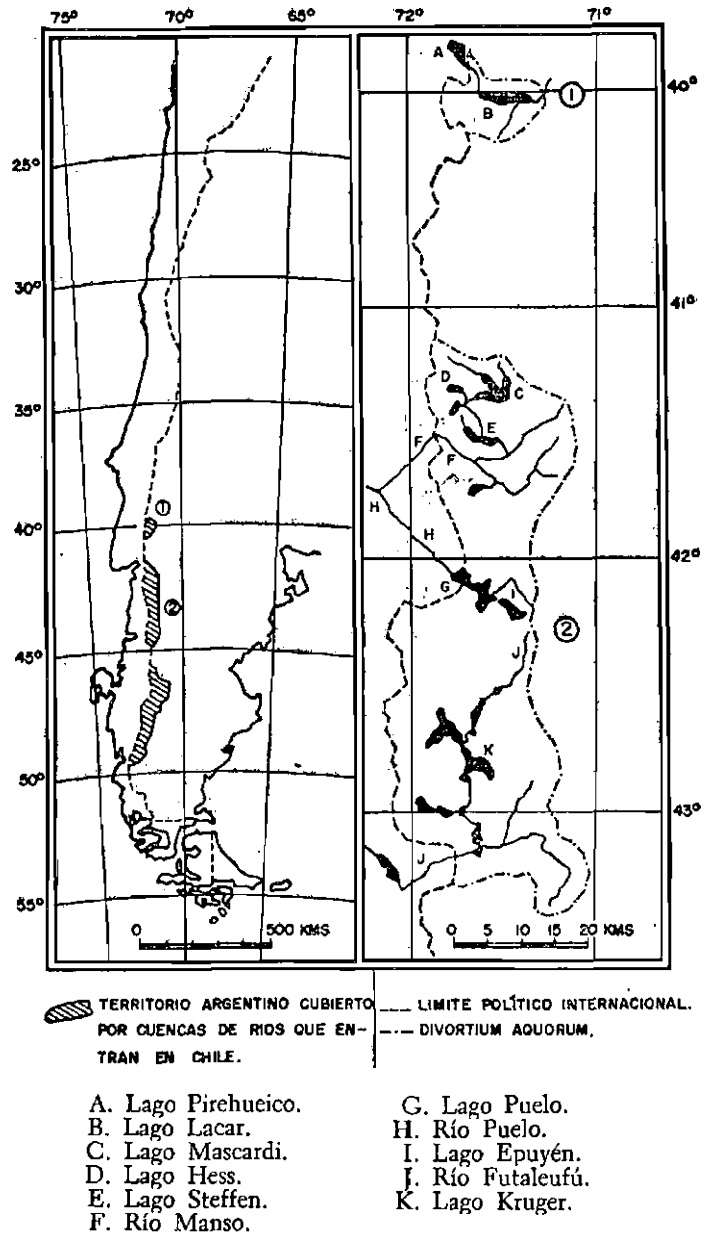
En su Tratado con el Perú, Chile cede a perpetuidad a este país sus derechos sobre los canales de Uchusuma y Mauri, que nacen en territorio chileno, y reconoce en favor del mismo un derecho de servidumbre perpetua.

c) Chile-Bolivia

El Tratado de 1904 limitase a señalar los ríos que forman o atraviesan la frontera entre ambos países, pero no contiene estipulaciones especiales sobre sus aguas.

Mapa IV

AGUAS QUE NACEN EN ARGENTINA Y ENTRAN EN CHILE



FUENTE: Juan F. Büchi, op. cit.

d) Declaración de Montevideo

Chile —al igual que la Argentina, Bolivia y el Perú— votó en 1933 la Declaración de Montevideo sobre Uso Industrial y Agrícola de los Ríos Internacionales, aprobada en la Séptima Conferencia Interamericana, y cuyas principales disposiciones pueden resumirse como sigue:

En el caso de los ríos contiguos o limítrofes y de los sucesivos, cada estado tiene derecho exclusivo al uso de las aguas en la parte que cae bajo su jurisdicción, siempre que su ejercicio no perjudique los derechos de los otros estados, cuyo consentimiento se requiere si las obras proyectadas pueden interesarles. La documenta-

ción técnica sobre las obras proyectadas ha de presentarse a los demás estados, los que disponen de tres meses para objetarlas. Si esto ocurre, se designa una Comisión Técnica Mixta que deberá pronunciarse en el plazo de seis meses, recurriéndose a los procedimientos de conciliación o de arbitraje en caso de que no se lle-

gue a un acuerdo. En todo caso, la navegación tiene preferencia sobre los usos industriales y agrícolas.

Tratándose de ríos sucesivos, el país que desee construir obras para usos industriales o agrícolas que interesen la navegabilidad de los mismos debe informar a los demás estados interesados.

Capítulo II

ANÁLISIS FUNCIONAL DEL USO DEL AGUA

I. AGUA POTABLE

1. Situación actual

En Chile, como en casi todos los países que aún no han alcanzado un alto grado de desarrollo económico, los servicios públicos son incapaces de satisfacer las necesidades de la población. No obstante las crecientes inversiones en obras de agua potable (1.6 por ciento de las inversiones públicas totales en 1940-44, 3.6 por ciento en 1945-49 y 4 por ciento en 1952-56), los servicios existentes atienden sólo alrededor de los dos tercios de las necesidades actuales, medidas por el número de habitantes urbanos abastecidos y por la dotación por habitante urbano. Existe casi un millón de personas en las ciudades y un total de 4 millones en todo el país que carecen de servicios de agua potable. Esta población se ve obligada a recurrir a las aguas lluvia, a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas no tratadas, con todos los inconvenientes que ello significa.

Sin embargo, comparada con la de los demás países de América Latina, la situación de Chile no es desfavorable. Aunque sólo 44.5 por ciento de la población chilena dispone de agua potable, contra el 48.9 por ciento en el resto de los países latinoamericanos, los servicios públicos de estos últimos proveen un agua que no siempre es potable, sino a menudo inapropiada y peligrosa, aparte de que debe transportarse a los centros de consumo desde grandes distancias.¹ (Véase el cuadro 15.)

El porcentaje de la población urbana que no cuenta con servicios de agua potable varía según el tamaño de los centros urbanos. Es mayor (63 por ciento) en las pequeñas ciudades, cuya dispersión hace difícil la cons-

¹ Organización Mundial de la Salud, *Potential expansion for Health Programmes in the Americas through the Pan American Sanitary Organization*, Washington, 1953, p. 53.

Cuadro 15

AMÉRICA LATINA: POBLACIÓN QUE DISPONE DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUA

País	Total	Población (En millones)		Porcentaje de la población que cuenta con servicios de agua
		Con servicios	Sin servicios	
Argentina . . .	18.5	10.5	8.0	55.6
Brasil	55.7	24.3	31.4	43.6
Chile	7.2	3.2	4.0	44.5
Colombia	12.3	3.6	8.7	29.3
Ecuador	3.7	1.7	2.0	45.8
Perú	9.2	4.7	4.5	51.5
Uruguay	2.7	2.4	0.3	89.3
Venezuela	5.6	3.3	2.3	58.7
<i>Subtotal</i>	<i>114.9</i>	<i>53.7</i>	<i>61.2</i>	<i>46.7</i>
Otros	58.4	30.1	28.3	51.5
<i>Total</i>	<i>173.3</i>	<i>83.8</i>	<i>89.5</i>	<i>48.9</i>

FUENTE: Datos básicos: Organización Mundial de la Salud, *Potential expansion for health programmes in the Americas through the Pan American Sanitary Organization*, Washington, D. C., 1956. Salvo en el caso de Chile, las cifras sólo llegan a 1957.

trucción de los servicios públicos adecuados. Sin embargo, en la mayoría de los centros urbanos, cualquiera que sea su tamaño, carece de agua potable un alto porcentaje de habitantes. En términos generales, la población urbana que no posee servicios de agua potable asciende en promedio a cerca de 20 por ciento. (Véase el cuadro 16.) Ha sido estadísticamente imposible diferenciar con precisión el consumo doméstico de agua potable y el consumo para otros usos. Podrían aventurarse las siguientes cifras medias: consumo doméstico, 40 por ciento; aprovechamiento industrial, 10 por

Cuadro 16

CHILE: POBLACIÓN URBANA QUE CARECE DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE

Centros urbanos	Población (en miles)			Porcentaje de la población urbana que carece de agua potable
	Total	Con agua potable	Sin agua potable	
Más de 100 000 habitantes	2 150	1 857	293	13.5
50 000 a 100 000	325	258	67	20.0
5 000 a 50 000	1 170	967	203	17.5
Menos de 5 000	445	154	281	63.1
<i>Total</i>	<i>4 090</i>	<i>3 236</i>	<i>854</i>	<i>20.8</i>

ciento, y servicios públicos, 20 por ciento. No puede precisarse el destino del 30 por ciento restante, aunque probablemente su mayor parte se pierde. Ante la falta de datos precisos, la exposición que sigue se referirá a la demanda de agua potable por habitante sin tener en cuenta el uso específico que de ella se hace.

Esta demanda varía en grado considerable según el clima, los sectores residenciales, la concentración industrial, las zonas verdes, los hábitos de la población, etc. Para satisfacer las necesidades corrientes de la población se requerirían alrededor de 300 litros diarios por habitante. En cambio, en los centros urbanos que disponen de servicios de agua potable la dotación es solamente del orden de 200 litros diarios. Ello quiere decir que —expresadas en volumen— quedaría por satisfacer alrededor de un tercio de las actuales necesidades de agua potable de la población chilena. En el cuadro 17 se indican las necesidades de los distintos barrios residenciales de Santiago.

Cuadro 17

CHILE: NECESIDADES DE AGUA POTABLE EN DISTINTOS SECTORES DE SANTIAGO

	1 día-hora
Edificios de departamentos con calefacción y aire acondicionado	1 700
Sectores industriales.	600
Barrios residenciales de casas aisladas con jardines	550
Zonas de manzanas	500
Barrios residenciales de obreros	400
Casas suburbanas aisladas	250

En su mayoría, aunque no exclusivamente, las ciudades que están por debajo del promedio se encuentran situadas en el norte del país. En 1957 Antofagasta disponía de 90 litros diarios por habitante; Tocopilla, Linares y Osorno gozan de una dotación de 110, 140 y 150 litros respectivamente.

En otras ciudades, el servicio de agua potable se resiente por falta de regularidad. En Valparaíso, verbi-gracia, la principal fuente de abastecimiento (lago Peñuelas) se ve grandemente mermada durante los años secos, quedando a veces la ciudad con sólo un tercio de su dotación normal.

La escasez de agua potable crea serios problemas sanitarios. Una de las principales causas de la mortalidad infantil es la enteritis (forma de diarrea). Esta enfermedad, que se contrae principalmente al beber aguas infectadas, fue la causa de la muerte de 3 300 niños en 1952, proporción relativa 9 veces superior a la de los Estados Unidos. La bebida de aguas inficionadas también contribuye a difundir las enfermedades contagiosas.

El control sanitario en los servicios urbanos (públicos y privados) se realiza por intermedio de la Empresa de Agua Potable en Santiago y de la Dirección de Obras Sanitarias en el resto del país. Estas instituciones se encargan de que las aguas entregadas al consumo público cumplan con los requisitos impuestos por las normas oficiales correspondientes sobre condi-

ciones físicas, químicas y bacteriológicas que deben satisfacer, y en las que se fijan los métodos de análisis que deben emplearse (Inditecnor 2.61.11). La labor que se cumple en esta materia puede estimarse a través de la información contenida en el cuadro 18.

Cuadro 18

CHILE: DATOS SOBRE CONTROL SANITARIO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE

Servicios controlados en todo el país	174 a
Plantas de purificación y filtros	28
Servicios con instalaciones cloradoras	174 b
Servicios con instalaciones fluoradoras	10 c
Laboratorios destinados a análisis bacteriológicos	10
Laboratorios destinados a análisis químicos	3
Análisis realizados en el año 1959	39 000

FUENTE: Informaciones del Laboratorio de la Dirección de Obras Sanitarias, elaboradas por la CEPAL.

a Que atiende una población estimada de 3 236 000 habitantes.

b Es obligatoria la cloración en todo servicio de agua potable, para garantizar por este medio el cumplimiento de los requisitos bacteriológicos y anular los efectos patógenos de contaminaciones circunstanciales.

c Corresponden a 150 000 habitantes. Se proyecta extender este beneficio a otros 400 000 habitantes en 1960 por intermedio de 10 servicios adicionales, después de haber comprobado el efecto favorable del fluor en la prevención de las caries dentarias.

La cantidad mínima de muestras que se examinan mensualmente en cada servicio varía según la población que ese servicio abastece, desde 2 para centros urbanos inferiores a 2 000 habitantes hasta 390 para uno de 2 000 000.

La ausencia de plantas de tratamiento en algunos servicios y la sobrecarga con que trabajan los que existen en otros determinan que en ciertas épocas del año el agua exceda ocasionalmente los límites admitidos por las normas para determinadas condiciones principalmente físicas, como la turbiedad, por ejemplo.

Al norte se observan elevados índices de dureza y salinidad general que disminuyen con el aumento de latitud. Este fenómeno está ligado estrechamente al régimen pluvial y formación geológica imperantes a lo largo del país.

En relación con las aguas servidas de las poblaciones, solamente 11 de ellas, la mayor parte ubicadas en la zona central del país, cuentan con plantas de tratamiento para evitar la contaminación de los ríos que las reciben. La ciudad de Santiago todavía no cuenta con planta de tratamiento.

2. Demanda y abastecimiento futuros

a) Cuadro general

Es probable que la demanda futura de agua potable para los distintos usos aumente rápidamente en función del crecimiento de la población, que puede presumirse que seguirá aumentando durante los 15 años próximos a la tasa actual de 2.2 por ciento anual. Con un nivel casi estacionario de la población rural, la urbana podría crecer a razón de 3.5 por ciento anual, hasta alcanzar la cifra de 7 millones más o menos en 1970-75. Por supuesto, este crecimiento de la población urbana no será uniforme. Así, por ejemplo, es

probable que la tasa de La Serena sea menor y mayor la de Concepción.

Fuera del factor demográfico, también es probable que se incremente la demanda por habitante. Si bien no es posible medir la elasticidad, tal aumento puede imputarse en términos generales al efecto de los ingresos, que puede revestir la forma de más instalaciones de calefacción central y aire acondicionado, mejores jardines, casas más confortables para obreros, etc. Cabe suponer que hacia fines del presente siglo se duplicará la demanda de agua para consumo doméstico por habitante. En cuanto a la tasa de incremento de la demanda de agua potable para usos industriales durante los próximos quince años, es probable que sea un tanto menor, al paso que el aumento del consumo hidráulico en usos públicos sea mayor como resultado del progreso urbano. En resumen, las autoridades chilenas consideran que la dotación media por habitante urbano se elevaría desde 200 litros diarios a 350 litros en 1970-75. Este promedio oculta grandes diferencias de dotación en los distintos centros urbanos. Basta recordar, para tomar los dos casos extremos, que la de Tocopilla (en el norte) se ha calculado en 230 litros y la de Santiago, en 440.

En el supuesto de que la población urbana alcance a 7 millones de habitantes en 1970-75 y que cada habitante reciba una dotación media diaria de 350 litros, el consumo anual de agua potable ascendería a cerca de 900 millones de metros cúbicos, lo que contrasta con las actuales instalaciones, que suministran alrededor de 300 millones. Ello supone que, para satisfacer la demanda urbana prevista, habría que triplicar en cifras redondas la capacidad de las instalaciones. Las cifras anteriores y las relativas a regiones que siguen reflejan la situación según las instituciones oficiales. De reducirse el porcentaje actual de pérdidas, las dotaciones previstas y, en consecuencia, los déficit calculados bajarían sustancialmente.

b) Situación por regiones

Si bien el capital es escaso en todas las regiones, algunas como el Norte Grande sufren además escasez de recursos hidráulicos naturales. Las dotaciones actual y proyectada para el norte (Norte Grande y Norte Chico) son inferiores a las de las demás regiones. Se

ha tratado de calcular para cada región lo que será la demanda urbana de agua en el curso de los 15 años próximos (hasta 1973) y, sobre la base de las obras en construcción, dar una idea acerca de las obras complementarias que habría necesidad de construir. Aun cuando las estimaciones encierran necesariamente cierto margen de error, por cuanto, ante la falta de mejores proyecciones específicas, se ha aplicado uniformemente a todos los centros urbanos la tasa media de crecimiento demográfico de 3.5 por ciento, el cuadro general así obtenido puede dar una idea aproximada de los problemas de agua potable por centros urbanos y por regiones.

i) *Norte Grande*. La escasez general de recursos hidráulicos en todo el Norte Grande crea difíciles problemas en el abastecimiento de agua potable de las poblaciones. La ciudad de Antofagasta (67 000 habitantes) debe ser abastecida mediante un sistema de cañerías para llevar el líquido desde la Cordillera de los Andes, a una distancia de 350 kilómetros. Esto hace que el costo de las instalaciones sea altísimo y provoque períodos de gran escasez alternados con otros de exceso de abastecimiento, debido a que las nuevas redes se van construyendo de golpe y no siguiendo el crecimiento gradual de la demanda. A mediados de 1957, la situación de Antofagasta era dramática, pues sólo disponía de 90 litros diarios por habitante, suministrados por una sola cañería de 7 500 metros cúbicos diarios de capacidad. Con la construcción del nuevo acueducto (con una capacidad de 24 500 metros cúbicos y ya casi terminado) la dotación pasará de golpe a más de 300 litros, lo que permitirá disponer de excedentes para satisfacer las necesidades futuras durante varios años, por una parte, y resolver el principal problema de abastecimiento del Norte Grande, por otra. Otras ciudades, como Arica, aprovechan las aguas subterráneas. La pequeña ciudad de Mejillones, situada en la costa, emplea como agua potable agua de mar destilada. (Véase el cuadro 19.)

ii) *Norte Chico*. Esta región, caracterizada por el predominio de un clima desértico similar al del Norte Grande, y por la falta casi permanente de lluvias, también tiene dificultades para abastecerse de agua potable. A los factores naturales adversos, viene a agregarse aquí una mayor dispersión de ciudades y aldeas al sur de Copiapó. Alrededor del 11 por ciento de la

Cuadro 19

CHILE: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE EN EL NORTE GRANDE

	Disponibilidad por habitante (Litros diarios por habitante)		Consumo total 1957	Consumo proyectado 1973	Obras en construcción 1958	Déficit 1973
	1957	1973				
	Millones de metros cúbicos					
Arica	205	250	1.6	3.2	—	-1.6
Antofagasta	90	300	2.7	11.6	9.7	(+0.8)
Otras ciudades de más de 5 000 habitantes	150	160	6.3	9.8	—	-3.5
Población de las salitreras	160	200	2.2	3.6	2.3	(+0.9)
Otros	60	100	0.15	0.5	—	-0.35
Total		200	13.0	28.7	12.0	-5.4

Cuadro 20

CHILE: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE EN EL NORTE CHICO

	Disponibilidad por habitante (Litros diarios por habitante)		Consumo total 1957	Consumo proyectado 1973	Obras en construcción 1958	Déficit 1973
	1957	1973				
	Millones de metros cúbicos					
Copiapó	170	250	1.35	3.3	—	— 1.95
La Serena	200	250	3.05	6.4	—	— 3.35
Coquimpo	145	220	1.45	3.8	—	— 2.35
Otras ciudades de más de 5 000 habitantes .	130	220	3.1	8.9	3.7	— 2.1
Otros	80	130	0.55	1.4	0.6	— 0.25
Total	145	220	9.5	23.8	4.3	— 10.0

población de la región vive en centros urbanos de menos de 5 000 habitantes, frente a un 3 por ciento en el Norte Grande. Actualmente se están construyendo obras para atender las necesidades de las ciudades pequeñas, pero se requerirían más. Sin embargo, es probable que los cálculos acerca de la población futura sobreestimen las necesidades de agua en esa región. La situación también se tornará difícil en las ciudades principales de Copiapó, Coquimbo y La Serena, a menos que se construyan nuevas obras. (Véase el cuadro 20.)

iii) *Chile Central.* Los problemas de abastecimiento de aguas en Chile Central han sido provocados no tanto por las condiciones naturales cuanto por el crecimiento excepcionalmente rápido de los principales centros urbanos. De los 850 000 habitantes urbanos que carecen de agua potable en el país, un 85 por ciento reside en esta región. Además, la concentración urbana exige que se atienda mejor la purificación del agua.

Otra característica de la situación en esta región del país reside en la coexistencia de ciudades bien abastecidas con otras más pequeñas que carecen totalmente de servicios. La zona costera, por ejemplo, sufre escasez de agua potable. La terminación de las cañerías que van desde la cuenca del Aconcagua permitirá satisfacer próximamente las necesidades de Valparaíso y Viña del Mar, que en los años de sequías han experi-

mentado hasta ahora gran escasez de agua potable. No obstante la importancia de las obras que se están construyendo en Santiago (obras que representan una mayor capacidad de 125 millones de metros cúbicos), hacia 1973 subsistirá un déficit aproximadamente igual a este volumen. El volumen total del agua potable que se requiere para la zona de Santiago hará necesario evitar que las aguas del sistema Maipo-Mapocho se utilicen en otros usos incompatibles con el consumo doméstico.² Con la excepción de San Antonio, las ciudades más pequeñas, que actualmente disponen de poca agua, también exigirán grandes inversiones en nuevas instalaciones. Hacia 1973, el déficit urbano global en Chile Central excederá de 300 millones de metros cúbicos. (Véase el cuadro 21.)

iv) *Sur Chico y Sur Grande.* Aunque los recursos naturales abundan, la dotación de agua potable es baja. En general, el agua presenta menos exigencias en cuanto a ser sometida a tratamientos y el costo de la maquinaria es más bajo. Con la excepción de Osorno, que en 1973 dispondrá de un superávit, habrá que realizar las obras necesarias para saldar un déficit de 23 millones de metros cúbicos aproximadamente. (Véase el cuadro 22.)

La situación general del país por regiones aparece resumida en el cuadro 23, del cual se desprende que

² Véase el capítulo III de esta Segunda Parte del Estudio.

Cuadro 21

CHILE: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE EN CHILE CENTRAL

	Disponibilidad por habitante (Litros diarios por habitante)		Consumo total 1957	Consumo proyectado 1973	Obras en construcción 1958	Déficit 1973
	1957	1973				
	Millones de metros cúbicos					
Valparaíso y Viña del Mar	250	380	31.0	81.5	39.9	— 10.6
San Antonio	185	250	2.2	5.0	5.9	(+ 3.1)
Santiago	300	440	165.0	420.0	125.0	— 130.0
Talca	270	300	6.0	11.3	—	— 5.3
Chillán	210	250	4.5	8.8	—	— 4.3
Concepción	210	370	10.0	30.0	—	— 20.0
Otras ciudades de más de 5 000 habitantes .	125	300	40.8	165.0	26.9	— 97.3
Otros	40	250	5.5	46.4	3.4	— 37.5
Total	210	370	264.0	768.0	201.1	— 305.0

Cuadro 22

CHILE: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE EN EL SUR CHICO Y EL SUR GRANDE

	Disponibilidad por habitante (Litros diarios por habitante)		Consumo total 1957	Consumo proyectado 1973	Obras en construcción 1958	Déficit 1973
	1957	1973				
<i>Sur Chico</i>						
Valdivia	180	260	3.25	8.1	—	— 4.85
Osorno	160	300	2.6	8.4	8.4	(+ 2.6)
Puerto Montt	160	200	1.85	4.0	—	— 2.15
Otras ciudades de más de 5 000 habitantes	75	200	1.8	8.8	0.7	— 6.3
Otros	35	180	0.5	4.5	0.5	— 3.5
<i>Subtotal</i>	115	240	10.0	33.8	9.7	— 16.6
<i>Sur Grande</i>						
Punta Arenas	220	270	3.0	6.4	—	— 3.4
Otras ciudades de más de 5 000 habitantes	45	220	0.3	2.5	—	— 2.2
Otros	60	200	0.2	1.1	0.2	— 0.7
<i>Subtotal</i>	155	250	3.5	10.0	0.2	— 6.3
<i>Total</i>	125	240	13.5	43.8	10.0	— 22.9

Cuadro 23

CHILE: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE POR REGIONES

	Población urbana (Miles)		Disponibilidad por habitante (Litros diarios)		Consumo total 1957	Consumo proyectado 1973	Obras en construcción 1958	Déficit 1973
	1957	1973	1957	1973				
<i>Millones de metros cúbicos</i>								
Norte Grande	230	380	190	200	13.0	28.7	12.0	— 5.4
Norte Chico	175	300	145	220	9.5	23.8	4.3	— 10.0
Chile Central	3 390	5 700	210	370	264.0	768.1	201.1	— 305.0
Sur Chico	230	400	115	240	10.0	33.8	9.7	— 16.7
Sur Grande	65	120	155	250	3.5	10.0	0.2	— 6.3
<i>Total</i>	4 090	6 900	200	350	300.0	864.3	227.3	— 343.3

alrededor del 90 por ciento del mayor volumen de agua potable que se requiere corresponde a Chile Central.

c) *Inversiones necesarias*

El monto de las inversiones necesarias para una capacidad dada varía considerablemente según las regiones. En el norte, por ejemplo, el costo es más alto debido a las grandes distancias que median entre las fuentes de abastecimiento y las ciudades. También influye en el costo del transporte y de su tratamiento para hacerla potable, el contenido químico del agua. El análisis de los costos de las obras en construcción en 1957 arroja una inversión media de 600 pesos por metro cúbico al año en el Norte Grande, con la excepción de Antofagasta, donde la gran extensión de las tuberías eleva ese valor a 1 000 pesos por metro cúbico. En el Norte Chico, donde las distancias son más cortas, el costo medio asciende a 400 pesos, cifra que baja a 200 en Chile Central y a sólo 100 en el Sur Chico y el Sur Grande, debido a que allí el agua abunda cerca de los centros de consumo y su calidad requiere menos tratamiento.

En este estudio preliminar no ha sido posible calcular los costos futuros. Para ello habría sido necesario examinar otras alternativas no sólo para agua potable, sino también para otros usos. Así, por ejemplo, si se produjera una escasez general de agua en la cuenca del Maipo que obligase a construir aguas arriba represas de almacenamiento, el costo de las nuevas obras excedería de 200 pesos por metro cúbico; en cambio, si se descubriesen napas freáticas abundantes a una profundidad de 150 a 200 metros en los alrededores de Santiago, las obras resultarían mucho más baratas.

Ante la falta de suficiente información técnica y de costos, para calcular las inversiones que se requerirían para dotar convenientemente de agua potable a la población en 1973, se tomó como base el costo unitario de 1957. Las inversiones necesarias subirían así a cerca de 115 000 millones de pesos de 1957, equivalentes a 150 millones de dólares. En el cuadro 24 aparece resumido el cálculo por regiones. Estas inversiones podrían satisfacerse sin aumentar la proporción de las inversiones en servicios de agua potable dentro de las inversiones públicas totales (2.2 por ciento durante el período de 1950 a 1955), en caso de que la economía

Cuadro 24

CHILE: INVERSIONES NECESARIAS PARA ABASTECER NORMALMENTE DE AGUA POTABLE A TODA LA POBLACIÓN URBANA EN 1973

	Obras necesarias (Millones de metros cúbicos)		Costo uni- tario por metro cúbico (Pesos de 1957)	Inversiones necesarias (Millones de pesos de 1957)		
	En cons- trucción ^a	Adicio- nales		En cons- trucción	Adicio- nales	Total
Norte Grande ^b	10.0	5.4	600	6.0	3.2	9.2
Norte Chico	4.0	10.0	400	1.6	4.0	5.6
Chile Central	180.0	305.0	200	36.0	61.0	97.0
Sur Chico	8.5	16.6	100	0.8	1.7	2.5
Sur Grande	0.2	6.3	100	0.2	0.6	0.8
<i>Total</i>	<i>202.7</i>	<i>343.3</i>	<i>220</i>	<i>44.7</i>	<i>70.5</i>	<i>115.2</i>

^a Las estimaciones abarcan únicamente los gastos desde 1958 en adelante.

^b Las obras para Antofagasta se han calculado sobre la base de un costo de 1 000 pesos por metro cúbico.

se desarrollara a razón de 2 por ciento anual por habitante.

d) Sistemas de tarifas

Aunque las leyes chilenas³ previenen que las tarifas deben fijarse de modo que cubran los costos de explotación y se garantice al capital una utilidad adecuada, en abril de 1958 la situación estaba muy lejana de esa meta. El precio de venta de un metro cúbico de agua potable en el país era de unos 15 pesos en promedio, en tanto que los costos de explotación ascendían de 45 a 50 pesos. Si a éstos se agregaran los costos del

³ Véase el análisis que de ellas se ha hecho en el capítulo I de esta Segunda Parte.

capital, el precio medio de venta no alcanzaría a cubrir la cuarta parte del costo económico de los servicios. El subsidio total que esto significa alcanzaba en 1957 a 14 000 millones de pesos anuales (18.20 millones de dólares). Suponiendo una dotación diaria de 0.350 m³ por habitante y una inversión de 220 pesos por metro cúbico al año, con ese subsidio se podría dotar de agua potable a 500 000 habitantes anualmente. Dada la gran escasez de capital que existe en Chile, sería muy conveniente aplicar en forma estricta la legislación nacional y poner término así a los desperdicios que provoca el bajo nivel de las tarifas. Habría que establecer un sistema de reajustes expeditos y ulteriormente automáticos para que queden cubiertos siempre los costos del servicio.

II. RIEGO

1. Desarrollo histórico

El riego data en Chile de varios siglos y algunos canales que hoy se utilizan existían ya antes de la llegada de los españoles. Durante la Colonia, y sobre todo después de la Independencia, el riego se intensificó bajo la presión del crecimiento demográfico y de la mayor demanda de productos alimenticios. Hasta principios del presente siglo todas las obras de riego se construían y financiaban exclusivamente con recursos particulares. La intervención del estado en la construcción y el financiamiento de algunas obras era muy limitada, reduciéndose a casos excepcionales, como el del Canal San Carlos. La participación estatal sólo vino a intensificarse en forma sistemática con el establecimiento en 1914, y el funcionamiento efectivo en 1920, de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas.

Chile cuenta, pues, con una larga experiencia histórica en punto a canales construídos y explotados por intereses particulares. Muchos de ellos son muy pequeños y riegan sólo un predio. Dado que han debido derivarse desde puntos en que pudieran ser alimentados durante el estiaje, su longitud (a menudo paralela

a la del lecho del río) suele ser considerable, produciéndose fuertes pérdidas por filtración. En muchos casos no existen obras de derivación en el lecho de los ríos; en otros existen obras muy ligeras de ramas y piedras que requieren reparaciones periódicas y quizás frecuentes. Los gastos de tales canales eran los que sus dueños querían y no se medían ni se registraban. Tal sistema funcionó bien mientras la población fue escasa y las comunicaciones fueron malas o no existieron, de tal manera que los predios debían autoabastecerse.

El Código Civil y el empleo de agua de canales fueron estableciendo gradualmente el "derecho" de los usuarios, reconociéndose con el tiempo derechos permanentes. En muchos casos, estos inmemoriales derechos de aguas hicieron que un propietario o un grupo de propietarios tomara toda el agua de un río sin cuidarse del efecto que ello pudiera producir sobre el riego en su curso inferior.

Al aumentar la población, también aumentó la superficie de tierras regadas y hubo que construir nuevos canales, naciendo y reconociéndose nuevos derechos de aguas, muchos de ellos como derechos eventuales, estos, que sólo habrían de satisfacerse una vez que los

Cuadro 25

CHILE: SUPERFICIE REGADA CON OBRAS CONSTRUIDAS POR LA DIRECCIÓN DE RIEGO
SEGÚN EL TIPO DE PROYECTO

Número de obras	Tipo de proyecto	Superficie beneficiada (Hectáreas)		
		Nuevas	Mejoradas	Total
21	Captación directa y canales	152 480	26 680	179 160
21	Embalses de regulación y canales	37 200	101 990	139 190
5	Saneamiento de terrenos	4 620	800	5 420
4	Elevación mecánica	1 920	660	2 580
1	Captación de agua subterránea	50	20	70
	Sondajes aguas subterráneas, diversos	3 850		3 850
	<i>Total</i>	200 120	130 150	330 270

Cuadro 26

CHILE: OBRAS EN EXPLOTACIÓN, CONSTRUIDAS POR LA DIRECCIÓN DE RIEGO

Obra	Provincia	Superficie en hectáreas			Capacidad de los embalses (Millones de m ³)
		Nuevas	Mejoradas	Totales	
1. Embalse Caritaya	Tarapacá	1 200		1 200	42
2. Canales Catiña y Poroma	"		380	380	—
3. Canal Pachica	"	150	50	200	—
4. Embalse Lautaro	Atacama		9 890	9 890	37
5. Embalse Lagunas del Huasco	"	1 000		1 000	7
6. Embalse La Laguna	Coquimbo		21 000	21 000	40
7. Saneamiento Vegas La Serena Norte	"	700		700	—
8. Saneamiento Vegas La Serena Sur	"	800		800	—
9. Embalse Recoleta y	"				
10. Canal Alimentador Recoleta	"	11 600	3 400	15 000	100
11. Embalse Cogotí y canales	"	12 000		12 000	150
12. Embalse Culimo y canales	"	800	200	1 000	8.6
13. Canal Manco	Valparaíso	4 000		4 000	—
14. Embalse Pitama y canales	"	300		300	2.1
15. Embalse Orozco y canales	"	800		800	5.5
16. Embalse Lo Ovalle y canales	"	1 200		1 200	13.5
17. Embalse Perales y canales	"	800		800	11.6
18. Embalse Purísima y canales	"	400		400	2.3
19. Canal Chacabuco y	"				
20. Embalse Huechún	Aconcagua				
21. Canal Colina	Santiago	3 000		3 000	30
22. Regadío Dren de Colina	"		2 250	2 250	—
23. Regadío Rinconada Lo Cerda	"	50	20	70	—
24. Regadío mecánico El Noviciado	"	800	360	1 160	—
25. Regadío mecánico San Cristóbal	"	700		700	—
26. Embalse Cerrillos	"	120	300	420	—
27. Canal Tipaume	"	400		400	2.7
28. Regadío de Codegua	O'Higgins		2 000	2 000	—
29. Canal Cocalán	"		1 400	1 400	—
30. Regadío mecánico de Licancheu	"	4 000	6 000	10 000	—
31. Embalse Lolol	Colchagua	300		300	—
32. Embalse Laguna del Planchón	"	600		600	6.4
33. Corrección y drenaje Valle de Curepto	Curicó		35 500	35 500	40
34. Canal San Rafael	Talca	200		200	—
35. Canal Maule	"	2 800		2 800	—
36. Canal Putagán	"	18 000	4 000	22 000	—
37. Canal Melado	Linares	5 000		5 000	—
38. Canal Puquillauquén	"	20 000		20 000	—
39. Embalse Bullileo	"	3 000		3 000	—
40. Embalse Tutuvén y canales	"		32 000	32 000	60
41. Canal Colicheo	Maule	2 500		2 500	16
42. Canal Quillón	Ñuble	4 600		4 600	—
43. Canal Laja	"	2 800		2 800	—
44. Canal Bío-Bío Norte	Bío-Bío	40 000		40 000	—
45. Canal Bío-Bío Negrete	"	5 800		5 800	—
46. Canal Bío-Bío Sur (1ª etapa)	"	8 400	4 600	13 000	—
47. Embalse Huelchueico	"	13 000		13 000	—
48. Bocatoma y ensanche canal Quepc	"	600		600	5.2
49. Canal Allipén	Cautín	2 000	3 000	5 000	—
50. Saneamiento de Quitratué	"	19 000	3 000	22 000	—
51. Saneamiento de Chivilcán	"	3 000		3 000	—
52. Canal Chile Chico	"	120		120	—
Aguas subterráneas, sondajes diversos	Aysén	530		530	—
	Varias	3 850		3 850	—
<i>Total</i>		200 120	130 150	330 270	580

titulares de derechos permanentes hubiesen tomado sus respectivas cuotas.

El sistema de derechos de aguas así originado tradúcese a menudo en una distribución bastante inapropiada de los recursos disponibles y provoca muchas dificultades y molestias a los titulares de derechos eventuales. Hace también que la labor actual de la Dirección de Riego resulte mucho más difícil y complicada de lo conveniente debido a la necesidad de respetar los derechos de aguas establecidos, aun cuando se sepa que importan un uso excesivo de ese elemento.

El riego se ha desarrollado a tal punto que ya no es posible pretender que los canales sigan abasteciéndose normalmente con el caudal de los ríos en las condiciones actuales, situación que presenta los aspectos siguientes:

i) Algunos grupos de canalistas llegaron a la conclusión de que era más conveniente para sus intereses unirse y construir una sola bocatoma adecuada en el río y un solo canal y abastecerse de éste cada uno de ellos mediante canales derivados.

En esta forma evitaban el incurrir en los gastos que significaba el alimentar —mediante trabajos temporales en el cauce del río— cada uno de sus canales, con la seguridad de que cuando el agua del río fuese escasa cada cual dispondría de una cuota proporcional del agua disponible gracias a la existencia de compuertas y marcos adecuados en todos los puntos de distribución.

ii) Las obras resultan difíciles y caras por cuanto se hace necesario construir sistemas de canales grandes, combinados a menudo con embalses, para ampliar la superficie regada y asegurar el riego existente durante los años de escasez de caudal. Tales obras sólo pueden ser planeadas y financiadas por el estado.

A comienzos del siglo xx se regaba, con obras privadas, alrededor de un millón de hectáreas comprendidas entre el norte y la provincia de Cautín, al sur de la cual los cultivos se desarrollan eficientemente con las lluvias, no necesitando por lo general de riego. Este se hacía mediante infinidad de pequeñas obras como las señaladas más arriba, siendo escasas las de gran envergadura. Ejemplo de estas últimas serían los canales de Las Mercedes, Mallarauco y Culiprán, en la provincia de Santiago, construídos por los regantes a costa de inmensos esfuerzos.

Creada la Dirección de Riego, el gobierno inició en 1928 un Plan Extraordinario de Obras Públicas, seguido por un primer intento legal (Ley 4445) de planificación, construcción y explotación de obras de riego por el estado. Esa ley fue modificada dos veces en 1950 (leyes 9639 y 9662), cuyas principales disposiciones se analizaron ya.⁴

Desde el establecimiento de la Dirección de Riego, el estado ha construído 52 obras que sirven 330 000 hectáreas, que se descomponen en 200 000 hectáreas recién incorporadas al riego y 130 000 de riego mejo-

rado. El cuadro 25 da la clasificación de estas obras por tipos de proyecto y el cuadro 26 contiene la lista de todas ellas. Por su parte, entre 1940 y 1952 la Corporación de Fomento ha dado riego a 60 000 hectáreas, principalmente riego a base de aguas subterráneas, riego por elevación y riego por aspersión. Estas obras se han construído a solicitud de los interesados, que se han convertido en propietarios de ellas mediante créditos a corto o mediano plazo.

Según datos de la Dirección de Riego y del Ministerio de Agricultura, la superficie regada en 1956, así por iniciativa privada como por acción del estado, ascendía en total a 1 360 000 hectáreas. En el Norte Grande, la superficie regada es muy pequeña, aumentando un poco más en los fértiles valles del Norte Chico y alcanzando su máximo (85 por ciento del área total) en Chile Central, con una gran concentración en la zona de Santiago. Al sur de la provincia de Cautín prácticamente no se requiere riego, salvo en una pequeña zona andina del Sur Chico. (Véase el cuadro 27).

Cuadro 27
CHILE: SUPERFICIE REGADA
(Miles de hectáreas)

Norte Grande		
Tarapacá	7	
Antofagasta	1	8
Norte Chico		
Atacama	24.9	
Coquimbo	105.9	130.8
Chile Central		
Aconcagua	37.0	
Valparaiso	53.7	
Santiago	226.6	
O'Higgins	141.8	
Colchagua	105.1	
Curicó	78.7	
Talca	124.7	
Maule	40.0	
Linares	145.1	
Ñuble	100.0	
Concepción	29.3	
Arauco	5.0	
Bío-Bío	81.6	
Malleco	23.9	
Cautín	32.0	1 224.5
Sur Chico y Sur Grande		
Aysén		0.5
Total		1 363.8

2. Situación actual

La evolución histórica del riego en Chile ha conducido a un nivel de desarrollo que deja amplios márgenes para mejorar el rendimiento del agua que se utiliza con ese fin. Aunque, claro está, la situación varía de una provincia a otra, en términos generales las principales deficiencias se refieren a las obras principales, a las interiores de los predios y a los métodos de riego.

⁴ Véase el capítulo I precedente.

a) Deficiencias de las obras principales

Este fenómeno se observa principalmente en los viejos sistemas de riego construídos antes de crearse la Dirección de Riego, respecto de los cuales pueden anotarse las siguientes observaciones:

i) Las bocatomas y las obras de distribución se han multiplicado en gran número de acuerdo con los derechos de los particulares. Muchos canales corren paralelos a los ríos o paralelos entre sí, con fuertes pérdidas por filtración. En el río Elqui, verbigracia, en una distancia de 90 kilómetros, entre Algarrobal y La Serena, existen 84 canales con un gasto de 100 a 150 litros por segundo. En el Limarí existen 37 en una distancia de 102 kilómetros, entre el primer canal y la ciudad de Ovalle; las bocatomas de algunos de estos canales se encuentran a escasos metros las unas de las otras; el gasto medio es de 40 litros por segundo, con apenas algunos litros para muchos de ellos. El exceso de canales se resuelve en una complicada red de distribución y un gran desperdicio de agua.

ii) Salvo contadas excepciones, no existen bocatomas definitivas. Muchos de los canales se alimentan mediante obras de derivación temporales y precarias, que cualquier crecida del río puede dañar o destruir.

iii) Los canales mismos han sido construídos directamente en la tierra, sin una protección de concreto. Asimismo, las obras necesarias para cruzar u obviar un obstáculo a menudo son tan rudimentarias que no ofrecen seguridad alguna. Los trabajos de conservación de los canales suelen ser deficientes y el agua se pierde a través de las grietas que presentan sus paredes.

b) Deficiencias de las obras dentro de los predios

De acuerdo con el actual mecanismo institucional, cuando el estado construye una obra de riego ejecuta los trabajos sólo hasta los linderos de los predios, correspondiendo a los propios agricultores proyectar, construir y pagar el sistema de distribución interna. Muchos agricultores carecen del capital o de los conocimientos técnicos necesarios para construir rápidamente los sistemas de distribución dentro de sus fundos; otros han trabajado sus predios a tal punto que obtienen con ello ingresos financieros suficientes y no están dispuestos a molestarse por nada más. Puede así transcurrir bastante tiempo entre el desarrollo del riego y la construcción de una nueva obra, con las consiguientes pérdidas para los agricultores y el país del producto adicional que podría obtenerse y para lo cual se construyeron las obras. Otras deficiencias técnicas que suelen observarse en el interior de los fundos son la mala subdivisión de los campos, la deficiente nivelación o el mal trazado de las zanjas. También es deficiente la conservación.

c) Diferencia de los métodos

i) Generalmente se riega sólo durante el día y a veces sólo cinco días a la semana. Se desperdicia así más de la mitad del agua del río o del canal.

La costumbre de regar sólo durante el día acaso haya sido conveniente en tiempos pasados, cuando había relativa abundancia de agua y el riego era escaso, pero hoy es inadmisibles.

Algo se ha progresado en cuanto a aprovechar mejor el agua mediante la construcción de estanques de almacenamiento nocturno. Esta medida, difundida por el Plan Chillán, está bien orientada, pero es probable que no puedan constituirse todas las obras de almacenamiento nocturno que se requieren.

No parece existir razón valedera —que no sea la resistencia a todo cambio y quizá los prejuicios— para que en Chile no se practique el riego como en otros países. El agua se va haciendo cada vez más valiosa y no es permisible desperdiciarla; con el tiempo la presión sobre la tierra y el aumento demográfico obligarán a los regantes a mejorar sus métodos, sobre todo en las hoyas en que el agua escasea, y si bien esto será de mayor provecho para determinados agricultores, en general beneficiará en alto grado a todo el país.

ii) Si, por una parte, el riego discontinuo hace que el agua no utilizada vaya a perderse en el mar, el actual sistema de "derechos de aguas", por otra, ha provocado grandes abusos con este elemento. Los titulares de derechos de agua tienen tendencia a extraer una cantidad constante de agua durante el período de riego sin tener en cuenta las fluctuaciones y modificaciones que normalmente ocurren durante dicho período según las diferencias de clima o las condiciones de la vegetación. Este sistema da por resultado asimismo una distribución del agua que guarda poca relación con la eficiencia del riego por cuanto los titulares de derechos permanentes disponen de un abastecimiento abundante al paso que los titulares de derechos eventuales a menudo carecen de las cantidades apropiadas.

d) Tasa de riego: estimación del agua desperdiciada

Aunque no existen registros oficiales acerca de la cantidad de agua que se extrae, merced a las distintas estadísticas reunidas por la Dirección de Riego, la ENDESA, las Juntas de Vigilancia y las Asociaciones de Canalistas es posible trazar un cuadro aproximado del agua utilizada por hectárea en algunas zonas. No habiéndose realizado trabajos experimentales directos en esta materia, las estimaciones del agua que se requeriría para esas zonas si se regaran en forma adecuada se han hecho adaptando los coeficientes de California a las características de los cultivos en Chile, mediante la fórmula Blaney-Criddle (basada en la temperatura máxima). Las estimaciones obtenidas, comparadas con las tasas efectivas, ponen en evidencia un considerable desperdicio de agua, que en algunas zonas llega a 100 por ciento. Las normas de riego son mejores en el valle del río Elqui. Es claro que parte de ese exceso de agua vuelve a los ríos por filtración, pero de todos modos las pérdidas son importantes. (Véase el cuadro 28.)

Con el andar del tiempo será necesario imponer un aprovechamiento eficiente del agua en todos los canales y obras de riego en Chile. Una de las primeras me-

Cuadro 28

CHILE: MUESTRA DE ESTIMACIONES DE TASAS Y NECESIDADES DE RIEGO

Cuenca hidrográfica	Tasas actuales	Necesidades (Fórmula de Blaney-Criddle)	Porcentaje del consumo sobre las necesidades
	Metros cúbicos anuales por hectárea		
Río Elqui	14 200	11 850 ^a	20
Río Maipo	21 200 ^b	10 300 ^b	106
Río Maule	14 800	10 230	45
Río Itata	15 100	11 660	30

^a Véase ap. d), página anterior.

^b Incluye 200 m³ mensuales para junio y julio.

didadas que para ello deben adoptarse consiste en aforar y registrar en la Dirección de Riego el gasto de todos los canales, —como ya se sugirió en el capítulo que trata de la hidrología⁵— y en llevar un registro de todas las zonas y tipos de cultivos. El examen de estos datos, clasificados año por año, mostrará quién ha desperdiciado agua y en qué medida. Asimismo indicará claramente las desigualdades en la distribución del agua, lo que hoy ocurre por fuerza.

Si juntamente con reunir datos sobre el uso del agua, se pudieran obtener informaciones experimentales exactas sobre las necesidades óptimas de agua de los cultivos mediante ensayos en fundos experimentales, el gobierno reuniría en pocos años una valiosa información sobre las deficiencias y el desperdicio que ocasionan los actuales sistemas de riego, que le permitiría tomar y justificar debidamente las medidas del caso.

3. Perspectivas del riego

a) Clasificación de la tierra

El Departamento de Conservación de Recursos Agrícolas del Ministerio de Agricultura ha preparado recientemente una clasificación de la tierra basada en los datos e informaciones recogidas a través del Censo Agropecuario de 1955. Conviene subrayar que es ésta una clasificación muy preliminar y puede ser objeto de grandes modificaciones. Las tierras se han clasificado en grupos y clases de acuerdo con sus usos posibles.⁶ (Véase el cuadro 29.)

Las clases 1 y 2 aparecen juntas y representan la tierra cultivable y fácilmente regable. Algunas de las tierras de la clase 2 se han agrupado con algunas de la clase 3. Estas representan las tierras cultivables y regables, pero que requieren gastos ligeramente superiores a los de las dos primeras clases. Las clases 3 y 4, agrupadas en una sola categoría, representan las tierras cultivables que necesitarían riego por elevación o por aspersión. Las tierras de las clases 5 y 6 no son

⁵ Véase el capítulo II de la Primera Parte.

⁶ Los "usos posibles" pueden modificarse, por ejemplo, al descubrirse nuevos recursos de aguas subterráneas, lo que revestiría particular importancia en el norte del país. A la inversa, puede que en algunas hoyas hidrográficas la tierra "regable" haya sido sobrestimada. Este aspecto se tratará en forma más detallada en el capítulo IV, de esta Segunda Parte del estudio.

Cuadro 29

CHILE: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

	Clase
Sección I. Cordillera andina	
Alta cordillera de roqueríos y nieves eternas	8 ^a
Cordillera andina de estepas y montes	6 ^a
Cordillera andina con bosques	7 ^a
Cordillera andina con glaciales continentales	8 ^a
Sección II. Desierto	
Desierto de Tarapacá, Antofagasta y Atacama	8 ^a
Sección III. Serranías y lomajes	
Serranías transversales y de la costa	6 ^a
Lomajes de la costa	3 ^a y 4 ^a
Lomajes de la pre-cordillera y Piedmont andino	3 ^a y 4 ^a
Sección IV. Valles transversales y Llano Central	
Valles transversales del desierto	1 ^a y 2 ^a
Valles transversales de la región serranías	1 ^a y 2 ^a
Llano Central	1 ^a y 2 ^a
Valles cordilleranos	1 ^a y 2 ^a
Sección V. Cordillera de la Costa con bosques naturales	
Cordillera de la Costa con vegetación mixta boscosa-matorral	7 ^a
Cordillera de la Costa con bosque	7 ^a
Sección VI. Terrazas y planicies litorales	
Terrazas litorales	1 ^a y 2 ^a
Mesetas en el Llano Central	3 ^a y 4 ^a
Sección VII. Región insular de Chiloé, Aysén y Magallanes	
Lomajes y llanos de Chiloé, Isla Grande de Chiloé	1 ^a y 2 ^a
Cordillera boscosa de la Isla Grande de Chiloé	7 ^a
Archipiélago con vegetación mixta boscosa-matorral	7 ^a
Sección VIII. Planicie y praderas de Aysén y Magallanes	
Planicie estepas occidentales de Aysén y Magallanes	5 ^a

cultivables, si bien pueden producir pastos naturales en forma permanente o temporal. La clase 7 abarca las tierras cubiertas de bosques. Las tierras de la clase 8 no son aprovechables agrícolamente. Esta clasificación se ha adaptado a una división fisiográfica del país, que se resume en el cuadro 15 antes mencionado.

Para los fines del riego, las clases 1 a 4 se reunieron en un solo grupo, que representa la tierra regable, después de algunos ajustes hechos debido a que sólo alrededor del 60 por ciento de las tierras de la clase 4 está bien regado. De los 74 millones de hectáreas de que se compone la superficie del país, se clasifican como regables alrededor de 10.4 millones, de los cuales más de 3 millones están situados al sur de la provincia de Cautín, donde las lluvias son tan abundantes que por lo general no se necesita riego. En resumen, existen en Chile alrededor de 7 millones de hectáreas de tierras regables que requieren riego.

	Miles de hectáreas	
	Tierra regable	Tierra regable que requiere riego
Clases 1 y 2	4 987	3 397
Clases 2 y 3	1 937	1 507
Clases 3 y 4 ^a	2 493	2 301
	10 417	7 205

^a Sólo 60 por ciento de la superficie total.

Cuadro 30
CHILE: SUPERFICIE REGADA
(Miles de hectáreas)

Provincia	Superficie (1)	Tierra regable que necesita riego ^a				Porcentajes (2)/(1) (3)	Superficie actualmente regada (4)	Proporción de tierra re- gable que dispone de riego (4)/(2) (5)
		Clases 1 y 2	Clases 2 y 3	Clases 3 y 4 ^b	Total			
		(2)						
Tarapacá . . .	5 529	7	—	—	7	0.1	7.0	100.0
Antofagasta . .	12 306	1	—	—	1	—	1.0	100.0
Atacama . . .	7 988	70	—	—	70	0.9	24.9	35.6
Coquimbo . . .	3 939	180	30	240	450	11.4	105.9	23.5
Aconcagua . . .	1 020	180	—	36	216	21.2	37.0	17.1
Valparaíso . . .	483	30	22	120	172	35.6	52.7	30.6
Santiago . . .	1 743	140	15	75	230	11.5	226.6	98.5
O'Higgins . . .	711	110	—	42	152	21.4	141.8	93.3
Colchagua . . .	843	140	50	230	420	50.0	105.1	25.1
Curicó . . .	574	190	—	110	300	52.3	78.7	26.2
Talca . . .	964	170	130	158	458	47.5	124.7	27.2
Maule . . .	563	70	170	115	355	63.1	40.0	11.3
Linares . . .	982	352	110	174	636	64.8	145.1	22.8
Nuble . . .	1 421	350	140	319	809	56.9	100.0	12.4
Concepción . .	570	160	20	156	336	59.0	29.3	8.7
Arauco . . .	575	—	380	—	380	66.1	5.0	1.3
Bío-Bío . . .	1 125	280	—	255	535	47.6	81.6	15.3
Malleco . . .	1 428	240	230	216	686	48.1	23.9	3.5
Cautín . . .	1 737	717	180	84	981	56.5	32.0	3.3
Total . . .	44 501	3 387	1 477	2 300	7 164	16.1	1 362.3	19.0

FUENTES: Datos del Departamento de Conservación y Recursos Agrícolas (Ministerio de Agricultura) y Censo Agropecuario, 1955.
^a Desde el norte hasta la provincia de Cautín inclusive.
^b 60 por ciento de la superficie comprendida en la clasificación de los suelos.

Cuadro 31
CHILE: EVOLUCIÓN DEL BALANCE AGRÍCOLA

Promedio anual	a) Volumen de produc- ción agrícola por habitante (Pesos de 1950)	Promedio anual	b) Disponibilidad de productos agrícolas por habitante-año (Pesos de 1950)		
			Producción agrícola para consumo interno	Importacio- nes agrícolas	Total
1942-44	3 958	1942-45	3 616	973	4 589
1945-49	3 877	1946-50	3 602	881	4 483
1950-54	3 621	1951-55	3 513	901	4 414
1955	3 676				
1956	3 685				

Promedio anual	c) Exportaciones e importaciones agrícolas			Valor		
	Volumen físico (Millones de dólares de 1950)			(Millones de dólares)		
	Exporta- ciones	Importa- ciones	Saldo	Exporta- ciones	Importa- ciones	Saldo
1930-34	44.1	27.1	+17.0	14.3	9.1	+ 5.2
1935-39	54.8	34.9	+19.9	23.4	10.0	+13.4
1940-44	37.2	52.7	-15.5	22.2	23.9	- 1.7
1945-49	41.3	65.1	-23.8	41.8	58.6	-16.8
1950-54	34.7	73.0	-38.3	44.3	90.5	-46.2
1954	29.0	99.9	-70.9	38.1	115.2	-77.1
1955	27.4	99.5	-72.1	36.3	103.6	-67.3
1956	30.3	66.4	-36.1	33.0	71.6	-38.6

El cuadro 30 contiene una clasificación por provincias de la tierra regable que necesita de riego. Aunque el cuadro se hizo por provincias, puede advertirse fácilmente que la mayor parte de las mejores tierras regables (cerca de las 2 terceras partes de las clases 1 y 2) se encuentran en la parte sur del Valle Central, y corresponden a las cuencas de los ríos Maule, Itata, Bío-Bío e Imperial. Comparada con las tierras potencialmente regables, la superficie hoy regada representa alrededor del 19 por ciento. Sin embargo, la tierra susceptible de riego en la provincia de Santiago está casi agotada, al paso que la de la parte sur del Valle Central sigue en gran parte sin explotarse. Las disponibilidades de tierras dan cabida a una extensión considerable del riego.

b) Necesidad de riego

No puede determinarse el riego que se necesita sin referirse al estado pasado y futuro de la agricultura chilena, cuyo decaimiento ya se ha tratado en otras páginas de este informe. A base de los datos de que se dispone esa evolución en el curso de las últimas décadas podría resumirse en las siguientes indicaciones: i) la disminución del volumen de la producción agrícola por habitante; ii) la disminución de la disponibilidad de productos agrícolas por habitante (no obstante la reducción de las exportaciones y el aumento de las importaciones), y iii) la reducción del volumen de las exportaciones y el aumento del volumen de las importaciones, con el consiguiente cambio del balance, que de positivo ha pasado a negativo.

En el informe conjunto del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y de la FAO, informe que ha subrayado al mismo tiempo el empeoramiento de la situación de la agricultura y las posibilidades económicas para mejorarla, se indica que la producción agropecuaria podría y debería elevarse a una tasa anual de 3.1 por ciento durante el período 1952-60. Dicho aumento se ha calculado en la siguiente forma: 1.8 por ciento de aumento de la población, 0.7 por ciento de aumento de la demanda de alimentos por habitante (en el supuesto de una tasa de aumento del ingreso por habitante de 1.5 por ciento) y un aumento de 0.6 por ciento para saldar el déficit de balance de pagos originado por una deficiente producción agropecuaria. (Véase el cuadro 31.)

Sugiere el citado informe que ese aumento de 3.1 por ciento anual podría lograrse principalmente de dos maneras: mejorando la tecnificación de la agricultura —lo que daría por resultado un aumento de la productividad—, y aumentando la superficie cultivada, tanto de tierras de secano como de tierras de regadío. El aumento necesario de las tierras de regadío estimábase para ese período en 283 000 hectáreas.

El Plan de Desarrollo Agrícola y Transportes (1954-61) de la Corporación de Fomento y del Ministerio de Agricultura fue elaborado siguiendo las directivas del informe del Banco Internacional y de la FAO, introduciendo sin embargo algunas modificaciones en los supuestos básicos, siendo las más importantes dis-

minuir la tasa de crecimiento demográfico de 1.8 a 1.7 por ciento y aumentar el incremento de la productividad. Esto permitió reducir la extensión de las nuevas tierras, tanto de regadío como de secano, que sería necesario regar. (Véase el cuadro 32.)

Cuadro 32

CHILE: ESTIMACIÓN DEL AUMENTO NECESARIO
DE LA SUPERFICIE REGADA
(Miles de hectáreas)

	1952-60 ^a	1954-61 ^b
Cereales	76	39
Otros cultivos anuales	95	77
Huertos y viñedos	22	22
Pastos artificiales	90	76
Reserva	—	18
Total	283	232

^a Según el estudio del Banco Internacional y de la FAO.
^b Según el Plan de Desarrollo Agrícola y de Transportes.

El Plan se fijó como objetivo reducir las importaciones agrícolas a 32 millones de dólares en 1961, importaciones que sin él podrían elevarse a 90 millones; y aumentar las exportaciones agrícolas a 63 millones de dólares, cifra que sin el Plan se reduciría a 36 millones. De este modo se obtendría en el balance de pagos un superávit de 31 millones de dólares en vez de un déficit estimado en 54 millones. (Véase el cuadro 33.)

Se aumentaría principalmente la producción de trigo, oleaginosas y carne con el fin de autoabastecer al país en estos productos. En cambio, el aumento de las exportaciones descansaría en el incremento de la producción de frutas, hortalizas y, principalmente, productos forestales.

El aumento de la producción resultante de las nuevas obras de riego podría evaluarse en cerca de 60 millones de dólares, en su mayor parte como resultado del cultivo de productos que hasta ahora han venido importándose. Así, pues, el Plan asignaba al riego un papel de la más alta importancia.

En la práctica, la ejecución del Plan se está atrasando bastante. Así, por ejemplo, se había previsto regar alrededor de 30 000 hectáreas más por año. En tre 1952 y 1957 la superficie regada aumentó sólo 47 800 hectáreas, lo que arroja un promedio aproximado de 8 000 hectáreas anuales.

Estos atrasos tienden a agravar las perspectivas del balance de pagos de Chile tanto más cuanto que el cálculo de 3.1 por ciento de la tasa de crecimiento de la producción agropecuaria dado por el informe del Banco de Reconstrucción y Fomento y la FAO tiene que ajustarse ahora a una mayor tasa de crecimiento demográfico (2.2 por ciento en vez de 1.8). Sobre la base de una tasa de aumento de 2 por ciento del ingreso por habitante y de elasticidades y factores similares a los supuestos en el mencionado informe, la producción agropecuaria tendría que aumentar ahora a razón de 4.2 por ciento.

La experiencia recogida a través del Plan Chillán

Cuadro 33
CHILE: COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS
(Millones de dólares)

A. EXPORTACIONES						
	1954	1961 <i>Sin el Plan</i>		1961 <i>Con el Plan</i>		
Frijoles	6.18	6.25		7.12		
Lentejas	1.98	2.10		3.56		
Frutas y hortalizas	5.30	—		8.18		
Productos forestales	8.59	9.53		18.86		
Maderas	15.76	17.61		23.56		
Varios	0.91	1.21		1.79		
	38.72	36.30		63.07		

B. IMPORTACIONES						
	1954		1961, <i>sin el Plan</i>		1961, <i>con el Plan</i>	
	<i>Cantidad</i> (Miles de toneladas)	<i>Valor</i>	<i>Cantidad</i> (Miles de toneladas)	<i>Valor</i>	<i>Cantidad</i> (Miles de toneladas)	<i>Valor</i>
Trigo	203	18.6	229	20.9	—	—
Aceites vegetales	13.6	5.8	22.4	9.6	—	—
Carnes	37.5	14.3	74.7	28.3	24.9	9.5
Leche	260	0.2	2 630 ^a	1.5	—	—
Mantequilla	2 030 ^a	1.5	3 730 ^a	2.8	—	—
Azúcar	170	15.3	192	17.3	138	12.4
Cueros y pieles	b	2.0	b	2.6	b	0.8
Lana	b	4.4	b	6.2	b	3.8
Abonos	b	0.8	b	1.2	b	5.4
<i>Total</i>		62.9		90.4		31.9

^a Toneladas.
^b No existen datos.

indica que la productividad podría aumentar más de lo que suponían el informe y el Plan mismo. Esto permitiría reducir la necesidad de extender el área cultivada y compensar la elevación de la tasa de crecimiento demográfico. De este modo, el promedio anual de 30 000 hectáreas más de tierras regadas que se ha supuesto, unido a una mayor seguridad del riego existente, señalan un orden de magnitud general de las obras de riego que se requerirían en el curso de los próximos diez o quince años.

c) Obras de riego en construcción y en estudio

La Dirección de Riego tiene actualmente en construcción obras para regar un total de 160 000 hectáreas de nuevas tierras y para mejorar el riego de otras 356 000. Las principales obras están situadas en las cuencas de los ríos Maule y Bío-Bío, donde existen todavía grandes extensiones de tierras regables que carecen de riego. (Véase el cuadro 34.)

Además, ese organismo tiene en estudio otros proyectos para regar un total de 447 000 hectáreas de nuevas tierras y mejorar el riego de otras 271 000. Las obras más importantes también se construirían en las cuencas de los ríos señalados, el Maule y el Bío-Bío. Encuétranse asimismo en estudio otros dos proyectos importantes para la cuenca del Maipo: Colina-Batuco y Curacaví-Casablanca.

Un aspecto importante de las nuevas obras en construcción o en estudio es el de que permitirían aumen-

tar mucho la capacidad de embalse, que pasaría de 580 a 8 030 millones de metros cúbicos de agua. Esta mayor capacidad de embalse podría servir para ampliar la superficie regada con aguas embalsadas (riego nuevo y principalmente actual) y también para aumentar el volumen de agua por hectárea regada. La superficie de tierras regadas con aguas de embalses aumentaría de 10.2 a 56.7 por ciento del total de la superficie regada. El volumen medio de agua embalsada disponible por hectárea regada con la misma, pasaría de 4 170 a 7 180 metros cúbicos. En estos cálculos no se tienen en cuenta las crecientes dificultades que existen en Chile para aumentar el riego debido a las condiciones de caudal de los ríos (Véase el cuadro 35.)

Parte sustancial del aumento de las aguas embalsadas que se ha previsto provendría de la utilización de presas naturales, como la laguna del Maule y el lago Laja, que tienen una capacidad útil de 1 570 millones y 5 500 millones de metros cúbicos respectivamente. Por acuerdo entre la Dirección de Riego y la ENDESA esta capacidad se ha dividido en la siguiente forma: la mayor parte de la de la laguna del Maule se aprovecharía en el riego, en tanto que en el lago Laja se distribuiría en partes más o menos iguales entre el riego y la producción de hidroelectricidad. Sin embargo, esta última decisión será reconsiderada.

Aparte de estos embalses, cuya utilización es barata, los costos de las nuevas obras de riego tienden a elevarse debido a la necesidad de construir embalses ar-

Cuadro 34

CHILE: OBRAS EN CONSTRUCCION Y EN ESTUDIO

Obra	Provincia	Hectáreas			Capacidad de los embalses (Millones m ³)
		Nuevas	Mejoradas	Total	
<i>En construcción</i>					
1. Regadío de Azapa y desvío río Lauca	Tarapacá	3 000	—	3 000	
2. Embalse El Yeso	Santiago		125 000	125 000	250
3. Saneamiento de Paine	"	1 000	500	1 500	—
4. Saneamiento de San Vicente de Tagua Tagua	O'Higgins	80	220	300	—
5. Embalse Laguna del Maule y Canales	Talca/Linares	70 000	160 000	230 000	1 570 ^a
6. Embalse Ligua	Linares	24 000	—	24 000	220
7. Embalse Ancoa	"		36 000	36 000	135
8. Regadío Melozal	"	12 000	—	12 000	—
9. Embalse Diguillín	Ñuble		28 270	28 270	75
10. Canal Duqueco	Bío-Bío	800	—	800	—
11. Canal Quillaileo	"	3 500	—	3 500	—
12. Canal Coreo	"	2 000	—	2 000	—
13. Canal Bío-Bío Sur (2ª y 3ª etapa)	"	31 200	—	31 200	—
14. Regadío de Temuco	Cautín	10 700	—	10 700	—
15. Saneamiento de Lumaco	"	2 000	6 000	8 000	—
Total		160 280	355 990	516 270	2 250
<i>En estudio</i>					
1. Regadío de Lluta y desvío río Caquena	Tarapacá	1 500	1 600	3 100	—
2. Drenaje Camarones	"	—	1 000	1 000	—
3. Regadío Pampa del Tamarugal	"	5 000	—	5 000	—
4. Saneamiento Vegas de Calama	Antofagasta	1 000	—	1 000	—
5. Embalse Quillagua	"	8 000	—	8 000	100
6. Embalse Conchi	"	1 000	3 000	4 000	30
7. Embalse Laguna del Negro Francisco	Atacama	2 500	—	2 500	60
8. Embalse Santa Juana	"	2 000	11 000	13 000	100
9. Regadío de Los Choros	Coquimbo	600	—	600	—
10. Embalse Pularo	"	4 000	23 700	27 700	190
11. Embalse Lagunillas	"	1 200	—	1 200	20
12. Embalse Palena	"	—	57 000	57 000	740
13. Embalse Canelillo	"	18 000	—	18 000	200
14. Canal Choapa	"	2 800	4 000	6 800	—
15. Embalse Laguna del Pelado	"	—	5 000	5 000	80
16. Regadío Curacaví y Casablanca	Valp./Santiago	30 000	—	30 000	—
17. Regadío de Til-Til	Santiago	240	—	240	2.2
18. Regadío Colina-Batuco	"	28 000	—	28 000	410
19. Embalse Las Palmas	"	600	—	600	1.2
20. Saneamiento Estero La Cadena	O'Higgins	—	400	400	—
21. Regadío mecánico Lo Miranda	"	150	—	150	—
22. Regadío de Nilahue	Colchagua	21 200	—	21 200	300
23. Regadío de Pencahue	Talca	15 000	—	15 000	98
24. Embalse Laguna del Dial	Linares	7 000	—	7 000	500
25. Embalse Huaiquivilo	"	18 000	—	18 000	222
26. Embalse Purapel	"	12 000	—	12 000	125
27. Embalse Coronel de Maule	Maule	23 000	—	23 000	230
28. Embalse Punillas	Ñuble	40 000	50 000	90 000	400
29. Bocatomas Unidas río Chillán	"	—	12 000	12 000	—
30. Embalse Coihueco	"	2 000	1 500	3 500	11.5
31. Embalse Laguna del Laja	Bío-Bío	80 000	100 000	180 000	2 750
32. Regadío de Cuel	"	7 000	—	7 000	—
33. Regadío de Traiguén	Malleco	40 000	—	40 000	—
34. Canal Allipén Alto	Cautín	26 000	—	26 000	—
35. Canal Boroa-Huilío	"	12 000	—	12 000	—
36. Regadío El Budi	"	17 000	—	17 000	—
37. Canal Pitrufrquén	"	20 000	—	20 000	—
38. Saneamiento de Toltén	"	120	260	380	—
39. Saneamiento de Lastarria	"	30	120	150	—
40. Canal Chile Chico Alto	Aysén	700	—	700	—
Total		447 640	270 580	718 220	7 219.9

^a 320 para Endesa.

Cuadro 35

CHILE: SUPERFICIE REGADA CON AGUA DE EMBALSES

	Superficie regada total	Superficie regada con agua de embalses	Porcentaje
	Hectáreas		
A. Superficie			
Obras en funcionamiento	1 360 000	139 000	10.2
Obras en construcción o en estudio:			
Nuevas	607 000	364 000	59.9
Mejoras.	(627 000)	614 000	
Total.	1 967 000	1 117 000	56.7
	Superficie regada con agua de embalses (Hectáreas)	Capacidad de los embalses (Millones de m ³)	(m ³ /Ha)
B. Capacidad de los embalses			
Obras en funcionamiento.	139 000	580	4 170
Obras en funcionamiento, en construcción y en estudio	1 117 000	8 030	7 180

FUENTE: Datos proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y elaborados por la CEPAL.

tificiales. Los datos referentes a los costos e ingresos previstos son bastante inseguros. Sin embargo, parece que los costos de las obras en el río Maipo son mayores que en la parte sur de Chile Central. Es claro que los rendimientos en la cuenca del Maipo serían algo más altos, con lo que la relación producto-capital sería inferior a la de más al sur. Así y todo, los proyectos referentes a la hoya del Maipo estarían plenamente justificados desde el punto de vista de la producción de alimentos percederos para Santiago y Valparaíso. En el cuadro 36 se dan los cálculos de las relaciones producto-capital de algunas obras de riego en ejecución o en estudio. Las relaciones son altas. Sin embargo, debe tenerse presente que los gastos de capital se refieren sólo a las principales obras construidas por la Dirección de Riego y no comprenden las obras complementarias del interior de los fundos, que pueden llegar del

50 al 150 por ciento del valor de las obras principales.⁷

A medida que se desarrolla el riego y los costos del riego con aguas superficiales tienden a elevarse debido a la necesidad de aumentar las obras de embalse para los efectos de regularizar los ríos, el riego con aguas subterráneas entra a competir con posibilidades cada vez mejores. Tomando como base los datos proporcionados por la Dirección de Riego se estimaron los costos comparados de varias posibilidades con una obra de riego en la cuenca del río Aconcagua. Suponiendo que se necesitaran 12 000 metros cúbicos anuales por hectárea, 8 000 proporcionados por embalses o fuentes subterráneas, se tendrían los siguientes costos anuales por hectárea, expresados en pesos de 1957:

⁷ La falta de datos precisos acerca de estos costos complementarios impidió incluirlos en el cuadro.

Cuadro 36

CHILE: RELACIÓN PRODUCTO-CAPITAL DE ALGUNAS OBRAS DE RIEGO EN CONSTRUCCIÓN O EN ESTUDIO

Cuenca hidrográfica	Proyecto	Superficie total	Riego		Costo por Ha	Valor del rendimiento adicional por Ha	Relación producto-capital
			nuevo	mejorado			
			Hectáreas		Miles de pesos de 1957		
Maipo	Embalse Chicauma (Colina-Batuco)	28 000	(28 000)	—	235	210	0.89
	Regadío de Curacaví y Casablanca	30 000	(30 000)	—	330	211	0.64
Maule	Canales del Maule	230 000	(70 000)	(160 000)	23	96	4.17
	Embalse Digua	27 000	(27 000)	—	148	141	0.95
	Embalse Coronel de Maule	22 000	(22 000)	—	109	197	1.81
	Embalse Purapel	12 000	(12 000)	—	71	190	2.67
Itata	Embalse Diguillín	28 300	—	(28 270)	53	68	1.28
	Embalse Punillas	90 000	(40 000)	(50 000)	55	121	2.20
Bío-Bío	Canal Quillaleo	3 500	(3 500)	—	105	211	2.00
	Embalse Laguna del Laja	180 000	(80 000)	(100 000)	55	103	1.87

	Pesos de 1957
Riego corriente (excluyendo el costo de obras para el riego interior de los fundos)	22 000
Riego corriente (incluyendo el costo de obras para el riego interior de los fundos)	34 000
Bombeo eléctrico en pozos de tubo (excluyendo el costo de obras para el riego interno de los fundos)	40 000
Bombeo diesel en pozos de tubo (excluyendo el costo de obras para el riego interno de los fundos)	58 000

En el caso del bombeo de aguas subterráneas (bombeo eléctrico o diesel), habría que reducir las estimaciones alrededor de un tercio por cuanto invariablemente el agricultor que debe elevar el agua que necesita (aunque sea únicamente a 5 pies) usa alrededor de dos tercios del agua que emplea un agricultor que dispone de agua corriente. Reduciendo el agua usada de 8 000 a 5 000 metros cúbicos de emplearse recursos subterráneos, las cargas por concepto de bombeo disminuirían a 25 000 y 36 000 pesos respectivamente. El riego con agua corriente resultaría así más barato, aunque por escaso margen. Es probable que el agua subterránea entre a competir en grado cada vez mayor en el riego, no sólo en el norte sino también en Chile Central. El Plan Chillán ya inició con éxito algunas obras con aguas subterráneas.

El estudio económico para determinar los costos y los ingresos de las obras de riego del gobierno se ampliará en el futuro cuando se organice el Departamento Económico del Ministerio de Agricultura, que actualmente cuenta con el asesoramiento de la FAO.

d) Plan Chillán

Como los primeros resultados del Plan Chillán en lo que respecta al riego son muy alentadores, interesa examinarlos. Se eligió la zona de Chillán debido al retraso de la producción agropecuaria de las tres provincias que abarca: Maule, Ñuble, y Concepción. Aunque la ejecución del Plan sólo se inició en 1953, se han logrado ya resultados tangibles que demuestran que la producción puede aumentarse en medida sustancial mediante métodos de riego adecuados y que los agricultores han adoptado rápidamente los nuevos procedimientos propuestos.

Los principales trabajos realizados en materia de riego son los siguientes:

i) *Riego en curvas de nivel.*⁸ Se ha aplicado este método de riego en 700 hectáreas de lomajes. Sus ventajas consisten en primer término en que economiza agua de riego, lo que permite regar una mayor extensión de tierras. En segundo lugar, el riego en curvas de nivel evita la erosión del suelo durante los meses de invierno. Además, permite aumentar la producción agrícola entre un 10 y un 15 por ciento con relación al viejo sistema de riego en línea recta. En resumen, el riego en curvas de nivel es una manera barata y rápida de aumentar la

⁸ El riego a curvas de nivel para el cultivo del arroz se inició en Chile en los años cuarenta con buenos resultados.

producción y que los agricultores han aceptado sin resistencia.

ii) *Mejoramiento de los canales de riego.* Los trabajos en esta materia van desde la construcción de nuevos canales hasta la demostración de métodos apropiados de limpieza y conservación. El mejoramiento de los canales de más de 26 000 hectáreas ha permitido aumentar la producción entre un 5 y un 25 por ciento. Se ha utilizado muy poco la maquinaria de que se dispone para el cumplimiento del Plan Chillán; el 90 por ciento de los trabajos lo han realizado los propios agricultores, que han contado para ello con el asesoramiento de los técnicos que tienen a su cargo el cumplimiento de aquél.

iii) *Embalses de agua para ganado.* La construcción de ocho embalses de agua para ganado ha permitido a los propietarios utilizar mejor sus pastos naturales. En otros casos, ha hecho posible explotar praderas naturales que no podían aprovecharse por falta de agua para el ganado. La construcción de los embalses necesarios para abreviar el ganado en las zonas costeras permitiría aumentar su producción en cerca de un 25 por ciento. El problema no es tan agudo en las praderas naturales de la región andina, aunque no sería imposible lograr allí aumentos de 10 a 15 por ciento.

iv) *Embalses para almacenamiento nocturno de agua.* En menos de tres años y medio se han construido 49 pequeños embalses para almacenamiento nocturno de agua de riego. En esta forma han podido regarse alrededor de 9 000 hectáreas más. Dado que no se riega durante todo el día, como sería de desear, este método resulta el más barato para aumentar la superficie regada en esa zona.

Todos estos trabajos (junto con otros que no se refieren al riego, como el empleo de pastos mejorados) forman parte de un proyecto de "conservación de suelos y aguas", cuyo costo ha subido a 600 000 dólares entre 1953 y 1956. Fuera de los beneficios indirectos imposibles de evaluar, como el de infundir un deseo general de conocer y aplicar los métodos agrícolas modernos, se espera un aumento directo de la producción del orden de los 2 millones de dólares:

	Hectáreas	Aumento de la producción (Dólares)
Riego en curvas de nivel	700	8 000
Mejoramiento de canales	26 623	319 000
Pastos mejorados	14 500	986 000
Aumento del riego	8 792	791 000
		2 104 000

Esto demuestra los elevados ingresos que podrían obtenerse en Chile empleando mejores métodos de riego mediante una política de desarrollo integral. En muchos casos el escaso capital puede invertirse en forma más provechosa en trabajos de este tipo en vez de proceder al riego extensivo y desarticulado de nuevas áreas.

e) Aspectos financieros

En el estudio conjunto del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y de la FAO señalábase ya la total inconveniencia del sistema de reembolso por parte de los canalistas de las obras construidas por el estado, en virtud del cual termina pagándose sólo una parte de su costo real como consecuencia de la inflación. Los reembolsos representaban en 1951 sólo el 1.1 por ciento del costo real de las obras. Con el agudizamiento del proceso inflacionario durante los últimos años el reembolso ha seguido siendo insignificante en términos reales.

Se ha presentado al Parlamento un proyecto de ley que recomienda ajustar el reembolso de las obras al índice del costo de vida. Es evidente que una de las reformas más necesarias es la de establecer alguna forma de ajuste del reembolso de manera que se recobre el costo real de las obras. Su producto podría destinarse eventualmente a la constitución de un fondo rotativo para financiar nuevas obras de riego.

Otra seria falla que presenta el actual sistema finan-

ciero es la falta de facilidades crediticias a largo plazo para los agricultores. El estado se encarga de la construcción de las obras de riego sólo hasta los fundos. Las obras interiores deben ser proyectadas y construidas por los propios agricultores. Aparte estas obras de riego complementarias —cuyo costo puede elevarse hasta 50 y 150 por ciento del costo del canal principal—, cuando se riega una nueva zona, el nuevo tipo de cultivo que se introduce requiere modificar los métodos agrícolas y proceder a nuevas instalaciones en los fundos. Los créditos a corto plazo que conceden la Corporación de Fomento de la Producción y el Banco del Estado son insuficientes para satisfacer estas necesidades, y a menudo las grandes obras de riego construidas por el estado no se aprovechan plenamente por no ejecutar los agricultores las obras complementarias. Si el estado facilitara a los agricultores créditos a largo plazo para ejecutar los trabajos necesarios para completar las obras principales construidas por él, produciría mayores utilidades que financiar nuevas obras públicas que sólo se utilizan en muy pequeña parte.

III. HIDROELECTRICIDAD

1. Recursos hidroeléctricos

En el capítulo I de la Primera Parte se examinaron las características hidrológicas y los regímenes fluviales de las distintas regiones de Chile. Se analizarán aquí los recursos hidroeléctricos potenciales del país, subrayando el hecho de que la amplitud de tales recursos no es en modo alguno segura y que las cifras que se aducen en las páginas siguientes habrán de modificarse si se llevan a cabo estudios más acabados.

Con el fin de aplicar los conceptos actuales sobre potencial hidroeléctrico, se distinguirá entre potencial bruto, potencial técnicamente utilizable y potencial económicamente utilizable. El potencial bruto es aquel que puede obtenerse del escurrimiento total y el desnivel correspondiente, y su volumen es la suma de todos los productos de los gastos medios multiplicada por los respectivos desniveles ($Q_m \times h$). Desde luego que éste es un concepto puramente abstracto por cuanto la utilización del potencial requeriría aprovechar la totalidad de las aguas, de la gradiente y de la capacidad instalada.

El potencial técnicamente utilizable es muy inferior al potencial bruto. Calcúlase deduciendo de éste las inevitables pérdidas causadas por la imposibilidad de usar parte del agua y del desnivel y de usar la capacidad en la mejor forma posible. En términos generales, la parte técnicamente utilizable del potencial bruto puede considerarse desde el punto de vista empírico como dependiente de la concentración del potencial KW por km² de la zona de producción y de los progresos técnicos que aumentan su porcentaje del potencial bruto.⁹

⁹ Véase R. Lefoulon, *Conséquences économiques des progrès accomplis dans les aménagements hydroélectriques français*, Roma, septiembre de 1952.

El potencial económicamente utilizable es una fracción del potencial técnico y está determinado por la inversión necesaria para explotar un sitio hidroeléctrico potencial y el costo de la producción de energía, comparado con una central de energía termoeléctrica. Ambos potenciales tenderían a igualarse al incorporarse las innovaciones técnicas en la generación hidráulica y la transmisión de energía.

a) Potencial bruto

El único organismo que se ha ocupado de levantar un inventario del potencial de energía que pudiera extraerse de los recursos hidráulicos de Chile es la ENDESA, que en sus estudios ha dividido el país en siete regiones geográficas, principalmente sobre la base de las variaciones de sus características pluviométricas o hidrológicas.¹⁰ La primera región (situada entre los paralelos 17 y 27 latitud sur) comprende las provincias de Tarapacá y Antofagasta y parte de la provincia de Atacama. La segunda (paralelos 27 a 32) abarca el resto de esta última y toda la de Coquimbo. La tercera (paralelos 32 a 36) cubre las provincias de Aconcagua, Valparaíso, Santiago, O'Higgins, Colchagua, Curicó y Talca y parte de las de Linares y Maule. La cuarta (paralelos 36 a 38.5) incluye el resto de estas dos últimas provincias y las de Ñuble, Concepción, Arauco, Bío-Bío y Malleco. La quinta (paralelos 38.5 a 41.5) está formada por las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. La sexta (paralelos 41.5 a 49) se compone de las provincias de Chiloé y Aysén; y la séptima y última (desde el paralelo 49 hacia el sur) comprende la de Magallanes.

¹⁰ Véase ENDESA, *Plan de electrificación del país*, 1945, (La primera y segunda regiones se modificaron en 1957.)

Para mantener la uniformidad del estudio, se ha dividido a Chile en las cinco zonas siguientes: *Norte Grande* y *Norte Chico*, que corresponden a las dos primeras regiones de la ENDESA: *Chile Central*, que corresponde a la tercera y cuarta, más los recursos de los ríos Imperial y Toltén; *Sur Chico*, que equivale a la quinta región de la ENDESA, menos los recursos de estos dos ríos y más los de los ríos Vodoahue, Riñihue, Yelcho y Palena; y por último, *Sur Grande*, que coincide con las regiones sexta y séptima de la ENDESA, menos los últimos cuatro ríos citados.

El cuadro 37 da el potencial hidroeléctrico bruto de las cinco regiones geográficas para los gastos medios: 95 por ciento y 50 por ciento (Q_m , Q_{95} y Q_{50}).¹¹

Cuadro 37

CHILE: POTENCIAL HIDROELECTRICO BRUTO
(Miles de KW)

Región geográfica	Gastos			Porcentaje
	95 por ciento	50 por ciento	Medio	
Norte Grande . . .	23	66	73	0.2
Norte Chico . . .	100	375	542	1.7
Chile Central . . .	3 330	10 070	12 430	39.0
Sur Chico . . .	1 830	4 340	4 750	14.9
Sur Grande . . .	6 950	13 330	14 085	44.2
Total	12 230	28 180	31 880	100.0

FUENTE: ENDESA. (Véase aclaración en el texto.)

El potencial bruto correspondiente al gasto medio (32 millones de KW) se encuentra desigualmente distribuido a lo largo del país. Los recursos hidroeléctricos son escasos en el Norte Grande y en el Norte Chico (0.2 y 1.7 por ciento del total); pero en cambio la primera de esas dos regiones posee abundante radiación solar (que representa una rica fuente potencial de energía solar), varias fuentes posibles de energía geotérmica y cierto potencial eólico. La región de Chile Central, que comprende las provincias de mayor desarrollo industrial, densidad de población y demanda de electricidad, cuenta con un potencial hidroeléctrico bastante mayor (más de 12 millones de KW), que, juntamente con las minas de carbón que allí existen, constituye una rica fuente de energía. Por último, el Sur Chico y el Sur Grande son las regiones que poseen los recursos hidroeléctricos más abundantes (alrededor de 60 por ciento del total) y al mismo tiempo las que consumen menos energía eléctrica, pues apenas encierran el 17 por ciento de la población del país y sus principales actividades son las agropecuarias.

Con el objeto de determinar el potencial hidroeléctrico de Chile, en 1952 la ENDESA estudió los recursos hidráulicos brutos de los sitios en que se podrían insta-

¹¹ Para calcular el potencial en KW la ENDESA ha empleado la fórmula $W = 8Qh$, que tiene en cuenta todas las pérdidas correspondientes a la conversión de la energía en tanto que la Conferencia Mundial de Energía emplea la fórmula $W = 9.8Qh$. Las cifras obtenidas por la ENDESA se adaptaron a esta última fórmula multiplicando los potenciales indicados por aquella por el factor 1.225 (W = potencial en KW; Q = gasto en metros cúbicos por segundo; h = desnivel en metros).

lar centrales de energía hidroeléctrica. (Véase el cuadro 38.) Para mejorar y completar ese examen, la misma entidad inició un estudio sistemático de todos los perfiles energéticos de las grandes cuencas hidrográficas. Se establecieron los perfiles del curso superior de los diez ríos principales y de sus afluentes, hasta las zonas de captación de aguas de riego: los ríos Elqui y Choapa en el Norte Chico; y los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal, Tinguirica, Lontué, Maule, Laja y Bío-Bío en Chile Central. Esta importante investigación debió ser interrumpida por falta de fondos.

Ese estudio resultó un importante complemento del de 1952, por cuanto abarcó nuevos sitios de producción de energía que no se incluyeron en el anterior. Los coeficientes de aumento del potencial bruto que se obtuvieron respecto de los ríos cuyos perfiles se estudiaron fueron de 2.40 en el Norte Chico y de 1.66 en Chile Central.

Dado que la extrapolación de los coeficientes de perfiles a las zonas exteriores está expuesta a errores y la concentración de KW por km² es allí más baja, la ENDESA, con mucha cordura, aplicó coeficientes más moderados. Por ejemplo, adoptó los coeficientes 1.50 y 1.60 para aumentar el potencial de las regiones 1 a 4 inclusive, y el de 1.15 para las zonas 5 y 6.

Sabido es que los datos básicos sobre los escurrimientos probables proporcionados por las estaciones fluviométricas son más precisos cuando el período de observación es más largo. Ahora bien, la mayoría de las observaciones fluviométricas de la ENDESA no abarcan un período suficientemente largo, de suerte que pueden desviarse de cierto porcentaje del promedio. Además, los estudios topográficos realizados para determinar el desnivel en los diferentes sitios potencialmente utilizables para la producción de hidroelectricidad son más o menos exactos según la zona de que se trate.

Sería muy útil determinar las posibles inexactitudes del estudio de la ENDESA, pero ello sería casi imposible en la práctica. En términos generales, los valores obtenidos sobre la base de los datos proporcionados por las estaciones fluviométricas pueden considerarse exactos dentro de un margen de 10 por ciento de variación aproximadamente, en el caso de las cuatro zonas septentrionales que distingue la ENDESA. Los datos relativos a la quinta región están subestimados, a veces en más de 100 por ciento, aunque más comúnmente entre 30 y 40 por ciento. En cuanto a la sexta región, puede decirse que los potenciales señalados son francamente inferiores a las cifras reales. Dada la importancia de las dos zonas australes, que en conjunto poseen más del 50 por ciento del potencial hidroeléctrico del país, sería sin duda conveniente reanudar cuanto antes los estudios necesarios para determinar con la mayor exactitud los recursos hidroeléctricos existentes.

b) *Potencial técnicamente utilizable y capacidad técnicamente instalable y económicamente aprovechable*

La ENDESA ha tratado de determinar el potencial técnicamente utilizable de Chile, aunque el estudio de

Cuadro 38

CHILE: RECURSOS HIDROELÉCTRICOS DE LAS PRINCIPALES CUENCAS HIDROGRÁFICAS (GASTO MEDIO)
(Miles de KW)

Región geográfica	Número de centrales	Cuenca de los ríos	Potencial bruto	Potencia instalada 1957	Por instalar	
					Hasta 1973	Hasta 1990
Norte Grande	3	Lauca	17.9	—	7.5	—
	9	Loa	20.4	1.4	1.5	—
<i>Total</i>	12		38.3	1.4	9.0	—
Norte Chico	2	Salado	—	4.1	—	—
	7	Copiapó	27.5	0.5	—	6.0
	2	Huasco	30.8	—	—	—
	4	Elqui	69.0	0.5	—	—
	8	Limarí	86.4	16.7	—	—
	4	Choapa	69.7	—	30.0	—
<i>Total</i>	27		283.4	21.8	30.0	6.0
Chile Central.	9	Aconcagua	229.6	19.1	—	—
	23	Maipo	606.6	118.1	—	268.0
	15	Rapel	850.8	132.3	399.0	—
	10	Mataquito	681.8	0.9	—	—
	10	Maule	1 548.4	103.7	268.0	300.0
	4	Itata	161.6	0.5	—	—
	19	Laja y Bío-Bío	2 383.1	87.2	489.0	700.0
	3	Imperial	79.4	2.6	—	—
	4	Toltén	132.8	0.5	—	—
<i>Total</i>	97		6 674.1	464.9	1 156.0	1 268.0
Sur Chico	9	Valdivia	728.9	0.2	49.0	440.0
	3	Río Bueno	292.0	25.0	10.6	—
	1	Petrohué	472.0	—	—	430.0
	1	Maullín	3.2	—	—	—
	1	Chamiza	74.0	—	—	—
	3	Río Puelo	694.5	—	—	600.0
	1	Vododahue	144.0	—	—	—
	1	Reñihue	74.0	—	—	—
	1	Yelcho	207.0	—	—	—
	1	Palena	653.0	—	—	—
<i>Total</i>	22		3 342.6	25.2	59.6	1 470.0
Sur Grande.	1	Cisnes	408.0	—	—	—
	1	Aysén	1 110.0	0.2	—	—
	2	Baker	4 330.0	—	—	—
	1	Bravo	516.0	—	—	—
	1	Pascua	3 380.0	—	—	—
	3	Serrano	212.0	—	—	—
<i>Total</i>	9		9 956.0	0.2	—	—
<i>Total de Chile</i>	187		20 294.4	513.5 ^a	1 254.6	2 744.0

^a Este total es menor que el de la capacidad hidráulica del país debido a que no se consignaron varias centrales pequeñas.

1952 se refiere más bien a los sitios hidroeléctricos técnicamente utilizables y no al potencial bruto. Además, la relación entre el potencial técnicamente utilizable y el potencial bruto varía de un país a otro y aun de un sitio a otro, y no existe un método uniforme para calcularlo. Sin embargo, con el fin de establecer un orden de magnitud se calcularon en forma aproximada el potencial técnicamente utilizable y la capacidad técnicamente instalable tomando como base el potencial bruto, que habrá de revisarse en los estudios futuros.

Mientras más baja es la concentración del potencial bruto por km², menor es la fracción técnicamente uti-

lizable, siendo su límite inferior de 5 KW por kilómetro cuadrado.¹²

En el caso de Chile, la densidad del potencial bruto, que fluctúa entre 100 y 200 KW por kilómetro cuadrado, es más que suficiente para justificar proporciones de 25 al 35 por ciento. Además, las necesidades de agua de riego para satisfacer las zonas situadas al norte

¹² En un estudio realizado en Europa, Naciones Unidas, *Hydroelectric potential in Europe (E/ECE/EP/131)*, se establecieron las diferentes relaciones porcentuales entre el potencial técnicamente utilizable y la densidad de potencial bruto por km². El margen de variación de las razones fue muy amplio.

Cuadro 39

CHILE: POTENCIAL TÉCNICAMENTE APROVECHABLE Y CAPACIDADES TÉCNICAMENTE INSTALABLES
Y ECONÓMICAMENTE EXPLOTABLES
(Miles de KW)

Región geográfica	Potencial bruto ^a	Potencial técnicamente aprovechable ^a		Capacidad técnicamente instalable ^b		Capacidad instalada y instalar hasta 1990	
		Total	Porcen- taje del potencial bruto	Total	Porcen- taje del potencial bruto	Total	Porcen- taje de la capacidad técnica- mente instalable
Norte Grande	73	18	25	40	55	10.4	25
Norte Chico	542	132	25	300	55	57.8	19
Chile Central	12 430	3 700	30	8 000	64	2 888.9	37
Sur Chico	4 750	1 650	35	3 600	76	1 554.8	43
Sur Grande	14 085	4 900	35	10 800	77	0.2	—
Total	31 880	10 400	31	22 740	70	4 512.1	20

^a Corresponden al gasto medio.

^b Supone una utilización de 4 000 horas al año.

del paralelo 38 obligan a reducir el potencial técnicamente utilizable; en cambio, los demás usos no requieren ninguna deducción suplementaria importante.

El cuadro 39 muestra el potencial técnicamente utilizable de cada una de las cinco zonas en que se dividió el país, en porcentajes basados en la relación aproximada entre el potencial técnicamente utilizable y el potencial bruto de cada zona. Conviene anotar que la capacidad correspondiente a cada uno de estos potenciales se ha calculado considerando una utilización continua, es decir 8 760 horas por año. Para determinar la capacidad instalable, puede suponerse una utilización media anual de 4 000 horas, puesto que la utilización variará indudablemente de un sitio a otro y se verá influida por la interconexión de regímenes hidráulicos diferentes según las estaciones. En consecuencia, la actual hipótesis de una utilización igual en cada zona habrá de rectificarse de acuerdo con los datos concretos sobre utilización de cada sitio hidroeléctrico potencial.

Puede seguirse otro método para calcular la capacidad técnicamente utilizable. En efecto, resulta aceptable considerar que si se construyera en Chile un buen número de grandes presas —sobre todo aprovechando los lagos naturales que existen en varios puntos de la

Cordillera— podría disponerse de potenciales con duración de 95 por ciento, de magnitud similar a los de duración de 50 por ciento.

El cuadro 40 indica los resultados de este cálculo, resultados que son casi los mismos que da el cuadro 39. Los porcentajes de reducción se han estimado teniendo en cuenta la potencia aprovechable calculada para cada río por los perfiles de la ENDESA, otras pérdidas fijas y las debidas a la conducción de la energía.

Otro aspecto que conviene considerar es el siguiente: por la extensión de la zona volcánica y el número de volcanes ¹³ la región cordillerana de Chile es una de las zonas del mundo más ligada a estos fenómenos.

Tomando en cuenta que la geología no deja de considerar potencialmente activo a un volcán que ha permanecido en reposo 1 000 o 2 000 años, que los grandes centros eruptivos modernos, desde el extremo meridional del Norte Chico hasta la Patagonia, se encuentran a distancias medias del orden de 50 km., y que desde principios del siglo XIX se han registrado más de 100 erupciones diversas (muchas de gran intensidad), es conveniente que en las programaciones y diseños de las grandes obras de regulación hidráulica y en las plantas eléctricas en la cordillera, se contemple el factor adverso de actividades volcánicas, frente a los numerosos factores favorables que ofrece allí la naturaleza a tales construcciones. Y todo ello no sólo en relación con los movimientos sísmicos que esa actividad entraña (de los que las ordenanzas de la construcción se ocupan), sino también en el peligro más remoto de los materiales lanzados durante una erupción y de las grandes crecientes provocadas por un súbito derretimiento de la nieve depositada en las inmediaciones de un volcán.

Es casi imposible establecer qué fracción del potencial técnicamente utilizable será económicamente utilizable en el futuro mediato. En términos generales, cuando las necesidades futuras de energía eléctrica se

¹³ Pasan de 1 000 si se incluyen los apagados y de 100 los que han estado en actividad en los últimos 2 000 años. (Véase Dr. Juan Brüggén, *Fundamentos de la Geología de Chile*.)

Cuadro 40

CHILE: CAPACIDAD TÉCNICAMENTE INSTALABLE
(Miles de KW)

Región geográfica	Potencial bruto (Gasto 50 por ciento)	Porcentaje no aprove- chable	Capacidad instalable
Norte Grande	66	45	36
Norte Chico	375	36	240
Chile Central	10 070	27	7 300
Sur Chico	4 340	22	3 400
Sur Grande	13 330	23	10 200
Total	28 180	24	21 180

hagan sentir con mayor intensidad, puede suponerse que los potenciales económicamente utilizable y técnicamente utilizable se igualarán. En un estudio que abarcó varios países de Europa —Austria, Checoslovaquia, Francia, Hungría, Países Bajos, Polonia, República Federal de Alemania, Suiza—¹⁴ se llegó a la conclusión de que la producción de electricidad (en KWH por año) económicamente factible varía entre 17 y 20 por ciento de la producción correspondiente al potencial bruto.

En resumen, la actual capacidad instalada y la capacidad proyectada hasta 1990 (véase nuevamente el cuadro 38) pueden considerarse como el potencial económicamente utilizable. Tanto la una como la otra representan bajos porcentajes de la capacidad técnicamente instalable (20 a 40 por ciento) y, como puede suponerse, son superiores (37 y 43 por ciento) en Chile Central y Sur Chico, zonas en las cuales el desarrollo económico es mayor y más intenso el uso de los recursos hidroeléctricos.

2. Generación y demanda de electricidad

La producción de energía eléctrica se inició en Chile en 1900, con la construcción de una pequeña central térmica para atender el servicio de tranvías de Santiago. Con posterioridad, y como ocurre en la mayoría

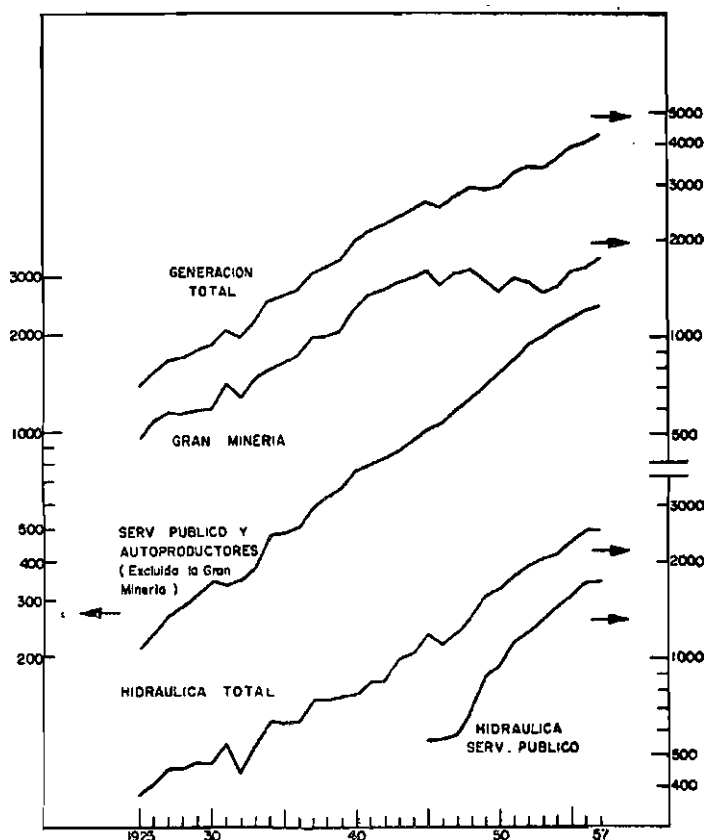
de los países, la producción de electricidad aumentó con mayor rapidez que las demás formas de energía.

El desarrollo de la generación total, que en 1925-45 arrojó una tasa acumulativa anual de 6.8 por ciento,¹⁵ bajó después de la Segunda Guerra Mundial a sólo 4.2 por ciento. (Véase el gráfico III.) La tasa de aumento de la producción total bajó como resultado de la estabilización de la demanda de electricidad de parte de las grandes compañías mineras exportadoras de cobre, salitre y hierro. En efecto, tras haberse desarrollado a razón de 6.1 por ciento anual durante el período comprendido entre 1925 y 1945, la demanda de electricidad de esas empresas permaneció prácticamente estancada: los 1 590 millones de KWH consumidos en 1945 sólo fueron sobrepasados en 1956 y 1957. En cambio, la tasa anual de aumento de la producción de los servicios de utilidad pública y otras centrales autogeneradoras, principalmente de industrias, creció de 7.5 por ciento en 1925-45 a 8.4 por ciento en 1945-47. Como resultado de estas tendencias, la producción de electricidad —excepto la de la gran minería— se elevó desde 31 por ciento del total en 1925 a 39 por ciento en 1945, y a 59 por ciento del total de energía generada en 1957 (4 190 millones de KWH).

La elevación de la tasa de aumento de la producción de energía eléctrica fue obra principalmente de la Corporación de Fomento de la Producción, que en 1939 inició el estudio y desarrollo sistemático de la electrificación del país para consumo público, tarea que luego prosiguió la ENDESA, organismo subsidiario suyo.

Gráfico III

CHILE: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
(Millones de KWH)
ESCALA SEMILOGARÍTMICA



¹⁴ Hydroelectric potential in Europe, op. cit.

Cuadro 41

AMÉRICA LATINA: TENDENCIA A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR HABITANTE Y EL PRODUCTO BRUTO POR HABITANTE, 1956

País	Producto bruto por habitante (Dólares de 1950)	Generación de electricidad por habitante (KWH)	Relación generación producto (KWH/dólar)
Argentina	559	374	0.67
Bolivia	81	114	1.41
Brasil	226	218	0.97
Colombia	253	187	0.74
Chile	304	582	1.91
Ecuador	144	77	0.54
Paraguay	104	50	0.50
Perú	162	157	0.97
Uruguay	372	400	1.08
Venezuela	824	348	0.42
Costa Rica	340	392	1.15
Cuba	398	453	1.14
El Salvador	169	79	0.47
Guatemala	196	66	0.34
Haití	84	10	0.11
Honduras	160	46	0.28
Rep. Dominicana	198	79	0.40
México	252	257	1.02
Nicaragua	180	89	0.49
Panamá	298	165	0.55
<i>América Latina</i>	<i>283</i>	<i>247</i>	<i>0.86</i>

FUENTE: Datos oficiales elaborados por la CEPAL.

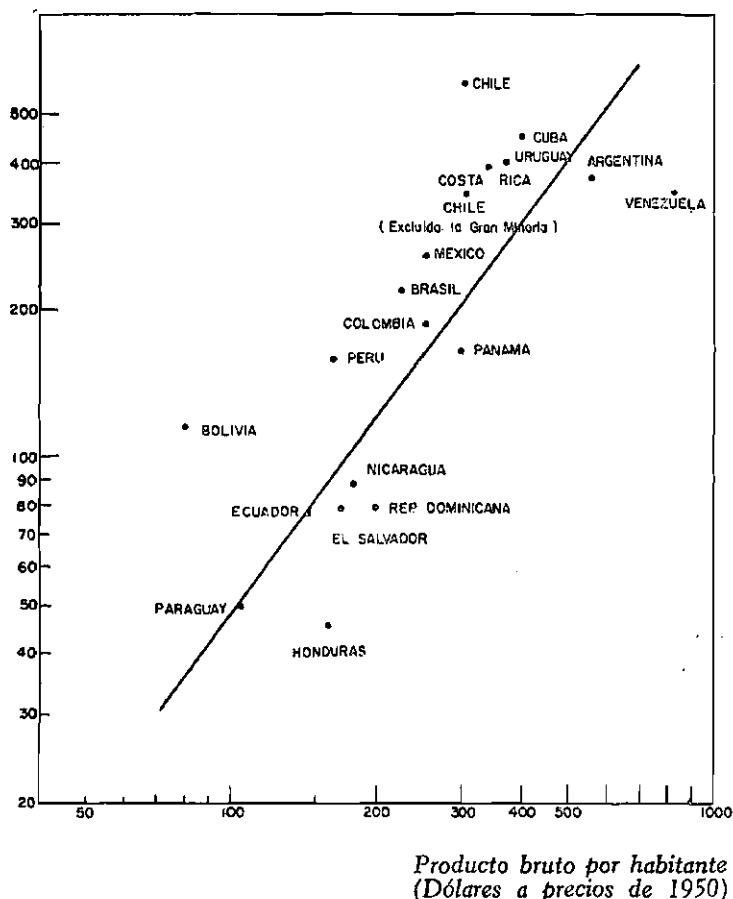
¹⁵ Las tasas acumulativas de crecimientos se calcularon partiendo de las curvas de las tendencias.

Gráfico IV

AMÉRICA LATINA: RELACIÓN DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO POR HABITANTE EN 1956

ESCALA LOGARÍTMICA

Generación de electricidad por habitante (KWH)



se mide en función del producto bruto. Tanto desde el punto de vista de la generación total como desde el punto de vista de la generación excluyendo la participación de las grandes compañías mineras (342 KWH por habitante), Chile aventaja ampliamente la cifra media para la América Latina que le correspondería normalmente de acuerdo con su producto bruto por habitante. (Véase el gráfico IV.) En efecto, su producción de electricidad es de 1.91 KWH por dólar (a precios de 1950) de producto bruto, incluyendo la correspondiente a las grandes empresas mineras, y de 1.13 excluyéndola.

Mas el hecho de ser Chile el país latinoamericano de mayor consumo de electricidad por habitante no significa en modo alguno que su producción alcance a satisfacer las exigencias de las actividades productivas y la demanda doméstica. Hoy por hoy existe déficit en muchas ciudades, pero es mayor allí donde la actividad económica y la densidad demográfica son más altas, esto es, en las tres provincias centrales de Santiago, Valparaíso y Aconcagua. Se ha estimado que el déficit de capacidad instalada en todo el país alcanzaba en 1957 a unos 150 000 KW, de los cuales más de 70 000 correspondían a las tres provincias mencionadas, donde la electricidad debe racionarse durante el invierno.

En el desarrollo de la producción de electricidad de Chile han desempeñado un papel de creciente importancia los recursos hidráulicos, sobre todo desde 1940. (Véase nuevamente el gráfico IV.) La tasa de aumento de la producción hidroeléctrica total durante el periodo de 1925-45 (5.8 por ciento) fue inferior a la de termoelectricidad como resultado de la baja relativa registrada entre 1939 y 1940. Sin embargo, la ejecución del plan de electrificación del país elaborado por la Corporación de Fomento permitió elevarla a 8.0 por ciento en 1945-57. Como resultado de ello, la participación de la hidroelectricidad en la generación total, que había descendido a 40 por ciento en 1940, después de haber llegado a 53 por ciento en 1925, volvió a ascender a 60 por ciento en 1957. El impulso dado al aprovechamiento de los recursos hidráulicos en la generación de electricidad es mucho más fuerte en lo que respecta a los servicios de utilidad pública, pues en

La atención prestada al problema de la energía eléctrica por los organismos oficiales y el fuerte consumo de las compañías mineras, elevaron la producción de electricidad por habitante a 582 KWH en 1956, cifra más alta que la de cualquier otro país latinoamericano. (Véase el cuadro 41.)

El predominio de Chile es todavía más evidente si

Cuadro 42

CHILE: CAPACIDAD ELÉCTRICA INSTALADA, 1957
(Miles de KW)

Zona	Autoprodutores					Servicio público			Total		
	Gran minería		Otros		Total	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
	Hidráulica	Térmica	Hidráulica	Térmica							
Norte Grande . .	1.4	206.9	—	—	208.3	—	12.1	12.1	1.4	219.0	220.4
Norte Chico . .	4.7	57.1	0.7	12.4	74.9	16.5	8.9	25.4	21.9	78.4	100.3
Chile Central . .	54.6	—	48.6	84.2	187.4	367.9	89.7	457.6	471.1	173.9	645.0
Sur Chico . . .	—	—	1.4	1.5	2.9	24.7	2.6	27.3	26.1	4.1	30.2
Sur Grande . . .	—	—	—	4.9	4.9	0.2	5.1	5.3	0.2	10.0	10.2
País	60.7	264.0	50.7	103.0	478.4	409.3	118.4	527.7	520.7	485.4	1 006.1

FUENTE: Datos básicos de la Empresa Chilena de Electricidad.

Cuadro 43

CHILE: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 1957
(Millones de KWH)

Zona	Autoproductores				Servicio público			Total		
	Gran minería		Otros		Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
	Hidráulica	Térmica	Hidráulica	Térmica						
Norte Grande . .	2.2	1 103.2	—	—	—	35.0	35.0	2.2	1 138.2	1 140.4
Norte Chico . .	16.6	214.0	1.0	32.0 ^a	40.0	11.0	51.0	57.6	257.0	314.6
Chile Central . .	381.0	—	343.2 ^a	103.0 ^a	1 612.0	159.5	1 771.5	2 336.2	262.5	2 598.7
Sur Chico . . .	—	—	3.0	1.8	109.0	1.3	110.3	112.0	3.1	115.1
Sur Grande . . .	—	—	—	12.2	—	9.2	9.2	—	21.4	21.4
País	399.8	1 317.2	347.2	149.0	1 761.0	216.0	1 977.0	2 508.0	1 682.2	4 190.2

FUENTE: Datos básicos de la Empresa Chilena de Electricidad.

^a 23 millones de KWH producidos por centrales termoeléctricas de industrias privadas de la segunda zona han sido entregados al servicio público; lo mismo ha sucedido en la tercera zona con 35 millones de KWH de origen térmico y con 87 millones de origen hidráulico.

1945-57 la tasa anual de aumento alcanzó la alta cifra de 11 por ciento y, el último de esos años, representaba 89 por ciento del total del país, frente a un 80 por ciento en 1945 y un 69 por ciento en 1940.

Como es natural, la capacidad hidráulica instalada total de Chile ha crecido simultáneamente con la producción, elevándose de 80 000 KW en 1925 a 147 600 KW en 1940, 211 900 KW en 1945 y 520 700 KW en 1957, año en que representaba 48 por ciento de la capacidad total del país.

La proporción de hidroelectricidad dentro del total varía de una zona a otra y según sea generada por servicios de utilidad pública o por centrales privadas de las propias empresas. Los cuadros 42 a 45 resumen las estadísticas de 1957 sobre la capacidad instalada, la producción de energía eléctrica y la respectiva participación de cada una de las cinco regiones consideradas en este estudio. En el Norte Grande, la capacidad instalada y la generación de hidroelectricidad —1 400 KW y 2.2 millones de KWH— eran insignificantes. Casi toda la capacidad y la generación pertenecen a las grandes empresas mineras y son de origen térmico. No existen centrales hidroeléctricas de servicio público.

En el Norte Chico, 21.8 por ciento de los 100 300 KW instalados y 18.3 por ciento de los 314 millones de KWH generados eran de origen hidroeléctrico. La

mayor parte de la capacidad total y de la energía generada corresponde a las compañías mineras; en cambio, el 75 por ciento de la capacidad y de la generación de hidroelectricidad pertenece a servicios públicos. Su mayor participación en la generación que en la capacidad instalada indica que en el Norte Chico para soportar la carga de base se emplean más las centrales hidroeléctricas de servicio público que las centrales térmicas. Otro tanto ocurre en Chile Central y Sur Chico en cuanto a las centrales de energía de servicio público y a la capacidad total. Así, el promedio de horas de utilización de las centrales hidroeléctricas de servicio público era de 2 420 en el Norte Chico, 4 380 en Chile Central y 4 410 en el Sur Chico, al paso que el de las centrales termoeléctricas ascendía a 1 230, 1 780 y 500 respectivamente.

La región de Chile Central es la más electrificada del país, no considerando las grandes empresas mineras. Dispone del 87 por ciento de la capacidad instalada total de Chile y absorbe 90 por ciento de los kilovatios generados. La hidroelectricidad representa 73 por ciento de la capacidad y 90 por ciento del total generado, porcentajes que son mayores en los servicios públicos. La producción de las compañías mineras es íntegramente hidroeléctrica.

Aunque los recursos hidroeléctricos en el Sur Chico

Cuadro 44

CHILE: DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD, 1957
(Porcentajes)

Zona	Autoproductores				Servicio público		Total
	Gran minería		Otros		Capacidad	Generación	
	Capacidad	Generación	Capacidad	Generación			
Norte Grande . .	94.5	96.9	—	—	5.5	3.1	100
Norte Chico . . .	61.6	73.3	13.1	10.5	25.3	16.2	100
Chile Central . .	8.5	14.7	20.6	17.2	70.9	68.1	100
Sur Chico	—	—	9.6	4.2	90.4	95.8	100
Sur Grande . . .	—	—	48.0	57.0	52.0	43.0	100
País	32.2	41.0	15.3	11.8	52.4	47.2	100

FUENTE: Datos básicos de la Empresa Chilena de Electricidad.

Cuadro 45

CHILE: CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN ELÉCTRICA DE ORIGEN HIDRÁULICO, 1957
(Porcentajes)

Zona	Autoprodutores				Servicio público		Total	
	Gran minería		Otros		Capaci- dad	Genera- ción	Capaci- dad	Genera- ción
	Capaci- dad	Genera- ción	Capaci- dad	Genera- ción				
Norte Grande.	0.7	0.2	—	—	—	—	0.6	0.2
Norte Chico.	7.6	7.2	5.3	3.0	65.0	78.4	21.8	18.3
Chile Central.	100.0	100.0	36.6	76.9	80.4	91.0	73.0	89.9
Sur Chico.	—	—	48.3	62.5	90.5	98.8	86.4	97.3
Sur Grande.	—	—	—	—	3.8	—	2.0	—
<i>País</i>	18.7	23.3	33.0	70.0	77.6	89.1	51.8	59.9

FUENTE: Datos básicos de la Empresa Chilena de Electricidad.

y el Sur Grande son relativamente mayores, la electrificación no ha progresado mucho debido al menor desarrollo económico. La mayoría de las pequeñas centrales del Sur Grande son térmicas.

Los recursos hidroeléctricos empezaron a explotarse en 1908 con la construcción de una pequeña central destinada a satisfacer parte de la demanda de Valparaíso. Dos años más tarde se construyó la central hidroeléctrica de La Florida, a orillas del Canal del Maipo, cerca de Santiago, con una capacidad total de 15 000 KW. La primera central de una capacidad superior a los 20 000 KW (los Maitenes) se construyó en 1923, en el río Colorado, para atender las necesidades de Valparaíso.

A partir de 1940 el aumento de la energía hidroeléctrica generada ha provenido principalmente de las centrales construidas por la ENDESA. Entre las más importantes está la central de Pilmaiquén, situada a orillas del río del mismo nombre, que cuenta hoy con una capacidad de 24 200 KW y que empezó a abastecer la región comprendida entre Valdivia y Puerto Montt en 1944, aprovechando sólo una fracción de su capacidad total. Más tarde, en 1948, se conectó la central de El Sauzal (a orillas del río Cachapoal) que vende la energía generada por su planta de 76 800 KW a la *Compañía Chilena de Electricidad* y a la *Compañía General de Electricidad Industrial*, que a su vez la distribuyen entre sus propios consumidores. En 1951-52 empezó a funcionar la central El Abanico, a orillas del Laja. Su potencia instalada fue de 86 000 KW hasta 1959 y se amplió hasta la potencia definitiva de 135 000 KW. A través del sistema interconectado —que está sometido a trabajos de ampliación— proporciona energía eléctrica a las ciudades comprendidas entre La Ligua y Temuco. En 1952 entró en explotación la central de Los Molles, situada a orillas del río del mismo nombre. Con una capacidad de 16 000 KW, abastece las ciudades comprendidas entre Juan Soldado e Illapel. Por último, en 1955 comenzó a funcionar la central de Los Cipreses, situada a orillas del río del mismo nombre. Con una capacidad de 101 400 KW también entrega su energía al sistema interconectado.

El cuadro 46 resume las principales características de las centrales hidroeléctricas que se encontraban en funcionamiento en Chile en 1957, en construcción o en proyecto hasta 1973.¹⁶ Podrá advertirse que las centrales antiguas son todas de pasada, en tanto que las estaciones modernas, como asimismo las que se encuentran en estado de proyecto, son de pasada y de embalse.

Con miras a apreciar la posibilidad de usos múltiples de los recursos hidráulicos, se hizo un cálculo provisional del aprovechamiento del agua en la generación de hidroelectricidad.¹⁷ Considerando todo el país, se obtuvieron 10 000 millones de metros cúbicos para 1957 y alrededor de 28 000 millones para 1973 cifra esta última muy cercana a la que se obtuvo para las necesidades del riego aplicándose los métodos actuales. Debe observarse que las cantidades anteriores representan volúmenes brutos, es decir, que no consideran que en distintas cuencas las centrales trabajan en serie hidráulica. Tomando en cuenta esta circunstancia para 1973, el volumen neto requerido para la generación eléctrica se reduce aproximadamente a 19 000 millones. En 1957 la corrección correspondiente es muy pequeña.

Todos los proyectos hidroeléctricos futuros están en manos de la ENDESA. Las centrales en construcción o por construirse dentro de los próximos 15 años suministrarán un total de 1 124 600 KW, 91 por ciento del cual servirá la zona central de Chile.

En el Norte Grande, donde el agua para fines hidroeléctricos es escasa, se está construyendo en Antofagasta una pequeña central de 1 500 KW, que aprovechará el agua potable de la ciudad. El proyecto del valle del río Azapa, que servirá para atender tanto la producción de hidroelectricidad como el riego, desviará el curso del río Lauca, cuyas aguas fluyen hacia Bolivia; se obtendrá un gasto aproximado de 2 m³/seg., siendo el potencial instalado de 7 500 KW.

Se encuentra en estudio la instalación de una central de pasada en Cuncumén, a orillas del Choapa, en

¹⁶ Los proyectos centrales de energía que se indican en el cuadro 45 son provisionales y pueden ser modificados —aunque no en lo esencial— una vez que los estudios de ingeniería de la ENDESA alcancen su forma final.

¹⁷ Correspondiente aproximadamente a la utilización óptima.

Cuadro 46

CHILE: CENTRALES HIDROELECTRICAS

Central	Río	Tipo	Capaci- dad (Miles KW)	Prod. 1957 (Millo- nes KWH)	Altura (Metros)	Gasto medio	
						m ³ / seg. ^a	Millo- nes de m ³ por año
a) EN EXPLOTACIÓN. 1957							
<i>Norte Grande</i>							
Varias.			1.4	2.2			
<i>Norte Chico</i>							
Molles (Pública)	Molles	Pasada	16.0	39.3	1 154	0.7	22
Varias.			5.9	18.3			
Total			21.9	57.6			
<i>Chile Central</i>							
Florida (Pública)	Maipo	Pasada	13.5	77.0	96	17.5	550
Maitenes "	Colorado	"	26.0	118.0	176	10.7	340
Volcán "	Volcán	"	13.0	87.3	172	7.8	250
Queltehues "	Maipo	"	36.4	285.8	202	14.4	450
Sauzal "	Cachapoal	"	76.8	262.2	120	45.0	1 420
Coya (Autoprod.)	"	"	33.0	231.6	138	2.8	90
Pangal "	Pangal	"	21.6	149.4	474	6.4	200
Cipreses (Pública)	Maule	Embalse	101.4	297.3	350	18.5	580
Abanico "	Laja	Pasada	86.0	430.3	146	56	1 760
Varias.			63.4	397.4			
Total			471.1	2 336.3			
<i>Sur Chico</i>							
Pilmaiquén (Pública)	Pilmaiquén	Pasada	24.2	107.7	32	87.0	2 740
Varias.			1.9	4.3			
Total			26.1	112.0			
Total del país			520.7	2 508.0			9 500
b) EN CONSTRUCCIÓN Y PROYECTOS HASTA 1973							
<i>Norte Grande</i>							
Arica (Pública)	Lauca		7.5				
Antofagasta "	Loa		1.5				
Total			9.0				
<i>Norte Chico</i>							
Cuncumén (Pública)	Choapa	Pasada	30.0	—	apr. 600	4.0	130
<i>Chile Central</i>							
Sauzalito (Pública)	Cachapoal	"	9.0	—	25	51.0	1 600
Isla "	Maule	"	68.0	—	95	68.0	2 100
Garzas "	"	"	200.0	—	apr. 200	73.8	2 300
Rapel "	Rapel	Embalse	260.0	—	" 100	111.0	3 500
Amp. Abanico "	Laja	Pasada	50.0	—	146	8.5	270
Lago Laja "	"	Embalse	240.0	—	340	35.0	1 100
Antuco "	"	Pas. y Emb.	200.0	—	180	97.1	3 100
Total			1 026.0	—			
<i>Sur Chico</i>							
Pullinque (Pública)	Calle Calle	Pasada	49.0	—	47	81.5	2 600
Amp. Pil- maiquén "	Pilmaiquén	Pasada	10.6	—	32	26.1	800
Total			59.6				
Total del país			1 124.6				18 330

FUENTE: CEPAL, sobre la base de datos de las empresas propietarias.

a Para las centrales de la ENDESA, corresponde al gasto medio estadístico. Para las demás centrales corresponde al gasto medio real de varios años.

el Norte Chico. Uno de los problemas más serios en esa parte del país es la falta de agua superficial suficiente para atender las necesidades de la agricultura. Dado que existe la posibilidad de utilizar las aguas subterráneas mediante bombeo, sería conveniente prever la posibilidad de desarrollar este tipo de riego y el potencial hidroeléctrico simultáneamente.

El mayor número de proyectos y los más importantes corresponden a Chile Central. Aguas abajo de la central Sauzal y muy próxima a ella se construye la planta denominada Sauzalito, con 9 000 KW de capacidad, que aprovechará parcialmente su caudal de descarga. Para satisfacer las necesidades de generación de energía parcialmente opuestas a las necesidades de agua por parte del riego, se han construido como obras anexas a ambas centrales estructuras hidráulicas que permiten el aprovechamiento eficiente y simultáneo del mismo recurso para ambos fines. La central Los Cipreses, a orillas del Maule, y la central de la Isla, con una capacidad de 68 000 KW, actualmente en construcción, formarán una serie hidráulica. A la salida de la última se aprovecharán las aguas del río Maule para construir, según otro proyecto, la central Las Garzas, con una capacidad de 200 000 KW. A 120 kilómetros de Santiago, en la zona de Rapel, a orillas del río del mismo nombre, se está construyendo una central de pie de embalse de 260 000 KW, a los que después de 1973 se agregarían 130 000 más. El dique correspondiente tendrá aproximadamente 90 metros de alto.

Más al sur, en la zona correspondiente a la cuarta región de la ENDESA, que cuenta con ríos de régimen mixto, con gastos más regulares y mayores posibilidades de embalse, en el lago Laja se están construyendo las obras de embalse necesarias para ampliar la central del Abanico en 50 000 KW. Existe también el proyecto de utilizar las aguas de ese lago para construir una central de 240 000 KW, que podría aumentarse en medida sustancial si se encontrase la manera de reducir la filtración del lago a través de la barrera de lava natural (47 m³/seg.).¹⁸ En el río Polcura, afluen-

¹⁸ La necesidad de agua de riego impide utilizar todas las aguas del lago Laja en la producción de hidroelectricidad. Lo mismo puede

te del Laja, y aprovechando también el caudal regulado de éste, cerca de Antuco, se ha proyectado otra central de pie de embalse de 200 000 KW.

En el Sur Chico, además de una nueva unidad de 10 600 KW en instalación para ampliar la central del Pilmaiquén, se está construyendo la de Pullinque, de 49 000 KW. En el Sur Grande, no obstante el inmenso potencial hidroeléctrico disponible, por el momento no se ha proyectado ninguna central de energía hidroeléctrica debido al escaso nivel de desenvolvimiento industrial que ha alcanzado esa parte del país. En vista de las posibilidades de utilizar el potencial disponible en fines industriales —industrias electroquímicas, agua pesada, etc.— podrían hacerse más a fondo los estudios preliminares y preparar proyectos definitivos para centrales hidroeléctricas.

El cuadro 47 muestra, para cada una de las cinco regiones geográficas, la capacidad hidroeléctrica de que podría disponerse al cabo de los próximos 15 años —excluidas las instalaciones de las grandes compañías mineras— en caso de completarse las centrales en construcción y de ejecutarse los proyectos ya mencionados.

La nueva capacidad que habría que instalar durante el periodo 1958-73 sería 2.5 veces la actual capacidad instalada del país y significaría —sin tener en cuenta a las empresas mineras— que la participación de la hidroelectricidad en el total aumentaría en cifras redondas de 2 tercios a 3 cuartos. En Chile Central y Sur Chico su contribución sería mayor, alcanzando a 80 por ciento. Para interpretar correctamente estas cifras, además de los proyectos hidroeléctricos de la ENDESA de aquí a 1973, se debe considerar que la Compañía Chilena de Electricidad puede instalar 200 000 KW. (Véase más adelante el cuadro 55.) En lo referente a la zona central, la Compañía ha decidido instalar 100 000 KW en Carrascal, existiendo la posibilidad de aumentarla en el futuro —si se autorizaran tarifas más elevadas— sea en Carrascal mismo o en otro sitio cercano a la costa, con lo que el potencial que podría instalarse ascendería a 200 000 KW, y aun a 400 000.

decirse respecto de las centrales de La Isla y Las Garzas, en el río Maule.

Cuadro 47

CHILE: PROYECCIÓN DE LA CAPACIDAD HIDROELÉCTRICA INSTALADA PARA 1973^b

Región geográfica	1957		1973			
	Capacidad (Millones KW)	Porcentaje del total instalado en cada región	Capacidad (Millones KW)	Porcentaje de la capacidad térmica e hidráulica total	Porcentaje de la capacidad hidráulica técnicamente instalable	Porcentaje de incremento con respecto a 1957
Norte Grande	—	—	9.0	41.7	22.5	—
Norte Chico	17.2	44.7	47.2	41.2	15.7	175
Chile Central	416.5	70.5	1 442.5	79.4 ^a	18.7	244
Sur Chico y Sur Grande	26.3	65.1	85.9	82.4	0.6	227
Total	460.0	67.5	1 584.6	77.0	7.1	245

FUENTE: Datos básicos de la ENDESA.

^a Se han considerado 200 000 KW que instalará la Compañía de Electricidad.

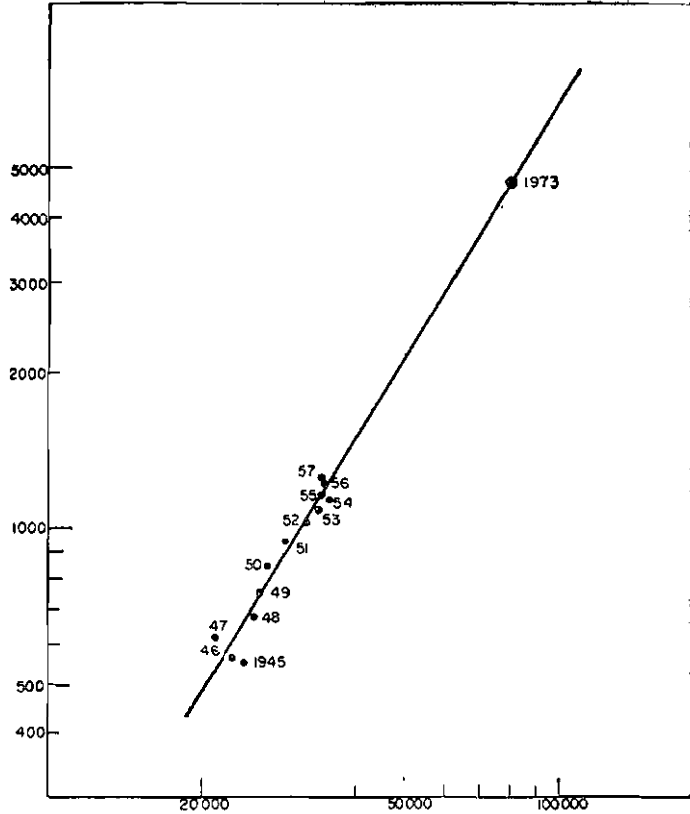
^b Excluida la gran minería.

Gráfico V

CHILE: CORRELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD DESTINADA A LA INDUSTRIA Y EL PRODUCTO BRUTO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

ESCALA LOGARÍTMICA

Generación de electricidad
(Millones de KWH)



Producto bruto
(Millones de pesos de 1950)

En cuanto a las grandes empresas mineras, las únicas centrales hidroeléctricas que existen son las de Pangal y Coya —de 21 600 y 33 000 KW respectivamente— pertenecientes al mineral de El Teniente, en Rancagua, que generan a 60 ciclos, mientras que la frecuencia del sistema interconectado es de 50 ciclos. Nada se sabe acerca de proyectos hidroeléctricos para el futuro.

En vista de los planes para ampliar la capacidad eléctrica instalada, han de calcularse los posibles cambios que pudiera experimentar la demanda entre 1958 y 1973. Existen por supuesto varios métodos de proyección de la demanda futura de electricidad, aunque todos ellos dan resultados sólo aproximados, por lo que una previsión exacta es imposible. En 1954, la ENDESA, tomando como base las tasas de aumento históricas y las posibilidades de desarrollo industrial, calculó la demanda anual de electricidad (demanda máxima de capacidad producción) hasta 1964, por cada centro de consumo (subestaciones)¹⁹ sin considerar las grandes compañías mineras. Se está aplicando ahora el mismo método para hacer nuevos cálculos

¹⁹ Véase ENDESA, Plan de electrificación del país, 1954.

y corregir las discrepancias entre las antiguas previsiones y la situación real. El presente estudio contiene una estimación provisional —sujeta a revisión una vez que se conozcan los resultados de los cálculos de la ENDESA— del total de la electricidad que Chile debería producir para satisfacer las necesidades de la industria fabril y demás consumos (excluyendo el de la gran minería) en el supuesto de que el producto bruto por habitante creciera a razón de 2 por ciento anual.

La generación de electricidad para consumo industrial, que es esencialmente dependiente de la industria vinculada con el producto bruto nacional de la industria fabril (véase el gráfico V), habiéndose registrado en 1945-57 una elasticidad-producto de 1.64. La producción de electricidad (que se considera un bien de consumo) para los demás sectores de consumo reveló también una estrecha correlación con el ingreso nacional, obteniéndose una elasticidad-ingreso de 2.08 (Véase el gráfico VI.)

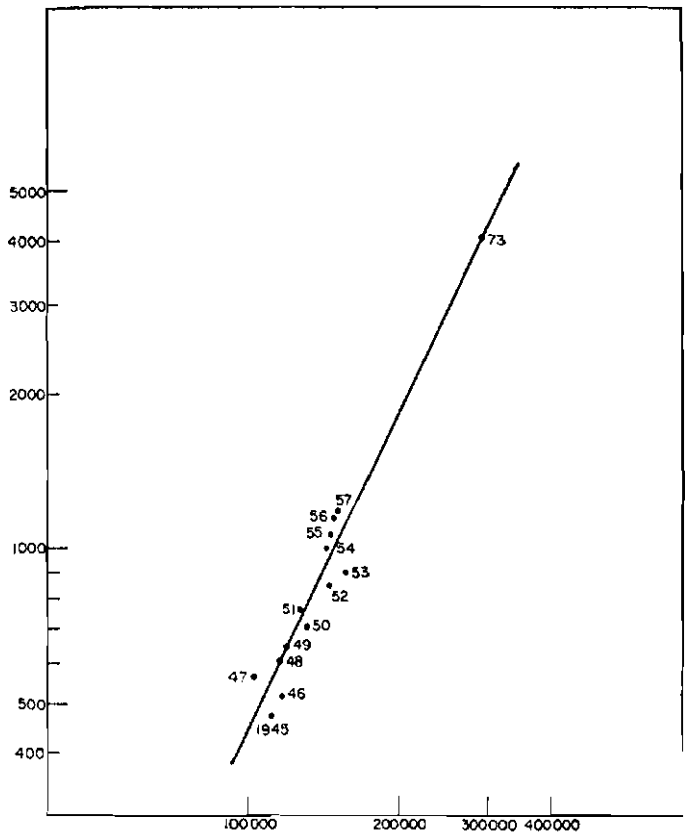
Tomando como base estas cifras de elasticidad, el producto bruto nacional de la industria fabril y el ingreso nacional que podría obtenerse en 1973 de acuer-

Gráfico VI

CORRELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD DESTINADA A OTROS CONSUMIDORES^a Y EL INGRESO NACIONAL

ESCALA LOGARÍTMICA

Generación de electricidad
(Millones de KWH)



(Millones de pesos de 1950)
Ingreso nacional

^a Excluye la electricidad destinada a la gran minería y a la industria.

do con la hipótesis adoptada en el caso del crecimiento del producto bruto, se calculó que habría que generar 8 700 millones de KWH, de los cuales 4 600 millones corresponderían a usos industriales y 4 100 a otras formas de consumo, sin considerar las grandes empresas mineras. Entre 1957 y 1973 la producción de electricidad para la industria aumentaría a una tasa acumulativa anual de 8.6 por ciento, o sea, ligeramente superior al 8.1 por ciento registrado entre 1945-57. La tasa anual de aumento de la generación de electricidad para los demás sectores de consumo sería igual a la registrada en el período anterior, esto es, 8.0 por ciento. No se ha hecho estudio especial alguno para determinar la distribución de la demanda total por zonas geográficas. Con fines puramente ilustrativos, para 1973 se admitió el mismo porcentaje de distribución registrado en 1957 (véase nuevamente el cuadro 47)²⁰ aunque es muy probable que ocurran pequeños cambios, sobre todo en las zonas de consumo más bajo, de acuerdo con la localización de las industrias y las diferencias relativas en la disponibilidad de energía eléctrica. Además, es un hecho que el aumento porcentual de la demanda es mayor en los centros en que el consumo por habitante es más limitado que en aquellos en que es ya alto y en que se registran síntomas de saturación de algunos tipos de demanda.

La comparación de las estimaciones de la demanda para 1973 y los proyectos existentes para ampliar la capacidad instalada indica que las centrales previstas bastarían en términos generales si se aumentara el promedio anual de horas de utilización en un 10 por ciento con relación a 1957. La situación puede desde luego variar de un centro de consumo a otro y de acuerdo con las horas de carga máxima. Además, es posible —si bien no es recomendable como principio general— que algunas grandes industrias instalen sus propias centrales, sobre todo si la capacidad no aumenta a una tasa anual satisfactoria, pues existe déficit en algunas partes del país.

Una vez calculadas las necesidades totales de energía eléctrica, sería de sumo interés determinar la proporción óptima de termoelectricidad para la economía chilena. Más para ello se necesitaría de un largo y detallado estudio que escapa al alcance del presente informe. La distribución óptima depende de tantos y tan complejos factores que el porcentaje apropiado de termoelectricidad varía de un país a otro y aún de una región a otra dentro de un mismo país, y ha de calcularse, por consiguiente, de acuerdo con las necesidades de cada unidad geográfica de consumo y de cada proyecto concreto capaz de satisfacerlas. Todavía más, consideraciones de orden práctico suelen imponer a veces soluciones refiadas con un criterio estrictamente económico.

La elección entre la hidro y la termoelectricidad la determinan por supuesto la inversión necesaria por KW —incluyendo no sólo la central de energía eléctrica, sino también las obras de ingeniería civil, líneas de trans-

misión, subestaciones, etc.— y los costos comparativos por KWH producido, que a su vez dependen del servicio financiero de las inversiones, necesidades de reposición, costos generales y factor de utilización de la central. Pero la inversión y el costo del KWH no son los únicos elementos que han de tenerse en cuenta. Existen otros, como la posibilidad de obtener capital para invertir y la incidencia de ese capital —y también del combustible usado en la generación— en el balance de pagos.

En términos generales, puede decirse que Chile está singularmente bien dotado para producir hidroelectricidad, salvo en el Norte Grande y parte del Norte Chico, donde la escasez de recursos hidroeléctricos económicamente utilizables impone la generación térmica.

La inversión total por kilovatio hidroeléctrico instalado, que debe compararse con la cifra correspondiente de una central termoeléctrica, tomada como punto de referencia, varía ampliamente según los diferentes sitios de potencial hidroeléctrico. En Europa, el costo medio de instalación por kilovatio hidroeléctrico es más del doble del costo del termoeléctrico, y en algunos casos más del triple. En Chile, por el contrario, la relación es mucho más favorable para las centrales hidroeléctricas. De acuerdo con los estudios de la ENDESA,²¹ el costo por kilovatio de hidroelectricidad, incluyendo las obras hidráulicas, las líneas de transmisión y las subestaciones, sería de un 30 a 80 por ciento más alto que el del termoeléctrico en los aprovechamientos proyectados para el desarrollo hasta 1973. Asimismo, un estudio comparado de los costos por KWH de origen hidroeléctrico y termoeléctrico para una central de Concepción (zona carbonera) indicó que, para poder competir, la central termoeléctrica habría tenido que adquirir el combustible aún en el caso del carbón, a un precio que resultaba considerablemente inferior al costo de producción. También ha de tenerse presente que en Chile las centrales termoeléctricas exigen un mayor porcentaje de inversión de divisas. Así, por ejemplo, mientras una central hidroeléctrica de 100 000 KW situada en la zona central de Chile necesitaría un 25 por ciento de sus inversiones totales en divisas extranjeras, una termoeléctrica demandaría alrededor del 50 por ciento.²²

Estos datos bastan para mostrar la ventaja económica que tendría para el país que las inversiones se orientaran principalmente hacia la producción de energía hidroeléctrica siguiendo la política de la ENDESA. Pero sería un error suponer que en un país como Chile, que dispone de un potencial hidráulico relativamente abundante, sea preferible eliminar del todo la energía termoeléctrica. Siempre se necesitará cierto porcentaje de ésta, principalmente por razones de seguridad para el servicio y el suministro de energía en las horas de punta. En muchos casos, las centrales hidroeléctricas, aun cuando están conectadas entre sí, no permiten ajustar perfectamente la generación a la demanda

²⁰ Habrá que revisar estas cifras una vez que se conozcan los resultados de la ENDESA.

²¹ Véase también Raúl Sáez, *El problema de la energía eléctrica y el desarrollo industrial de Chile*, 1957.

²² Véase Raúl Sáenz, *op. cit.*

sobre todo en períodos de estiajes extremos. Por consiguiente, siempre conviene disponer de cierto volumen de termoelectricidad para completar las fuentes de hidroelectricidad. En este sentido, ambos tipos de energía son necesarios en Chile, sobre todo por cuanto la hidroelectricidad está sujeta a variaciones anuales y pueden presentarse años de grandes sequías. Además, cuando hay que resolver problemas de escasez y racionamiento de energía, que se registran a menudo por falta de un planeamiento adecuado anterior, la construcción de centrales termoeléctricas demanda menos tiempo (de uno a dos años).

Otra ventaja de las instalaciones termoeléctricas reside, aparentemente, en el mayor atractivo que ofrecen al capital privado extranjero, con lo que se evitaría tener que recurrir al capital nacional cuando éste es escaso, o a préstamos internacionales.

A título comparativo, es del caso señalar que en dos países europeos grandes consumidores de hidroelectricidad —Italia y Suecia— la capacidad termoeléctrica instalada ascendía en 1956 a 21 por ciento del total. En el Canadá alcanza a sólo 13 por ciento.

Quizás convendría aclarar que los porcentajes de hidroelectricidad del cuadro 47 correspondientes a 1973 representan sólo una indicación aproximada de lo que sería más apropiado para la economía chilena, y que la instalación de una capacidad termoeléctrica adicional de 400 000 KW en la parte central de Chile resultara acaso excesiva, sobre todo si se tiene presente que el consumo anual del carbón necesario subiría a cerca de medio millón de toneladas, en el caso de que esa capacidad se utilizara sólo durante 2 500 horas anuales.

Como se indicó en el capítulo referente a la hidrología,²³ los ríos chilenos tienen regímenes diferentes, de modo que las posibilidades de utilizar su potencial hidroeléctrico varían según las estaciones del año y las distintas zonas geográficas.

El problema es más serio en el Norte Chico, en Chile Central y en el Sur Chico. En la primera de estas regiones, los ríos de régimen mixto ventisqueros-lluvias pueden secarse a fines del verano y del invierno. El régimen de ventisqueros es característico de los ríos de la parte norte de Chile Central (Aconcagua, Maipo, Rapel y Mataquito), si bien muestran cierta tendencia al régimen mixto ventisqueros-lluvias; por lo que están expuestos a grandes avenidas durante la primavera y a comienzos del verano, al paso que el caudal es muy escaso en otoño y en invierno. Los ríos más meridionales (Maule, Itata y Bío-Bío) pertenecen al régimen nieve-lluvia y su caudal aumenta con las lluvias durante el invierno y con los deshielos durante el estío. En la parte sur los ríos Toltén e Imperial señalan la transición entre Chile Central y el Sur Chico, con sus ríos Valdivia, Bueno, Petrohué, Maullín, Chamiza y Puelo, que corresponden de lleno al régimen de lluvia y en los cuales las crecientes provocadas por las lluvias de invierno se prolongan como resultado del derretimiento de las nieves. Por último, el régimen de los demás ríos del Sur Chico y del Sur Grande es mixto ventis-

quero-lluvia, aunque predomina la influencia del derretimiento de la nieve. Es del caso subrayar que esta enumeración es sólo muy general, ya que los regímenes pueden variar entre un río y otro de una misma zona y aun entre dos puntos distantes de un mismo río. De igual modo, la tendencia de la tasa de escurrimiento de un río varía de un año a otro, pues no siempre el caudal corre en la misma forma. Además, la existencia de numerosos lagos de gran capacidad al sur del Bío-Bío aumenta grandemente las posibilidades de regularizar las aguas en la parte meridional de Chile Central y en las regiones del Sur Chico y el Sur Grande.

Conviene destacar la complementación hidrológica que existe entre los ríos con régimen de ventisqueros y los ríos con regímenes de lluvia o de nieve y lluvia. En verano, cuando las aguas de los primeros son altas (tipo Aconcagua), las de los segundos son bajas y en invierno, cuando las del primer tipo tienden a secarse, las del segundo están en crecida. De ahí que las posibilidades de complementación hidroeléctrica mediante conexiones entre las centrales de energía de las distintas zonas sean en Chile muy amplias y favorables.

La demanda de energía presenta variaciones horarias, diarias y estacionales que no corresponden a las que experimentan los gastos naturales del río. Es evidente que al ajustar la producción de energía a la demanda debe ponerse el máximo cuidado en evitar el desperdicio del agua; por ello es aconsejable conectar entre sí las distintas centrales de energía para aprovechar mejor los recursos. Evidentemente es imposible conectar en forma apropiada todas las centrales de energía hidroeléctrica y los centros de consumo, pero las conexiones parciales de alcance cada vez mayor permiten utilizar mucho mejor los recursos hidroeléctricos. También contribuiría a ello la interconexión de las centrales termoeléctricas pertenecientes a productores de electricidad independientes. Por otra parte, la interconexión facilita la especialización funcional. Las centrales hidroeléctricas de pasada pueden soportar, merced a su utilización máxima, la carga de base del diagrama de demanda, en tanto que las centrales de pie de embalse (natural o artificial) permitirían un mejor ajuste diario o estacional de los recursos hidráulicos al consumo.

La ENDESA ha enfrentado con decisión el problema de la conexión de las centrales en la zona central de Chile, existiendo ya una red interconectada que se extiende desde La Ligua hasta Temuco, que comprende las centrales hidroeléctricas de Sauzal, Cipreses y Abanico, todas ellas de la ENDESA, y las estaciones hidro y termoeléctricas pertenecientes a la Compañía Chilena de Electricidad, y también algunas centrales de productores independientes. En 1956 esta red generó 1 755 millones de KWH (63 por ciento del total del país, sin considerar las grandes empresas mineras); existe un importante intercambio de energía entre las zonas tercera y cuarta de la ENDESA, habiéndose transmitido 60.7 millones de KWH hacia el norte y 67 millones hacia el sur. La transmisión hacia el norte se ha concentrado principalmente durante el otoño y el invierno

²³ Véase el capítulo II de la Primera Parte.

(37 millones de KWH durante los meses de junio, julio y agosto), en tanto que la mayor parte de la transmisión hacia el sur se realiza a comienzos del verano (40.5 millones de KWH en noviembre y diciembre).²⁴

En 1957 se transmitieron 42.7 millones de KWH desde la cuarta zona hacia la tercera y 53.5 millones en sentido inverso. Estas transmisiones se distribuyeron mejor durante todo el año, a pesar de haber persistido las diferencias que son características del invierno y del verano.

En un futuro inmediato se llevará a cabo la unión casi total entre las segunda, tercera, cuarta y quinta zonas de la ENDESA (situadas entre los paralelos 27 y 42). El hecho de que pueda ser necesario utilizar cantidades crecientes de agua para el riego en el centro y el norte del país, provocará seguramente en el futuro una gran transmisión de energía hidroeléctrica desde el sur hacia el norte, por cuanto las partes australes del país poseen recursos hidráulicos más abundantes.

El problema más difícil de Chile consiste en obtener fondos para las inversiones necesarias para llevar a cabo el programa de ampliación de la capacidad instalada. La instalación de 1 125 000 KW hidroeléctricos y 257 000 KW termoeléctricos (excluyendo las grandes empresas mineras) que se ha previsto en el presente estudio durante los próximos quince años, requeriría, teniendo en cuenta las redes primarias de transmisión, una inversión cercana a los 350 millones de dólares, de los cuales 280 millones serían para la producción de hidroelectricidad. La inversión en divisas alcanzaría a 110 millones de dólares de los cuales 75 millones corresponderían a hidroelectricidad.²⁵

Los inversionistas privados han carecido por mucho tiempo de todo interés en la industria eléctrica, y casi todo el peso de las inversiones para ampliar la capacidad instalada ha recaído sobre el estado. De los 410 000 KW que se instalaron en Chile en 1945-57 (sin considerar las grandes empresas mineras), 312 000

²⁴ La transmisión hacia el sur durante los meses de noviembre y diciembre se vio aumentada principalmente debido a una detención temporal de la central de energía de El Abanico.

²⁵ A esta suma habría que agregar las inversiones en las redes secundarias y de distribución.

KW pertenecen a la ENDESA, cuyo capital es proporcionado casi en su totalidad por la Corporación de Fomento y otros organismos autónomos del estado. En el curso de los próximos años, la ENDESA participará en gran escala en las inversiones en obras eléctricas de servicio público (en realidad, de todo el servicio público, salvo el que efectúa la Compañía Chilena de Electricidad), y para ello requeriría nuevas contribuciones públicas, precisamente cuando la situación de Chile en lo que respecta a la formación de capital nacional es muy crítica. A diferencia de muchas compañías públicas de electricidad de otros países y contrastando con la situación interna en lo que respecta al agua potable y al agua de riego, la ENDESA ha obtenido utilidades de la venta de electricidad y ha podido, mediante la revaluación de su activo, utilizar la depreciación como medio de obtener fondos de inversión. Las nuevas inversiones de la ENDESA ascendieron a 1 232 millones de pesos en 1953, a 2 664 millones en 1954, a 3 436 millones en 1955, a 6 461 millones en 1956 y a 10 516 millones en 1957 (cerca de 9.3, 15.6, 12.7, 12.5 y 14.9 millones de dólares respectivamente); de estas sumas, los fondos provenientes de utilidades²⁶ y depreciación alcanzaron a 20.2, 16.1, 27.2, 31.3 y 34.8 por ciento. Habría que agregar que el crédito público internacional ha ayudado a financiar las inversiones mediante préstamos concedidos por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (15 millones de dólares en 1956 y 13.5 millones en 1948) y el Banco de Exportaciones e Importaciones (11.1 millones de dólares en dos cuotas, en 1939 y 1946).

El alza de las tarifas eléctricas mejoraría más la situación. Hay que señalar a este respecto que la inflación ha mermado el rendimiento de las tarifas y así, mientras el ingreso bruto medio por KWH en 1958 era 8.6 veces el de 1948, en el mismo período el costo de la vida en Santiago había aumentado 12 veces.²⁷

²⁶ La Corporación de Fomento reinvierte sus utilidades en su programa de electrificación.

²⁷ El 31 de agosto de 1959 se promulgó la Ley general de Servicios Eléctricos (D. F. L. N° 4 — 1959) que modifica la ley respectiva de 1931. Su cumplimiento permitirá aumentar sustancialmente los recursos necesarios para proseguir el cumplimiento del programa de electrificación de Chile.

IV. UTILIZACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA MINERÍA

1. Desarrollo y perspectivas de la industria y la minería

En la descripción general de Chile se señalaron los cambios estructurales que experimentó la economía chilena después de los años treinta.²⁸ El nivel de la actividad minera, principalmente la del salitre y cobre, se elevó apenas, mientras la industria creció con rapidez fomentada por el gobierno. Cabría recordar el papel que desempeñan la minería y la industria en la economía nacional, a través de su participación en el ingreso nacional y el valor de las exportaciones. Por lo que toca

²⁸ Véase la sección II de la Introducción.

al primero, la participación de la minería bajó de 12.7 por ciento en 1925 a 5.8 por ciento en 1956, aunque todavía aporta casi la misma proporción de exportaciones (alrededor de 85 por ciento); la aportación de la industria al ingreso nacional aumentó de 10.9 por ciento en 1925 a 19.6 por ciento en 1956. Pese a la creciente demanda de agua de estos dos importantes sectores, sus necesidades totales sólo representan una pequeñísima proporción de la que emplea para el riego la agricultura, actividad que genera cerca del 15 por ciento del ingreso nacional. (Véanse los cuadros 48 y 49.) El sector industrial ha evolucionado en forma

Cuadro 48

CHILE: VALOR AGREGADO POR LA MINERÍA Y LA INDUSTRIA EN RELACIÓN CON EL INGRESO NACIONAL (1925-1956)
(Millones de pesos de 1950)

Año	Valor agregado		Ingreso nacional	Proporción del ingreso nacional	
	Minería	Industria		Minería	Industria
1925	7 399	6 360	58 182	12.7	10.9
1930	7 416	7 261	70 325	10.5	10.3
1935	6 350	8 504	72 159	8.8	11.8
1940	8 524	10 358	87 360	9.8	11.9
1945	6 288	20 220	113 701	5.5	17.8
1950	7 635	22 327	130 662	5.8	17.1
1955	7 133	26 147	151 270	5.5	19.0
1956	9 613	28 950	149 530	5.8	19.6

muy dispareja desde los años cuarenta, en que se inició una política de industrialización del país. El desarrollo más intenso se registró en la industria metalúrgica pesada, gracias a la creación de la Compañía de Acero del Pacífico (CAP) por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). La producción siderúrgica, gran consumidora de agua, aumentó de 50 000 a 300 000 toneladas en 1940-56. Otro importante proyecto que emprendió la CORFO fue el establecimiento de la refinería de petróleo de Concón, cerca de Valparaíso (Empresa Nacional de Petróleos (ENAP)). La acción de la CORFO también se extendió a otros renglones de producción que estaban en manos de la iniciativa privada, como la industria de neumáticos, de productos químicos y la azucarera. Entre los sectores que no recibieron el estímulo directo de la CORFO se encuentra el textil que dobló con creces su producción. En el cuadro 50 se señala el progreso de cada industria y permite apreciar que, pese al establecimiento de una industria pesada, Chile se encuentra en realidad en una etapa inicial de industrialización pues predominan las industrias livianas, como las de alimentos, textiles y vestuario.

Las perspectivas de la minería y de la industria también varían considerablemente según los sectores. Por lo que toca al cobre, las principales minas chilenas tienen costos de producción que figuran entre los más bajos del mundo. Gracias a las condiciones propicias para la inversión privada en los últimos años, ha habido

interés en aumentar la producción, y las dos empresas principales han emprendido un programa quinquenal de inversiones con el que ampliarían la producción de 445 000 toneladas en 1956 a 530 000 en 1960. Aunque recientemente el mercado internacional del cobre ha registrado cierta debilidad, a largo plazo la demanda mundial de este metal acusa una tendencia alcista y los minerales chilenos estarían en buena situación de competir.

Las salitreras también están llevando a cabo programas de inversión, con los cuales se pretende diversificar la producción extrayendo mayor cantidad de subproductos para mejorar así la capacidad de competencia de la industria que era muy precaria.²⁹

Gran parte del crecimiento industrial se deberá a la labor de la Corporación de Fomento. Los principales planes en estudio o que empiezan a ejecutarse son los siguientes:

- i) Duplicación de la capacidad de la empresa siderúrgica de Huachipato, dentro de los próximos cinco años, mediante la instalación de un segundo alto horno para elevar la producción total a 600 000 toneladas anuales;
- ii) Ampliación de la industria de papel y celulosa hasta producir 400 000 toneladas al año, mediante

²⁹ Véase el punto ii), siguiente, en que se describen los planes de ampliación de las principales empresas salitreras.

Cuadro 49

CHILE: COMPOSICIÓN DE LAS EXPORTACIONES
(Porcientos)

Exportaciones	Minería			Industria	Otras exportaciones	Total
	Gran minería	Pequeña y mediana minería	Total			
1928-30	84.5	1.7	86.2	3.3	10.5	100
1934-36	70.1	6.4	76.5	3.8	19.7	100
1940-42	80.1	4.0	84.1	4.0	11.9	100
1943-45	72.1	3.7	75.8	10.0	14.2	100
1949-51	73.6	4.9	78.5	8.2	13.3	100
1955	76.3	8.1	84.4	8.0	7.6	100
1956	78.3	9.5	87.8	6.0	6.2	100

Cuadro 50

CHILE: VALOR DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
(Miles de millones de pesos de 1950)

Sector industrial	1948	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Alimentos.	14.0	14.6	15.3	16.0	19.0	19.3	18.6
Bebidas	2.4	2.5	2.5	2.9	3.3	3.2	3.5
Tabaco.	2.1	2.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.2
Textiles	8.4	8.4	8.3	8.9	9.6	10.1	10.2
Calzado	2.8	2.7	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7
Confecciones	14.6	13.2	12.8	13.3	14.6	14.9	15.0
Madera	4.0	3.1	3.7	3.2	3.0	3.9	3.4
Celulosa, papel y cartones.	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1
Imprenta y litografía	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3
Cuero	1.6	1.3	1.2	1.3	1.1	1.2	1.0
Caucho	0.4	0.4	0.4	0.7	0.6	0.8	0.6
Productos químicos	3.1	3.2	3.5	3.6	3.4	3.5	3.4
Gas y derivados del petróleo	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Minerales no metálicos	2.6	2.5	2.5	2.8	3.0	3.3	3.0
Metálicos básicos	1.3	1.0	3.6	4.5	4.7	5.1	4.2
Mecánicas y metalúrgicas	2.1	1.8	6.0	7.5	8.0	8.5	7.2
Varios	0.2
Electricidad.	1.1	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2

el establecimiento de 5 nuevas fábricas en el sur de la Zona Central de Chile;

- iii) Ampliación de la industria azucarera con la Construcción de cinco fábricas con alrededor de 20 000 toneladas de capacidad cada una, que se levantarán en Linares (ya está en construcción), Rancagua, Chillán, Temuco y Osorno;
- iv) Establecimiento de una industria carboquímica cerca de Huachipato aprovechando los derivados de la producción de coque; construcción de una industria petroquímica cerca de la refinería de Concón y, para un futuro más distante, establecimiento de una industria electroquímica aprovechando la posibilidad de producir hidroelectricidad barata en el sur de Chile.

Para obtener una visión amplia de las perspectivas de la industria en 15 ó 20 años más, habida cuenta de éstos y otros proyectos, se han hecho proyecciones basadas en la elasticidad-ingreso de la demanda de productos industriales y corregidas según las condiciones de la producción y el balance de pagos. Estas proyecciones generales se presentan en el cuadro 51 y se basan en la hipótesis más optimista de que el producto bruto por habitante aumentará a razón de 2 por ciento anual.

Las actividades mineras y las industriales se encuentran en distinta situación por lo que se refiere a la provisión de agua. Las minas tienen que quedar cerca del mineral y resulta que los principales yacimientos que emplean agua en el proceso de elaboración están situados en la árida zona del Norte Grande (cobre en Chuquicamata, salitre en Pedro de Valdivia y María Elena) o a tanta altitud (la mina de cobre de El Teniente se encuentra a 3 500 metros) que el agua escasea antes del deshielo. En general las empresas mineras que emplean agua para la elaboración tienen dificultad para obtenerla en cantidades suficientes y se ven obligadas a instalar tuberías para traer el agua de lejos o a someterla a tratamiento para usarla de nuevo.

En general, la industria no tiene tantas dificultades,

aunque se han producido escaseces críticas de agua, y Antofagasta ha sido ejemplo reciente de ello. La mayor parte de la industria chilena, que es liviana, está ubicada cerca de los centros consumidores (Santiago, Valparaíso, Concepción), en las proximidades de los ríos (Maipo, Bío-Bío) o en la costa. La industria pesada (industrias siderúrgica y afines de Huachipato) se encuentra cerca de las minas de carbón, que afortunadamente se hallan a corta distancia del río más importante de Chile, el Bío-Bío. La disponibilidad de agua fue una de las principales razones para construir la planta siderúrgica en Huachipato. Sin embargo, hasta ahora el agua no ha sido en general el factor determinante del emplazamiento de las industrias. La situación será distinta cuando se establezcan industrias, como la de papel y celulosa, que son grandes consumidoras de agua. Hasta ahora la industria ha satisfecho sus necesidades de agua sin tener que incurrir en costos elevados de transporte o reaprovechamiento. La ubicación de las actividades mineras e industriales aparece en los cuadros 52 y 53. Las estadísticas datan del año 1952; el cambio más importante registrado desde ese año ha sido el desarrollo de la industria pesada en la provincia de Concepción.

2. Necesidades de agua de los principales usuarios mineros e industriales

En Chile no hay estadísticas oficiales sobre la cantidad de agua que utiliza la industria, con excepción del agua potable suministrada por los servicios públicos, que representa un porcentaje muy reducido del consumo industrial. No obstante, como en otros países, casi toda la demanda de agua se origina en unas pocas industrias y aun en unos pocos proyectos. Entre las actividades mineras e industriales actuales y en proyecto, los sectores y proyectos principales que requieren agua son la minería del cobre y del salitre, la industria siderúrgica, la refinación del petróleo, y las industrias química y textil. Aunque la industria de papel y celulosa no ne-

Cuadro 51
CHILE: ÍNDICES DE LA PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ^a

Año	Produc- to inter- no bruto	Alimen- tos ma- nufactu- rados	Bebidas	Tabaco	Calza- dos y confec- ciones	Textil	Papel y cartón	Impren- ta y edi- toriales	Made- ras, muebles y acce- sorios	Produc- tos quí- micos	Caucho	Cuero	Cemen- to, vi- drio, ma- teriales de cons- trucción	Produc- tos me- tálicos básicos	Artícu- los y ar- tefactos eléctri- cos y me- cánicos	Combus- tibles, lubrican- tes y aceites
1956	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1960	113	122	117	114	118	117	131	120	112	130	141	122	115	118	126	122
1965	139	153	143	135	148	146	164	153	131	175	180	150	142	155	171	156
1970	171	192	176	159	186	184	205	196	151	235	234	185	175	202	232	201
1973	193	220	199	175	212	210	463 ^b	227	165	280	274	209	198	236	279	233

^a Corresponde a un crecimiento del producto interno bruto por habitante de 2% anual y de 2.2% de la población.

^b Incluye 2 600 millones de pesos que corresponden a las industrias de celulosa que se instalarán en el país y que no han sido consideradas en las bases de la proyección

Cuadro 52
CHILE: UBICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES MINERAS POR PROVINCIAS, 1951
(Millones de pesos)

Provincia	Total	Oro	Cobre	Hierro	Manganeso	Molib- deno	Azufre	Calcio	Salitre	Carbón	Petróleo
Tarapacá . . .	518	—	—	—	—	—	139	—	275	—	—
Antofagasta . .	7 643	—	5 982	—	—	—	237	—	1 110	—	—
Atacama . . .	1 710	283	1 332	—	—	—	—	—	—	—	—
Coquimbo . . .	620	205	—	182	98	—	—	—	—	—	—
Aconcagua . . .	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valparaíso . . .	199	—	109	—	—	—	—	84	—	—	—
Santiago	300	—	162	—	—	—	—	—	—	—	—
O'Higgins . . .	5 777	—	5 594	—	—	163	—	—	—	—	—
Talca	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Concepción . .	1 213	—	—	—	—	—	—	—	—	1 196	—
Arauco	149	—	—	—	—	—	—	—	—	140	—
Malleco	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cautín	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valdivia	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aysén	108	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Magallanes . .	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	199
<i>Total</i>	<i>18 665</i>	<i>630</i>	<i>12 909</i>	<i>182</i>	<i>108</i>	<i>163</i>	<i>376</i>	<i>150</i>	<i>1 385</i>	<i>1 374</i>	<i>199</i>

Cuadro
CHILE: UBICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES
(Millones de

Provincia	Total	Alimen- tos	Bebi- das	Taba- co	Texti- les	Calza- do	Made- ra	Mue- bles	Papel
Tarapacá	216	185	1	—	—	1	2	12	—
Antofagasta	648	179	107	—	—	—	—	—	—
Atacama	19	15	—	—	—	—	—	—	—
Coquimbo	521	126	96	—	—	10	12	—	—
Aconcagua	500	307	6	—	123	5	26	—	—
Valparaíso (17.5 %)	9 399	3 770	221	1 151	1 338	367	175	49	61
Santiago (53.9 %)	28 996	5 233	1 155	4	5 844	3 024	892	301	1 005
O'Higgins	949	833	17	—	—	5	17	—	—
Colchagua	678	228	—	402	—	6	23	1	—
Curicó	215	150	—	—	—	9	21	5	—
Talca	933	515	97	—	4	106	48	21	30
Maule	42	34	—	—	—	—	3	—	—
Linares	259	178	49	—	—	—	20	—	—
Ñuble	322	205	27	—	—	—	15	—	—
Concepción (11.9 %)	6 087	1 054	121	—	2 109	58	149	9	30
Arauco	38	18	—	—	—	—	14	—	—
Bío-Bío	302	241	—	—	—	—	19	—	—
Malleco	391	247	—	—	—	—	65	15	—
Cautín	518	332	—	—	12	6	80	8	—
Valdivia	1 325	646	86	—	71	111	153	4	—
Osorno	715	549	32	—	28	34	25	5	—
Llanquihue	264	188	3	—	11	18	21	2	1
Chiloé	23	15	—	—	—	—	—	—	—
Aysén	8	7	—	—	—	—	—	—	—
Magallanes	288	213	11	—	—	1	9	2	—
Total	53 654	15 468	2 042	1 599	9 543	3 807	1 789	445	1 128
		(1)	(7)		(2)	(4)			

cesita gran cantidad de agua para la elaboración industrial propiamente dicha, requiere un volumen considerable para diluir los residuos que se devuelven al río e impedir su contaminación.

En relación con los proyectos grandes se realizaron investigaciones directas sobre sus problemas hidráulicos. En algunas industrias como la química y la textil, la producción está repartida en varias fábricas medianas o pequeñas y sólo unos cuantos proyectos de mayor importancia. Para otros sectores cuyas necesidades de agua son reconocidamente menores sólo fue posible preparar estimaciones preliminares basadas en la experiencia de otros países en actividades similares. Es probable que esas estimaciones contengan un gran margen de error, pero esto no tendrá gran influencia sobre el cuadro general debido a que predominarán en él las industrias que son grandes usuarias de agua. El uso del agua en la termoelectricidad se tratará más adelante en otra sección.

a) Minería del cobre

i) Chuquicamata, la principal mina de cobre de Chile, está situada en la cuenca del río Loa, en una elevada meseta a 120 km de la costa, cerca de la cordillera de Los Andes. Para su producción actual de 240 000 toneladas el centro minero se abastece mediante un sistema de cinco tuberías de gravedad construida cada

una en las fechas que se indican, con las siguientes capacidades y usos:

Río	Fecha	Lon- gi- tud (Km)	Capa- cidad (m ³ por día)	Usos
San Pedro I	1917	59	10 000	Instalación industrial de óxido
San Pedro II	1926	59	10 000	Instalación industrial de óxido
Salado	1951	70	36 000	Instalación industrial de sulfuro
Toconce	1918	97	4 500	Internos } y producción de vapor
Inacaiari	1956	102	12 000	
			<u>72 500</u>	

Hay una disponibilidad de 56 000 m³ para usos industriales. En un comienzo no se usó mucha agua industrial en las instalaciones y en la fundición porque se trabajaba a base de óxidos. Sin embargo, a medida que se agotaba el estrato superior, se fueron amontonando residuos de mezclas de minerales y en 1947 se resolvió instalar una planta para tratar el mineral sulfurado que forma el grueso de las reservas. Pero el tratamiento del mineral sulfurado requiere casi el do-

INDUSTRIALES POR PROVINCIAS, 1952
(pesos de 1951)

Impren- ta	Cue- ros	Produc- tos mi- nerales no me- tálicos	Produc- tos de caucho	Produc- tos qui- micos	Petróleo y carbón	Meta- les bá- sicos	Produc- tos me- tálicos	Maqui- naria	Maqui- naria y equipo eléctrico	Trans- porte	Varios
12	—	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—
38	—	—	—	300	—	—	—	14	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	190	—	59	—	—	—	—	—	27	—
—	27	6	—	—	—	—	—	—	—	—	2
229	151	690	16	799	12	—	203	10	4	126	28
965	1 047	964	589	2 534	120	1 616	1 594	341	1 214	317	232
4	4	15	—	36	—	—	14	1	—	—	—
—	—	—	—	6	—	—	—	3	—	—	7
4	18	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—
6	25	3	—	60	—	—	5	10	—	—	—
—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	40	434	—	102	100	1 775	—	6	1	8	20
—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	17	4	—	7	—	—	10	4	—	—	12
12	79	2	—	12	—	117	8	3	—	17	—
9	10	—	—	—	—	—	—	11	—	—	—
3	4	—	—	—	—	—	—	2	—	6	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—
1 380	1 520	2 335	606	3 943	240	3 503	1 857	421	1 219	536	307
		(6)		(3)		(5)					

ble de agua que el de óxido; los coeficientes de toma de aguas son aproximadamente de ½ tonelada de agua por tonelada de mineral oxidado y 1 tonelada de agua por tonelada de mineral sulfurado. Inicialmente se habían proyectado 24 secciones de flotación para el tratamiento del mineral sulfurado pero no hubo bastante agua sino para instalar las 10 secciones que actualmente funcionan. Los 36 000 m³ que suministra el Salado sirven para tratar (volviendo a usar parte del agua) alrededor de 40 000 toneladas diarias de mineral sulfurado. La capacidad original de la sección era apenas de 25 000 toneladas, pero aumentó con los adelantos técnicos en la clasificación del mineral y la mayor velocidad de los molinos.

El agua disponible alcanza actualmente a cubrir las necesidades industriales. A menos que se introduzca una técnica nueva o que se aumente la cantidad de agua que se vuelve a usar, cualquier incremento importante de la producción de cobre exigirá emplear mayor cantidad de agua, sobre todo si se explotan los minerales sulfurados, como es muy probable. Así por ejemplo, si el beneficio total de mineral sulfurado se eleva en 25 por ciento, se necesitarán 12 000 metros cúbicos más de agua por día. Podría obtenerse más agua del Loa³⁰ o del río Grande. También sería posible, aunque queda más lejos, usar el agua del río Sapalari

³⁰ Antiguamente la compañía minera tenía allí una merced de aguas que cambió por la del Inacalari, que era más accesible.

(en la zona en que limitan Bolivia, Argentina y Chile) antes de que se pierda en el salar de Tara. Es probable que suba el costo del agua al aumentar la distancia (las tuberías más nuevas son casi 2 veces más largas que la primera que se instaló), pero, como el costo del agua sólo representa un porcentaje muy pequeño de los costos totales de producción (menos de 1 por ciento), la capacidad de las minas para competir en el mercado no se verá menoscabada.

La última tubería instalada (Inacalari) se terminó en 1956 y costó 3 millones de dólares, es decir, representó una inversión de 250 dólares por metro cúbico de capacidad diaria, de los cuales correspondían alrededor de 1/3 a la mano de obra y de 2/3 a los materiales. La mayor parte de los tubos (de acero) provenía de Huachipato, aunque algunos se importaron de los Estados Unidos por razones de fecha de entrega. Si no hubiera sido por esto, casi todos los gastos habrían sido en moneda local.

Por no contar con registros suficientemente antiguos, es muy difícil calcular la duración económica de los tubos en esta región. En las bocatomas de las tuberías del Toconce y el Salado se han instalado plantas de expurgación de aire para evitar la corrosión interna por la oxidación, y otros perjuicios. La corrosión externa no constituye un factor importante porque el suelo de la pampa es tan árido que no altera el metal. El problema más grave que plantea la conservación son las inun-

daciones. Desde 1890 se vienen registrando ciclos de fuertes lluvias en el verano más o menos cada siete años. En 1925 y 1953 las avenidas arrasaron con las tuberías de Chuquicamata.

ii) Las minas de cobre de El Teniente que producen actualmente 140 000 toneladas anuales están a 3 500 metros de altura cerca de los ríos Coya y El Teniente, que son afluentes del Rapel. Pese a la cercanía de estos ríos, parece que la falta de agua es un obstáculo para incrementar la producción. Cerca de 2 500 m³ de agua se usan diariamente para fines industriales. Durante parte del año no hay gran dificultad de abastecimiento, pero en el invierno, antes del deshielo, las aguas superficiales no bastan para satisfacer estas necesidades. La Compañía ha debido así bombear agua de niveles más bajos. Como en el invierno su central hidroeléctrica tampoco da abasto, se está estudiando la posibilidad de construir una central diesel.

Además, para reducir su consumo al mínimo la empresa está haciendo recircular el agua y ha invertido más o menos 250 000 dólares en instalaciones para tratar el agua usada.

Por último, la Compañía tiene que hacer frente a un grave problema para eliminar sus desperdicios. Construyó un acueducto de 70 km de largo que lleva el agua servida a unos depósitos para evitar la contaminación; gran parte de estas aguas se evapora y otra se filtra al subsuelo en donde se purifica en forma natural. Pese a estas medidas de protección, los agricultores que viven río abajo en la zona de Rancagua se quejan de que el agua viene contaminada con cobre.

iii) Dificultades similares para obtener un abastecimiento adecuado se le presentan a la mina de El Soldado, cerca de Santiago. Esta mina, que es más chica, trata en la actualidad cerca de 900 toneladas diarias de mineral de buena ley y podría aumentar su producción a 1 500 toneladas si hubiera más agua. En la región de Antofagasta, es probable que la nueva mina de cobre de Mantos Blancos que todavía no está funcionando, tenga que usar agua de la tubería que va desde la cordillera hasta Antofagasta. Necesitaría aproximadamente 2 500 m³ por día. La fundición de cobre de Paipote consume 30 litros de aguas subterráneas por segundo, lo que es excesivo por cuanto el nivel freático de las aguas ha bajado durante los últimos ocho años. En la actualidad, la escasez de agua impide ampliar la fundición.

b) Extracción de salitre

Los dos principales centros de producción, María Elena y Pedro de Valdivia, se encuentran en las áridas calicheras del Norte Grande. El agua para uso industrial se saca del Loa (y de su afluente el río Salvador) y el agua dulce, de la tubería que va desde Toconce en la cordillera hasta Tocopilla en la costa.

Los yacimientos no se encuentran muy distantes del ángulo de 90° que forma el río Loa cuando se desvía hacia el norte y las tuberías para agua industrial no

tienen más de 40 km de longitud cada una. Sin embargo, como las minas están a mayor altura es necesario bombear el agua.

El agua industrial se obtiene corrientemente de cuatro mercedes en el río Salvador (afluente del Loa) y en el mismo río Loa. El volumen de agua que se consume es de 180 litros por segundo, o sea alrededor de 15 500 m³ por día.

Hasta ahora el abastecimiento de agua industrial no ha constituido un problema serio y la compañía no ha empleado todavía otras mercedes que tiene por un total de 286 litros por segundo. Recientemente, para complementar el sistema de concentración Guggenheim, que dejaba cerca de 25 por ciento de residuos, se ha introducido un nuevo método de evaporación solar con el que disminuye el desperdicio a sólo 0.1 por ciento y aumentan considerablemente los rendimientos. Este procedimiento requiere mayor cantidad de agua, porque la solución de salitre se expone al sol en estanques. Actualmente hay 4 estanques que consumen 250 m³ de agua diarios cada uno.

Se proyecta construir 40 estanques para la evaporación solar. Si el programa se ejecuta en su totalidad, las necesidades de agua para la elaboración del salitre aumentarán en 3 000 m³ diarios; como el consumo total de agua para fines industriales sería aproximadamente de 25 000 m³, todavía quedaría dentro de las cantidades asignadas por las distintas mercedes. Siempre que no se saque más caudal del Loa aguas arriba, la cantidad de agua de que se dispone bastaría para cubrir las necesidades.

Sin embargo, existe un problema de abastecimiento para algunos usos industriales: el agua del río Loa es salobre y no sirve para la ebullición. Por otro lado, el agua dulce es muy escasa. El acueducto construido por la compañía en 1945 que trae agua de la cordillera, tenía una capacidad inicial de 13 000 m³ por día. Por la acción de agentes corrosivos que producen filtraciones la capacidad se ha reducido a 11 000 m³. Además éste tiene que abastecer a las minas, a la ciudad de Calama en la Cordillera y a Tocopilla en la costa. En virtud de un acuerdo suscrito por la compañía al tiempo de traspasar el acueducto al gobierno se garantiza a las minas una servidumbre mínima de 3 500 m³ al día. El consumo corriente es, en realidad, del orden de 4 500 m³ y tiende a declinar con la reducción de la capacidad de la tubería. La escasez de agua dulce ha sido la causa principal de que no se haya podido instalar en las minas una central hidroeléctrica. Las tres centrales de energía que existen (53 000 KW de capacidad) son todas diesel. Hasta 1957 usaban el agua dulce del acueducto para el enfriamiento. Ahora, dos de ellas tienen que emplear agua salobre del río Loa, lo que agrava el problema de la conservación. Para ahorrar agua dulce y poder cubrir las crecientes necesidades de la población minera, se están reemplazando las locomotoras a vapor del sistema de transportes de las minas por locomotoras diesel. Así se podrá contar con otros 3 000 m³ diarios de agua dulce para usos domésticos.

c) *Industria siderúrgica*

La principal industria siderúrgica está en Huachipato cerca de las minas de carbón y del Bío-Bío. Aunque esta empresa es con mucho el principal usuario de agua industrial de Chile, en esta región el agua es más que suficiente para cubrir tanto las necesidades corrientes como las de la ampliación proyectada.

El agua para la acerería se bombea desde el Bío-Bío. En Huachipato la diferencia entre las mareas es más o menos de 1 metro, pero como en la central de bombas no se registran sus efectos, no hay peligro de que el agua salada suba río arriba a causa de estas variaciones. Además del agua del río se bombea agua de dos pozos de tubo —cada uno de 15 litros por segundo— para el uso de los trabajadores. Se está encarando la construcción de un tercer pozo.

Con una capacidad de 300 000 toneladas, la acerería consumió cerca de 81 millones de m³ de agua en 1959. La ejecución del programa de ampliación —en cuya primera fase, hasta 1964 se aumentaría la capacidad al doble— elevaría las necesidades de agua a cerca de 145 millones de m³ en 1975.

d) *Industria de papel y celulosa*

El desarrollo de una industria de papel y celulosa sobre la base de los recursos forestales que abundan en el sur de la zona central de Chile sería un buen medio de diversificar las exportaciones chilenas. Ya existe en el Bío-Bío una fábrica cuya producción de 40 000 toneladas anuales debió ser aumentada a 70 000 toneladas en 1959.

Hay planes de llevar a cabo una ampliación considerable, que se justificaría económicamente según los estudios realizados. Se prevé la construcción de 5 fábricas que se pondrán en marcha entre 1961 y 1968. La capacidad de cada una de estas fábricas es de 300 toneladas diarias y se encuentran en los siguientes lugares:

Lugar	Abastecimiento de agua	Año de funcionamiento
Coelemu	Río Itata	1961
San Vicente	Río Bío-Bío	1961
Coigüe	Río Bío-Bío	1962
Cholguán	Ríos Laja e Itata	1964
Constitución	Río Maule	1968

El consumo de agua de cada proyecto sería muy elevado por cuanto además del agua requerida en el procedimiento mismo —un mínimo de 1 m³ por segundo para las fábricas del tamaño previsto— se estiman necesarios 24 m³ por segundo para diluir los desechos de fabricación e impedir la contaminación de las aguas. Por lo tanto, habrá que proveer a las fábricas del interior con un total de 25 m³ por segundo. Desde luego, cuando las fábricas están cerca de la costa y los desechos de fabricación van directamente al mar el consumo de agua es sólo de 1 m³ por segundo.

En vista de la gran importancia que tiene la disponibilidad de agua para el emplazamiento de fábricas de papel y celulosa, se llevó a cabo una encuesta hidrológica especial para evaluar las localidades previstas, así como otras que estaban en consideración. Los resultados pueden resumirse como sigue:

La Bahía de San Vicente, cerca de Huachipato, parece ser un sitio excelente. Hay bastante agua en el río Bío-Bío para obtener 1 m³ por segundo y el agua podría bombearse hasta la fábrica, como en el caso de Huachipato.

Coigüe, en la confluencia de los ríos Laja y Bío-Bío, también es un emplazamiento muy bueno desde el punto de vista de los recursos hidráulicos. Sin embargo, deberían tomarse las mismas precauciones contra la contaminación de las aguas que en la fábrica vecina del Laja.

Una fábrica que se piensa instalar cerca de Constitución podría abastecerse de agua, en cantidad más que suficiente, en el río Maule.

Con todo, antes de emprender los proyectos de Coelemu y Cholguán habría que reunir mayores datos hidrológicos. El emplazamiento de Coelemu, a 20 km de la desembocadura del río Itata, tendría que enfrentar un serio problema de contaminación de las aguas en los meses de enero a abril, y quizás mayo, debido al poco caudal que trae el río. Tal vez sería posible llevar al mar los desechos de producción de la fábrica mediante un canal especial, y como parece que no vive nadie en los bosques que hay en ambas márgenes entre Coelemu y la desembocadura, podrían arrojarse al río para ser arrastrados por la corriente. También debería estudiarse más a fondo el emplazamiento Cholguán, a fin de evitar el peligro de contaminación de las aguas en una región poblada en que se practica el riego. Entre otras localizaciones que se examinaron, vale la pena mencionar una en el río Carampangue a más o menos 2 kilómetros del mar. En el momento en que se midió el caudal del río era de 6 m³ por segundo pero no hay datos hidrológicos disponibles. Los desechos de fabricación podrían ir directamente al mar a través de un canal descubierto.

e) *Refinación de petróleo*

En materia de combustibles, el principal usuario de agua es la refinería de petróleo de Concón, situada cerca de Valparaíso, con una producción actual de 20 000 barriles diarios. Se proyecta aumentar esta capacidad al doble con lo cual las necesidades de agua aumentarían a alrededor de 60 millones de m³ al año, que en su mayor parte se usarán para el enfriamiento. El agua que emplea la refinería proviene del río Aconcagua.

f) *Textiles*

La industria textil chilena se concentra en tres regiones principales: Santiago (60 por ciento de la producción) Valparaíso y Viña del Mar (18 por ciento) y en

los alrededores de Tomé, en el sur de la zona central, entre los ríos Itata y Bío-Bío (20 por ciento). La mayoría de las industrias textiles de Santiago emplean aguas subterráneas. Según un censo levantado por la CORFO, que forma parte de un estudio sobre las aguas subterráneas,³¹ la industria textil de esta región consume actualmente alrededor de 8 millones de m³ de agua al año.

La producción de rayón se concentra en dos fábricas: una en Quillota, que se abastece con agua del río Aconcagua, y la otra en los alrededores de San Antonio, cerca del río Maipo. Ambas poseen instalaciones para el tratamiento y reutilización de las aguas.

g) Productos químicos

La industria está repartida en muchas fábricas pequeñas situadas cerca de Santiago, Valparaíso y, en menor medida, en el norte de Chile, donde se aprovechan distintas sales de las pampas. Los principales usuarios de agua son las fábricas de fertilizantes.

La industria petroquímica que se levantará cerca de la refinería de petróleo de Concón necesitaría alrededor de 4 millones de m³ al año en 1961 y es probable que consuma hasta 8 millones de m³ anuales con la ampliación de su capacidad en 1966.

Al sur de la Zona Central se instalará una industria carboquímica cerca de Concepción cuyas necesidades de agua serán del orden de 4 millones de m³ al año.

h) Otras industrias

Merece destacarse que el aumento de la producción azucarera debido a la instalación de cinco refinerías con una capacidad total de 100 000 toneladas demandará un volumen de agua cercano a los 3 millones de m³. Una fábrica elaboradora de productos de caucho que se instalará en la zona de Santiago podrá producir alrededor de 3 500 toneladas de artículos al año, con un consumo de agua del orden de los 2 millones de m³.

i) Consumo total de agua de la industria y la minería

Con la información especial recogida sobre las principales minas e industrias que utilizan agua y las extrapolaciones complementarias para las actividades que no se estudiarán directamente se ha confeccionado el cuadro 54 basándose en el consumo estimado de agua para 1957 y 1973.

A falta de registros sistemáticos generales, cabría subrayar que algunas de las estimaciones pueden contener grandes márgenes de error aun en el caso del año 1957 que se tomó como base. Sin embargo, las estimaciones generales de 201 millones de m³ para 1957 y de 575 millones de m³ para 1973 dan una idea general del volumen de agua que consumen las actividades industriales y mineras, lo que indica que aunque es probable que esos consumos aumenten a un ritmo muy rápido, se-

³¹ Robert J. Dingman y Lorenzo Baraza, *El agua subterránea de Santiago informe preliminar*.

Cuadro 54
CHILE: USO DEL AGUA EN ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y MINERAS
(Miles de m³ por año)

Actividades	1957		1973	
	Proyectos identificados	Total	Proyectos identificados	Total
<i>Industria</i>				
Alimentos	—	2 500	3 000	8 250
Bebidas	—	2 550	—	5 100
Tabaco	—	200	—	350
Calzado y confecciones.	—	1 000	—	2 100
Textiles	8 000	13 500	8 000	28 300
Papel y celulosa.	15 000	16 300	135 000	158 300
Imprenta	—	200	—	450
Madera y muebles	—	250	—	450
Productos químicos	—	20 900	25 000	83 500
Caucho	2 500	2 500	4 500	6 850
Cuero.	—	600	—	1 250
Cemento y vidrio.	—	5 800	—	11 600
Metales ordinarios	50 000	65 000	100 000	130 000
Productos mecánicos y eléctricos.	—	5 000	—	14 000
Combustibles y lubricantes.	30 000	35 000	60 000	70 000
<i>Subtotal.</i>	<i>105 500</i>	<i>171 300</i>	<i>335 500</i>	<i>520 500</i>
<i>Minería</i>				
Cobre.	21 400	21 400	31 100	31 100
Salitre.	5 600	8 400	9 100	13 600
<i>Total</i>	<i>131 500</i>	<i>201 100</i>	<i>375 700</i>	<i>575 200</i>

guiñan representando sólo una pequeña fracción del agua que se usa para riego. Por otro lado, se consume materialmente una proporción mucho menor, y la mayor parte puede volver a utilizarse, con o sin tratamiento.

j) Aspectos cualitativos

Con excepción de algunas aguas superficiales y subterráneas salobres del norte de Chile, el agua disponible para usos industriales es de buena calidad en general. La mayoría de las industrias de Santiago y Valparaíso utiliza aguas subterráneas de calidad muy aceptable.

Además, debido a la actual composición de la industria chilena —en que la importancia de los productos químicos y farmacéuticos es menor— no es necesaria una calidad tan buena como en los países más desarrollados. Parte del agua que se usa para la elaboración la emplea la minería del cobre cuyas exigencias no son tan rigurosas en este campo. Con mucho, la mayor parte del agua que se usa en la industria se destina a fines de enfriamiento para lo cual es apta la que tiene calidad inferior.

3. Necesidades de agua para la producción de energía térmica

Chile tenía en 1957 una capacidad instalada de energía térmica de 485 400 KW de los cuales 335 000 eran de

generación a vapor y 150 600 KW de tipo diesel. La producción de las instalaciones de vapor alcanzaba en ese año a 1 231 millones de KWH y la de las centrales diesel a 451 millones de KWH. La mayor parte de las instalaciones de energía térmica se encuentra en el norte de Chile, donde el potencial hidroeléctrico es muy pequeño, y en los centros poblados e industriales de Santiago y Valparaíso. En los próximos 15 años la

Cuadro 55

CHILE: CAPACIDAD INSTALADA Y PROYECTADA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA

	1957		1973	
	Vapor	Diesel	Vapor	Diesel
	Miles de KW			
Norte Grande				
Victoria	—	9 080	—	—
Tocopilla	110 000	—	—	—
Chuquicamata	25 320	—	—	—
María Elena	—	17 400	—	2 700
Coya Sur	—	13 200	—	—
Pedro de Valdivia	—	22 500	—	2 500
Antofagasta	—	4 600	—	—
Otros	—	16 925	—	450
Total	135 320	83 705	—	5 650
Norte Chico				
Barquito	30 000	—	—	—
Potrerillos	7 120	—	—	—
Huasco	—	—	45 000	—
Cruz Grande y Tofo	7 300	—	—	—
Juan Soldado	6 000	—	—	—
Guayacán	—	3 680	—	6 000
Otros	2 500	21 785	—	1 065
Total	52 920	25 465	45 000	7 065
Chile Central				
Ref. Azúcar Viña del Mar	13 200	—	—	—
Laguna Verde	54 700	—	—	—
Puente Alto	8 200	—	—	—
Mapocho	20 900	—	—	—
Carrascal	—	—	200 000	—
Concepción	10 300	—	—	—
Bío-Bío (Papelera)	5 250	—	—	—
Schwager	5 400	—	—	—
Lota	8 800	—	—	—
Otros	17 440	29 650	—	—
Total	144 290	29 650	200 000	—
Sur Chico				
Otros	2 300	1 750	—	4 200
Total	2 300	1 750	—	4 200
Sur Grande				
Punta Arenas	—	4 325	—	—
Otros	—	5 670	—	—
Total	—	9 995	—	—

FUENTE: Datos proporcionados por la ENDESA y elaborados por la CEPAL.

capacidad generadora de energía térmica parece que aumentará muy poco y las plantas se ubicarán sobre todo en Santiago y Huasco (Norte Chico). En el cuadro 55 aparece una lista de las instalaciones actuales y en proyecto.

La generación de termoelectricidad es un proceso industrial que requiere grandes cantidades de agua. Por ejemplo, en los Estados Unidos se estima que más del 40 por ciento de las necesidades totales de agua de la industria corresponde a la generación de vapor. En la producción de vapor se emplea agua tanto en el proceso de ebullición como en el de enfriamiento. Para generar 1 KWH se necesita 0.2 a 1.0 litro de agua de vaporización (y en algunos casos más) y entre 150 y 400 litros con fines de enfriamiento. Cabe señalar que el agua destinada a la ebullición debe ser de calidad superior sobre todo en vista de la presión y temperaturas cada vez más elevadas de las calderas modernas. La generación de energía con motores diesel no requiere agua para la ebullición y emplea mucho menor cantidad para el enfriamiento. Las exigencias de calidad son menos exigentes para el agua de enfriamiento en las instalaciones de vapor y en las diesel y a menudo se usa agua de mar en refrigeración indirecta.

El aprovechamiento del agua en la termoelectricidad se ha estimado para Chile a base del material disponible e, indirectamente, de los coeficientes técnicos y los datos históricos comparativos de otros países. Teniendo presente que esas estimaciones pueden contener un amplio margen de error, se hizo el siguiente cálculo en millones de metros cúbicos:

	1957	1973
Consumo de agua potable o tratada	3	8
Uso de agua no tratada	430	500

Estas cantidades serían mucho mayores que las que emplea la industria actualmente; sin embargo, el agua sin tratar se usa casi en forma exclusiva con fines de enfriamiento y en realidad como algunas instalaciones situadas en la costa usan agua de mar el suministro de agua para enfriamiento no constituye un problema. Otras instalaciones emplean aguas subterráneas; la Central del Mapocho usa el agua del río Mapocho y cuando el nivel de éste está bajo hace recircular el agua. En general, hasta ahora no se ha tenido que recurrir a la reutilización del agua por medio de estanques de aspersión o torres de enfriamiento. Para el nuevo e importante proyecto de la Compañía Chilena que se levantará cerca de Santiago (proyecto Carrascal) se instalará una torre de enfriamiento que reducirá el consumo de agua a sólo 7 litros por KWH.

En el cuadro 56 se resumen otras informaciones recogidas directamente sobre los usos que se dan al agua en la producción de termoelectricidad en Chile.

Cuadro 56

CHILE: USO DEL AGUA PARA LA GENERACIÓN DE TERMOELECTRICIDAD EN ALGUNAS CENTRALES

Centrales		Capacidad instalada (KW)	Generación ^a (Millones de KWH)	Generación de vapor (1/KWH)		Observaciones
Laguna Verde	Vapor	54 700	131.2	0.29	...	Agua de río tratada y agua de mar para enfriamiento (sin control)
Mapocho.	„	20 900	20.8	1.00 ^b	...	Agua potable y agua de río para enfriamiento (ambas sin control)
Refinería de Azúcar de Viña del Mar.	„	13 700	35.0	5.5	250	Aguas subterráneas para fines de enfriamiento
Juan Soldado.	„	6 000	22.2	1.0	2.0	Estanques de agua de río
Cruz Grande y Tofo	„	7 300	4.2	1.25	...	Agua de mar destilada y agua de mar
Carrascal (proyecto).	„	100 000		0.25	7.0 ^c	Aguas subterráneas tratadas — torres de enfriamiento
María Elena	Diesel	17 400	81.0	—	0.63	Agua dulce y agua salobre de río
Pedro de Valdivia	„	22 500	120.1	—	0.94	Agua dulce y agua salobre de río
Coya Sur	„	13 200	78.5	—	0.21	Agua dulce

Fuente: Informaciones obtenidas directamente de las compañías.

^a 1957.^b Estimación.^c A plena carga.

V. NAVEGACIÓN Y TRANSPORTE POR FLOTACIÓN

Por razones geográficas, de disponibilidad de agua y tipo de actividad económica, la navegación fluvial y lacustre y el transporte por flotación no están muy difundidos en Chile. Aunque los tramos navegables de ríos y lagos suman alrededor de 2 000 km, la mayor parte sólo son navegables por embarcaciones de pequeño calado. El mayor tráfico fluvial se registra en el Valdivia entre la ciudad del mismo nombre y Corral (15 km de distancia). Existe el transporte lacustre en pequeña escala —sobre todo en el lago Buenos Aires— para turistas, productos minerales y ganado. Es probable que se produzca un aumento importante en la flotación de troncos, al hacer una explotación más intensa de los bosques y se desarrolle la industria de papel y celulosa.

Los ríos del Norte Grande y Norte Chico son poco caudalosos; permanecen secos gran parte del año o llevan muy poca agua desde enero a abril; por lo tanto no son navegables.

Los ríos que se encuentran entre el Aconcagua y el Bío-Bío se caracterizan por períodos de bajo caudal que alternan con períodos de gran crecida por derretimiento de las nieves o lluvias invernales. En su curso inferior se ensanchan y el escaso caudal que llevan serpentea a través de bancos de arena. Todos tienen barras de arena en su desembocadura. En estos trechos no son navegables en la época de baja. En su curso medio pueden navegar embarcaciones de poco calado cuando el río está de crecida. El curso superior de estos ríos tiene un lecho tan inclinado que no sirven para la navegación. En el curso inferior podrían navegar pequeñas embarcaciones durante los períodos de alta o mediana crecida, pero como todos los años la navegación se ve interrumpida durante cuatro o cinco meses no puede desarrollarse económicamente.

Algunos ríos, como el Maule y el Bío-Bío, podrían utilizarse durante las crecidas de invierno para la flotación de los troncos aislados o formando balsas desde los bosques que hay en el curso superior. Si la madera se sacara de los ríos antes de la primera bocatoma importante de riego es probable que la flotación pudiera practicarse todo el año. En todo caso, cualquier proyecto de flotación de maderos en un río debe examinarse en función de su posible efecto sobre los proyectos actuales y futuros de riego y energía.

El río Toltén sería navegable por embarcaciones de un calado de 2.5 metros, hasta Collico, sólo una corta distancia. Río arriba de Collico sólo sería apropiado para la navegación de pequeñas embarcaciones salvo en los meses en que el río trae más caudal, período en que también podría aprovecharse para la flotación.

Entre Valdivia y Corral muchos barcos pequeños de hasta 140 toneladas de carga y remolcadores de lanchas de hasta 300 toneladas de carga navegan en el río Valdivia. Todos los años transportan muchas toneladas de mercaderías y un gran número de pasajeros (alrededor de medio millón).

El río Calle-Calle es navegable por pequeñas embarcaciones hasta Antilhue y por lanchas pequeñas hasta Arique. El caudal de este río permanece bastante parejo todo el año.

El caudal del río Bueno es bastante regular durante todo el año. Hay una barra en su desembocadura, pero puede ser navegable por pequeños vapores hasta Tru-mao y por embarcaciones pequeñas desde allí hasta su conjunción con el río Pilmaiquén.

El Maullín es navegable en una extensión de 45 km por vapores con un calado mayor de 3.5 m. El río Aysén tiene una barra en su desembocadura, pero es

navegable por vapores de hasta 400 toneladas, hasta 7.5 millas marinas medidas desde la desembocadura. El tráfico anual es del orden de 10 000 pasajeros y 26 000 toneladas de mercaderías.

Los ríos de la Patagonia tienen en general mucho declive y sólo pueden navegar en ellos pequeñas lanchas.

En general los lagos del sur de Chile tienen servicio de lanchas y pequeñas embarcaciones para los turistas. Sin embargo, en el lago Buenos Aires el tráfico de mercaderías es mayor; por él se embarcan varios productos

mineros (sobre todo plomo) a la Argentina. En 1957 era el siguiente el tráfico anual:

	Pasajeros	Carga (Toneladas)
Lago de Todos los Santos	2 000	1 000
Lago Buenos Aires	10 000	16 000

Debido a las posibilidades de desarrollo de la región del lago Buenos Aires (ganadería, productos forestales y minería) la navegación en este lago aumentará considerablemente.

VI. ACCIÓN CONTRA LOS EFECTOS NOCIVOS DE LAS AGUAS

1. Regulación de crecientes y avenidas

En Chile, la lucha contra las crecientes y avenidas no presenta problemas como en el río Misisipi (Estados Unidos) o en el Indus (Pakistán). El rompimiento de diques provocado por las fuertes crecidas no pone en peligro extensiones muy grandes de tierra ya que las aguas son normalmente contenidas por los márgenes naturales de los ríos, no siendo necesario construir defensas para proteger las tierras ribereñas. En cambio, sí se presenta el problema de la erosión provocada por los cambios del río en los periodos de estiaje. En general, esa erosión se produce cuando el río está de crecida.

La erosión sólo puede combatirse encauzando el río mediante obras de desviación o protegiendo sus márgenes con obras apropiadas. En general son éstos problemas especiales que han de estudiarse en cada caso particular, pero como los trabajos de protección o desvío que se realizan en un punto dado suelen ocasionar dificultades en la orilla opuesta, aguas abajo del lugar en que aquellos se ejecutan, es necesario estudiar todos esos problemas y buscar con modelos hidráulicos, mediante los experimentos del caso, la mejor solución para la orilla amenazada, determinando su posible efecto sobre las condiciones existentes río abajo. En Chile, los ensayos que se consideren ilustrativos con modelos pueden llevarse a cabo en la Estación Hidráulica Experimental de Peñaflor.

Los ríos chilenos, cuyo caudal experimenta marcadas fluctuaciones estacionales, tienden a ensancharse en su curso inferior y presentan en su lecho grandes bancos de arena o, como en el caso del río Maipo, vastas extensiones cubiertas de matorrales, con retazos de tierra cultivada. Una crecida normal tiende a mejorar las partes cultivables del lecho del río por los sedimentos que deposita, pero una avenida arrastraría toda la tierra buena, como sucedió en el río Elqui en mayo de 1957. En estos casos nada se puede hacer.

Desde luego, la construcción de embalses para riego o para la producción de energía hidroeléctrica modifica los efectos de las crecidas y beneficia el cultivo parcial del lecho del río.

2. Erosión y conservación del suelo

La erosión constituye un problema muy grave en la zona agrícola de Chile Central. Según una encuesta

realizada por el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, más de 4 millones de hectáreas están sujetas a este proceso, que varía desde una erosión de manto hasta una aguda erosión de cárcava. En la provincia de Bío-Bío, de las 364 000 hectáreas que se estudiaron, sólo 17.2 por ciento no presentaba señales de erosión; 14.2 por ciento revelaba una erosión de manto moderada sin cárcavas; 32.2 por ciento acusaba una erosión de manto con cárcavas y una considerable disminución de la fertilidad del suelo, y en el 35.4 por ciento restante se encontraron indicios de erosión eólica acompañada de formaciones de dunas, lo que dificulta el cultivo. Así, la mayor parte de la erosión es de origen hidráulico, por lo que regular las aguas equivale en realidad a conservar el suelo.

En el Valle Central, en donde llueve poco, a los propietarios de la tierra les conviene mucho más tomar medidas de conservación del suelo (sobre todo en las regiones en que no es posible el riego), porque aumentan considerablemente la acumulación de aguas en sus tierras que aprovechan los cultivos, y evitan que desaparezcan las capas fértiles superiores del suelo.

Cabe señalar también un efecto secundario: la construcción de grandes obras de conservación del suelo en el curso superior de un río permite reducir el escurrimiento de las aguas en periodos de crecidas y aumentar y mantener los caudales de estiajes. Por lo tanto, el daño que ocasionan las avenidas y crecientes disminuye y la disponibilidad de agua para riego en las épocas apropiadas aumenta.

En Chile todas las medidas que corrientemente se toman para conservar el suelo —terrazas en curvas de nivel, arado en contorno, cultivo en franjas, nivelación de la tierra, etc.— sirven para prevenir la erosión. Cuando ésta se encuentra bastante avanzada debe procederse además a detener el escurrimiento de las aguas levantando barreras permeables y rellenando las cárcavas.

La conservación del suelo y de las aguas constituye el medio más eficaz para proteger la tierra, aumentar el rendimiento agrícola, reducir las necesidades de riego, disminuir la intensidad y frecuencia de las avenidas y mantener el caudal durante el estiaje. En Chile es ésta quizá la mejor forma de incrementar la producción agrícola y mantener el potencial de riego del país. El programa de conservación de suelos del Plan Chillán está dando excelentes resultados,

3. Saneamiento y avenamiento de tierras

En el Sur Chico (regiones de Puerto Varas, Osorno y Valdivia) existen alrededor de 300 000 hectáreas de tierra que necesitan ser avenadas. En casi el 60 por ciento de la zona las obras requeridas resultarían muy económicas (en 1954 el costo por hectárea se estimaba en 10 000 pesos). La producción de trigo y papas en esa zona contribuiría poderosamente a abastecer al país en productos alimenticios.

En Trumao (Sur Chico) se está llevando a cabo desde hace varios años un plan que abarca 1 600 hectáreas y que ha dado muy buenos resultados. Los trabajos más importantes consisten en limpiar el cauce del río, que es el principal cauce de avenamiento de la región, y en construir canales primarios de avenamiento para llevar el agua al río. Actualmente se dan excelentes cultivos en los diversos valles. Ya se ha secado la zona boscosa, gran parte de la cual se ha talado y destinado a diversos cultivos. Posiblemente sea éste un plan en el que resulte ventajoso regular el agua de avenamiento durante los largos periodos de sequía.

Existe otro proyecto, que abarca 17 000 hectáreas situadas cerca de Puerto Varas, y que tiene por objeto eliminar los obstáculos que impiden el escurrimiento de las aguas, que es lo que determina que esas tierras resulten inaptas para el cultivo. Tales obstáculos son:

- i) El principal canal de avenamiento atraviesa una zona cubierta de bosques, lo que impide que lleguen a él los escurrimientos de aguas superficiales. La situación se ve agravada por las barreras que forman los árboles caídos, que obstaculizan el libre curso de las aguas.
- ii) El declive del suelo es adecuado, pero entre 60 y 110 centímetros bajo la superficie existe una capa gredosa impermeable que impide la filtración del agua hacia los estratos inferiores. Debido a las abundantes lluvias del sur, la tierra que cubre la capa impermeable se satura y el agua se estanca en la superficie.

Para remediar esta situación es necesario construir zanjas a fin de dar salida al agua superficial y, en las zonas húmedas, canales secundarios (en forma de diques) a fin de eliminar el exceso de agua y dejar la tierra lo bastante seca como para poder cultivarla. Esto se refiere a los suelos normales de la región, y los agricultores que han tomado estas medidas han obtenido tierras agrícolas de buena calidad. Sin embargo, los terrenos situados cerca de la principal vía natural de avenamiento pueden ser inundados por las aguas acumuladas a causa de la obstrucción forestal. Para evitarlo es menester limpiar de obstáculos aquella vía y mantener libre el cauce. El agua retenida por la tierra basta para mantener los cultivos durante los periodos normales de sequía que pueden producirse. No obstante, debe tenerse en cuenta la posibilidad de tener que regular el avenamiento con el fin de mantener en los suelos agua suficiente durante los periodos de sequía.

Aunque el proyecto es muy sencillo y viable desde

el punto de vista de la ingeniería, no se ha ejecutado porque los agricultores no lo han "aceptado". Se financiaría con un préstamo norteamericano y según el acuerdo entre los gobiernos, el costo se estimaría en dólares y los agricultores lo reembolsarían también en dólares. Mas los agricultores no están dispuestos a aceptar esta condición. Para llegar a una solución, parece necesario encontrar otro método de financiamiento. Por ejemplo, el estado podría limpiar todos los cauces principales de avenamiento, mantenerlos y construir y conservar todos los canales primarios. Los agricultores pagarían una cuota anual por hectárea para cubrir los intereses, más amortización y conservación.

4. Regulación de las aguas de los cursos superiores

Las condiciones que imperan en las zonas de captación en el curso superior de un río tienen gran influencia en su régimen. Cuando esas zonas están cubiertas de bosques o de pasto resisten la erosión y actúan como reguladores de la tasa de escurrimiento. Por lo tanto, todo cuanto elimine la cubierta de pasto, como el sobrepastoreo, el roce o las malas técnicas de cultivo, tenderá a aumentar el escurrimiento de las aguas, a producir o aumentar la erosión y a reducir los gastos del estiaje. La explotación forestal indebida o deficiente, la no reforestación de las zonas taladas, los roces, etc., producirán efectos similares.

En resumen, es necesario que el gobierno fiscalice seriamente las zonas forestales del país, con atribuciones para clausurar determinadas zonas destinadas al pastoreo, limitar el número de animales que puedan pastar y el período de pastoreo, fijar las zonas forestales que puedan explotarse para extraer madera y el método de explotación y obligar a la replantación de las zonas taladas. Hay que dotar al gobierno de los recursos legales para iniciar y mantener la explotación racional de las riquezas forestales (extracción de maderas, pastoreo, etc.) y para ello deberá también establecerse un servicio forestal adecuado y eficiente.

5. Contaminación de las aguas

Actualmente están contaminados o en peligro de contaminación el río Mapocho, por las grandes cantidades de aguas sucias de Santiago que van directamente al río y el Rapel por los desechos de fabricación de la mina de cobre de El Teniente, que se arrojan al Cachapoal, no obstante las obras que allí existen para evitar este inconveniente.

Las fábricas de pasta de madera en construcción (San Rosendo) o que se construirán en los ríos Itata, Maule y Bío-Bío, podrán también inficionar las aguas.

Antes de aprobar el establecimiento de una industria u otra actividad cuyos desechos de fabricación pudieran contaminar las aguas, debe hacerse un examen minucioso de toda la hoya hidrográfica por lo que toca a la demanda presente y futura de agua, y estudiar su efecto sobre el caudal del río, sobre todo en épocas de estiaje.

Capítulo III

PROBLEMAS QUE PLANTEA EL USO MÚLTIPLE DEL AGUA

I. DEMANDA DE AGUA PARA DISTINTOS USOS

	1957	Millones de m ³	1973	Millones de m ³
<i>Agua potable</i>				
4 090 000 habitantes urbanos con 200 litros diarios cada uno		300	6 900 000 habitantes urbanos con 350 litros diarios cada uno	865
<i>Riego</i>				
1 360 000 hectáreas regadas con un promedio de 15 000 m ³ por unidad		20 400	1 800 000 hectáreas regadas con i) los métodos actuales de riego: 15 000 m ³ por unidad.	27 000
			ii) mejores métodos de riego: 12 000 m ³ por hectárea.	(21 600)
<i>Industrial</i>				
Proyectos concretos		(132)	Proyectos concretos.	(375)
Estimación total.		201	Estimación total.	575
<i>Termoelectricidad</i>				
485 400 KW		433	747 300 KW.	508
<i>Hidroelectricidad</i>				
520 700 KW		10 000	1 645 300 KW.	28 000

En las cifras que anteceden se resumen los órdenes de magnitud del volumen de agua empleado en cada función: agua potable, riego, industria e hidroelectricidad, expresado todo en millones de metros cúbicos.

Los usos principales del agua —y mucho más importantes que los demás— son el riego y la hidroelectricidad. Sin embargo, en tanto que esta última no consume físicamente el agua, con el riego sí desaparece gran parte de ella. La mayor parte del agua que utiliza la industria no se consume. En el caso de la energía térmica la mayor parte del agua se necesita para trabajar con ella y en realidad suele ser salada. Por lo tanto, el riego es con mucho el principal consumidor de agua y en las regiones semiáridas en que se necesita, es imprescindible usar este elemento en forma eficiente.

En principio, el agua que se utiliza para generar hidroelectricidad puede aprovecharse en otros usos, lo que no es posible, sin embargo, cuando la central hidroeléctrica está situada en el curso inferior del río, puesto que para ello habría que evitar que el agua se empleara en usos consuntivos en las secciones superiores. También hay incompatibilidad entre la generación de hidroelectricidad y otros usos cuando para ésta se requiere extraer el agua de los embalses en distinta época.

Con respecto a su ubicación, las centrales hidroeléctricas de Chile están y en general seguirán estando situadas en el curso superior de los ríos, de modo que el agua que emplean podrá utilizarse para otros fines en el curso inferior. Sin embargo, hay una importante excepción: la central hidroeléctrica (390 000 KW) que

se proyecta construir en el curso inferior del río Rapel, a 30 kilómetros del mar.

Por lo que toca a la falta de sincronización con otros usos, la incompatibilidad es más pronunciada sobre todo cuando se trata de aprovechar los lagos que constituyen reservas naturales de agua en el Valle Central. La demanda de agua para riego alcanza su máximo en verano (diciembre-enero) en tanto que la demanda de electricidad es mayor en invierno. Además, ocurre que los ríos de la parte norte del Valle Central son de régimen nieve, con su mínima en invierno, lo que hace más necesario emplear las aguas de los lagos en el sur para la generación de electricidad. La falta de sincronización entre el riego y la generación de electricidad puede ilustrarse por el caso del lago Laja, en el cual la demanda estacional fluctuaría de la manera siguiente:

Meses	Demanda mensual de agua para riego (Porcentaje)	Demanda mensual de agua para electricidad (Porcentaje)
Enero.	100	70
Febrero.	80	70
Marzo	50	75
Abril.	20	85
Mayo.	—	95
Junio.	—	100
Julio	—	100
Agosto	—	100
Septiembre	30	95
Octubre.	65	85
Noviembre	85	75
Diciembre.	100	70

Las cifras precedentes muestran que al paso que para la generación de electricidad se necesitaría usar el agua almacenada durante los meses de invierno (mayo a agosto), no se requeriría nada para el riego y el agua empleada correría al mar. En vista de las cantidades

limitadas que proporciona el lago por regulación controlada habría incompatibilidad parcial entre la hidroelectricidad y el riego. En estos casos de falta de sincronización entre distintos usos, se reduce mucho el beneficio que reportan las obras de fines múltiples.

II. RECURSOS HIDRÁULICOS EN RELACIÓN CON LA DEMANDA

Si bien fue útil preparar un cuadro general de la demanda hidráulica por funciones con el objeto de sopesar la importancia relativa de la demanda de los distintos consumidores, sería ocioso hacer un balance nacional de la disponibilidad y demanda hidráulicas en Chile debido a la falta de homogeneidad geográfica de ambas.

Por lo tanto, se planteará primero el problema del agua en general por zonas y se intentará después una apreciación más concreta, en términos cuantitativos, de la disponibilidad de aguas superficiales en relación con la demanda para las 8 cuencas fluviales en que se concentra la mayor parte de la actividad económica del país: ríos Loa, Elqui, Aconcagua, Maipo, Rapel, Maule, Itata, y Bío-Bío.

1. Disponibilidad y demanda de agua por regiones

Las condiciones y problemas hidráulicos varían considerablemente de norte a sur. Se distinguen tres zonas hidrográficas fundamentales, con distintos niveles y tipos de desarrollo económico: una zona árida en el norte, casi completamente desértica, en la que se explotan yacimientos minerales muy ricos; una zona central semiárida, en que se concentra la mayor parte de la población y de las actividades industriales y agrícolas, y una zona húmeda en el sur, escasamente poblada. El Norte Chico y el Sur Chico constituyen zonas de transición.

En el *Norte Grande*, en que casi no llueve en todo el año, salvo en la cordillera, existe muy poca agua superficial; las subterráneas también son escasas y de variable calidad. De este modo, la falta de agua parece ser un factor limitativo del desarrollo económico. No hay potencial hidroeléctrico y la actividad agrícola es muy escasa. Sin embargo, la zona produce más o menos la mitad de las exportaciones chilenas, pues allí se explotan los principales yacimientos de cobre y salitre del país. El agua necesaria para beneficiar los minerales y atender a la población se lleva de la cordillera a las minas y puertos mediante un costoso sistema de tuberías. Es una zona a la que beneficiaría el desarrollo de métodos económicos para desalinizar el agua de mar. Aunque suele haber conflicto en la demanda de agua para distintos usos, en esa zona se presentan tres casos interesantes, aunque limitados, de complementación: i) existe el proyecto de aprovechar las aguas del Lauca para regar el valle de Azapa llevándolas a través de un túnel con una diferencia de nivel de varios cientos de metros, que podría utilizarse al mismo tiempo para producir hidroelectricidad (7 500 (KW)); ii) al tomar toda el agua necesaria para beneficiar el cobre del afluyente más salino del Loa, las minas mejoran la ca-

lidad del sistema de este río y el agua puede utilizarse más abajo en una pequeña obra de riego; iii) el tercer caso de complementación es el empleo del agua potable del acueducto que va a Antofagasta para una central eléctrica de 1 500 KW de capacidad.

En el *Norte Chico* llueve más, los ríos son de régimen de deshielo con máxima durante la época de mayor demanda de riego, y las aguas subterráneas son de buena calidad. El riego es necesario durante 9 a 10 meses del año y está muy difundido (140 000 hectáreas), a tal punto que se ha declarado oficialmente el agotamiento del río Elqui. Existe algún potencial hidroeléctrico relativamente pequeño en proporción con la demanda de la minería y la industria.

En el *Valle Central*, donde se concentran las actividades económicas del país, el problema del abastecimiento de agua y del desarrollo hidráulico cobra cada día mayor importancia. Los recursos hidráulicos aumentan de norte a sur. Sin embargo, dado que la actividad económica es más intensa en la parte septentrional, el problema del agua es allí más agudo (cuencas del Aconcagua hasta el Maipo). La parte sur está lo bastante cerca de los grandes centros (Santiago y Valparaíso) como para abastecerlos de alimentos y energía; por lo demás, está adquiriendo importancia propia con el crecimiento de la industria pesada en Concepción. Actualmente existen en Chile Central 1.2 millones de hectáreas regadas y cerca de 470 000 KW de capacidad hidroeléctrica instalada. Además, en los próximos 15 o 20 años el riego y la hidroelectricidad alcanzarán su mayor desarrollo en esa zona, sobre todo en la parte sur, pues dispone de vastas extensiones de tierras que podrían regarse y del potencial hidroeléctrico ya mencionado en capítulos precedentes. Mas la falta de sincronización entre uno y otro tipo de demanda exige que se preste mayor atención al planeamiento y a la coordinación del aprovechamiento de los recursos (tanto hidráulicos como de capital). Aunque también aumentará allí sustancialmente la demanda de agua para la industria y usos domésticos, las necesidades de estos dos sectores seguirán siendo muy pequeñas en comparación con las del riego y la hidroelectricidad. El principal problema será la contaminación por las aguas servidas no tratadas o por los desechos de fabricación.

La crítica situación del agua en esa zona débese en parte al empleo de sistemas de riego inapropiados que desperdician enormes cantidades de este elemento. Sin embargo, aun en el caso de adoptar buenos métodos de riego, la mayor demanda que entrañan los proyectos de desarrollo del Valle Central hará necesario coordinar los diversos usos del agua de la región.

La coordinación no ha de limitarse a la aguas superficiales —que son cada vez más escasas con relación a las necesidades—, sino que además será menester aprovechar sistemáticamente las aguas subterráneas. Asimismo, en vista de las pequeñas distancias que median entre las cuencas hidrográficas de la zona central, su desarrollo no debe planearse por separado sino teniendo en cuenta la posibilidad de combinar su aprovechamiento con el de las otras cuencas.

También debe estudiarse la adopción de medidas tendientes a combatir la erosión con miras a conservar tanto el suelo como los recursos hidráulicos.

En el *Sur Chico* la abundancia y la distribución más regular de las lluvias hacen innecesario el riego. Por consiguiente, no se producen conflictos con la hidroelectricidad, cuyo potencial en esa región es considerable. Sin embargo, como los centros industriales de Santiago y Valparaíso se encuentran más distantes, la transmisión de energía desde el *Sur Chico* presenta inconvenientes técnicos y resultaría más cara por el alto costo de las líneas de transmisión. Habría, pues, que utilizar gran parte del potencial hidroeléctrico en la misma zona y es posible que su bajo costo atraiga a industrias que son fuertes consumidoras de energía. Si se emprendieran obras hidráulicas de avenamiento a bajo costo, también aumentaría la producción agrícola. A su vez, la expansión industrial y agrícola podría tener por consecuencia un mayor tráfico de navegación fluvial y lacustre.

El *Sur Grande*, con sus fuertes lluvias durante todo el año y su configuración montañosa, es ideal para la hidroelectricidad. El agua representa allí un enorme capital inactivo cuya evaluación sistemática se impone.

2. Estudio especial de ocho hoyas hidrográficas

Se escogieron estas cuencas por la singular significación que tienen para la actividad económica. Ellas son, de norte a sur: la del río Loa (Norte Grande); la del río Elqui, (Norte Chico) y las de los ríos Aconcagua, Maipo, Rapel, Maule, Itata y Bío-Bío (Zona Central). Los estudios completos figuran en el Anexo III y aquí sólo se dan las conclusiones y los resúmenes en forma de cuadros. Antes de presentar las conclusiones, cabe resumir brevemente el método aplicado en cada estudio.

a) Metodología

Como el uso principal es el riego (salvo en el caso del Loa), los estudios tienen por objeto dar una idea de la capacidad de los ríos para hacer frente a las necesidades actuales del riego; calcular la demanda futura; examinar las necesidades de agua de otros proyectos probables (como la producción de hidroelectricidad, y el abastecimiento de agua para usos domésticos e industriales), y averiguar si los diversos usos serán incompatibles entre sí.

El plan consistió en *a)* evaluar la disponibilidad de agua de un río; *b)* recopilar datos sobre las obras de riego en explotación, construcción o estudio; la clasifi-

cación de las tierras y de las zonas regadas; las necesidades de agua actuales y futuras para uso doméstico y sanitario; la demanda de agua de los principales proyectos industriales presentes y futuros, y la localización y descripción de las obras hidroeléctricas planeadas por la ENDESA; *c)* examinar cada cuenca de acuerdo y con respecto a los datos obtenidos y evaluar su *capacidad* de riego y analizar el efecto de las necesidades de agua de cada proyecto sobre el que se derivará de las de los demás.

Mientras que en el capítulo anterior se eligió un año concreto (1973) para hacer los pronósticos de la demanda global de cada uso principal, en éste no fue posible efectuar las mismas estimaciones para un año dado con relación a cada cuenca. Además, en cierto modo es ventajoso considerar todos los proyectos previstos para una hoya hidrográfica (aun cuando algunos sólo puedan ejecutarse en 1980 o 1985), pues así se obtiene una visión completa del proyecto en perspectiva. Por lo tanto, las necesidades de agua a que se refieren los estudios de las cuencas corresponden a todos los proyectos conocidos, en construcción o en estudio. Los datos fueron proporcionados por diversos organismos públicos (Dirección de Riego, ENDESA, Corporación de Fomento, Dirección de Obras Sanitarias y Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales.¹ Para evaluar la capacidad de riego de un río se adoptaron las siguientes medidas:

*Disponibilidad de agua.*² Ésta se calculó en millones de metros cúbicos por mes tomando como base los datos hidrológicos sobre el gasto mensual medio en metros cúbicos por segundo. Se estimó además *a)* para todo el año civil; *b)* para el período octubre-abril ambos inclusive (época de riego), y *c)* para el período enero-abril incluidos ambos.

Los datos disponibles sobre los diversos ríos suelen cubrir periodos muy cortos —9 o 10 años— que no bastan para hacer una evaluación bastante fidedigna del gasto máximo, medio y mínimo. Por lo tanto, las conclusiones deben considerarse provisionales.

Cabría señalar también otras deficiencias. En algu-

¹ Dirección de Riego (Ministerio de Obras Públicas) para los datos hidrológicos y detalles de los proyectos de riego auspiciados por la Dirección, así como para los datos relacionados con las aguas subterráneas.

ENDESA para la información sobre las estaciones hidrológicas, estaciones de nieve, etc. y para los detalles sobre los proyectos hidroeléctricos existentes y en proyecto.

CORFO para los pormenores de los proyectos industriales existentes y programados y para la información acerca de las investigaciones sobre aguas subterráneas.

Dirección de Obras Sanitarias (Ministerio de Obras Públicas) para los datos relacionados con el consumo actual y futuro de agua potable y para fines sanitarios.

Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales (Ministerio de Agricultura) para los datos relacionados con la clasificación de las tierras y las zonas de riego de Chile. Esta información existe por provincias y no por hoyas hidrográficas.

² El gasto mensual del río Elqui se tomó de un informe redactado por el señor Juan Bennett de la Dirección de Riego. El de los ríos Maipo y Mapocho se tomó del informe de la Dirección de Riego, *Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo, 1957.*

nos ríos no se han considerado todos los afluentes, de modo que las cifras calculadas para el gasto están ligeramente por debajo de la realidad. Algunos de los datos hidrológicos obtenidos presentan "vacíos" de modo que fue necesario hacer interpolaciones para prolongar las series al máximo. Estas interpolaciones no son muchas y no darán lugar a errores de importancia. En ninguno de los estudios se tomó en cuenta el aporte de las lluvias caídas en las cuencas inferiores. Por todos estos motivos es necesario subrayar que las conclusiones a que se ha llegado en estos estudios sólo pueden considerarse provisionales.

Necesidades de agua de los cultivos. En Chile no es fácil obtener datos sobre el volumen de agua que llevan los canales ni sobre las superficies cultivadas ni las variedades de cultivos que en ellas se dan. No hay planos en escala grande de la superficie de los predios, las divisiones que los componen ni los sistemas de distribución interna del agua de los fundos; tampoco existen datos establecidos experimentalmente sobre las necesidades reales de agua de los cultivos.

Ante la absoluta carencia de esos datos esenciales sobre el uso del agua, fue necesario calcular mes a mes las necesidades probables de agua de los diversos cultivos aplicando la fórmula Blaney-Criddle.³

Esta fórmula emplea tres factores: temperatura mensual media en grados Fahrenheit; porcentaje mensual de las horas diurnas del año y un coeficiente empírico de uso consuntivo. En Chile se poseen los datos sobre las temperaturas medias pero faltan los demás. Por lo tanto, al aplicar la fórmula se adoptó el porcentaje de las horas diurnas correspondiente a los estados occidentales de los Estados Unidos —hecha la transposición de las estaciones— y los factores de uso consuntivo de esos mismos estados según aparecen en el informe Blaney-Criddle.⁴

En los estudios sobre los ríos del norte (Elqui) y de la parte sur de la zona central (Itata y Bío-Bío), las necesidades de uso consuntivo se corrigieron de acuerdo con las temperaturas medias que se registran, por ejemplo, en la Serena y Vicuña, para el río Elqui, y en Chillán, para los ríos Itata y Bío-Bío.

Las necesidades anuales de agua así obtenidas se compararon con el consumo real de los mismos cultivos (o cultivos similares) de Egipto, Pakistán occidental, España y África del Sur⁵ y dejando cierto margen de tolerancia para las diferencias climáticas, se obtuvo una correspondencia razonable.

Por lo tanto, puede estimarse que las cifras sobre las necesidades de agua de los cultivos empleadas en este estudio son razonables. Cabe subrayar, sin embargo, que las necesidades reales de los cultivos de las diversas zonas climáticas de Chile deben determinarse mediante ensayos en el terreno en fundos de experimentación.

³ Véase el informe del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.*

⁴ Este procedimiento se cionó al descrito en el informe citado de la Dirección de Riego.

⁵ Véase Robert Buckley, *Irrigation Pocket Book*, Londres, 1928.

Las cifras sobre el uso consuntivo y la distribución de los cultivos en la cuenca permitieron calcular las necesidades mensuales de agua por hectárea.

Posibles ampliaciones de las zonas de riego. En general éstas se estimaron agregando la *zona regada* del cuadro de la clasificación de la tierra a la *nueva* superficie que había de regarse con las obras que tiene en construcción o en estudio la Dirección de Riego.

La capacidad de riego de un río en un año *medio* y en el año de mínima se obtuvo dividiendo el gasto mensual de agua por las necesidades mensuales de riego de la hoya hidrográfica.

Se estimaron las *necesidades mensuales de agua* de la zona de riego ampliada y se compararon con el gasto mensual de agua en el año de mínima. De esta manera se obtuvo el volumen del embalse necesario para asegurar la absoluta regularidad del riego y, en seguida, se hizo una "prueba de regulación" para el período que abarcan los datos disponibles. Esta prueba permite prever la capacidad del río, sobre todo en su curso inferior, frente a la mayor demanda que significa la ampliación de las tierras regadas durante los meses críticos de la época de riego.

Conviene tener presente que el volumen del embalse que se empleó en estas pruebas es el que se requiere para satisfacer las necesidades de agua de riego. Habrá que llevar a cabo los estudios del caso para establecer si existen sitios apropiados para construir los embalses necesarios. A continuación se examinó el efecto de las necesidades de agua de cada proyecto (riego, hidroelectricidad, uso doméstico e industrial) sobre las de los demás, teniendo en cuenta, entre otros factores, la influencia de las estaciones y de la ubicación de las obras.

b) Resumen de los resultados

Río Loa. Este río provee de agua potable a Antofagasta, Tocopilla, Chuquicamata y María Elena mediante un sistema de tuberías que va desde los afluentes cordilleranos hasta las minas y la costa. La demanda de agua para la elaboración y tratamiento de los minerales en las minas de cobre y los yacimientos de salitre es cada vez mayor. (Véase el cuadro 57.)

En esta cuenca existen alrededor de 3 000 hectáreas de regadío y tierras disponibles para ampliar esta superficie. Actualmente se encuentran en estudio proyectos para regar con aguas superficiales otras 10 000 hectáreas.

Las necesidades adicionales de agua para uso doméstico y minero serían del orden de los 26 millones de m³ anuales (parte de esta demanda podría satisfacerse en el futuro mediante una cañería proveniente de Río Grande) y las del riego, de 75 millones de m³, lo que daría un total de 101 millones de metros cúbicos.

Aunque los datos que existen sobre el gasto del río Loa sólo abarca cinco años (lo que no es suficiente para las pruebas de regulación) hay indicaciones de que en algunos años es imposible hacer frente a todas las necesidades. A pesar de la gran escasez de datos se han podido establecer los siguientes puntos:

Es probable que al ampliar la superficie regada se limite el agua disponible para usos domésticos y mineros. Por este motivo es necesario regular el desarrollo general de la cuenca a fin de establecer prioridades y fijar cuotas para cada tipo de aprovechamiento.

Al establecer esas preferencias habrá que tener muy en cuenta la contribución de la minería del cobre y del salitre a la economía nacional (ingreso nacional, exportaciones, renta pública) y darles mayor prelación que al riego.

En vista de la escasez de aguas superficiales, debe extenderse el empleo de aguas subterráneas para aumentar el riego en la medida que sea económicamente posible.

Río Elqui. Aunque se ha decretado el agotamiento del río, en su cuenca se puede muy bien aumentar el

riego (de 24 000 a cerca de 42 000 hectáreas) mediante la construcción de embalses y más tarde quizás utilizando aguas subterráneas. No existe ningún proyecto hidroeléctrico en estudio. Las necesidades futuras de agua para uso doméstico e industrial son elevadas en esa hoya y podrán cubrirse sin dificultad, preferentemente con aguas subterráneas. (Véase el cuadro 58.)

Según una prueba de regulación efectuada en ese río, con un embalse adicional de 210 millones de m³ (correspondiente a dos proyectos en estudio) el total de agua almacenada en la cuenca se elevaba a 250 millones de m³ y en 1928-1956 se habrían podido regar en forma regular 37 000 hectáreas durante 23 años, pero

Cuadro 57

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO LOA

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido m ³ × 10 ⁶
		Superficie actual	Futuro posible	
Partes de quinquenios solamente	Bastantes	3 280	13 280 ^a	Necesario

HIDROELECTRICIDAD

No hay ningún proyecto hidroeléctrico en funcionamiento o en proyecto

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1975 ^b (m ³ × 10 ⁶)
Agua para uso doméstico	15.3	23.5
Agua para uso industrial	26.1	47.8

^a Discutible por cuanto puede estar en conflicto con las necesidades de agua para uso industrial.

^b Las necesidades adicionales de agua son de 25.5 × 10⁶ m³ al año más 3.5 × 10⁶ m³/año al sur de Yalquincha.

Cuadro 58

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO ELQUI

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
38	53 070	24 370	42 070 ^a	210 000 ^b

HIDROELECTRICIDAD

No hay proyectos de hidroelectricidad

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1970 (m ³ × 10 ⁶)
Agua de uso doméstico	3.07	3.65 ^c
Agua de uso industrial.	1.6	3.4 ^d

^a Incluidos los afluentes.

^b Además del Embalse La Laguna.

^c Los vapores en Coquimbo necesitan 49 900 m³/año.

^d Incluyendo la fábrica de cemento en plena producción.

habría habido escasez en cinco años, lo que sugiere que el embalse deberá administrarse reservando agua para hacer frente a cualquier escasez eventual.

Si se construyera en la Cordillera una estación de nieve adecuada se podría predecir con seguridad el probable escurrimiento que se produce en la época de riego, lo que sería de gran beneficio para la administración de los embalses y para informar a los agricultores sobre el probable volumen de agua con que contarán durante dicha época.

Conviene estudiar el efecto de la construcción de embalses sobre las aguas subterráneas, y regular en forma efectiva el uso de éstas.

Río Aconcagua. El factor crítico en esta cuenca es el agua. Los embalses son necesarios tanto para regular el suministro de agua en la superficie actualmente regada cuanto para extender el riego a nuevas zonas. Aunque las mediciones del gasto del río no cubren un período bastante largo (1940-1956) que permita justipreciar su capacidad de riego, se observa que las 67 000 hectáreas que se riegan en la actualidad no cuentan con un suministro de agua suficientemente regular. Según una prueba de regulación efectuada en una superficie de 93 000 hectáreas de regadío (incluyendo un proyecto en estudio que abarca 25 000 hectáreas) para lograr una seguridad adecuada habría que embalsar cerca de 233 millones de m³ de agua. Las tierras regables aumentarán indudablemente en el futuro, pero se tropezará con la limitación de las aguas superficiales, de manera que la expansión del riego descansará en gran

medida en el bombeo de aguas subterráneas. (Véase el cuadro 59.)

Se encuentra muy difundido el uso de aguas subterráneas para fines domésticos (Valparaíso) e industriales. Para aumentar el riego, asegurar el abastecimiento de agua de Valparaíso y las necesidades industriales futuras conocidas es preciso estudiar las aguas subterráneas. Es esencial fiscalizar en forma efectiva su uso y con el fin de evitar la explotación abusiva, en lo futuro habrá que registrar las variaciones de las napas freáticas y las extracciones.

La ENDESA no tiene ninguna obra hidroeléctrica en explotación o en proyecto. Aguas arriba de Los Andes hay dos pequeñas centrales hidroeléctricas de propiedad privada que devuelven el agua al río o a un canal y por lo tanto no disminuye el caudal disponible.

Sistema Maipo-Mapocho. La situación en esta cuenca es también crítica. Actualmente se riegan alrededor de 195 000 hectáreas. Según los registros del gasto del sistema, en un año de poco caudal la capacidad de riego ascendería a sólo 110 000 hectáreas. Por lo tanto, las condiciones actuales de riego no son bastante seguras. (Véase el cuadro 60.)

Se encuentran en estudio dos nuevos proyectos de riego que abarcan en total 60 000 hectáreas. Se han hecho estudios para comprobar la regularidad del riego actual y de los proyectos nuevos, encontrándose que en realidad podrían regarse 260 000 hectáreas con bastante regularidad si se contara con una capacidad de embalse de 900 millones de m³ (además del Embalse Yeso de 250 millones de m³ que está en construcción).

Cuadro 59

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO ACONCAGUA

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
17	220 000	67 513	90 000 ^a 100 000	233
HIDROELECTRICIDAD				
Centrales en funcionamiento		Centrales en construcción	Proyecto en estudio	
2 estaciones pequeñas de propiedad privada		Ninguna	Ninguno ^a	
AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL				
		Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1980 (m ³ × 10 ⁶)	
Agua de uso doméstico		60	105 ^b	
Necesidades industriales		25	54 ^c	

^a Puede haber un pequeño potencial.

^b La mayor parte de esta agua se toma de fuentes subterráneas.

^c Parece que no hay dificultades en cuanto a disponibilidad.

Cuadro 60

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍOS MAIPO Y MAPOCHO

Periodo que cubren los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido $m^3 \times 10^6$
		Superficie actual	Futuro posible	
38	230 000	195 785 ^b	260 000 ^b	900

HIDROELECTRICIDAD

Centrales en funcionamiento	Centrales en construcción	Centrales en estudio
20 centrales pequeñas que producen hidroelectricidad o energía mecánica ^{c d}		
La Florida ^{c d} 31.5 M.W. (Cía. Chilena de Electricidad Ltda.)		
La Puntilla ^{c d} 12 M.W.		
La Carena ^{c d} 85 M.W.		
Maitenes ^e 26 M.W.		
Volcán ^e 13 M.W.		
Queltehue ^e 36.4 M.W.		
—	—	Tinoco 60 M.W. (1975-1984)
—	—	Olivares-Mapocho 60 M.W. ^f (1975-1984)
—	—	Maipo Bajo 150 M.W. ^g

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

	Consumo anual 1956 ($m^3 \times 10^6$)	Consumo anual probable 1980 ($m^3 \times 10^6$)
Agua para uso doméstico	182	
De varias fuentes incluyendo Maipo	95	277 ^h
Del Maipo para las necesidades de alcantarillado	95 a 126	95 a 126
De aguas subterráneas		447
Agua para uso industrial		Estas necesidades están incluidas en el agua para uso doméstico.

^a Se riegan 23 528 ha más con agua de fuentes no medidas.

^b 30 000 están fuera de la hoya del Maipo.

^c Todas estas centrales se abastecen de agua por medio de canales.

^d Si el riego se desarrolla al máximo sería necesario regular o detener las descargas en algunas de estas centrales durante ciertas estaciones del año.

^e De propiedad de la Compañía Chilena de Electricidad Ltda.

^f El desarrollo de este proyecto puede tener efectos perjudiciales sobre el balance de riego de estos dos ríos.

^g Si el riego se desarrolla al máximo es posible que quede muy poca agua disponible para este proyecto.

^h En 1980 el total será 819 a 850 millones de m^3 de agua. (Si el agua extra (447) es del río Maipo puede tener efectos perjudiciales sobre el abastecimiento de agua para riego.)

Sin embargo, es posible que la explotación de estos embalses para riego vaya en desmedro de la producción de hidroelectricidad. Se pueden detener o reducir los gastos de invierno de algunas centrales de energía. Mayor será el conflicto si todos los embalses se sitúan en el curso superior del río Maipo. También es posible que dos importantes proyectos hidroeléctricos (150 000 y 60 000 KW de capacidad) de la ENDESA no resulten económicos si el riego se desarrolla al máximo.

Con respecto al agua potable, hacia 1960-69 habrá que aumentar el abastecimiento en forma sustancial y si el agua se saca del Maipo, ello puede tener un efecto adverso sobre el riego.

Las aguas sucias de Santiago que actualmente no se someten a tratamiento alguno necesitan serlo para evitar la contaminación del río aguas abajo.

Las aguas subterráneas del centro de Santiago se han explotado en exceso. Sin embargo, pueden contribuir

mucho al abastecimiento de la capital y a otros usos las napas más profundas por cuanto sería menos necesario recurrir a los embalses para suministrar agua potable. Las aguas subterráneas se aprovechan en toda la hoya hidrográfica y para evitar su explotación abusiva es esencial fiscalizar su empleo en forma rigurosa. Para ello habrá que registrar el nivel de las napas freáticas.

La crítica situación que se presenta en esta hoya y la posibilidad de que los diversos usos sean incompatibles entre sí, imponen la necesidad de explotar las aguas superficiales y subterráneas en forma racional y bajo una autoridad fiscalizadora.

Río Rapel. La excesiva brevedad del período que abarcan las mediciones del gasto del río (11 años) impide llegar a conclusiones definitivas sobre su capacidad de riego. Sin embargo, las cifras disponibles acerca del año de gasto mínimo (1947) sugieren que dicha capaci-

dad sin regulación no excede de 1 985 000 hectáreas. La actual superficie de regadío es del orden de las 246 000 hectárea. Según una prueba de regulación, con una capacidad de embalse de 1 200 millones de m³ podrían regarse normalmente 340 000 Ha. (Cuadro 61.)

Cerca de la desembocadura del río en el mar se construirá una poderosa central hidroeléctrica (390 000 KW) con un embalse de 700 millones de m³ de capacidad. Se inundarán 8 000 hectáreas de las cuales la mitad tiene valor agrícola, encontrándose en la actualidad 2 800 en producción. Con objeto de no menoscabar este sector productivo se aprovecharía también el embalse para riego habilitando suelos de muy buena calidad en los valles de Yali y Alhué mediante elevación mecánica. El criterio que se ha seguido es el de reponer la superficie inundada con suelos que sólo es posible regar si se construye esta obra, sin considerar las que pueden regarse por cualquier otro medio.

En el río Cachapoal —afluente del Rapel— existe el peligro de que aumente la contaminación de las aguas. Estas permiten en la actualidad hacer frente a las necesidades domésticas e industriales, pero habrá que ejercer una cuidadosa vigilancia para evitar su infición.

Río Maule. El período que cubren los datos también es muy breve (10 años), de modo que las conclusiones sólo son provisionales. Hoy se riegan 309 000 hectáreas y con las obras en construcción o en estudio, esta superficie aumentaría a cerca de 500 000 hectáreas. Para regarlas en forma regular, se necesitaría una reserva de 1 800 millones de m³. La laguna del Maule tiene una capacidad de 1 575 millones de m³, pero en virtud de las medidas ya adoptadas, parte de ella se emplearía

para producir hidroelectricidad. Por otro lado, la zona de captación de la laguna es relativamente pequeña. Los datos disponibles no abarcan un período suficientemente amplio como para determinar el volumen de agua de la laguna del Maule que pudiera utilizarse para satisfacer los 1 800 millones de m³ que se necesitan. Es evidente también que parte de las obras de embalse necesarias para regar 500 000 hectáreas debe construirse río abajo y parte en los afluentes principales. (Véase el cuadro 61.)

Si fuera posible encontrar lugares apropiados para construir tales embalses, no faltarían ni el agua necesaria para alimentarlos ni la tierra para aumentar la superficie regada por sobre aquellas 500 000 hectáreas. No obstante podría suceder que el curso inferior del río permaneciera seco durante mayor número de meses, en desmedro de otros aprovechamientos.

Se ha proyectado construir una fábrica de celulosa a orillas del Maule. De localizarse en su curso medio, esa fábrica podría contaminar las aguas sobrantes si el riego se desarrollara al máximo. Si para mantener el gasto del curso inferior se usara parte del agua almacenada, la contaminación podría evitarse, pero entonces esa agua se perdería.

Hace falta una autoridad fiscalizadora que fije el orden de preferencia en que han de aprovecharse los recursos hidráulicos.

Río Itata. Aunque algunas estaciones remontan a 1938 sólo existen datos hidrológicos completos a partir de 1947. Actualmente el río riega a su paso 100 000 hectáreas, que es la mayor superficie que podría servir el régimen natural con un margen razonable de seguridad.

Cuadro 61

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO RAPEL

RIEGO

Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
11	753 000	246 600 ^a	340 000	1 200

HIDROELECTRICIDAD

Centrales en funcionamiento	Centrales en construcción	Centrales en estudio
Sauzal 76.8 M.W. Coya 33.0 M.W. Pangal 21.6 M. W.	Sauzalito 9.0 ^o M.W. (1959)	Proyecto a 30 km del mar 1 ^a etapa 260 M. W.

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL

	Consumo anual probable 1980 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)
Agua para uso doméstico	17.7	30.4 ^b
Agua para uso industrial.	Minería de cobre	

^a Incluiría riego con agua de fuentes no medidas. Parece que la capacidad real del río es 185 000.

^b No deberían existir dificultades para sacar esta agua del río. Sin embargo existe un problema de contaminación de las aguas en el río Cachapoal por efluentes de los minerales.

Cuadro 62

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO MAULE

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
10	1 012 000	309 000	500 000 ^a	1 800

HIDROELECTRICIDAD ^b		
Centrales en funcionamiento	Centrales en construcción	Centrales en estudio
Cipreses 101 M.W.	Isla 68 M.W. (1961)	Garzas 200 M.W. (1965-1974) Maule Medio 100-150 M.W. 3 centrales pequeñas en canales 1975-1984

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL		
	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1980 (m ³ × 10 ⁶)
Agua para uso doméstico	38.6	57.5 ^c
Agua para uso industrial	0	31.5 ^d

^a Hay bastante agua disponible en el río para un mayor aumento de la superficie regada en caso que se encuentren lugares de almacenamiento.

^b Con excepción del planeamiento necesario de los embalses que será compartido por la ENDESA y la Dirección de Riego, la ampliación del riego no debería afectar el desarrollo hidroeléctrico.

^c No debe haber dificultad en obtener esta cantidad de agua.

^d Para una posible fábrica de pasta de madera en Constitución. No debe haber dificultad en obtener esta cantidad de agua.

Cuadro 63

CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO ITATA

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
10	470 000	100 000	180 000 ^a	450

HIDROELECTRICIDAD		
No hay ningún proyecto hidroeléctrico en funcionamiento o en proyecto		

AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL		
	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1980 (m ³ × 10 ⁶)
Agua para uso doméstico	5.0	10.2 ^b
Agua para uso industrial ^e		31.6 ^d
		1.6 ^e
		31.6 ^f

^a Hay bastante agua disponible para aumentar la superficie de riego en caso de que se encuentren lugares de almacenamiento.

^b No debe haber dificultad en obtener esta cantidad de agua.

^c El agua para uso industrial debería ser de fácil disponibilidad. Pero los desechos de fabricación de Coelemu ocasionarán una grave contaminación de las aguas del río aún con el riego actual. La fábrica de Cholguán puede contaminar a veces las aguas del río en enero-abril.

^d Para una posible fábrica de pasta de madera en Coelemu (1964).

^e Para una fábrica de azúcar.

^f Para una posible fábrica de pasta de madera en Cholguán (1967).

dad. Las obras en construcción o en estudio aumentarían el área regada a 180 000 hectáreas. Esta superficie —que requeriría una capacidad de embalse de 450 millones de m³— podría ampliarse aún, pues existe bastante agua disponible, para lo cual habría que construir nuevas presas. (Véase el cuadro 63.)

En esta cuenca no surgirían conflictos con la hidroelectricidad por cuanto no existen centrales y la ENDESA no tiene ninguna en proyecto. Sin embargo, al desarrollarse al máximo, el riego podría perjudicar el crecimiento industrial, ya que durante varios meses del año mermaría considerablemente el caudal del curso inferior del río.

También existe la posibilidad de construir otra fábrica de celulosa en Coelemu, fábrica que se abastecería en el río Itata, lo que crearía el problema de la contaminación de sus aguas a consecuencia de los desechos de fabricación. Estúdiase, por último, el establecimiento de otra fábrica del mismo tipo que la anterior en Cholguán (sobre el río Itata) y aunque no faltaría agua, también habría que considerar el problema de la infección de ésta.

Cabe reiterar aquí la necesidad de un organismo fis-

calizador que establezca un orden de preferencia en el desarrollo de los recursos hidráulicos.

Río Bío-Bío. Las series hidrológicas completas sólo abarcan ocho años. Por lo tanto, es muy probable que se registre un gasto menor que el mínimo observado.

Actualmente hay 134 000 hectáreas regadas y las obras en construcción o en estudio prevén otras 124 000 más. Los registros de gastos para el año mínimo (1950) indican que podrían regarse con facilidad 300 000 hectáreas. Por otro lado, habría agua disponible para aumentar considerablemente el riego con embalses. (Véase el cuadro 64.)

De los ocho ríos estudiados, el Bío-Bío es con mucho el más apropiado para la creación de industrias que consumen agua porque parece que hay abundante disponibilidad de ella. No habría dificultad en abastecer la creciente demanda de la zona de Concepción. Sin embargo, una fábrica de pasta de madera que se está construyendo en Laja y una segunda prevista para Coigüe ocasionarían dificultades con la contaminación de

Se está asistiendo a un gran desenvolvimiento hidroeléctrico (hay centrales en funcionamiento o en cons-

Cuadro 64
CHILE: RESUMEN DE LOS ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. RÍO BÍO-BÍO

RIEGO				
Período que abarcan los datos (Años)	Tierra disponible (Ha)	Riego (Hectáreas)		Embalse requerido (m ³ × 10 ⁶)
		Superficie actual	Futuro posible	
8	910 000	134 800	300 000 ^a	Ninguno hasta 300 000 Ha. ^a
HIDROELECTRICIDAD				
Centrales en funcionamiento	Centrales en construcción	Centrales en estudio		
Abanico 86 M.W.	Extensión del Abanico 49 M.W. (1959)	Lago Laja ^b 240 M.W. (1966-1974)		Antuco 200 M.W. (1973) Bío-Bío Alto ^c 550 M.W.
AGUA PARA USO DOMÉSTICO E INDUSTRIAL				
	Consumo anual 1956 (m ³ × 10 ⁶)	Consumo anual probable 1980 (m ³ × 10 ⁶)		
Agua para uso doméstico	17.5	55.1 ^d		
Agua para uso industrial.	81.7 (1959) 1.6	145.8 ^e 1.6 ^f 31.5 ^g 23.7 ^h 31.5 ⁱ		
<i>Total</i>		234.1 ^j		

^a Hay bastante agua disponible en el río para aumentar aún más la superficie de riego, siempre que se construya un embalse.

^b La Dirección de Riego y la ENDESA firmaron un acuerdo para compartir y mantener en funcionamiento el embalse del lago Laja.

^c Este proyecto se encuentra en el curso superior del Bío-Bío. Si resulta necesario construir un embalse, es probable que también vaya en beneficio del riego.

^d Esta cantidad de agua debería ser de fácil disponibilidad.

^e Para Huachipato y la fábrica de papel de diario situada cerca de Concepción.

^f Para la fábrica de azúcar en Los Angeles.

^g Para la fábrica de pasta de madera de San Vicente (1964) cuyos desechos de fabricación van al mar.

^h Para la fábrica de pasta de madera del Laja (1959).

ⁱ Para la fábrica de pasta de madera de Coigüe (1965).

^j Esta cantidad debe ser de fácil disponibilidad. Será necesario tomar medidas para prevenir la contaminación de las aguas con los desechos de fabricación de las fábricas de Laja y Coigüe.

trucción con una capacidad de 135 000 KW estudiándose la posibilidad de ampliarlo a un millón de KW) y, por lo tanto, la coordinación con el riego sería necesaria siempre y cuando hubiera que recurrir a los embalses para aumentar el riego. Un caso ilustrativo es el uso del embalse natural del lago Laja que estudiaron conjuntamente la Dirección de Riego y la ENDESA. Por lo que toca a los afluentes, es necesario adoptar un criterio integral para el desarrollo de toda la cuenca.

Los estudios sobre los ocho ríos ponen de manifiesto la imperiosa necesidad de establecer una *autoridad planificadora* de alta jerarquía gubernamental para establecer una coordinación perfecta y constante entre los diversos organismos interesados con objeto de que los recursos hidráulicos sean explotados en la forma que más convenga al interés nacional.

La comparación de las necesidades de embalse con las presas existentes, en construcción o proyectadas por la Dirección de Riego que se ha hecho al estudiar los ocho ríos mencionados, revela que aun cuando el riego se practique en forma eficiente, para mantener su regularidad en el presente y en el futuro sería necesario construir nuevas obras de gran capacidad, sobre todo en los ríos Aconcagua y Rapel. Desde luego, las necesidades de almacenamiento de agua serían mucho mayores si se perpetuaban las deficiencias de los sistemas de riego.

En vista de todo lo anterior, se hace imperioso mejorar estos sistemas toda vez que cualquier desperdicio de agua de riego supone la construcción de nuevas y costosas obras de embalse, lo que va en menoscabo y detrimento de otros intereses.

Capítulo IV

NECESIDAD DE UNA POLÍTICA HIDRAULICA. RECOMENDACIONES

El análisis de los recursos y usos presentes y futuros ha revelado que en las zonas económicamente más desarrolladas de Chile hay una creciente escasez de recursos hidráulicos con relación a la demanda. En el sur, donde hay abundancia de agua, el desarrollo económico es casi nulo. El desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda de agua exige una política nacional de medición, desarrollo y conservación de estos recursos naturales.

Las necesidades de capital para proyectos hidráulicos también han aumentado no sólo en volumen absoluto, sino también proporcionalmente. Sobre todo desde que comenzó a desarrollarse la hidroelectricidad, las obras hidráulicas han absorbido un porcentaje cada vez mayor de los gastos públicos de inversión en Chile y actualmente representan un promedio anual de 15 a 20 por ciento. (Véase el cuadro 65.) En los próximos 15 años (hasta 1973) los gastos en inversiones públicas correspondientes a la demanda estimada de los diversos usos del agua serían del orden de los 500 millones de dólares: 150 millones para agua de uso doméstico, más de 60 millones para las obras de riego que ejecutará el gobierno y cerca de 280 millones para hidroelectricidad incluida la transmisión primaria. Estas grandes necesidades de inversión en un país en que el capital es tan escaso obligan a usarlo eficientemente. Ello requiere datos hidrológicos exactos para el planeamiento adecuado de los proyectos, análisis cuidadosos de la comple-

mentación o conflictos entre los usos y de su coordinación. Por lo tanto, la situación hidráulica general de Chile con respecto al desarrollo económico hace indispensable y urgente formular una política integral de administración hidráulica.

Cualquier intento de formular esta política quedaría fuera del alcance y la competencia de este estudio. No obstante pueden sugerirse algunas medidas que la harían posible:

a) *Mejoramiento sistemático de la evaluación, tanto de los recursos como de sus usos.* Es indispensable contar con registros adecuados de los recursos hidráulicos y de sus usos para el planeamiento de su desarrollo sobre todo en los lugares en donde escasea el agua. El cabal conocimiento hidrológico permitirá también planear las obras hidráulicas de un modo que permita disminuir al mínimo el capital necesario.

b) *Los usos que se hacen actualmente del agua están condicionados por un sistema legal establecido en tiempos en que la población y el desarrollo económico ejercían menor presión sobre los recursos.* Varios aspectos de esta legislación necesitan ser adaptados y quizá convendría hacer hincapié en la conveniencia de introducir las siguientes enmiendas:

i) *en vista de que, hablando en términos cuantitativos, el principal uso que se da al agua en Chile es el riego y el desperdicio de agua es considerable, debería modificarse el actual régimen*

Cuadro 65
CHILE: INVERSIÓN PÚBLICA EN OBRAS HIDRAULICAS

Año	A Riego		B Avenamiento		C Agua potable		D Hidroelectricidad (ENDESA)		E Total A+B+ C+D (Millones de pesos)	F Total inversión pública	Porcien- to E/F
	Millones de pesos	Porcien- to A/F	Millones de pesos	Porcien- to B/F	Millones de pesos	Porcien- to C/F	Millones de pesos	Porcien- to D/F			
	1940 . . .	29.2	61.2	0.4	0.8	18.1	38.0	—			
1941 . . .	35.0	65.3	0.7	1.3	17.9	33.4	—	—	53.6	1 758.6	3.0
1942 . . .	36.1	60.5	0.5	0.8	23.1	38.7	—	—	59.7	1 948.0	3.1
1943 . . .	31.8	46.9	1.6	2.4	34.4	50.7	—	—	67.8	1 671.6	4.1
1944 . . .	65.5	52.8	—	—	58.5	47.2	—	—	124.0	1 815.2	6.8
1945 . . .	75.3	42.6	—	—	101.6	57.4	—	—	176.9	2 183.5	8.1
1946 . . .	105.8	52.2	0.4	0.2	96.6	47.6	—	—	202.8	2 535.6	8.0
1947 . . .	109.0	15.4	5.4	0.8	292.7	41.5	298.7	42.3	705.8	3 151.9	22.4
1948 . . .	122.0	27.0	6.3	1.4	125.0	27.7	198.1	43.9	451.4	4 315.5	10.5
1949 . . .	130.1	24.2	4.5	0.8	131.4	24.5	270.8	50.5	536.8	6 010.5	8.9
1950 . . .	140.5	17.2	10.7	1.3	262.8	32.1	404.1	49.4	818.1	7 227.3	11.3
1951 . . .	203.8	16.5	14.8	1.2	423.7	34.2	596.3	48.1	1 238.6	8 926.8	13.9
1952 . . .	217.5	19.0	23.9	2.1	616.8	53.8	287.8	25.1	1 146.0	11 272.0	10.2
1953 . . .	365.4	13.7	18.4	0.7	988.2	37.1	1 292.7	48.5	2 664.7	19 044.6	14.0
1954 . . .	617.5	12.5	6.0	0.1	1 660.0	33.6	2 651.9	53.8	4 935.4	26 417.7	18.7
1955 . . .	945.6	13.2	32.8	0.5	2 764.0	38.7	3 408.3	47.6	7 150.7	49 696.3	14.4
1956 . . .	2 276.5	17.5	49.4	0.4	2 858.0	22.0	7 809.0	60.1	12 992.9	77 492.2	16.8

legal del derecho a usar las aguas para evitar cualquier *ius abutendi* y mejorar la eficacia en su uso;

- ii) la hidroelectricidad, uso relativamente nuevo, debería gozar de las mismas facilidades legislativas que rigen para el regadío (sobre todo el derecho a expropiación) que permitan ejecutar los trabajos que son beneficiosos para la economía;
- iii) no debería existir una escala rígida de prelación; con la creciente escasez de agua frente a la demanda y los costos cada vez más subidos de las obras hidráulicas, el actual orden rígido debería ser reemplazado por el análisis cuidadoso del costo y de los beneficios que los diversos usos aportan a la economía; gracias al progreso de las técnicas de análisis y programación económicos este análisis presenta perspectivas cada vez más fructíferas y convenientes, y
- iv) en vista de que las obras hidráulicas suponen grandes inversiones, la legislación debería tender a que sus beneficiarios reembolsen el costo económico de los servicios que se les proporcionan sin tener en cuenta las fluctuaciones monetarias.

c) Salvo la necesidad de una redistribución de atribuciones y responsabilidades puede decirse que la administración chilena en materia de aguas está cuantitativamente bien dotada. Sin embargo, la coordinación entre las diversas ramas de esta administración se produce sólo sobre una base *ad hoc*, cuando lo que se requiere es una coordinación sistemática. Este último es el más fuerte argumento para el establecimiento de un Consejo Nacional de Aguas encargado de la coordinación y planeamiento de las actividades hidráulicas. A continuación siguen algunas recomendaciones para la adopción de estas medidas.

1. Proyectos especiales para mejorar la medición de los recursos y usos

a) *Establecimiento de un instituto para la medición de la nieve.* La medición de la nieve caída en la zona central de Chile, donde los ríos son predominantemente de régimen de nieve, será de considerable ventaja para el pronóstico del caudal de los ríos y la formulación de una política hidráulica.

b) *Establecimiento de por lo menos una estación meteorológica de primer orden en cada zona climática.* Actualmente quizá haya una sola estación de este tipo en todo el país.

c) *Establecimiento de varias estaciones hidrométricas nuevas en todo el país.* Se ha sugerido la instalación y posible ubicación de 28 estaciones nuevas para el desarrollo de las obras de riego; por otro lado, la preparación de proyectos especiales de riego requerirá más estaciones. El Departamento de Riego está preparando un programa con ese fin.

Asimismo la ENDESA está elaborando un programa para ampliar los servicios de hidroelectricidad, que incluiría el establecimiento de nuevas estaciones en las regiones en donde ya existen algunas mediciones y un

extenso plan para iniciar la medición sistemática de los recursos del sur.

d) *Búsqueda y evaluación de aguas subterráneas especialmente en la zona de Santiago.* La creciente escasez de los recursos de aguas superficiales en relación con la demanda en estas zonas sugiere el desarrollo sistemático y sin tardanzas de esta exploración. Asimismo debe intensificarse la búsqueda y evaluación de aguas subterráneas en las zonas áridas y semiáridas de Chile.

e) *Evaluación empírica de las necesidades de agua de diversos cultivos en distintas zonas.* Estas investigaciones podrían llevarse a cabo en las granjas experimentales que existen actualmente o con la cooperación de los agricultores obtenida a base de incentivos financieros. La evaluación de las necesidades agrícolas de agua es esencial para preparar normas eficaces de riego en las zonas semiárida y árida de Chile.

2. Reformas legislativas sugeridas

a) *Medición de los recursos y usos.* Debería existir un registro obligatorio de todas las servidumbres de aguas, ya sean públicas o privadas, cualquiera que sea la fecha en que fueron otorgadas. Los registros deben incluir informes anuales obligatorios sobre la superficie cultivada, o del grado de uso hecho en otros tipos de aprovechamiento, e informes mensuales sobre la cantidad de agua recibida.

b) *Explotación ordenada de las aguas subterráneas.* Tanto los dueños de los pozos como las empresas de perforación deben, durante la construcción, suministrar la información y las muestras necesarias y seguir las instrucciones técnicas que imparta la autoridad (aislación de napas, tipos de filtro, etc.) Cada permiso de alumbramiento de aguas subterráneas debe especificar el volumen máximo que puede extraerse por unidad de tiempo. Cuando se trate de alumbramientos hechos en hovas subterráneas que no se han estudiado bastante, la fijación del volumen de agua extraíble debe ser provisional y quedar sujeto a revisión por parte de la autoridad. Los pozos deben protegerse para garantizar el volumen y la cantidad de sus aguas dando prioridad según su antigüedad cronológica. Finalmente pueden otorgarse concesiones para explotar determinadas napas con prohibición de extraer agua de otras.

c) *Eficiencia en el uso de las aguas (con especial referencia al riego).* i) Para cada concesión de merced debería fijarse una tasa de consumo según escalas regionales, por ejemplo, el volumen de agua mensual por unidad de superficie cultivada (o por unidad de producción en otros tipos de aprovechamiento). El uso en exceso de esta tasa debe ser fuertemente gravado y las entradas resultantes ir a un fondo para financiar el desarrollo hidráulico. Más adelante podría prohibirse el uso de agua en exceso de esta tasa fija para evitar que el abastecimiento de agua sea mayor que el necesario. Si el dueño de la merced no posee una extensión de tierra lo suficientemente grande como para usar toda el agua a que tiene derecho empleando dicha tasa, el excedente debería ser transferido a terceros. El reem-

plazo del sistema actual por el propuesto debe hacerse compensando a los usuarios por las pérdidas patrimoniales que experimentarían realmente. Esa compensación puede financiarse cobrando valores equivalentes por el otorgamiento de nuevas mercedes para el uso de las aguas cuya disponibilidad se haya obtenido así. Cuando el cambio afecte a aguas usadas en riego, esta conversión puede hacerse estimando o probando los volúmenes promedios recibidos por cada usuario bajo el sistema actual y calculando la superficie que podría cultivar si utilizase la tasa de consumo fijada como de utilización óptima del agua.

ii) Una vez hecho el aforo de un río declarado "agotado" debe levantarse esa declaración si aplicando la tasa de consumo citada se constata que hay agua disponible.

iii) Debe estatuirse que las aguas de propiedad pública se conceden sólo para satisfacer las necesidades de los concesionarios (o sus representantes legales) y que por lo tanto no pueden ser vendidas, ni arrendadas ni usadas en cantidades que excedan de esas necesidades. Los excedentes (incluidos los derrames) deben seguir siendo de propiedad del estado y susceptibles de ser concedidas por éste sin que el nuevo concesionario tenga que pagar nada al primero. Especialmente los concesionarios de aguas públicas para riego u otros usos no tienen derecho a percibir rentas por el empleo por terceros de esas aguas en la generación de electricidad.

iv) Debe estipularse que las aguas concedidas para fines de riego son inseparables de la tierra para la cual fueron concedidas, no pudiendo usarse fuera de ella salvo excepciones, limitadas en el tiempo, que la ley debe fijar.

d) *Privilegio de expropiación.* El que ahora es privativo de la agencia que maneja el regadío debe hacerse extensivo a la hidroelectricidad, para la construcción de grandes embalses, que podrían requerir la expropiación de tierras. De otro modo la ENDESA no podría estar en situación de ejecutar adecuadamente los proyectos hidroeléctricos que benefician a la economía.

e) *Evaluación económica: Prioridades y sistemas de reintegro.* Hay que abolir el orden rígido de prioridades entre los diversos usos del agua, evaluándolas, en cambio, atendiendo a cuencas de ríos, o por zonas, o aun con referencia a proyectos específicos cuando éstos son importantes. A veces cuando se presentan pocas alternativas este análisis puede hacerse con gran rapidez; en el norte de Chile, por ejemplo, el emplazamiento de las actividades mineras cupríferas está determinado por la ubicación del yacimiento. En vista de que la aportación de la minería del cobre a la economía nacional es mayor que la del riego, considerando que ambas actividades usan la misma cantidad reducida de agua, allí debería darse prioridad a la minería del cobre.

En cambio, en la mayor parte de la zona central de Chile, en que el problema de las prioridades tiene importancia práctica puesto que el agua tiende a ser escasa con relación a todas las necesidades, son más numerosas las alternativas para la localización de las actividades económicas y para las posibilidades de suministrar-

les el agua necesaria. Esto conduce a buscar combinaciones óptimas entre los diversos usos, lo que supone una programación muy compleja. Tales evaluaciones de prioridades y combinaciones óptimas podrían ser función de un Consejo Nacional de Aguas (asesorado por su secretaría) cuya creación se sugirió anteriormente.

Antes de imponer a los particulares sistemas de impuestos o reintegros para financiar el desarrollo hidráulico es necesario hacer un cuidadoso balance desde el punto de vista social. En otras palabras, hay que evaluar los beneficios directos e indirectos, ponderables o no en dinero que se obtendrán de ese desarrollo y distribuir las cargas entre todos los sectores favorecidos. El programa de reintegro de los préstamos también debe basarse en la evaluación de los costos y beneficios. En materia de riego, el trabajo del Departamento de Economía del Ministerio de Agricultura (que se está ampliando) sería de utilidad para ese fin.

Cuando el reintegro se basa directamente en el servicio recibido las tasas deben ajustarse sin demora para poder tomar en cuenta las fluctuaciones monetarias tan pronto como éstas se produzcan. También podría considerarse algún tipo de índice para el servicio de los préstamos. La aprobación parlamentaria de medidas legislativas tendientes a facilitar esos ajustes, tanto para la electricidad como para el riego, es muy conveniente y contribuiría al eficaz funcionamiento económico de estos sectores.

3. Reorganización administrativa propuesta para la formulación de una política hidráulica integrada

Como ya se ha dicho, cuantitativamente la administración chilena está suficientemente dotada para organizar una programación hidráulica adecuada. Pero es necesaria una reestructuración de los diferentes organismos que tienen relación con ella.

Una primera etapa de reorganización administrativa podría incluir, por ejemplo, la redistribución de funciones dentro de la actual organización administrativa, y además llevar a cabo la creación del Consejo Nacional de Aguas.

a) *Redistribución de funciones dentro de la organización actual.* La gran dispersión y a veces duplicación de los servicios encargados del desarrollo de los recursos hidráulicos señala la conveniencia de agrupar muchas funciones.

Esto podría llevarse a cabo, en primer lugar, mediante el establecimiento de una Dirección de Aguas dependiente del Ministerio de Obras Públicas, que absorbería y ampliaría la actual Dirección de Riego. Además de las responsabilidades actuales de la Dirección de Riego la nueva Dirección de Aguas podría tener responsabilidad sobre el riego mecánico y las obras de riego medianas y pequeñas (que ahora son responsabilidad de la CORFO). La nueva Dirección también podría encargarse del fomento de los usos industriales del agua, de la contaminación de las aguas de riego, de las obras de control de inundaciones y defensa ribereña

(excepto la ejecución de los trabajos de forestación) y de la navegación y transporte por flotación en ríos y lagos.

Desde luego esas transferencias desde otras secciones administrativas al nuevo departamento hidráulico requieren la enmienda de las normas legales que establecen sus respectivas funciones.

También podría considerarse la redistribución de otras funciones. En el campo de la electricidad, la Dirección de Servicios Eléctricos que ahora depende del Ministerio del Interior podría ser transferida al Ministerio de Economía. Las centrales hidroeléctricas que posee y explota directamente dicha Dirección serían transferidas a propiedad de la ENDESA como aportación estatal, y las centrales de propiedad de terceros que actualmente administra esta Dirección serían administrados en el futuro por la ENDESA. La Sección de Agronomía de la actual Dirección de Riego podría transferirse al Ministerio de Agricultura para preparar (conjuntamente con el Departamento de Economía de este Ministerio) los estudios económicos para los proyectos de riego.

Las actividades crediticias que ahora están dispersas podrían concentrarse en una institución de crédito, y tratarse de ampliar el plazo de los préstamos.

b) *Consejo Nacional de Aguas.* Aun después de reagrupar y redistribuir las funciones faltaría todavía formular una política coordinada de desarrollo de los recursos hidráulicos para los distintos organismos. Esto podría llevarse a cabo mediante el establecimiento de un Consejo Nacional de Aguas.

Las funciones del Consejo se limitarían esencialmente al planeamiento del desarrollo de los recursos hidráulicos, la vigilancia del cumplimiento de los programas y la coordinación de las actividades entre las diversas agencias responsables del programa cuando fuere menester. Las funciones de ejecución misma, a saber, proyectos y planos definitivos de obras, construcción y explotación de las mismas y la prestación de servicios seguiría siendo responsabilidad de los organismos a cuyo cargo están hoy, salvo que el Consejo, ejerciendo sus funciones de coordinación, aconsejase transferirlas a otros. Si esto sucediera el Consejo debería sugerir al organismo gubernativo competente que ordenara la transferencia.

Las tareas concretas del Consejo serían:

i) Medición de los recursos hidráulicos y asuntos conexos. La medición misma no sería tarea del Consejo. Este se limitaría a establecer el modo de hacerlo, dando normas y formularios y señalando qué organismo debe recoger cada información. El Consejo con su personal archivaría, recopilaría, tabularía y publicaría la información así recogida.

ii) Medición y proyección de los otros factores relacionados con el uso de los recursos hidráulicos.

iii) Formulación de un programa nacional de desarrollo hidráulico y de programas zonales. Dentro de cada programa se establecerían prioridades para los distintos usos. El primer programa podría planearse por un período de 15 años y revisarse cada tres.

iv) Vigilancia de la ejecución de los programas nacionales y zonales.

v) Coordinación de la actividad ejecutiva, cuando parezca necesario, como se señaló anteriormente.

Se sugiere que el Consejo tenga un Coordinador General y que esté integrado por representantes de cada uno de los siguientes organismos: Dirección de Obras Sanitarias (Ministerio de Obras Públicas); Dirección de Riego, o Departamento de Aguas (Ministerio de Obras Públicas); Oficina Meteorológica de Chile (Ministerio de Defensa); Empresa de Agua Potable de Santiago; Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales (Ministerio de Agricultura); ENDESA; Dirección de Servicios Eléctricos (Ministerio del Interior o de Economía); Servicio Nacional de Salud; Banco del Estado; Dirección del Litoral (Ministerio de Defensa); Confederación de Canalistas de Chile; Sociedad Nacional de Agricultura, y Sociedad de Fomento Fabril.

En el Consejo también deberían estar representados la Dirección de Pesca y Caza del Ministerio de Agricultura y el Servicio Nacional de Turismo, cuyas actividades están fuera del alcance de este estudio. Todos estos representantes podrían tener distinto número de votos según la importancia de sus organismos.

El Consejo debería tener una Secretaría permanente bajo la dirección de un Coordinador General; esta Secretaría tendría su propio personal, predominantemente técnico, que sería reducido. Esta sería la única oficina nueva a establecer y representaría el único gasto adicional sobre el presupuesto actual, que se propone para la primera etapa. El Consejo sería un organismo autónomo del mismo tipo que la Corporación de Fomento, y mantendría relaciones con el gobierno por intermedio del Ministerio de Economía, aunque en realidad no quedaría bajo la jurisdicción de este último.

El Consejo se dividiría en Comités, encargados de estudiar los problemas específicos y de informar a los demás comités y a la sesión plenaria. Un Comité de Programación y Asuntos Generales examinaría, con la ayuda de la Secretaría, los problemas relacionados con la complementación o discrepancia entre los diversos usos de una cuenca, en el plano regional o nacional. Otros Comités se encargarían de coordinar las actividades en materia de aguas sobre una base funcional (Hidrometeorología e Hidrología, abastecimiento de agua potable, riego, hidroelectricidad, etc.).

Se sugiere que los Comités sean convocados por el Coordinador para tratar cada asunto y que cada uno informe de este hecho a los demás comités, aunque sea para dejar que éstos dejen constancia de no tener interés en ese asunto. Ningún asunto podría ser tratado por el Consejo sin el conocimiento previo de todos los Comités.

A continuación se anota una lista de esos comités y de su composición:

COMITÉ I. Programación y Asuntos Generales

Dirección de Riego (o Aguas), Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.)

Servicio Meteorológico de Chile, Ministerio de Defensa
ENDESA
Dirección de Obras Sanitarias, M.O.P.

COMITÉ II. *Hidrometeorología e Hidrometría*
Servicio Meteorológico
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.
ENDESA

COMITÉ III. *Agua potable*
Dirección de Obras Sanitarias, M.O.P.
Empresa de Agua Potable de Santiago
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.

COMITÉ IV. *Riego*
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.
Ministerio de Agricultura, Departamento de Conservación y
Administración de Recursos Agrícolas y Forestales
Dirección de Obras Sanitarias, M.O.P.
Confederación de Canalistas de Chile
Sociedad Nacional de Agricultura

COMITÉ V. *Hidroelectricidad*
ENDESA
Dirección de Servicios Eléctricos y Gas, Ministerio del Interior (o de Economía)
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.
Confederación de Canalistas de Chile
Sociedad de Fomento Fabril

COMITÉ VI. *Usos industriales y contaminación de las aguas*
Dirección de Riego, M.O.P.
Dirección de Obras Sanitarias, M.O.P.
Servicio Nacional de Salud
Sociedad de Fomento Fabril
Sociedad Nacional de Agricultura

COMITÉ VII. *Transporte fluvial y lacustre*
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.
Servicio Nacional de Turismo
Dirección del Litoral, Ministerio de Defensa

COMITÉ VIII. *Aguas subterráneas*
Dirección de Riego (o Aguas), M.O.P.
Dirección de Obras Sanitarias, M.O.P.
Instituto de Geología (CORFO y Departamento del Cobre)
Sociedad Nacional de Agricultura
Confederación de Canalistas de Chile

COMITÉ IX. *Crédito Hidráulico*
Banco del Estado
Dirección de Riego

ENDESA
Departamento de Conservación y Administración de Recursos
Agrícolas y Forestales, Ministerio de Agricultura.

También se considerarían otros Comités para la pesca en aguas dulces, las aguas medicinales y termales y el turismo.

4. *Otras posibles bases de acción*

Más adelante se consideraría la posibilidad de transformar la Dirección de Riego y los servicios de agua potable en corporaciones autónomas con objeto de conferirles mayor autonomía funcional y financiera para su buena marcha. Estas corporaciones podrían reevaluar su capital por lo menos una vez al año y reclamar el reembolso de los costos reales de los servicios que proporcionen.

La Comisión de Vías y Obras Públicas de la Cámara de Diputados aprobó un proyecto de ley (Boletín 8435 del 23 de agosto de 1956) que crea la Empresa Nacional de Riego; las funciones que se proyecta atribuirle implicarían, parcialmente, la adopción de las precedentes sugerencias.

En vista del éxito del Plan Chillán se recomienda también considerar la posibilidad de crear experimentalmente una autoridad regional piloto de desarrollo hidráulico. Aunque en Chile no hay grandes cuencas hidrográficas que justifiquen una empresa al estilo de la Administración del Valle del Tennessee, la región sur de la Zona Central, por ejemplo, está atravesada por varios ríos medianos y pequeños en que el agua es un factor importante de desarrollo. Los recursos de estas regiones todavía no se han desarrollado y su población tiene un bajo nivel de vida.

Si se estableciera esa autoridad regional debería encuadrar sus proyectos dentro del marco general de los programas nacionales que adoptase el Consejo Nacional de Aguas. La autoridad regional estaría encargada de la ejecución y funcionamiento del desarrollo integrado de estas regiones.

ANEXOS

Anexo I

BIBLIOGRAFÍA CHILENA SOBRE LEGISLACIÓN DE AGUAS

1. Bibliografía anterior al Código de Aguas de 1951

- Bonilla Bradanovic (Tomás), *El derecho de aguas ante la doctrina y la jurisprudencia*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile. (Santiago 1944).
- Burmester Araya (Osvaldo), *Las servidumbres en el proyecto de Código de Aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1942).
- Carrillo y Badilla (Alcibíades), *Legislación de aguas* (1901).
- Celedón (Guillermo), *Estudio de la legislación sobre aguas* (1905).
- Claro Salas (Héctor), *Régimen legal de las aguas en Chile*. Memoria de prueba para optar al grado de licenciado en la Facultad de Leyes y Ciencias Políticas de la Universidad de Chile (Santiago, Universo, 1909).
- Cuchacovich Jait (José), *Acciones posesorias sobre las aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1940).
- Errázuriz Echeñique (Jorge), *Distribución de las aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1941).
- Frontaura Gómez (Fernando), *De las mercedes de aguas para usos industriales*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1942).
- Gaete Hartman (Juan Enrique), *Estudio comparado de la clasificación de las aguas en de dominio público y privado*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1943).
- González (Pedro Luis), *El aprovechamiento de las aguas como fuerza motriz y su reglamentación* (Santiago, 1911).
- Guzmán (Renato), *De las mercedes de aguas en general y en particular de las mercedes de aguas para regadío* (1941).
- Hederra Donoso (Ana), *Régimen de aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1930).
- Ibáñez (Adolfo), *Legislación sobre aguas* (1930).
- Karke Monkarzel (Luis), *Régimen legal de las aguas en Chile*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, *Memorias de licenciados*, Vol. III (Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 1950), pp. 55-221.
- Lazo Preuss (Santiago), *Régimen legal de las aguas corrientes*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1930).
- Lira Urquieta (Pedro) y De la Maza (Lorenzo), *Régimen legal de las aguas en Chile* (primera edición: 1936; segunda edición: Santiago, Nascimento, 1940).
- Olguín Fuenzalida (Julio), *Legislación sobre construcción de obras de regadíos*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1942).
- Opazo Cuevas (Rafael), *La personalidad jurídica de la asociación de canalistas y el dominio sobre las aguas en el proyecto de Código de Aguas del año 1938 y en la legislación positiva*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1943).

- Pérez Donoso (Lindor), *De los sobrantes y derrames de aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1937).
- Ríos Mackenna (Guillermo), *Las asociaciones de canalistas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1936).
- Sack Neron (Sofía), *Comentario y breve estudio crítico del Código de Aguas*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, *Memorias de licenciados*, Vol. III (Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 1950), pp. 223-272.
- Silva Concha (Mario), *Régimen legal de las aguas en Chile*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, *Memorias de licenciados*, Vol. III (Santiago, Editorial Jurídica de Chile), 1950), pp. 13-53.
- Varas Videla (Eduardo), *De las servidumbres*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1925).
- Vial Vial (Sebastián), *Algunos aspectos de la legislación relativos a las asociaciones de canalistas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1943).
- Vicuña Velasco (Eduardo), *De las aguas subterráneas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1942).
- Zañartu Irigoyen (Hugo), "Régimen legal de las aguas en Chile", en *Revista de Derecho, Jurisprudencia y Ciencias Sociales* (revista del Colegio de Abogados de Chile), tomo XL, números 7-8 (Santiago, septiembre-octubre de 1943), pp. 123 ss.
- Zuloaga Villalón (Antonio), *Explicaciones de clases* (Santiago, 1943).

2. Bibliografía posterior al Código de Aguas de 1951

- Jarpa Fernández (Mario), *La escasez de las aguas* (Concepción, 1953). "Algunas consideraciones sobre la enajenación del derecho de aguas", en *Revista de Derecho de la Universidad de Concepción*, números 86 (octubre-diciembre de 1953), pp. 498 ss. y 87 (enero-marzo de 1954), pp. 19 ss.
- "Disposiciones procesales contenidas en el Código de Aguas", *ibidem*, número 90 (octubre-diciembre de 1954), pp. 447 ss.
- Lira Ovalle (Samuel), *El derecho de aguas ante la cátedra*. Memoria de prueba para optar a la Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales (Santiago, Universidad Católica de Chile, 1956).
- Merino Mesa (Ernesto), *Comunidades de aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1955).
- Ochagavía (Luis), *Las juntas de vigilancia en el Código de Aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1955).
- Valenzuela Marchant (Fernán), *De los derrames de aguas*. Memoria de prueba ante la Universidad de Chile (Santiago, 1955).

Anexo II

TABLAS Y GRÁFICOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Tabla 1
CHILE: DATOS CLIMATOLÓGICOS DE ESTACIONES SELECCIONADAS

Clave	Mes												Año
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
TOCOPILLA													
A.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	Σ : 3 mm
B.	20.4	20.4	19.1	17.2	15.4	13.9	13.4	13.6	14.2	15.5	17.1	18.9	16.6°C
C.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	8.3	25.6	40.0	7.3	17.2	0.0	0.0	82.8 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	17.2 % ^b Σ mes 12
SAN PEDRO													
A.	20.0	14.0	9.0	3.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	3.0	Σ : 51 mm
B.	10.2	9.2	8.6	6.4	3.8	2.8	1.9	4.4	5.9	8.7	8.9	10.2	6.8°C
C.	38.5	27.6	17.8	5.1	0.9	0.3	0.2	1.6	1.5	0.3	0.1	6.1	9.6 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	90.4 % ^b Σ mes 12
ANTOFAGASTA													
A.	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0	1.0	1.0	1.0	3.0	0.0	Σ : 11 mm
B.	20.4	20.4	19.1	17.2	15.4	13.9	13.4	13.6	14.2	15.3	17.1	18.9	16.6°C
C.	0.0	0.0	0.0	1.8	5.4	18.9	28.9	8.1	4.5	9.9	22.5	0.0	67.5 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	32.5 % ^b Σ mes 12
CALDERA													
A.	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	8.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0	0.0	Σ : 24 mm
B.	19.7	19.8	18.5	16.6	14.9	13.4	13.0	13.2	14.0	15.1	16.7	18.4	16.1°C
C.	0.5	0.2	0.0	2.9	15.6	31.9	21.4	14.4	3.7	4.5	3.3	1.6	89.9 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	10.1 % ^b Σ mes 12
COPIAPÓ													
A.	0.0	0.0	0.0	1.0	4.0	9.0	7.0	6.0	0.0	1.0	0.0	0.0	Σ : 29 mm
B.	20.7	20.7	19.1	16.8	13.9	12.2	12.2	13.5	14.8	16.6	18.1	19.3	16.5°C
C.	0.0	0.0	0.7	4.1	12.9	30.9	24.8	21.4	1.4	3.1	0.7	0.0	95.5 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	4.5 % ^b Σ mes 12
VALLENAR													
A.	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	15.0	10.0	10.0	2.0	2.0	0.0	0.0	Σ : 51 mm
B.	19.0	18.8	17.2	15.0	13.1	11.1	11.1	11.7	13.5	14.6	16.2	17.3	14.9°C
C.	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	29.4	18.8	20.5	3.4	4.3	0.0	0.0	95.7 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	4.3 % ^b Σ mes 12
LA SERENA													
A.	0.0	1.0	1.0	2.0	24.0	35.0	27.0	17.0	5.0	2.0	1.0	0.0	Σ : 117 mm
B.	18.3	18.5	17.0	14.9	13.4	12.1	11.7	12.1	12.8	14.1	15.4	17.0	14.8°C
C.	0.1	0.9	1.1	1.6	20.9	30.2	23.5	14.5	3.9	2.1	0.8	0.4	94.6 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	5.4 % ^b Σ mes 12
LA LAGUNA													
A.	0.0	0.0	4.0	2.0	35.0	35.0	35.0	35.0	10.0	0.0	0.0	1.0	Σ : 156 mm
B.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C.	0.0	0.0	2.3	1.1	22.7	22.3	22.3	22.3	6.3	0.0	0.0	0.8	96.9 % ^a
D.	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	3.1 % ^b Σ mes 12
OVALLE													
A.	0.0	1.0	0.0	3.0	36.0	46.0	35.0	21.0	5.0	2.0	1.0	1.0	Σ : 151 mm
B.	19.8	19.8	17.5	15.2	13.3	11.6	11.1	11.9	13.4	14.8	16.8	18.6	15.3°C
C.	0.0	0.7	0.2	1.7	23.9	30.5	23.0	14.1	3.4	1.5	0.5	0.6	96.5 % ^a
D.	c	c	c	c	c	d	d	c	c	c	c	c	3.5 % ^b Σ mes 10

(Continúa)

Tabla 1 (Continuación)

CHILE: DATOS CLIMATOLÓGICOS DE ESTACIONES SELECCIONADAS

Clave	Mes												Año
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
LOS ANDES													
A.	2.0	4.0	4.0	17.0	63.0	83.0	57.0	51.0	24.0	11.0	4.0	3.0	Σ : 321 mm
B.	22.2	21.3	19.0	15.4	11.7	9.0	9.1	10.4	12.5	15.6	18.6	21.0	15.5°C
C.	0.6	1.1	1.1	5.2	19.6	25.7	17.6	15.8	7.4	3.4	1.3	1.1	91.4 % ^a 8.6 % ^b
D.	e	e	e	e	d	d	d	d	e	e	e	e	Σ mes 8
VALPARAÍSO													
A.	2.0	1.0	5.0	18.0	98.0	131.0	98.0	66.0	28.0	13.0	7.0	2.0	Σ : 427 mm
B.	17.6	17.5	16.3	14.5	13.2	12.0	11.5	11.7	12.5	13.7	15.4	16.9	14.4°C
C.	0.4	0.3	1.1	3.9	20.9	27.8	20.8	14.1	6.0	2.8	1.4	0.5	93.5 % ^a 6.5 % ^b
D.	e	e	e	e	e	d	d	d	e	e	e	e	Σ mes 9
SANTIAGO													
A.	2.0	3.0	4.0	14.0	70.0	89.0	72.0	53.0	27.0	14.0	6.0	4.0	Σ : 358 mm
B.	20.6	19.8	17.4	14.0	10.8	8.2	8.0	9.3	11.5	14.2	17.0	19.5	14.0°C
C.	0.6	0.9	1.2	4.0	19.4	24.9	20.1	14.7	7.6	4.0	16.2	1.0	76.1 % ^a 23.9 % ^b
D.	e	e	e	e	e	d	d	d	d	e	e	e	Σ mes 9
RANCAGUA													
A.	3.0	3.0	7.0	23.0	85.0	107.0	79.0	64.0	34.0	18.0	11.0	4.0	Σ : 437 mm
B.	21.5	20.3	17.2	13.6	10.2	8.0	8.1	8.5	10.8	13.9	16.6	19.5	14.0°C
C.	0.7	0.6	1.7	5.2	19.4	24.4	18.0	14.6	7.8	4.1	2.5	1.0	89.5 % ^a 10.5 % ^b
D.	e	e	e	e	e	d	d	d	e	e	e	e	Σ mes 9
CURICÓ													
A.	5.0	5.0	10.0	37.0	120.0	158.0	123.0	80.0	48.0	25.0	14.0	8.0	Σ : 631 mm
B.	21.2	20.4	17.6	13.7	10.4	8.5	8.1	9.1	11.5	14.3	17.2	20.0	14.3°C
C.	0.8	0.7	1.6	5.8	19.0	25.0	19.5	12.7	7.5	3.9	2.2	1.3	89.4 % ^a 10.6 % ^b
D.	e	e	e	e	d	d	d	d	d	e	e	e	Σ mes 7
CHILLÁN													
A.	17.0	18.0	29.0	60.0	184.0	205.0	166.0	126.0	84.0	44.0	33.0	25.0	Σ : 989 mm
B.	21.9	20.8	17.9	13.8	11.4	9.2	9.1	9.4	11.3	14.3	16.6	17.9	14.4°C
C.	1.7	1.8	2.9	6.1	18.6	20.7	16.8	12.8	8.4	4.4	3.3	2.5	83.4 % ^a 16.6 % ^b
D.	e	e	e	e	d	d	d	d	d	e	e	e	Σ mes 7
CONCEPCIÓN													
A.	17.0	30.0	47.0	139.0	235.0	268.0	241.0	181.0	107.0	54.0	45.0	28.0	Σ : 1 392 mm
B.	18.1	17.3	15.3	12.9	11.7	9.7	9.3	9.3	10.7	12.7	15.0	17.0	13.2°C
C.	1.2	2.1	3.4	10.0	16.9	19.3	17.3	13.0	7.7	3.9	3.2	2.0	84.1 % ^a 15.9 % ^b
D.	e	e	e	e	e	d	d	d	d	d	e	e	Σ mes 7
TEMUCO													
A.	36.0	40.0	68.0	109.0	217.0	210.0	194.0	159.0	102.0	70.0	73.0	54.0	Σ : 1 331 mm
B.	15.7	15.4	13.7	11.1	9.1	7.5	7.2	7.5	9.0	10.7	12.4	14.2	11.1°C
C.	2.7	3.0	5.1	8.2	16.3	15.8	14.6	11.9	7.7	5.3	5.5	4.0	74.4 % ^a 25.6 % ^b
D.	e	e	e	d	d	d	d	d	d	d	e	e	Σ mes 5
VALDIVIA													
A.	66.0	65.0	109.0	209.0	381.0	424.0	374.0	320.0	218.0	118.0	112.0	98.0	Σ : 2 494 mm
B.	17.0	16.4	14.4	11.8	9.8	8.2	7.8	8.1	9.3	11.5	13.3	15.4	11.9°C
C.	2.6	2.6	4.4	8.4	15.3	17.0	15.1	12.8	8.7	4.7	4.5	3.9	77.2 % ^a 22.8 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
OSORNO													
A.	43.0	50.0	67.0	106.0	195.0	229.0	185.0	159.0	117.0	69.0	55.0	57.0	Σ : 1 329 mm
B.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C.	3.2	3.7	5.0	8.0	14.7	17.2	13.9	11.9	8.8	5.2	4.1	4.3	74.5 % ^a 25.5 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0

(Continúa)

Tabla 1 (Continuación)
CHILE: DATOS CLIMATOLÓGICOS DE ESTACIONES SELECCIONADAS

Clave	Mes												Año
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
PUERTO MONTT													
A.	95.0	99.0	135.0	173.0	243.0	268.0	222.0	213.0	166.0	120.0	120.0	121.0	Σ : 1 975 mm
B.	13.8	14.1	12.6	10.6	9.1	7.7	7.2	7.4	8.2	10.1	11.7	13.4	10.5°C
C.	4.8	5.0	6.8	8.8	12.3	13.6	11.2	10.8	8.4	6.1	6.1	6.1	65.0 % ^a 35.0 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
CASTRO													
A.	72.0	82.0	124.0	173.0	271.0	291.0	295.0	253.0	167.0	115.0	122.0	107.0	Σ : 2 072 mm
B.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C.	3.5	4.0	6.0	8.4	13.1	14.0	14.2	12.2	8.1	5.5	5.9	5.2	70.0 % ^a 30.0 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
AYSÉN													
A.	193.0	192.0	277.0	233.0	296.0	278.0	268.0	269.0	198.0	192.0	198.0	213.0	Σ : 2 806 mm
B.	14.0	13.2	11.2	9.1	6.7	4.7	4.5	4.9	6.7	9.1	10.9	12.7	9.0°C
C.	6.9	6.8	9.9	8.3	10.5	9.9	9.5	9.6	7.1	6.8	7.1	7.6	55.0 % ^a 45.0 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
EVANGELISTAS													
A.	257.0	224.0	272.0	259.0	216.0	214.0	219.0	213.0	220.0	229.0	231.0	232.0	Σ : 2 786 mm
B.	8.5	8.3	8.2	7.1	5.9	4.7	4.1	4.2	4.6	5.6	6.1	7.5	6.2°C
C.	9.2	8.0	9.8	9.3	7.8	7.7	7.9	7.6	7.9	8.2	8.3	8.3	48.1 % ^a 51.9 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
DÚNGENES													
A.	27.0	20.0	26.0	25.0	25.0	23.0	22.0	22.0	13.0	13.0	18.9	29.0	Σ : 263 mm
B.	11.5	11.2	9.9	7.7	5.2	3.5	2.8	3.0	4.5	6.7	8.3	10.3	7.1°C
C.	10.3	7.6	9.9	9.5	9.5	8.7	8.4	8.4	4.9	4.9	6.8	11.0	49.5 % ^a 50.5 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
PUNTA ARENAS													
A.	35.0	26.0	46.0	46.0	50.0	41.0	38.0	36.0	34.0	26.0	32.0	33.0	Σ : 443 mm
B.	11.1	10.7	8.9	6.7	4.1	2.6	2.3	2.9	4.6	7.1	8.6	10.3	6.7°C
C.	7.9	5.9	10.4	10.4	11.3	9.2	8.6	8.2	7.7	5.9	7.2	7.4	55.4 % ^a 44.6 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
NAVARINO													
A.	52.0	39.0	45.0	41.0	51.0	30.0	40.0	49.0	29.0	28.0	39.0	41.0	Σ : 484 mm
B.	9.4	9.5	8.6	6.6	3.8	2.4	2.3	2.2	3.9	6.6	7.4	9.9	6.1°C
C.	10.7	8.1	9.3	8.5	10.5	6.2	8.3	10.1	6.0	5.8	8.1	8.5	49.6 % ^a 50.4 % ^b
D.	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	Σ mes 0
BALMACEDA													
A.	47.0	28.0	76.0	67.0	114.0	72.0	76.0	73.0	40.0	21.0	21.0	22.0	Σ : 657 mm
B.	10.7	11.0	8.5	6.1	3.4	-1.2	-1.7	1.4	3.5	5.6	8.2	10.5	5.5°C
C.	7.2	4.2	11.5	10.2	17.4	11.0	11.5	11.1	6.1	3.2	3.2	3.4	67.2 % ^a 32.8 % ^b
D.e.	c	c	c	d	d	d	d	d	d	c	c	c	Σ mes 6

CLAVE: A = Lluvia; B = Temperatura; C = %; D = Riego.
a Invierno; b Verano; c Sí; d No; e Datos correspondientes a Chile Chico.

Tabla 2
ANTOFAGASTA
Lat. 23°42'; Long. 70°24'; Alt. 94 m

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1904		0	0	0	0	0	0	5.0	2.5	0	0	0	0	7.5
1905		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5
1906		0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	0	0	0	2.3
1907		0	0	0	0	0	2.0	3.6	0	0	0	0	0	5.6
1908		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0	2.2
1909		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1910		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	0	3.5
1911		0	0	0	0	0	45.0	55.0	0	0	0	0	0	100.0
1912		0	0	0	0	28.0	0	17.0	0	0	19.0	0	0	64.0
1913		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1914		0	0	0	1.1	0	0.7	x	x	x	x	x	x	x
1919		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1920		0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.2	0	0	6.2
1921		0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.5
1922		0	0	0	0	0	0.3	0.9	0	0	0	0.3	0	1.5
1923		0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.5	0	0.7
1924		0	0	0	0	0	0	0	0.5	6.8	0	0	0	7.3
1925		0	0	0	0	0	0	16.3	10.9	1.6	0	0	0	28.8
1926		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1927		0	0	0	0	0	0	12.6	0	0.2	0	0	0	12.8
1928		0	0	0	0	0	0	13.3	0	0	0	0	0	13.3
1929		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.0	0	4.0
1930		0	0	0	0	0	0	0	28.0	0	0	0.2	0	28.2
1931		0	0	0	0.4	0	0	0	0	1.0	2.0	1.0	0	4.4
1932		0	0	0	0	0	11.0	9.0	0	0	0	0	0	20.0
1933		0	0	0	0	0	0	0	0	5.0	0	0	0	5.0
1934		0	0	0	0	0	0	0.3	1.0	0	0	0	0	1.3
1935		0	0	0	0	0	0	1.0	0	0	10.0	0	0	11.0
1936		0	0	0	0	0	0	3.0	0	0	1.0	0	0	4.0
1937		0	0	0	0	0	0	0	0	3.0	0	0	0	3.0
1938		0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0	2.0	0	3.0
1939		0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.0	0	0	8.0
1940		0	0	0	0	0	39.0	17.0	0	0	0	0	1.0	57.0
1941		0	0	0	8.0	1.0	4.0	0	0	1.0	5.0	0	0	19.0
1942		0	0	0	0	0	0	1.0	0	0.2	1.0	0	0	2.2
1943		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1944		0	0	0	x	x	x	0	0	0	0	x	x	x
1945		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1946		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1947		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1948		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1949		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1950		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1951		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1952		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1953		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1955		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1956		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media.		0	0	0	0.2	0.6	2.1	3.2	0.9	0.5	1.1	0.2	0	9.3

FUENTE: Oficina meteorológica.

Tabla 3
COPIAPÓ
 Lat. 27°21'; Long. 70°24'; Alt. 370 m

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1900		0	0	0	15	0	0	25	47	0	0	1	0	87
1901		0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	8
1902		0	0	0	0	0	4	55	0	0	0	0	0	59
1903		0	0	0	0	7	21	12	0	0	0	0	0	40
1904		0	0	0	0	1	4	37	3	0	4	0	0	50
1905		0	0	0	0	6	0	32	13	0	0	0	0	51
1906		0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	6
1907		0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
1908		0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
1909		0	0	0	0	4	18	0	0	0	0	0	0	22
1910		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1911		0	0	0	0	11	0	2	0	0	0	0	0	13
1912		0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
1913		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1914		0	0	0	0	0	25	1	0	1	0	0	0	27
1915		0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	8
1916		0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
1917		x	x	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	x
1918		0	0	0	0	3	1	38	3	0	0	0	0	45
1919		0	0	0	0	15	35	0	0	0	0	0	0	50
1920		0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	0	0	6
1921		0	0	0	0	10	0	0	8	0	0	0	0	18
1922		0	0	0	0	0	8	0	22	0	0	0	0	29
1923		0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
1924		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1925		0	0	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	7
1926		0	0	0	0	0	36	7	0	0	0	0	0	43
1927		0	0	0	0	0	75	20	0	0	0	0	0	95
1928		0	0	0	0	3	1	37	3	0	0	0	0	45
1929		0	0	0	0	16	62	5	0	0	2	0	0	85
1930		0	0	0	0	0	0	10	62	1	0	0	0	73
1931		0	0	0	22	1	0	0	0	0	0	10	0	33
1932		0	0	0	0	0	31	8	0	0	0	0	0	39
1933		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1934		0	0	0	0	24	0	2	0	0	0	0	0	26
1935		0	0	0	0	0	0	10	8	0	16	0	0	34
1936		0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	24
1937		0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12
1938		0	0	10	0	31	0	0	0	0	0	0	0	41
1939		0	0	0	0	1	0	7	0	0	19	0	0	27
1940		0	0	0	0	0	52	14	8	0	0	0	0	74
1941		0	0	0	5	3	1	15	13	0	0	0	0	38
1942		0	0	0	0	4	47	1	4	1	1	0	0	58
1943		0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	34
1944		0	0	0	27	3	18	0	0	0	0	0	0	48
1945		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1946		0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	32
1947		0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
1948		0	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	7
1949		0	0	0	0	0	8	0	35	0	0	0	0	43
1950		0	0	0	0	15	2	0	0	0	0	0	0	17
1951		0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
1952		0	0	0	0	0	17	0	13	2	0	0	0	32
1953		0	0	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	9
1954		0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	17
1955		0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	7
1956		0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	x	x	x
Media		0	0	0.2	1.2	3.8	9.0	7.3	4.6	0.4	0.9	0.2	0	28.5

FUENTE: Oficina meteorológica.

Tabla 4
OVALLE
Lat. 30°36'; Long. 71°13'; Alt. 250 m

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1900		0	0	0	5	52	22	139	40	0	0	0	0	257
1901		0	0	0	0	0	42	27	50	0	0	0	0	119
1902		0	0	0	0	21	78	114	4	0	0	8	0	225
1903		0	0	0	1	0	151	52	0	0	1	0	0	205
1904		0	0	1	0	30	15	209	27	0	0	0	16	298
1905		0	0	10	0	143	15	86	35	12	0	0	0	301
1906		0	0	0	0	120	52	14	25	0	0	0	0	211
1907		0	0	0	4	26	44	36	6	6	0	0	0	122
1908		0	0	0	0	18	54	0	15	0	0	0	0	86
1909		0	0	0	0	6	79	5	19	12	0	0	0	121
1910		0	0	0	1	0	37	38	19	0	0	0	0	94
1911		0	0	4	0	10	36	6	4	0	0	0	0	60
1912		0	0	0	0	61	0	0	14	0	0	0	0	75
1913		0	0	0	0	2	0	25	14	0	0	0	0	40
1914		0	0	0	0	23	185	26	11	43	15	10	0	312
1915		0	0	0	0	77	58	0	0	0	0	0	0	135
1916		0	0	0	0	0	0	11	0	17	0	2	0	30
1917		0	0	0	2	11	46	6	0	10	0	0	0	75
1918		0	0	0	0	0	26	33	0	49	1	0	0	108
1919		0	0	0	0	186	0	96	13	0	0	0	0	295
1920		0	0	0	0	29	16	5	5	0	4	0	0	59
1921		0	0	0	0	118	40	0	9	0	0	0	0	168
1922		0	0	0	0	0	56	16	74	16	0	0	0	162
1923		0	0	0	0	0	23	71	36	0	1	0	0	131
1924		0	0	0	0	0	2	3	20	1	0	0	0	26
1925		0	0	0	0	0	0	42	1	0	28	0	0	71
1926		0	0	0	0	36	158	114	30	8	0	0	0	347
1927		0	0	0	0	19	94	14	2	0	0	0	0	129
1928		0	0	0	14	22	68	49	2	0	0	0	0	154
1929		0	0	0	0	0	122	14	4	5	0	0	0	145
1930		0	0	0	1	1	67	58	139	9	0	0	0	275
1931		0	0	0	17	3	46	37	17	29	0	4	0	153
1932		0	0	0	0	21	70	14	28	0	0	0	9	142
1933		0	0	0	0	20	33	1	0	0	0	0	0	54
1934		0	0	0	0	98	51	0	6	3	3	0	0	161
1935		0	0	0	0	4	46	35	10	0	9	0	0	104
1936		0	0	0	1	16	8	47	11	0	1	0	0	84
1937		0	0	0	0	1	34	35	40	6	0	0	0	116
1938		0	0	0	0	34	26	15	0	0	0	0	0	75
1939		0	0	0	0	4	39	5	0	10	32	0	27	117
1940		0	0	0	0	10	73	60	45	1	0	0	0	189
1941		0	0	0	3	83	20	54	75	0	0	0	0	235
1942		0	0	0	0	14	35	23	59	6	11	3	0	151
1943		0	0	1	0	15	50	14	61	2	0	0	0	143
1944		0	3	0	14	28	124	3	55	0	3	0	0	229
1945		0	51	0	1	0	0	0	25	9	0	0	0	86
1946		0	0	0	6	34	56	5	7	0	0	0	0	108
1947		0	0	0	0	0	11	34	9	0	6	0	0	60
1948		0	0	0	2	7	6	40	6	0	1	0	0	62
1949		0	0	0	0	16	24	81	32	0	0	0	0	154
1950		0	0	0	17	91	0	0	0	9	2	13	0	132
1951		0	0	0	0	26	36	27	0	4	0	0	0	93
1952		0	0	0	0	31	96	46	0	4	4	0	0	179
1953		0	0	0	42	16	3	11	50	15	0	0	0	137
1954		0	0	0	5	16	49	16	18	0	0	0	0	104
Media.		0	1	0.3	2.5	28.1	44.2	33.5	20.5	5.0	2.1	0.8	1	138.9

FUENTE: E. Almeyda A.

Tabla 5
SANTIAGO
Lat. 33°27'; Long. 70°42'; Alt. 520 m

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1900		0	1	22	2	123	130	353	109	19	61	0	0	820
1901		0	0	5	1	71	110	68	109	0	20	0	0	382
1902		0	5	5	1	105	150	187	18	8	6	21	0	506
1903		0	0	1	21	27	99	38	0	1	6	0	0	194
1904		0	1	36	6	232	78	172	74	21	16	3	48	686
1905		0	0	3	2	156	186	180	56	22	8	0	3	616
1906		1	8	0	1	112	41	36	88	7	0	0	0	293
1907		0	1	0	17	56	80	34	21	45	9	0	5	269
1908		1	1	0	42	30	83	9	31	5	0	0	0	204
1909		0	0	0	2	11	89	22	21	32	4	0	3	184
1910		0	0	10	16	1	158	36	32	1	3	8	5	271
1911		0	0	0	26	21	45	30	12	16	0	0	20	170
1912		0	0	0	5	98	125	3	50	8	2	1	0	291
1913		0	0	0	4	39	15	121	43	44	1	0	0	268
1914		0	0	0	6	58	206	125	74	102	72	57	0	700
1915		0	4	1	21	110	77	9	9	2	2	0	0	237
1916		6	0	16	7	22	6	86	33	24	1	23	1	225
1917		0	0	1	16	30	96	3	15	42	0	0	0	204
1918		0	0	5	26	35	66	24	22	168	7	24	0	377
1919		1	0	0	55	221	183	144	18	20	4	3	0	650
1920		0	0	0	0	101	81	48	24	1	5	7	23	290
1921		0	0	0	15	249	95	1	53	22	2	0	0	435
1922		0	0	3	0	24	216	53	85	39	27	1	0	448
1923		0	0	0	0	7	72	98	79	13	32	5	0	307
1924		0	0	13	1	0	16	10	11	12	3	0	0	66
1925		0	0	0	2	24	9	72	2	138	11	1	0	259
1926		0	0	3	0	35	433	234	44	8	3	0	0	761
1927		0	1	0	1	77	111	112	29	68	6	1	0	406
1928		0	1	0	32	97	159	36	4	10	1	0	0	341
1929		18	0	0	0	44	46	20	162	36	13	0	16	354
1930		0	0	3	18	15	90	95	151	12	102	14	0	503
1931		11	0	0	7	21	47	101	64	44	0	27	0	320
1932		0	1	0	7	43	66	91	106	20	1	0	16	350
1933		41	16	0	0	66	82	31	55	21	5	0	0	316
1934		0	0	1	0	268	146	30	9	14	44	8	0	520
1935		0	0	0	3	22	86	37	29	30	45	0	0	252
1936		0	0	0	17	134	65	76	62	11	0	2	12	379
1937		0	0	0	0	42	69	95	71	49	17	4	0	347
1938		0	10	29	9	46	59	30	1	1	12	6	0	203
1939		3	0	0	0	71	89	15	39	18	41	2	45	323
1940		0	14	0	18	18	84	148	21	23	4	10	0	340
1941		0	0	11	86	100	120	167	145	9	12	24	0	674
1942		0	0	0	0	33	95	84	117	16	15	41	1	402
1943		0	0	27	6	31	25	31	32	27	25	0	0	204
1944		19	21	1	13	64	136	21	173	1	43	0	0	492
1945		0	85	0	21	5	0	37	72	27	0	0	0	247
1946		0	0	0	11	14	29	38	26	1	8	0	0	127
1947		0	0	1	3	23	111	31	63	3	19	0	0	253
1948		0	0	4	47	80	32	165	12	21	7	0	0	368
1949		0	0	12	0	185	46	22	39	2	0	0	0	306
1950		0	0	1	77	81	17	0	45	39	10	22	0	293
1951		0	0	0	20	81	65	106	13	36	0	2	0	323
1952		0	3	0	0	98	102	40	28	41	15	8	0	335
1953		7	0	0	39	71	38	102	199	113	15	0	0	583
1954		0	1	0	61	68	85	71	14	12	5	0	0	316
1955		0	0	1	14	45	53	21	20	5	33	2	0	194
1956		6	0	40	13	37	5	64	77	14	4	3	x	x
Media		2	3	4.5	14.3	69.5	89.5	72.1	52.9	27.0	14.1	5.8	3.5	322

FUENTE: Observatorio.

Tabla 6
CHILLAN
Lat. 36°36'; Long. 72°06'

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1913	x	x	x	x	x	300	191	148	81	5	0	7	x	
1914	0	0	0	98	251	361	467	120	145	87	117	7	1 654	
1915	0	5	6	89	356	143	160	121	39	27	6	20	973	
1916	12	0	84	51	160	51	82	151	102	0	110	48	849	
1917	11	12	28	51	115	136	61	126	114	13	1	69	737	
1918	30	0	58	149	226	208	107	110	81	5	146	1	1 121	
1919	0	39	6	108	295	272	273	107	215	10	42	14	1 381	
1920	0	0	87	19	333	225	52	135	79	54	45	22	1 051	
1921	17	10	33	52	325	142	19	159	24	24	22	25	853	
1922	39	7	66	16	45	406	245	201	79	71	2	0	1 175	
1923	0	45	44	0	13	224	218	195	64	132	56	23	1 014	
1924	0	24	29	8	73	136	119	31	57	3	3	0	484	
1925	1	82	21	82	37	105	157	63	354	40	25	15	982	
1926	9	0	130	21	94	454	331	104	82	40	2	38	1 305	
1927	0	7	10	22	396	105	181	84	181	23	31	21	1 062	
1928	5	14	33	109	244	209	126	58	21	14	29	28	890	
1929	84	0	0	56	110	217	67	239	152	44	13	84	1 066	
1930	0	7	6	85	108	276	565	143	23	172	91	87	1 563	
1931	77	6	10	79	53	290	251	166	77	67	32	1	1 109	
1932	3	0	12	84	24	485	260	192	92	100	11	45	1 314	
1933	131	14	19	97	199	190	119	231	71	44	2	37	1 154	
1934	0	30	57	19	258	571	128	71	40	41	7	3	1 225	
1935	13	46	6	21	221	249	113	157	73	71	59	76	1 105	
1936	0	0	13	95	301	245	184	139	33	26	11	51	1 098	
1937	0	82	5	49	153	165	143	360	44	12	16	0	1 029	
1938	0	0	65	23	188	148	198	43	74	36	50	0	825	
1939	42	35	0	24	213	217	9	159	38	200	0	60	962	
1940	2	55	0	137	264	265	287	25	66	63	65	29	1 258	
1941	0	36	78	26	164	161	223	87	7	45	108	52	987	
1942	0	0	5	40	99	74	242	269	29	40	0	0	758	
1943	0	4	39	22	206	74	91	119	146	9	15	0	725	
1944	0	23	0	26	139	197	64	242	37	128	30	0	885	
1945	0	30	35	45	260	60	172	104	82	10	50	0	538	
1946	51	15	10	96	120	103	143	65	104	11	47	14	780	
1947	3	0	1	63	67	284	102	75	48	44	20	5	713	
1948	3	7	0	168	137	131	302	63	163	41	0	19	1 036	
1949	0	21	60	21	397	235	46	34	13	2	10	57	895	
1950	0	2	23	170	314	229	58	202	99	34	106	8	1 244	
1951	69	21	7	2	241	301	254	60	60	19	66	5	1 103	
1952	0	5	53	0	168	142	133	41	30	58	19	0	649	
1953	50	36	36	101	430	102	185	283	262	24	12	26	1 547	
1954	0	22	0	54	220	198	325	101	50	56	12	26	1 064	
1955	4	55	0	59	56	261	28	150	24	10	1	88	737	
1956	69	9	133	146	204	73	186	79	56	x	x	x	x	
Media.	16.8	18.7	30.5	62.4	192.4	213.5	174.1	132.1	84.4	45.6	34.6	25.8	996.9	

FUENTE: E. Almeyda A.

Tabla 7
VALDIVIA

Lat. 39°48'; Long. 73°14'

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1901	. . .	40	160	57	179	347	620	550	436	267	58	255	42	2 990
1902	. . .	24	105	143	242	602	485	542	233	274	79	162	51	2 942
1903	. . .	42	50	58	141	131	535	196	249	239	84	82	125	1 933
1904	. . .	28	22	110	309	393	556	784	311	543	207	127	103	3 493
1905	. . .	34	7	117	320	223	714	397	521	248	301	35	100	3 015
1906	. . .	128	58	128	335	415	482	387	326	284	103	2	73	2 720
1907	. . .	60	105	56	17	298	483	360	450	287	247	44	176	2 583
1908	. . .	8	25	262	503	645	403	234	493	194	160	124	76	3 127
1909	. . .	47	77	22	223	193	260	196	561	73	195	91	72	2 011
1910	. . .	120	69	16	154	222	578	432	590	51	42	114	0	2 389
1911	. . .	76	28	26	330	412	145	264	348	177	17	221	110	2 155
1912	. . .	26	124	48	332	346	360	204	299	57	131	111	73	2 109
1913	. . .	7	63	103	432	583	278	658	233	229	82	1	58	2 726
1914	. . .	162	11	63	64	512	658	545	261	404	75	102	70	3 026
1915	. . .	16	57	49	383	758	385	534	325	159	138	106	67	2 976
1916	. . .	65	15	179	145	377	102	282	372	236	54	181	205	2 211
1917	. . .	81	81	47	86	146	526	252	242	315	93	82	132	2 083
1918	. . .	98	9	210	296	586	350	308	236	233	119	313	20	2 778
1919	. . .	37	89	111	302	801	323	459	207	213	53	210	103	2 909
1920	. . .	46	10	231	260	661	328	201	290	262	111	219	82	2 700
1921	. . .	119	121	64	406	521	409	182	475	120	83	13	327	2 840
1922	. . .	68	38	119	54	200	380	915	379	104	106	45	19	2 426
1923	. . .	12	71	222	86	169	365	x	385	255	152	45	98	x
1924	. . .	0	96	155	263	220	439	413	145	121	92	37	69	2 050
1925	. . .	81	68	81	288	138	387	314	391	641	42	214	130	2 774
1926	. . .	118	67	249	203	268	707	271	239	219	160	210	130	2 842
1927	. . .	54	84	91	168	225	226	253	336	482	91	58	56	2 124
1928	. . .	89	98	258	445	244	601	467	170	98	30	190	246	2 937
1929	. . .	198	80	61	225	248	520	334	508	216	113	93	206	2 802
1930	. . .	1	18	103	190	266	618	449	256	109	193	229	245	2 677
1931	. . .	69	22	53	194	182	337	396	351	126	182	75	34	2 021
1932	. . .	69	95	103	527	123	584	552	413	266	195	88	60	3 075
1933	. . .	207	77	210	191	212	445	209	364	108	172	146	141	2 482
1934	. . .	75	73	204	71	298	553	256	165	210	132	20	48	2 105
1935	. . .	37	77	120	104	452	263	75	247	202	145	179	184	2 085
1936	. . .	164	33	79	234	580	412	486	289	222	110	31	292	2 932
1937	. . .	4	149	197	68	326	475	443	406	116	45	201	25	2 455
1938	. . .	42	7	86	98	294	557	393	211	250	158	114	33	2 243
1939	. . .	93	118	26	88	539	462	229	308	210	209	30	33	2 345
1940	. . .	48	162	56	328	588	470	542	124	156	120	134	168	2 896
1941	. . .	0	56	25	227	252	334	548	508	105	150	175	140	2 520
1942	. . .	39	79	113	202	203	217	289	370	241	52	46	69	1 920
1943	. . .	1	62	127	136	394	236	388	144	262	122	68	2	1 942
1944	. . .	16	31	55	74	223	562	338	623	159	484	128	26	2 718
1945	. . .	7	81	191	202	575	288	522	463	140	104	168	128	2 868
1946	. . .	85	117	78	122	389	233	484	162	290	146	210	67	2 385
1947	. . .	117	62	40	105	361	560	118	216	211	68	109	61	2 027
1948	. . .	114	12	40	173	247	390	592	179	342	90	22	123	2 329
1949	. . .	10	40	226	169	765	660	144	101	85	11	22	84	2 417
1950	. . .	1	55	114	274	575	538	262	441	178	102	176	69	2 786
1951	. . .	124	48	59	32	1 127	629	490	264	317	106	178	54	3 428
1952	. . .	x	x	153	33	285	173	225	234	66	66	66	2	x
1953	. . .	190	60	109	66	618	332	438	480	464	82	29	72	2 940
1954	. . .	34	63	11	299	260	317	390	230	216	92	58	80	2 051
1955	. . .	81	62	53	155	128	302	108	166	97	18	35	140	1 343
1956	. . .	110	38	118	137	169	165	252	209	84	48	25	x	x
Media	. . .	65.8	65.1	108.6	208.7	380.6	423.5	373.6	320.2	218.4	118.2	111.5	98.1	2 466.8

FUENTE: E. Almeyda A.

Tabla 8
PUERTO MONTT
 Lat. 41°28'; Long. 72°56'

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1901		59	163	87	116	331	470	288	278	171	70	227	115	2 375
1902		107	170	195	263	542	231	310	229	162	137	118	94	2 558
1903		108	102	135	145	178	321	154	193	201	127	112	152	1 928
1904		92	41	180	270	236	451	330	164	307	193	192	92	2 548
1905		114	24	128	172	185	301	215	372	247	179	70	54	2 061
1906		115	76	164	264	396	338	253	241	175	114	42	135	2 313
1907		57	126	83	89	183	365	212	202	180	111	39	135	1 782
1908		x	x	x	x	x	264	125	x	140	189	131	85	x
1909		76	8	48	116	148	202	110	339	66	155	74	135	1 478
1910		124	126	18	125	228	335	241	297	128	70	167	7	1 864
1911		109	54	33	262	199	91	192	210	102	62	171	131	1 614
1912		63	222	83	230	263	224	174	239	72	191	134	125	2 016
1913		6	75	98	279	248	199	374	168	164	103	34	76	1 824
1914		109	29	68	70	248	379	203	154	303	90	210	67	1 928
1915		x	111	69	352	386	345	339	303	125	131	121	112	x
1916		139	27	101	130	270	128	204	254	216	81	205	119	1 883
1917		83	78	110	59	116	182	159	182	100	66	97	131	1 368
1918		x	37	281	227	x	x	x	x	183	125	154	57	x
1919		121	110	174	277	501	185	235	208	191	127	202	118	2 449
1920		108	52	279	222	418	186	234	176	189	158	207	123	2 353
1921		244	176	101	338	302	296	130	358	91	71	45	346	2 498
1922		x	x	126	x	x	x	x	273	78	97	58	44	x
1923		x	91	287	x	87	249	138	193	x	x	x	x	x
1924		25	227	190	206	139	363	238	130	99	63	55	128	1 862
1925		103	102	69	244	137	211	170	x	305	88	178	134	x
1926		226	85	309	151	192	319	175	205	170	139	252	215	2 438
1927		91	113	160	250	250	282	228	258	172	125	150	135	2 214
1928		x	x	x	x	x	230	254	97	55	51	126	148	x
1929		74	253	146	235	137	195	173	280	132	102	107	279	2 113
1930		84	71	186	249	292	686	431	246	301	327	326	456	3 653
1931		171	89	46	162	137	156	176	160	61	155	93	61	1 467
1932		58	114	96	292	100	242	314	169	179	121	116	71	1 872
1933		144	112	207	155	130	185	97	257	104	115	139	116	1 761
1934		91	91	132	54	142	313	191	195	175	107	32	82	1 613
1935		86	96	116	120	257	397	111	167	146	107	112	140	1 855
1936		38	55	105	176	265	257	200	147	184	96	58	224	1 805
1937		36	137	262	93	203	235	214	154	69	80	176	55	1 714
1938		111	20	96	98	195	257	230	137	151	165	186	50	1 696
1939		141	166	63	75	368	255	130	224	127	217	100	48	1 914
1940		107	162	124	212	308	334	255	99	158	104	112	115	2 090
1941		2	85	109	231	197	226	273	245	73	43	115	95	1 696
1942		57	62	180	126	181	130	186	183	166	64	74	105	1 514
1943		41	69	155	93	179	151	177	60	172	120	73	8	1 298
1944		32	74	80	142	142	297	137	358	184	321	106	44	1 917
1945		44	107	163	175	455	234	361	320	138	85	18	189	2 446
1946		94	171	77	127	242	139	249	155	308	239	291	64	2 194
1947		138	89	71	98	234	296	114	175	141	74	111	112	1 691
1948		114	43	101	153	139	285	247	122	269	99	40	154	1 765
1949		49	179	192	133	412	387	121	111	157	20	44	94	1 900
1950		24	143	203	182	240	423	222	281	149	79	130	117	2 193
1951		178	52	48	44	440	181	211	130	209	138	123	94	1 855
1952		29	43	238	60	253	114	205	154	136	57	78	43	1 410
1953		154	98	185	36	387	275	305	369	324	88	60	118	2 400
1954		70	58	46	128	218	200	450	212	266	215	93	188	2 142
1955		137	129	91	322	57	317	346	287	97	50	51	206	2 090
1956		155	66	170	181	156	176	155	192	157	77	58	x	x
Media.		94.8	99.2	134.5	173.2	243.2	268.3	221.5	213.4	165.9	119.6	119.8	121.1	1 860

FUENTE: E. Almeyda A.

Tabla 9
AYSEN
Lat. 45°23'; Long. 72°48'

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1928 . . .	x	x	x	288	57	365	557	262	110	53	343	195	x	x
1929 . . .	204	192	175	368	210	265	345	174	264	200	395	437	3 299	
1930 . . .	153	36	231	105	262	236	174	204	204	x	x	x	x	
1931 . . .	x	268	99	179	235	277	244	171	135	398	127	203	x	
1932 . . .	241	209	393	556	302	326	376	164	241	285	215	252	2 561	
1933 . . .	313	390	313	287	471	387	294	462	244	252	167	70	3 650	
1934 . . .	205	170	212	145	242	111	481	281	97	138	28	32	2 142	
1935 . . .	246	202	250	161	366	352	192	276	166	175	416	395	3 197	
1936 . . .	238	89	262	242	183	278	423	210	223	79	48	331	2 606	
1937 . . .	25	331	331	254	367	544	358	285	152	149	311	184	3 291	
1938 . . .	281	107	363	182	385	352	333	324	213	257	462	226	3 485	
1939 . . .	269	255	179	191	260	317	350	397	105	223	84	96	2 726	
1940 . . .	283	212	256	347	350	342	317	160	172	61	220	205	2 925	
1941 . . .	44	130	107	221	217	251	222	308	231	172	255	329	2 487	
1942 . . .	219	231	257	326	214	165	270	303	208	124	132	223	2 672	
1943 . . .	88	180	247	104	364	179	194	69	283	387	127	69	2 291	
1944 . . .	14	106	102	114	226	188	182	313	406	368	142	100	2 261	
1945 . . .	81	113	305	427	354	222	372	364	184	343	233	317	3 169	
1946 . . .	193	212	48	265	350	108	234	238	163	238	372	196	2 615	
1947 . . .	345	252	129	124	316	199	165	313	254	175	113	180	2 564	
1948 . . .	158	151	210	185	377	506	166	177	120	157	58	316	2 581	
1949 . . .	185	286	409	259	362	329	254	182	186	42	143	189	2 826	
1950 . . .	87	263	521	244	329	472	330	308	90	110	144	357	3 255	
1951 . . .	194	79	179	146	488	331	184	430	269	246	392	57	2 999	
1952 . . .	228	135	420	212	349	55	217	214	242	195	136	22	2 425	
1953 . . .	405	229	379	127	436	338	337	357	248	123	98	89	3 165	
1954 . . .	117	180	95	164	162	114	427	397	198	176	169	234	2 432	
1955 . . .	117	241	109	330	90	205	202	216	127	48	99	449	2 293	
1956 . . .	229	122	195	114	151	272	247	264	230	214	106	x	x	
<i>Media.</i> . . .	191	192	242	229	291	279	291	269	198	192	198	213	2 796	

Tabla 10

PUNTA ARENAS
Lat. 53°10'; Long. 70°54'

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Totales
1901		74	25	22	20	13	27	28	27	46	18	48	49	397
1902		75	11	31	18	27	8	23	14	25	28	46	7	313
1903		44	36	107	19	48	28	28	8	35	32	58	27	470
1904		72	21	47	40	25	58	27	29	59	23	46	36	483
1905		29	18	21	32	15	81	31	7	11	15	27	7	294
1906		37	28	45	33	25	24	8	64	15	38	36	13	366
1907		40	15	26	56	95	35	5	43	33	61	20	66	495
1908		18	14	70	50	34	71	25	29	40	24	31	37	443
1909		4	26	53	88	66	71	25	19	37	25	10	17	441
1910		43	5	50	22	74	30	13	36	43	24	19	7	366
1911		48	17	56	94	56	39	57	32	15	7	36	48	504
1912		56	40	38	75	44	19	81	8	42	30	56	30	519
1913		9	66	47	54	69	33	111	42	33	20	21	38	542
1914		39	38	32	64	56	90	98	26	33	24	20	73	594
1915		9	18	39	41	115	34	51	24	12	19	50	49	460
1916		29	30	115	69	76	31	42	22	26	38	51	27	546
1917		30	50	43	30	23	46	35	93	100	18	27	41	537
1918		13	26	37	130	25	118	34	106	37	24	49	22	621
1919		18	33	19	32	188	30	100	21	18	3	6	16	485
1920		30	15	93	30	50	72	44	66	77	3	29	20	529
1921		26	39	8	26	33	29	36	15	5	1	17	21	307
1922		24	12	5	26	63	19	62	18	34	24	25	9	322
1923		37	20	24	38	19	8	8	19	6	0	44	0	221
1924		22	27	24	56	35	23	25	15	3	31	23	36	320
1925		17	8	20	34	29	55	29	44	32	45	8	21	343
1926		78	34	60	39	23	33	3	35	17	72	20	20	436
1927		34	38	37	9	57	46	13	66	86	6	15	19	826
1928		29	3	17	24	2	22	34	11	11	6	33	16	208
1929		40	10	37	35	13	8	18	7	10	5	17	76	276
1930		4	15	3	19	13	48	21	23	16	9	18	30	219
1931		14	22	30	17	11	42	19	12	14	27	13	40	261
1932		28	7	96	91	36	71	72	27	50	6	33	58	575
1933		41	81	10	70	27	92	27	38	14	73	15	14	462
1934		59	8	10	33	79	56	46	35	19	16	18	28	407
1935		73	53	44	37	82	28	39	35	10	43	29	67	540
1936		17	19	36	41	16	13	35	10	8	20	7	11	233
1937		5	7	11	27	6	17	25	50	18	9	5	9	189
1938		4	7	15	33	37	51	15	13	19	47	40	100	381
1939		124	45	83	21	46	42	21	50	36	29	9	21	527
1940		26	43	20	26	54	37	73	32	72	18	54	35	500
1941		40	38	123	26	9	31	45	52	49	28	89	53	583
1942		33	37	58	47	45	60	21	51	71	45	65	9	542
1943		57	30	38	0	146	10	17	25	81	32	27	31	494
1944		2	26	3	33	40	21	66	28	27	40	38	38	362
1945		32	51	138	142	31	44	12	77	29	19	29	1	605
1946		4	52	30	22	65	34	43	28	46	54	61	2	440
1947		35	24	40	53	86	90	85	54	28	39	11	6	552
1948		21	14	6	110	50	22	18	8	111	6	38	41	445
1949		23	10	124	58	100	26	30	17	36	10	15	54	503
1950		45	35	137	107	93	136	56	53	25	88	34	19	829
1951		46	6	63	0	128	7	4	85	14	23	56	12	443
1952		13	0	28	44	58	48	37	57	20	15	33	10	360
1953		19	47	48	41	45	19	13	31	52	19	15	21	370
1954		12	7	26	8	20	29	36	87	9	13	64	63	376
1955		54	37	52	79	28	22	8	31	34	53	81	141	620
1956		117	32	70	93	37	28	128	52	34	5	12	x	x
Media.		35.2	26.3	45.8	45.7	49.7	41.2	37.6	35.8	33.6	25.8	32.1	32.9	437.8

FUENTE: E. Almeyda A.

Tabla 11

CHILE: TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DE ESTACIONES SELECCIONADAS

Est.	Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Promedio anual
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
Iquique	20.9	20.3	19.6	18.5	17.3	15.5	15.2	15.7	16.4	17.3	18.7	20.0	17.9	
Antofagasta	20.4	20.4	19.1	17.2	15.4	14.0	13.4	13.6	14.2	15.5	17.1	18.9	16.6	
Pintados	19.2	20.0	18.0	17.1	15.0	13.3	13.6	13.9	15.7	16.4	17.4	18.4	16.5	
Copiapó	20.7	20.7	19.1	16.8	13.9	12.2	12.2	13.5	14.8	16.6	18.1	19.3	16.5	
Vallenar	19.0	18.8	17.2	15.0	13.1	11.1	11.1	11.7	13.5	14.6	16.2	17.3	14.9	
La Serena	18.3	18.5	17.0	14.9	13.4	12.1	11.7	12.1	12.8	14.1	15.4	17.0	14.8	
Vicuña	19.9	19.6	18.0	15.3	13.4	11.4	11.3	12.3	13.2	15.5	16.9	19.2	15.5	
Ovalle	19.8	19.8	17.5	15.2	13.3	11.6	11.1	11.9	13.4	14.8	16.8	18.6	15.3	
Llavi-Llay	18.7	18.7	16.8	13.9	12.2	9.3	9.2	10.3	12.5	14.5	16.3	18.2	14.2	
Quillota	18.4	17.9	16.5	14.2	12.4	10.6	10.3	11.1	12.4	14.1	16.1	17.8	14.3	
Santiago	20.6	19.8	17.4	14.0	10.8	8.2	8.0	9.3	11.5	14.2	17.0	19.5	14.0	
Rancagua	21.5	20.3	17.2	13.6	10.2	8.0	8.1	8.5	10.8	13.9	16.6	19.5	14.0	
San Fernando	20.0	19.1	16.6	13.0	10.1	7.7	7.5	8.5	10.6	13.3	16.0	18.6	13.4	
Talca	22.1	21.0	18.2	14.2	10.9	8.7	8.5	9.5	11.7	14.7	17.5	20.4	14.8	
Curicó	21.2	20.4	17.6	13.7	10.4	8.5	8.1	9.1	11.5	14.3	17.2	20.0	14.3	
Constitución	18.2	17.7	16.0	13.7	12.2	10.8	10.1	10.4	11.7	13.4	15.5	17.2	14.0	
Linares	20.1	19.2	16.2	12.8	9.8	7.8	7.7	8.4	11.3	12.8	15.1	18.0	13.2	
Cauquenes	22.0	21.0	18.4	14.8	11.8	9.6	9.1	9.7	11.3	14.2	17.2	18.2	14.8	
Chillán	21.9	20.8	17.9	13.8	11.4	9.2	9.1	9.4	11.3	14.3	16.6	17.9	14.4	
Concepción	18.1	17.3	15.3	12.9	11.7	9.7	9.3	9.3	10.7	12.7	15.0	17.0	13.2	
Los Angeles	20.5	19.8	16.8	13.6	10.6	8.6	8.0	8.5	10.6	13.0	15.6	18.8	13.7	
Traiguén	17.7	17.3	15.1	12.3	9.7	8.0	7.6	8.0	9.5	11.6	13.8	16.2	12.2	
Temuco	15.7	15.4	13.7	11.1	9.1	7.5	7.2	7.5	9.0	10.7	12.4	14.2	11.1	
Valdivia	17.0	16.4	14.4	11.8	9.8	8.2	7.8	8.1	9.3	11.5	13.3	15.4	11.9	
Río Bueno	16.5	16.0	14.1	11.2	8.9	7.4	7.0	7.4	8.6	11.2	12.8	14.6	11.3	
Puerto Montt	13.8	14.1	12.6	10.6	9.1	7.7	7.2	7.4	8.2	10.1	11.7	13.4	10.5	
Mauñín	13.6	13.0	11.4	9.8	8.3	7.1	6.5	6.8	7.6	9.6	10.7	12.3	9.7	
Corona	13.8	13.6	12.6	11.2	9.7	8.7	8.3	8.2	8.7	9.9	11.0	12.6	10.7	
Morro Lobos	13.3	12.9	11.8	9.8	8.0	6.8	6.8	6.6	7.3	9.1	10.1	12.0	9.5	
Puerto Aysén	14.0	13.2	11.2	9.1	6.7	4.7	4.5	4.9	6.7	9.1	10.9	12.7	9.0	
Punta Arenas	11.1	10.7	8.9	6.7	4.1	2.6	2.3	2.9	4.6	7.1	8.6	10.3	6.7	
Punta Dúngenes	11.5	11.2	9.9	7.7	5.2	3.5	2.8	3.0	4.5	6.7	8.3	10.3	7.1	

Tabla 12

CHILE: SIEMBRA Y COSECHA DE ALGUNOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Cultivos		Zona Norte	Zona Central	Zona Sur	Zona Austral
Trigo	s	Abril-junio	Abril-agosto	Abril-junio	Junio-julio
	c	Noviembre-enero	Diciembre-febrero	Febrero-marzo	Marzo
Maíz	s	Julio-septiembre	Octubre-noviembre	—	—
	c	Diciembre-febrero	Febrero	—	—
Arroz	s	—	Octubre-noviembre	—	—
	c	—	Marzo-abril	—	—
Betarraga	s	—	Agosto	Septiembre-octubre	—
	c	—	Marzo	Marzo	—
Papas	s	Febrero y junio	Julio y oct.-nov.	Septiembre-noviembre	Octubre-noviembre
	c	Junio y enero	Octubre, nov. y mar.	Marzo-abril	Abril-mayo
Frejoles	s	Agosto-septiembre	Octubre-noviembre	Octubre-noviembre	—
	c	Marzo-abril	Febrero-marzo	Marzo-abril	—
Cebollas	s	Enero, feb. y oct.	Enero-abril; sept.-oct.	Octubre	—
	c	Agosto y marzo	Sept.-dic.; marzo	Marzo	—
Manzano	s	—	Septiembre-octubre	Septiembre-octubre	—
	c	—	Abril-mayo	Abril-mayo	—
Vid	s	—	Octubre-noviembre	Octubre-noviembre	—
	c	—	Marzo-abril	Marzo-abril	—

FUENTE: Ministerio de Agricultura.

CLAVE: Zona Norte = Tarapacá a Coquimbo inclusivos; Zona Central = Aconcagua a Concepción; Zona Sur = Bio-Bio a Llanquihue; Zona Austral = Chiloé, Aysén y Magallanes; s = siembra; c = cosecha.

Tabla 13

CHILE: PORCENTAJES DE LLUVIA DE CADA MES EN DISTINTAS ZONAS (PARA CICLOS VEGETATIVOS)

Ciudad	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Zona Norte</i>												
Antofagasta . . .	0.0	0.0	0.0	1.8	5.4	18.9	28.9	8.1	4.5	9.9	22.5	0.0
Caldera . . .	0.5	0.2	0.0	2.9	15.6	31.9	21.4	14.4	3.7	4.5	3.3	1.6
Copiapó . . .	0.0	0.0	0.7	4.1	12.9	30.9	24.8	21.4	1.4	3.1	0.7	0.0
Vallenar . . .	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	29.4	18.8	20.5	3.4	4.3	0.0	0.0
La Serena . . .	0.0	0.9	1.1	1.6	20.9	30.2	23.5	14.5	3.9	2.1	0.8	0.4
Vicuña . . .	0.0	0.7	0.9	2.5	18.4	28.8	22.5	17.9	4.4	3.2	0.4	0.3
<i>Promedio</i>	<i>0.1</i>	<i>0.3</i>	<i>0.4</i>	<i>2.2</i>	<i>16.1</i>	<i>28.4</i>	<i>23.3</i>	<i>16.1</i>	<i>3.6</i>	<i>4.5</i>	<i>4.6</i>	<i>0.4</i>
<i>Zona Central</i>												
Santiago . . .	0.6	0.9	1.2	4.0	19.4	24.9	20.1	14.7	7.6	4.0	16.2	1.0
Temuco . . .	2.7	3.0	5.1	8.2	16.3	15.8	14.6	11.9	7.7	5.3	5.5	4.0
Chillán . . .	1.7	1.8	2.9	6.1	18.6	20.7	16.8	12.8	8.4	4.4	3.3	2.5
Curicó . . .	0.8	0.7	1.6	5.8	19.0	25.0	19.5	12.7	7.5	3.9	2.2	1.3
Concepción . . .	1.2	2.1	3.4	10.0	16.9	19.3	17.3	13.0	7.7	3.9	3.2	2.0
Los Andes . . .	0.6	1.1	1.1	5.2	19.6	25.7	17.6	15.8	7.4	3.4	1.3	1.1
Rancagua . . .	0.7	0.6	1.7	5.2	19.4	24.4	18.0	14.6	7.8	4.1	2.5	1.0
Valparaíso . . .	0.4	0.3	1.1	3.9	20.9	27.8	20.8	14.1	6.0	2.8	1.4	0.5
Quillota . . .	0.5	1.1	0.5	3.8	18.5	28.2	20.7	16.3	5.4	3.0	1.5	0.5
Llay-Llay . . .	0.0	0.2	0.1	4.9	19.9	26.8	19.9	18.2	5.8	3.4	1.3	0.0
San Felipe . . .	0.9	1.3	0.6	4.8	18.5	27.3	17.6	16.7	7.0	3.3	1.3	0.8
<i>Promedio</i>	<i>0.9</i>	<i>1.2</i>	<i>1.8</i>	<i>5.6</i>	<i>18.8</i>	<i>24.1</i>	<i>18.5</i>	<i>14.6</i>	<i>7.1</i>	<i>3.8</i>	<i>3.6</i>	<i>1.3</i>
<i>Zona Sur</i>												
Valdivia . . .	2.6	2.6	4.4	8.4	15.3	17.0	15.1	12.8	8.7	4.7	4.5	3.9
Puerto Montt . . .	4.8	5.0	6.8	8.8	12.3	13.6	11.2	10.8	8.4	6.1	6.1	6.1
Osorno . . .	3.2	3.7	5.0	8.0	14.7	17.2	13.9	11.9	8.8	5.2	4.1	4.3
Ancud . . .	3.8	4.6	6.1	8.8	12.9	14.4	12.9	10.7	8.8	5.9	5.6	5.6
Mauñín . . .	4.2	4.9	6.7	8.5	12.3	14.6	12.4	11.1	8.6	5.3	5.4	6.0
<i>Promedio</i>	<i>3.7</i>	<i>4.1</i>	<i>5.8</i>	<i>8.5</i>	<i>13.5</i>	<i>15.4</i>	<i>13.1</i>	<i>11.5</i>	<i>8.7</i>	<i>5.4</i>	<i>5.1</i>	<i>5.2</i>
<i>Zona Austral</i>												
Dúngenes . . .	10.3	7.6	9.9	9.5	9.5	8.7	8.4	8.4	4.9	4.9	6.8	11.0
Navarino . . .	10.7	8.1	9.3	8.5	10.5	6.2	8.3	10.1	6.0	5.8	8.1	8.5
Punta Arenas . . .	7.9	5.9	10.4	10.4	11.3	9.2	8.6	8.2	7.7	5.9	7.2	7.4
<i>Promedio</i>	<i>9.6</i>	<i>7.2</i>	<i>9.9</i>	<i>9.5</i>	<i>10.4</i>	<i>8.0</i>	<i>8.4</i>	<i>8.9</i>	<i>6.2</i>	<i>5.5</i>	<i>7.4</i>	<i>9.0</i>

Tabla 14

CHILE: ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONTROLADAS POR LA OFICINA METEOROLÓGICA Y LA FUERZA AEREA

Nombre	Latitud		Longitud		Altura		Nubosidad	Dirección del viento	Fuerza del viento	Altura de la nube	Presión	Temperatura	Temperat. máx. y mín.	Punto de rocío	Humedad relat.	Agua caído	Caract. y tend. barom.	Vientos altos	Horas sol en el día	Visibilidad	Tiempo presente	Tiempo pasado	Radio-sonda
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	Metros	Pies																	
Arica	18	30	70	19	100	328	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Iquique	20	13	70	09	8	27	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Los Cóncores	20	15	70	07	518	1 700	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Antofagasta	23	29	70	26	119	390	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Monturiqui	24	25	68	27	3 472	11 391	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chañaral	26	20	70	37	9	30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potrerillos	26	30	69	27	2 850	9 351	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Caldera	27	03	70	50	14	46	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isla de Pascua	27	10	109	26	41	134	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Copiapó	27	21	70	20	370	1 214	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vallenar	28	35	70	46	470	1 542	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
La Serena	29	54	71	15	142	466	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Tortuga	29	57	71	22	25	82	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
El Cristo	32	50	70	07	3 830	12 566	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Quintero	32	47	71	32	2	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Angeles	33	01	71	38	41	135	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Belloto	33	03	71	24	121	397	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coina	33	12	70	40	542	1 778	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Santiago	33	27	70	42	520	1 706	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Los Cerrillos	33	30	70	42	506	1 660	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tobalaba	33	26	70	41	600	1 969	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
El Bosque	33	34	70	41	580	1 903	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Juan Fernández	33	37	78	50	6	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Rancagua	34	10	70	45	500	1 640	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Curicó	34	58	71	13	225	738	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Carranza	35	34	72	37	39	128	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Panamávida	35	46	71	24	197	646	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Linares	35	52	71	34	157	515	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chillán	36	36	72	02	118	387	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Tumbes	36	37	73	06	91	299	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Talcahuano	36	43	73	07	84	276	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Concepción	36	47	73	07	9	30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Concepción	36	50	73	02	15	49	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isla Santa María	36	59	73	32	79	259	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Los Angeles	37	26	72	22	139	456	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Los Angeles	37	28	72	21	130	427	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Victoria	38	13	72	21	360	1 181	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Trarigén	38	15	72	41	177	581	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isla Mocha	38	22	73	54	30	98	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Temuco	38	46	72	39	114	374	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(Continúa)

Tabla 14 (Continuación)
CHILE: ESTACIONES METEOROLÓGICAS CONTROLADAS POR LA OFICINA METEOROLÓGICA Y LA FUERZA AEREA

	Latitud		Longitud		Altura		Nubosidad	Dirección del viento	Fuerza del viento	Altura de la nube	Presión	Temperatura	Temperat. máx. y mín.	Punto de rocío	Humedad relat.	Agua caída	Caract. y tend. barom.	Vientos altos	Horas sol en el día	Visibilidad	Tiempo presente	Tiempo pasado	Radio-sonda
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	Metros	Pies																	
Loncoche	39	33	72	38	112	367	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Valdivia	39	47	73	16	14	46	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Valdivía	39	48	73	14	13	43	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Galeta	40	02	73	44	40	131	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Osorno	40	35	73	09	24	79	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Montt	41	28	72	56	3	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Montt	41	28	72	56	3	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Maullín	41	37	73	27	47	154	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Corona	41	47	73	53	56	184	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chacabuco	41	49	73	29	100	328	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pudeto	41	54	73	48	11	36	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Llanada Grande	42	05	71	47	330	1 083	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Castro	42	29	73	48	80	262	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ouelton	43	10	73	43	4	13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Futaleufú	43	12	71	52	330	1 083	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isla Guafío	43	54	74	08	140	459	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alto Palena	43	38	71	49	200	656	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Palena Los Leones	43	47	72	57	4	13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Río Cisnes	44	45	72	00	700	2 297	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Laguna	45	18	73	47	5	16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Aysén	45	24	72	42	10	33	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Aysén	45	24	72	42	10	33	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coyhaique	45	29	71	32	140	459	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Balmaceda	45	54	71	43	520	1 706	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chile Chico	46	36	71	43	382	1 253	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cabo Rapel	46	50	75	36	40	131	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lord Cochran	47	14	73	46	100	328	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
San Pedro	47	43	74	55	22	72	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Edén	49	08	74	25	6	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cerro Cuidó	50	55	72	30	815	2 674	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Puerto Consuelo	51	37	72	41	20	66	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isla Evangelistas	52	24	75	05	58	190	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Dúngenes	52	24	68	26	5	16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Arenas	53	07	70	54	7	23	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Punta Arenas	53	10	70	54	8	26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Navarino	55	03	68	09	8	26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Diego Ramírez	56	32	68	43	25	82	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 15

CHILE: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS SEGÚN LISTA DE LA OFICINA METEOROLÓGICA

	Lat. S.	Long. O.		Lat. S.	Long. O.
Visviri.	17°37'	69°30'	Maitenes Planta.	33°33'	70°16'
Parinacota	18°11'	69°17'	Florida	33°33'	70°33'
Chañaral.	20°21'	70°42'	F. P. Panul	33°34'	71°38'
Ollagüe	21°13'	68°16'	La H. del Maipo	33°35'	70°30'
Copiapó	27°21'	70°21'	Río Colorado Retén	33°36'	70°23'
Los Loros Ret.	27°51'	70°05'	El Peumo Hda.	33°43'	71°39'
Tranque Lautaro	27°59'	70°01'	Alto Jahuel	33°44'	70°41'
Puerto Huasco	28°27'	71°15'	Viluco Paine	33°47'	70°47'
Santa Bárbara	28°28'	71°15'	El Tránsito Fdo.	33°48'	70°40'
Freirina Retén	28°30'	71°07'	El Volcán Retén	33°49'	70°11'
J. R. C. y Tránsito	28°45'	70°30'	Queltehues.	33°49'	70°12'
El Tránsito Retén	28°52'	70°16'	Bucalemu S.	33°50'	71°45'
San Félix.	28°55'	70°27'	Chada Hda.	33°54'	70°40'
La Pampa	28°59'	70°13'	Corneche Hda.	33°57'	71°37'
Pisco Elqui Fdo.	30°07'	70°32'	Barahona.	34°07'	70°31'
Los Nicho Fdo.	30°09'	70°31'	Rancagua Mekis.	34°10'	70°45'
Tongoy Hda.	30°16'	71°25'	Camp. Parrón	34°12'	70°30'
El Tanque	30°18'	71°35'	Coya C. de Fuerza	34°12'	70°33'
Tuqui Fdo.	30°34'	71°12'	Pangal C. de Fuerza	34°15'	70°20'
Fdo. El Algarrobo	30°37'	71°27'	L. Esperanza Fdo.	34°18'	71°18'
Mal Paso Hda.	30°42'	71°00'	Fdo. A. Colorado.	34°20'	71°52'
Altar Alto Min.	30°44'	71°11'	Callenque Fdo.	34°22'	71°28'
M. en Bocatoma	30°45'	70°28'	Pumanque	34°27'	71°40'
Las Mollacas	30°45'	70°40'	Lihueimo Fdo.	34°32'	71°27'
Valdivia Fdo.	30°45'	70°42'	Puquillay.	34°32'	71°30'
Carén	30°51'	70°47'	S. J. del Carmen	34°33'	71°23'
Cogotí.	31°04'	70°59'	Sierras de Bta. Hda.	34°35'	70°34'
Canela Alta	31°25'	71°22'	Quetelema	34°37'	71°56'
Canela Baja	31°26'	71°27'	Placilla	34°38'	71°08'
P. Oscuro.	31°27'	71°26'	I. R. Sta. Cruz	34°39'	71°24'
Los Vilos	31°35'	71°32'	Puente Negro Retén.	34°40'	70°53'
Huentelauquén Hda.	31°37'	71°29'	Lolol Hda.	34°45'	71°40'
S. Agustín Hda.	31°43'	70°51'	Rauco.	34°55'	71°19'
Cal. Salamanca	31°47'	71°01'	Los Queñes Retén.	35°01'	70°49'
Corivi Hda.	31°54'	70°46'	Curepto	35°07'	72°02'
Los Cóncores Fdo.	32°07'	71°24'	Constitución OO. PP.	35°20'	72°26'
Pichidangui.	32°07'	71°33'	Fdo. Pelargo	35°22'	72°35'
Chincolco Retén	32°13'	70°52'	S. Luis de Talca	35°26'	71°35'
El Sobrante Fdo.	32°14'	70°57'	Quenehuao Hda.	35°39'	72°09'
Petorca	32°15'	70°58'	Chocoa Fdo.	35°40'	71°40'
Huaquén Hda.	32°16'	71°22'	Unihue Fdo.	35°45'	72°15'
L. Arena.	32°18'	70°43'	Es. Agr. D. Bosco Linares	35°51'	71°36'
Administración	32°19'	70°47'	Longavi	36°00'	71°30'
Fdo. Tapiche	32°20'	71°19'	Lircay.	36°20'	72°21'
Las Casas	32°21'	70°48'	Quilpolemu.	36°23'	72°39'
L. Mostaza	32°25'	70°42'	Ninquihue	36°28'	72°01'
Pullally Hda.	32°26'	71°21'	S. Ign. de Palomares.	36°38'	72°34'
Hda. La Higuera	32°28'	71°14'	I. Quiriquina.	36°38'	73°04'
El Ingenio Fdo.	32°29'	71°09'	Talcahuano OO. HH.	36°43'	73°07'
Papudo	32°30'	71°30'	Puerto Huapén	36°46'	73°12'
Catapilco	32°34'	71°18'	Llepinhue	36°57'	72°55'
Pucuncán	32°44'	71°26'	Valencia Fdo.	37°04'	72°13'
Bellavista Chac.	32°49'	71°45'	Lota.	37°05'	73°10'
El Sauce Fdo.	32°51'	70°32'	Yungay	37°09'	72°02'
Juncal Retén	32°52'	70°10'	L. Aguada Hda.	37°10'	72°25'
Río Blanco Retén	32°55'	70°19'	S. Cristóbal	37°10'	72°35'
C. Alegre Valparaíso	33°03'	71°38'	L. Quilales Fdo.	37°15'	72°32'
Tiltil FF. CC.	33°06'	70°56'	L. Palma Laja	37°15'	72°35'
Emb. Marga Marga	33°06'	71°24'	Antuco Retén.	37°20'	71°40'
P. Curaumilla.	33°06'	71°44'	Tucapel Retén	37°20'	71°59'
Polpaico Fdo.	33°10'	70°35'	Abanico R. Laja.	37°23'	71°27'
L. Peñuelas.	33°10'	71°32'	Ilumari Fdo.	37°28'	72°19'
Emb. Colina	33°11'	70°40'	Villucura.	37°32'	71°51'
V. Hermoso	33°17'	70°38'	S. Lorenzo Fdo.	37°33'	71°36'
Guay-Guay Retén	33°16'	70°40'	El Tambillo	37°35'	72°40'
Huinzañal Fdo.	33°20'	70°30'	S. Luis Nahuén	37°40'	72°25'
San Gerónimo Hda.	33°22'	71°31'	Angol E. Normal Collipulli.	37°49'	72°43'
El Salto	33°23'	70°39'	El Fiscal Fdo.	37°53'	72°26'
Huelén	33°23'	70°45'	Los Sauces Fdo.	37°59'	72°49'
Huallilemu	33°23'	71°40'	Purén.	38°02'	73°03'
Apoquindo Retén	33°25'	70°32'	S. Elías Fdo.	38°14'	72°22'
Tobalaba C. Inglés	33°27'	70°34'	El Aromo	38°25'	72°52'
El Tabo.	33°27'	71°38'	P. Las Casas	38°46'	72°35'
L. Cisterna.	33°33'	70°42'	P. Saavedra.	38°47'	73°22'

(Continúa)

Tabla 15 (Continuación)

CHILE: ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS SEGÚN LISTA DE LA OFICINA METEOROLÓGICA

	Lat. S.	Long. O.		Lat. S.	Long. O.
Boroa Misión.	38°50'	72°51'	Osorno	40°35'	73°09'
Allipén Chiduco.	39°01'	72°27'	Rupanco.	40°51'	72°15'
Curaco en la Balsa	39°03'	72°10'	Puerto Octay.	40°59'	72°52'
Flor del Lago.	39°10'	72°07'	Peulla.	41°05'	72°02'
Pucón.	39°16'	75°58'	P. Iluano.	41°08'	72°17'
Llapenco.	39°20'	71°47'	Ensenada	41°12'	72°32'
Purulón.	39°28'	72°36'	Llanquihue.	41°14'	72°58'
S. J. de la Mariquina.	39°31'	72°59'	Pto. Varas.	41°20'	72°57'
Mina El Roble	39°34'	72°46'	Col. Alemania	41°20'	73°07'
Panguipulli.	39°41'	72°18'	Tres Cruces.	41°50'	73°29'
Antilhue.	39°47'	72°58'	Ancud Esc. Agrícola	41°52'	73°48'
Vista Alegre	39°48'	73°13'	Piriquina	42°23'	73°46'
Punta Niebla.	39°52'	73°24'	Chaitén Yelcho	42°54'	72°45'
Reumén.	39°58'	72°49'	P. Puyuhapi	44°20'	72°28'
Santa Ana Hda.	40°02'	73°10'	Río Cisnes.	44°32'	71°24'
Huauum Pirihuco	40°06'	72°54'	I. Guarello.	50°21'	75°21'
Fdo. Choroico	40°11'	72°54'	P. Delgada.	52°28'	69°32'
L. Ranco.	40°16'	72°31'	Bahía Félix.	52°58'	74°07'
S. Pablo.	40°25'	73°00'			

Tabla 16

CHILE: LISTA DE ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS CONTROLADAS POR EL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, DIRECCIÓN DE RIEGO

Nombre y ubicación de la estación	Lat. S.	Long. O.	Nombre y ubicación de la estación	Lat. S.	Long. O.
Parinacota	18°12'	69°20'	B. T. Canal S. Rafael	35°15'	70°30'
Juntas del Carmen.	28°45'	70°30'	Nirivilo	35°34'	72°03'
Coquimbo en Rivadavia	29°58'	70°35'	Cmpto. Sifón de Loncomilla.	35°41'	71°45'
Río Hurtado	30°17'	70°42'	Maule en Colbún	35°42'	71°25'
El Chañar (Río Hurtado)	30°18'	70°38'	Armerillo Talca.	35°44'	71°05'
Serón (Río Hurtado)	30°19'	70°44'	La Leona-Ancoa. Linares.	35°54'	72°36'
Pichasca (Río Hurtado)	30°19'	70°50'	Embalse Tutuvén Maule	35°56'	72°19'
Las Breas (Río Hurtado)	30°22'	70°37'	Embalse Bullileo.	36°17'	71°25'
Tranque Recoleta	30°29'	71°07'	Atacalco.	36°17'	71°45'
La Torre.	30°36'	71°22'	Embalse Digua Linares.	36°20'	71°23'
Hda. Cuestecita (Río Grande)	30°38'	71°08'	Nuble en San Fabián.	36°34'	71°36'
Llanos de la Chimba (Ovalle)	30°38'	71°14'	Base Aérea S. Ramón	36°36'	72°05'
Campamento Paloma.	30°42'	71°04'	Nuble en Balsa Confluencia	36°40'	72°28'
Mollacas (Río Rapel)	30°45'	70°40'	Canal Quillón Chillancito.	36°46'	72°28'
Carén	30°50'	70°50'	Nuble en Cholguán	37°09'	72°03'
Embalse Cogotí.	31°00'	71°07'	S. José de Munilque	37°37'	72°19'
Sta. Rosa (Río Cogotí)	31°06'	70°48'	Quilaco Bío-Bío Sur	37°40'	71°58'
Combarbalá.	31°11'	71°02'	Cerro El Padre	37°46'	71°53'
Hda. S. Agustín.	31°43'	70°50'	Renaico En Jauja	38°05'	71°55'
Coquimbo-Caimanes	32°00'	71°12'	Lumaco Dibulco.	38°09'	72°54'
Resguardo Los Patos.	32°30'	70°38'	Laguna del Malleco	38°12'	71°48'
Cerro Negro-Cabildo.	32°34'	70°55'	Cautín Lautaro	38°24'	72°05'
Salesianos-Catemu	32°46'	70°58'	Fdo. S. Julia Quillén.	38°27'	72°26'
Los Andes (Asoc. Canal Chacabuco)	32°50'	70°37'	Cautín Vilcún	38°41'	72°13'
Riecillos	32°57'	70°23'	Cautín Temuco.	38°46'	72°42'
Montenegro (Rincón de los Valles).	32°57'	70°46'	Rapel en La Balsa.	38°58'	71°52'
Montenegro Las Bateas.	32°57'	70°49'	Los Laureles	38°59'	72°00'
Carabineros de Caleu	33°00'	71°00'	Canal Allipén. Cautín	39°00'	72°30'
Tranque Huechún.	33°04'	70°48'	Quitratúe	39°10'	72°38'
Til-Til.	33°06'	70°56'	Fdo. Fornio Valdivia.	39°40'	72°56'
Puangue Colliguay.	33°10'	71°08'	Puerto Fúí	39°53'	71°51'
Lo Orozco Embalse	33°13'	71°26'	Lago Pirihueico.	40°02'	72°00'
Noviciado de Santiago	33°24'	70°52'	Petrohué.	41°09'	72°24'
Fdo. Carmen de las Rosas	33°46'	70°10'	Cayutúa	41°10'	72°16'
La Rufina S. Fernando	34°40'	70°53'	Puerto Cisne	44°44'	72°42'
Los Queñes Curicó	35°01'	70°50'			
Hda. Ramadillas (Prov. de Coquimbo)					
Tulahuén (Prov. de Coquimbo)					
Bocatoma Canal Alimentador Río Grande					
Las Ramadas (Hoya del Río Grande)					

Tabla 17

CHILE: ESTACIONES DE LA EMPRESA DE AGUA POTABLE

Nombre y ubicación de la estación	Lat. S.	Long. O.	Nombre y ubicación de la estación	Lat. S.	Long. O.
I. En funcionamiento (Pluviométricas)					
Tocopilla	22°05'	70°12'	Cauquenes	35°58'	72°20'
Copiapó	27°21'	70°21'	Parral	36°09'	71°50'
La Serena	29°54'	71°15'	Quirihue	36°17'	72°33'
Vicuña	30°02'	70°44'	San Carlos	36°25'	71°57'
Ovalle	30°36'	71°12'	Chillán	36°36'	72°06'
Combarbalá	31°11'	71°02'	Tomé	36°37'	72°57'
Illapel	31°36'	71°29'	Penco	36°44'	73°00'
Petorca	32°15'	70°57'	Bulnes	36°45'	72°19'
Cabildo	32°25'	71°06'	Cerro Caracol	36°50'	73°02'
La Ligua	32°27'	71°16'	Nonquén	36°52'	72°58'
Putendo	32°39'	70°45'	Hualque	36°58'	72°57'
San Felipe	32°45'	70°44'	Coronel	37°01'	73°10'
Limache	33°01'	71°18'	Los Angeles	37°28'	72°21'
Villa Alemana	33°04'	71°25'	Nacimiento	37°31'	72°41'
Quilpué	33°04'	71°28'	Mulchén	37°43'	72°15'
San Bernardo	33°35'	70°43'	Angol	37°48'	72°42'
Melipilla	33°42'	71°13'	Los Saucos	37°59'	72°49'
Graneros	34°04'	70°44'	Victoria	38°14'	72°19'
Rancagua	34°10'	70°45'	Curacautín	38°16'	71°54'
San Fernando	34°25'	71°00'	Villarrica	39°17'	72°13'
Villa Alegre	34°58'	71°05'	Paillaco	40°03'	72°50'
Molina	35°05'	71°16'	La Unión	40°15'	73°02'
Constitución	35°20'	72°26'	Río Bueno	40°20'	72°55'
Chanco	35°42'	72°33'	Ancud	41°52'	73°49'
Linares	35°51'	71°36'	Castro	42°29'	73°45'
II. En proyecto (Pluviógrafos)					
La Serena			Concepción		
Valparaíso			Angol		
Santiago			Los Angeles		
Rancagua			Temuco		
San Fernando			Valdivia		
Curicó			Osorno		
Talca			Ancud		
Linares			Puerto Aysén		
Chillán			Punta Arenas		

Tabla 18

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA, SUBDEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS (SERVICIO AGROMETEOROLÓGICO)

I. Estaciones Agrometeorológicas

1. Los Andes
2. Cauquenes
3. Chillán
4. Los Angeles
5. Temuco
6. El Peral
7. La Serena
8. Vicuña
9. Centinela
10. Osorno

(Entraron en funcionamiento el año 1958)

II. Estaciones experimentales provistas de atmómetros Livingstone blanco y negro. (Según F. T. Veihmeyer.)

1. Iquique (Cauchones) Funciona
2. Vallenar (Est. Frutícola) Funciona
3. La Serena (Est. Frutícola) Funciona
4. Maipú (Universidad de Chile) Funciona
5. Paine (Campo Exp. Sta. Teresa) Funciona
6. Talca (Centro de Inseminación artificial) No funciona
7. Cauquenes (Campo Experimental Porvenir) Funcionará
8. Chillán (Centro de Capacitación agrícola) Funciona
9. Los Angeles (Centro Experimental Human) Funciona
10. Temuco (Fundo Trianón) Funciona

Tabla 19

CHILE: ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD (ENDESA)

Hoya	Lluvia	Nieve			Evaporación	Viento	Temperatura	Brillo solar	Humedad del aire	Presión	Fecha de instalación
		Ruta de nieve	Nivómetro	Nivógrafo							
Huasco . . .	E P	1 —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —	1 —	1 —	—
Elqui	E P	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1 —	— —	— —	—
Limarí	E P	2 —	2 2	4 —	— —	1 1	2 —	— —	— —	— —	Mayo 1958
Choapa	E P	— —	— 2	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	1958/59
Aconcagua . .	E P	— —	1 —	— 1	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Mapocho . . .	E P	— —	— —	5 —	— —	1 —	— —	— —	— —	— —	—
Maipo	E P	— 1	— 2	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	1958
Rapel	E P	11 1	— 3	1 1	— 1	7 1	— 1	2 1	— 1	— 1	1958
Maule	E P	3 —	2 1	4 1	— —	3 —	1 —	— —	— —	— —	1958
Bío-Bío . . .	E P	— 7	2 1	5 4	— 1	1 1	— 1	— 1	— 1	— 1	1958/59
Valdivia . . .	E P	3 —	— 1	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Bueno	E P	1 —	— 1	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—
Petrohué . . .	E P	1 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	— 1	—
Chamiza . . .	E P	1 1	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	—

CLAVE: E = Estaciones existentes; P = Estaciones proyectadas.

Tabla 20

UNIVERSIDAD DE CHILE, SANTIAGO

Estación Meteorológica

Rinconada de Maipú

UNIVERSIDAD AUSTRAL, VALDIVIA

Estación Meteorológica

BRADEN COPPER COMPANY

Estaciones Meteorológicas

Bocatoma Cachapoal Coya
Bocatoma Pangal Pangal
Caletones Sewell

PANAGRA

Estaciones Meteorológicas

Arica Santiago
Antofagasta San Antonio
Monturaqui Curicó
Lengua de Vaca La Cumbre *

* Suprimida desde enero de 1958.

Tabla 21

CHILE: RELACIÓN ENTRE LAS ESTACIONES ACTUALES Y PROPUESTAS CON SUS RESPECTIVAS ZONAS DE INFLUENCIA PARA LAS HOYAS FLUVIALES PRINCIPALES DE LA ZONA CENTRAL

Nombre de la Hoya	Superficie S [km ²]	Número de estaciones		N-p +n	S x— N [km ²]	√s [km]	Fluviómetros	Otras observaciones						N ₁ Número de estaciones necesarias para que x=100 km ²	N ₂ Número de estaciones necesarias para que √x=20 km	N ₁ -N	N ₂ -N
		Pluv. p	Nieve n					Evaporación	Temperatura	Viento	Presión	Humedad	Rutas de nieve				
Copiapó	21 279	3	0	3	7 093	84.2	6	0	0	0	0	0	0	213	53	210	50
Huasco	10 434	7	0	7	1 491	38.6	4	0	1	0	1	1	0	104	26	97	19
Elqui	9 844	9	0	9	1 095	33.1	6	0	0	0	0	0	0	98	25	89	16
Limarí	12 094	16	4	20	605	24.6	14	1	2	1	0	0	2	121	30	101	10
Choapa	8 066	6	0	6	1 344	36.6	7	0	0	0	0	0	0	81	20	75	14
Petorca	1 997	5	0	5	399	20.0	0	0	0	0	0	0	0	20	5	15	0
Ligua	2 064	4	0	4	514	22.7	0	0	0	0	0	0	0	21	5	17	1
Aconcagua	7 594	12	1	13	584	24.1	8	0	0	0	0	0	1	76	19	63	6
Maipo	15 615	35	5	40	390	19.8	13	1	0	0	0	0	0	156	39	116	0
Rapel	13 939	30	1	31	450	21.2	17	7	2	0	0	0	0	139	35	108	4
Mataquito	6 491	7	0	7	927	30.5	5	0	0	0	0	0	0	65	16	58	9
Maule	21 414	11	5	16	1 338	36.5	30	3	0	1	0	0	2	214	54	198	38
Itata	11 379	8	0	8	1 422	37.7	6	0	0	0	0	0	0	114	29	106	21
Bío-Bío	23 439	26	5	31	756	27.5	20	1	0	0	0	0	2	234	59	203	28
Imperial	12 932	15	0	15	862	29.4	5	0	0	0	0	0	0	129	32	114	17
Toltén	8 499	6	0	6	1 417	37.7	5	0	0	0	0	0	0	85	21	79	15
Valdivia-Ch.	10 502	16	0	16	656	25.6	19	0	0	0	0	0	0	105	26	89	10
Bueno	15 109	11	0	11	1 374	37.1	8	0	0	0	0	0	0	151	38	140	27
Mauñín	4 494	4	0	4	1 124	33.5	1	0	0	0	0	0	0	45	11	41	7
Chamiza	793	1	0	1	793	28.1	2	0	0	0	0	0	0	8	2	7	1
Petrohué	2 756	2	0	2	1 378	37.1	1	0	0	0	0	0	0	28	7	26	5
Puelo-Chile	3 111	1	0	1	3 111	55.8	1	0	0	0	0	0	0	31	8	30	7
Totales	223 845	235	21	256										2 238	560	1 982	305

FUENTE: ENDESA.

Gráfico 1
ANTOFAGASTA

Años observados: 1904-1914
1919-1956

Faltan: 1914: Jl., Ag., S., O., N., D.
1944: Ab., My., Jn., N., D.

• VALOR MEDIO

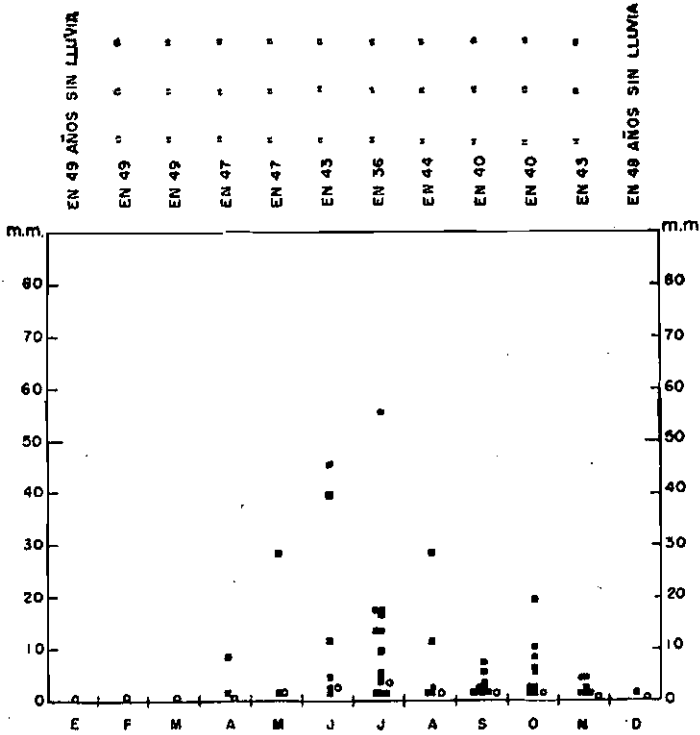


Gráfico 2
COPIAPO

Años observados: 1900-1956

Faltan: 1917: E., F. 1956: N., D.

• VALOR MEDIO

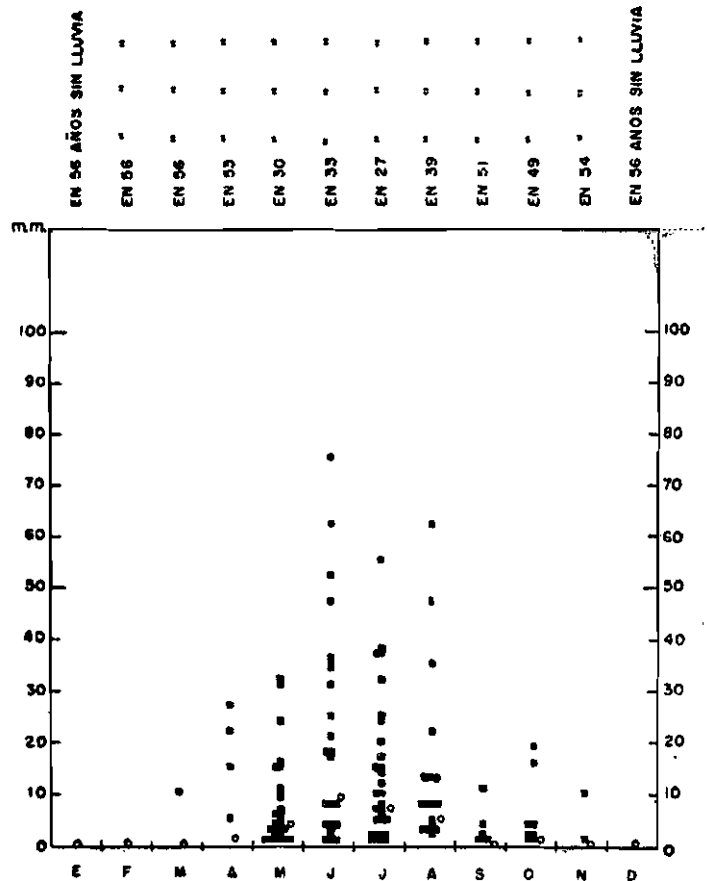


Gráfico 3
OVALLE

Años observados: 1900-1954

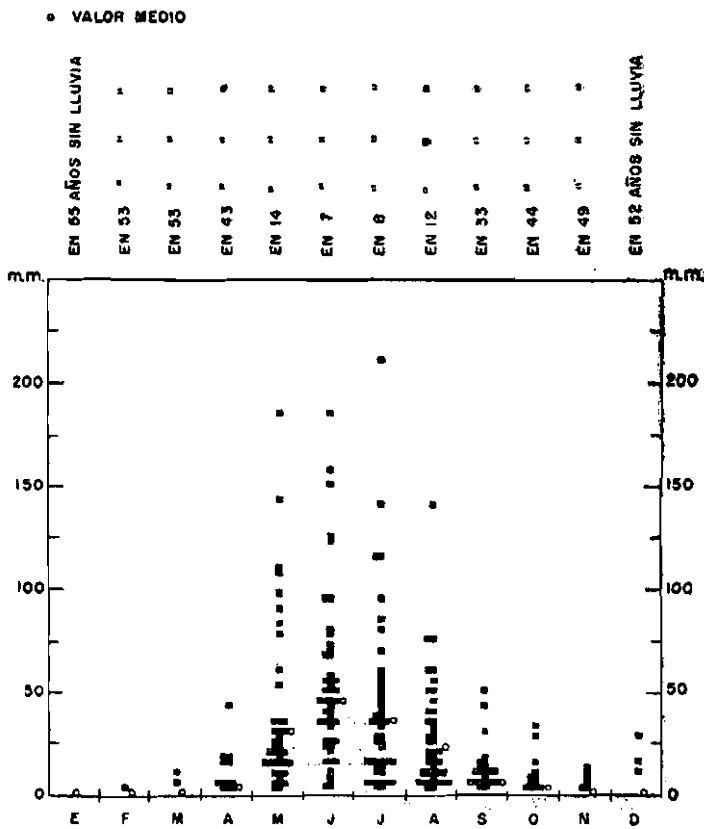


Gráfico 4
SANTIAGO

Años observados: 1900-1956

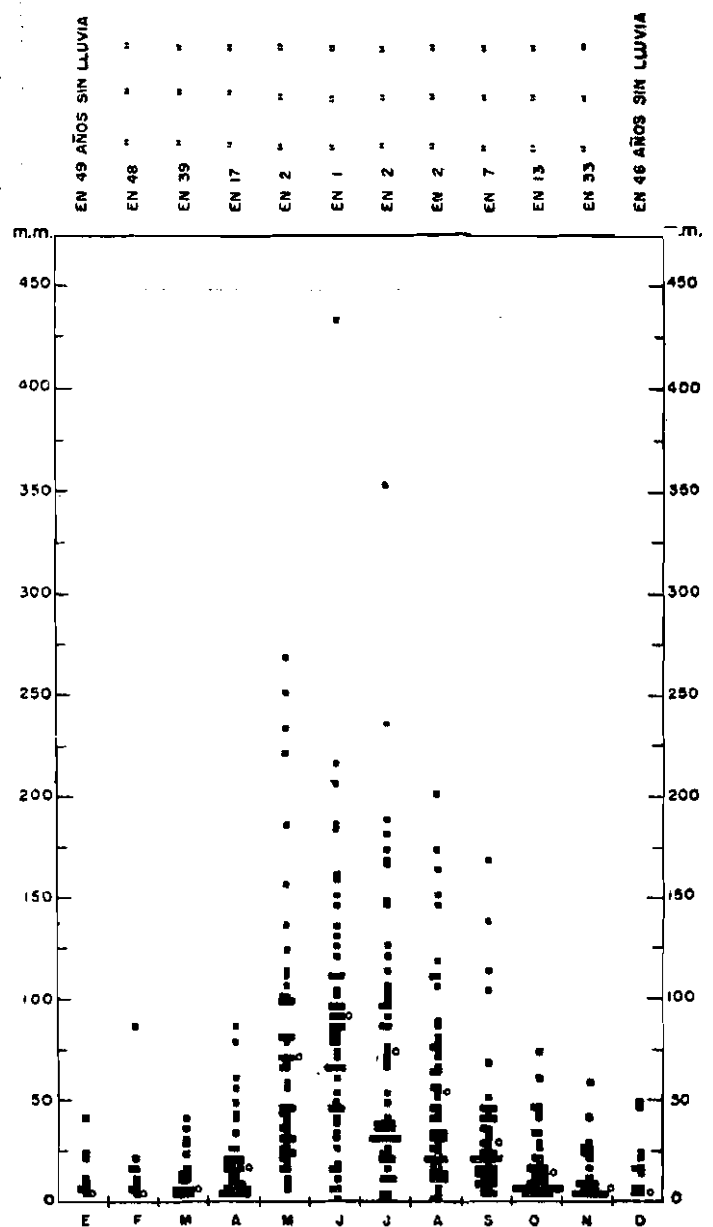


Gráfico 5
CHILLAN

Años observados: 1913-1956

Faltan: 1913: E, F, Ma., Ab., My.
1956: O, N, D.

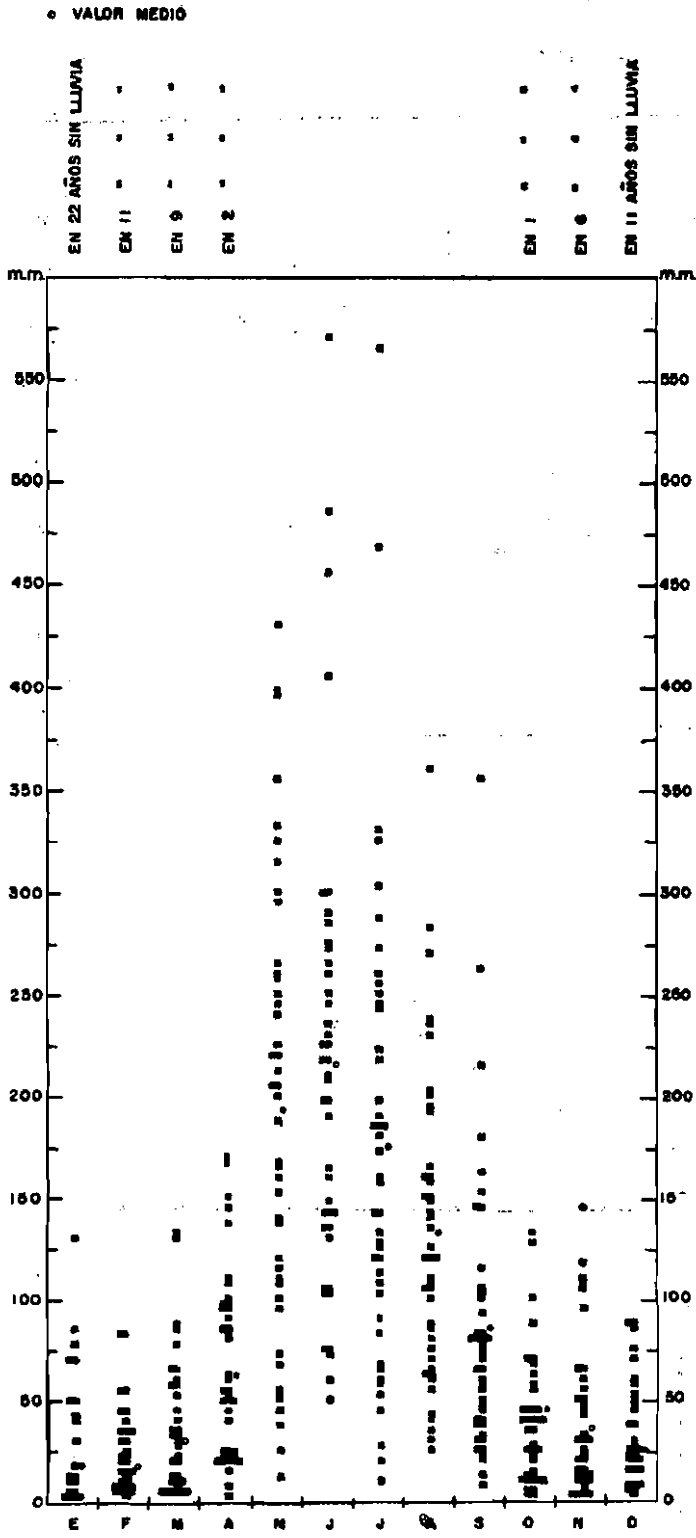


Gráfico 6
VALDIVIA

Años observados: 1901-1956

Faltan: 1923: E.
1952: E. y F.
1956: D.

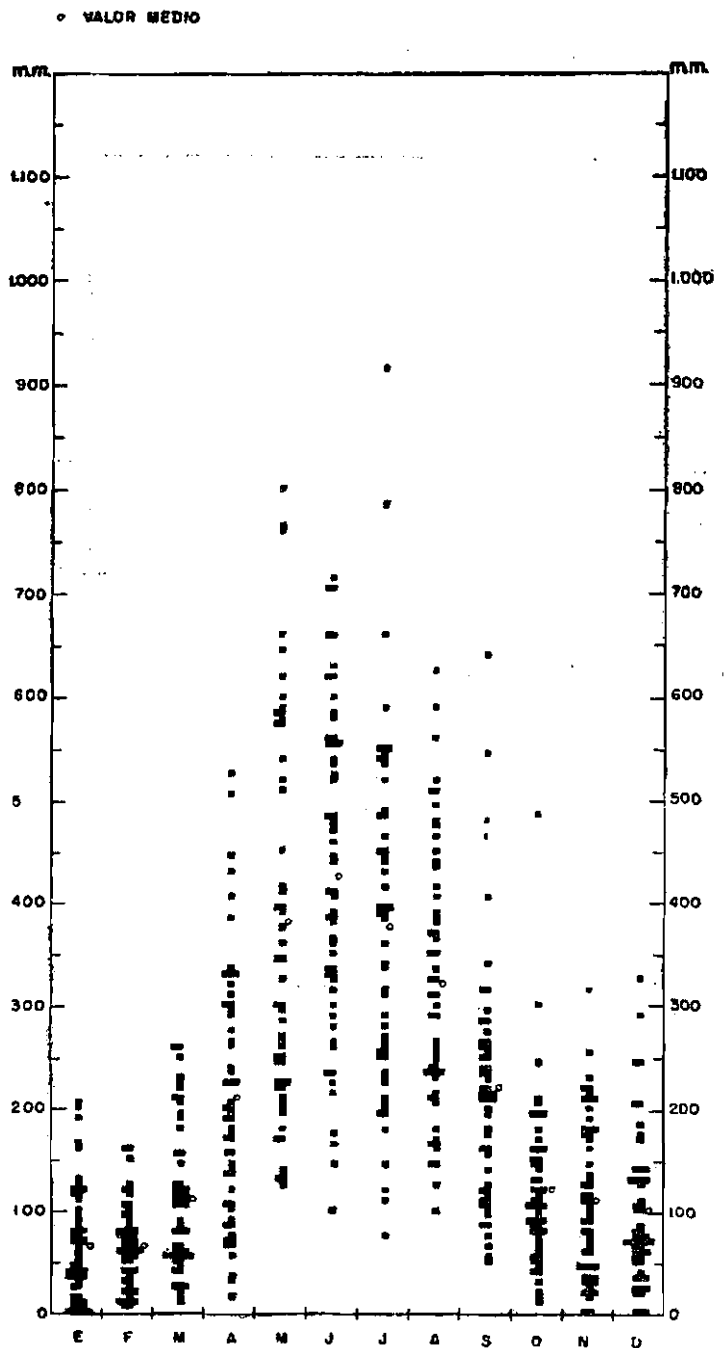


Gráfico 8

AYSEN

Años observados: 1928-1956

Faltan: 1928: E., F., Mz.
1930: O., N., D.
1931: E.
1956: D.

• VALOR MEDIO

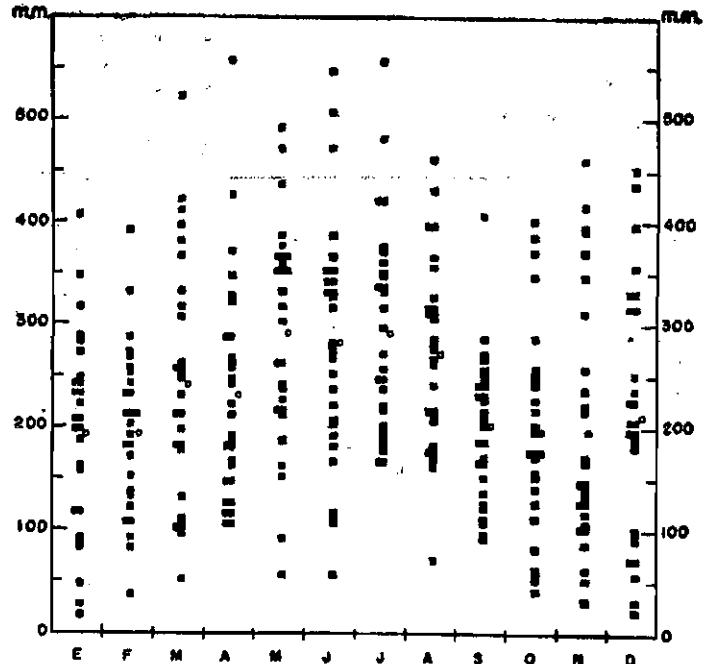


Gráfico 7

PUERTO MONTT

Años observados: 1901-1956

Faltan: 1908: E., F., Mz., A., My.
1915: E.
1918: E., My., Jn.
1922: E., F., Ab., My., Jn., Jl.
1923: E., Ab., S., O., N., D.
1925: Ag.
1928: E., F., Mz., Ab., My.
1956: D.

• VALOR MEDIO

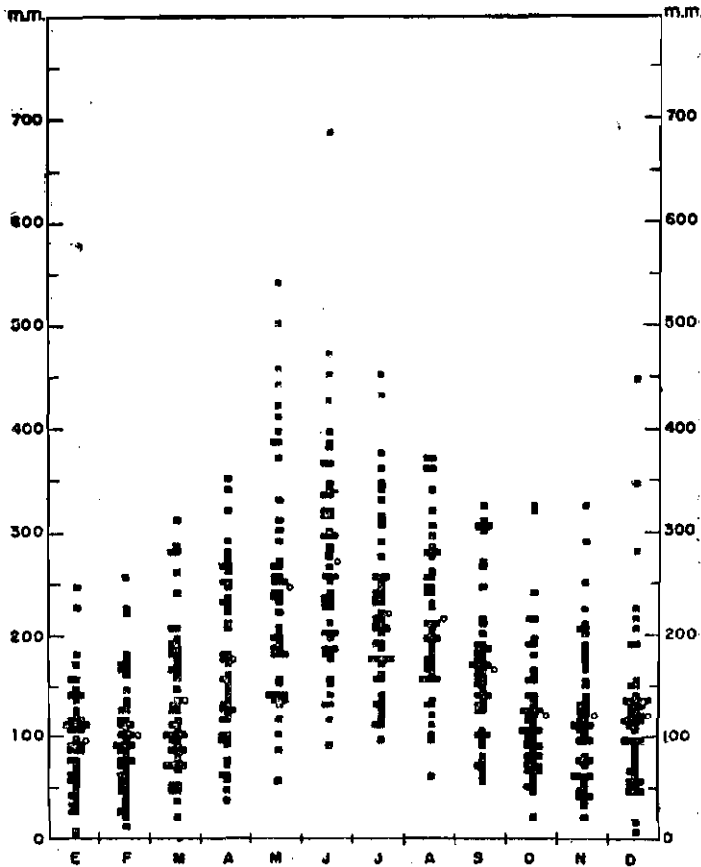


Gráfico 9

PUNTA ARENAS

Años observados: 1901-1956

Falta: 1956: D.

• VALOR MEDIO

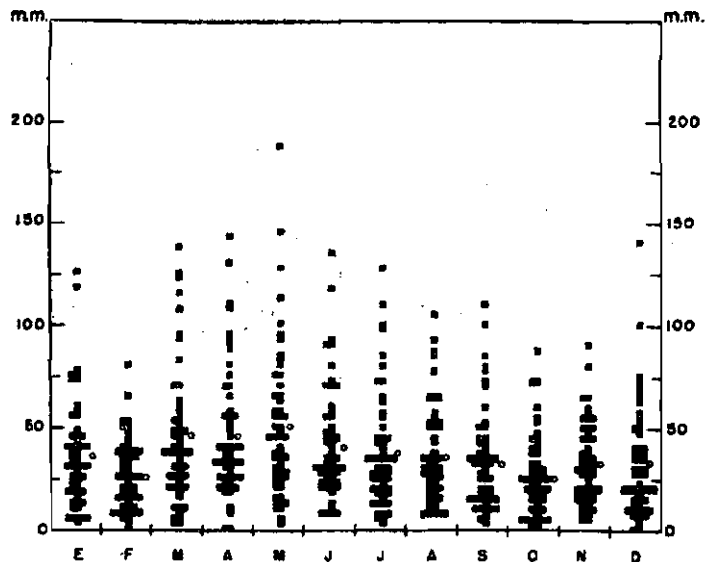
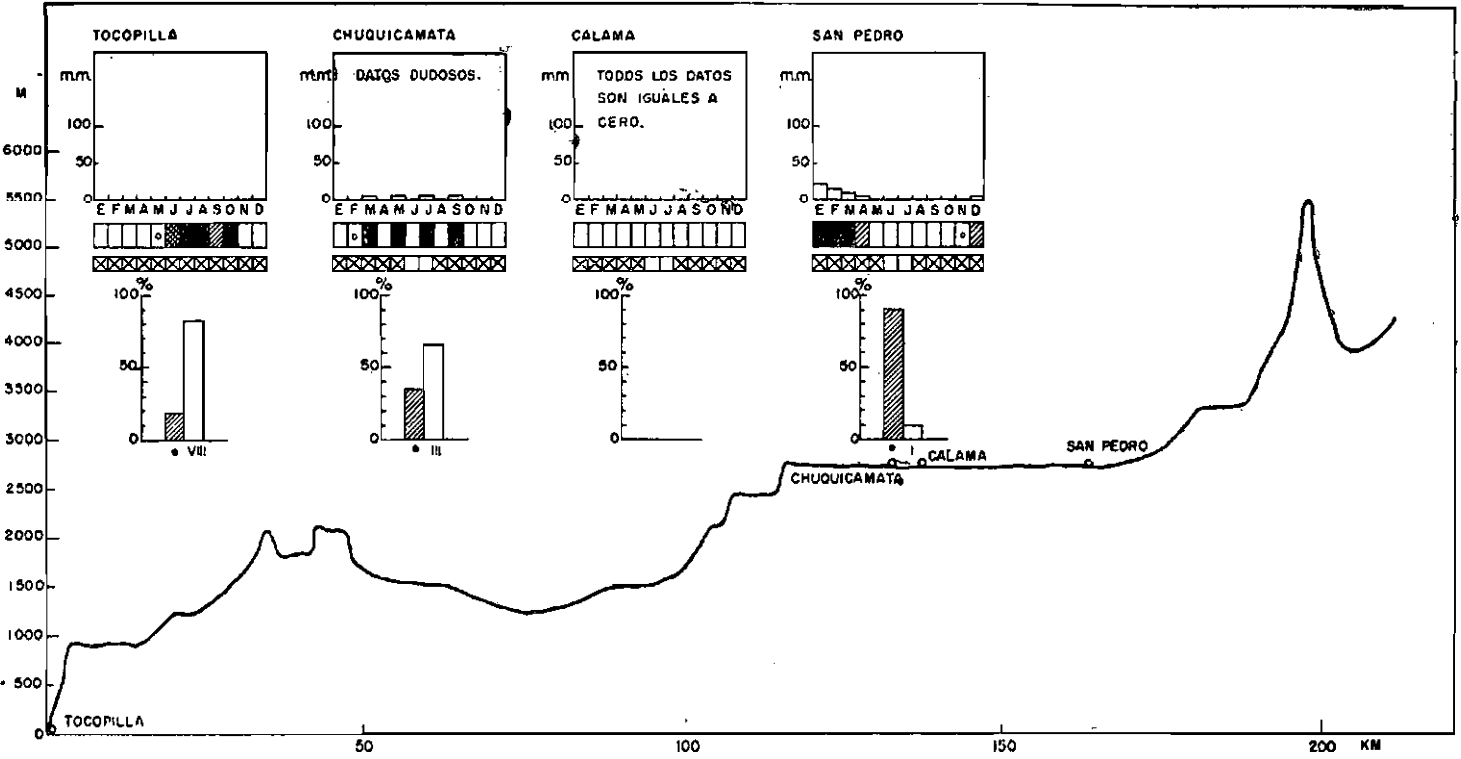


Gráfico 10

Perfil A—A. Tocopilla, Chuquicamata, Calama, San Pedro.



LEYENDA:

PORCENTAJE DE LLUVIA MENSUAL

- 0 — 1,9 %
- ▧ 2,0 — 3,9 %
- ▨ 4,0 — 6,2 %
- ▩ 6,3 — 12,4 %
- — 12,5 %

DEMANDA DE RIEGO

- SIN RIEGO
- ⊠ CON RIEGO

PORCENTAJE DE LLUVIA EN VERANO E INVIERNO

- ▨ VERANO (OCT.-MARZO)
- INVIERNO (ABRIL-SEPT.)
- VI MES MAS LLUVIOSO
- MES MAS SECO

Gráfico 11

Perfil B — B: Caldera, Algarrobo, Copiapó, Negro Francisco.

Para la leyenda ver perfil A — A.

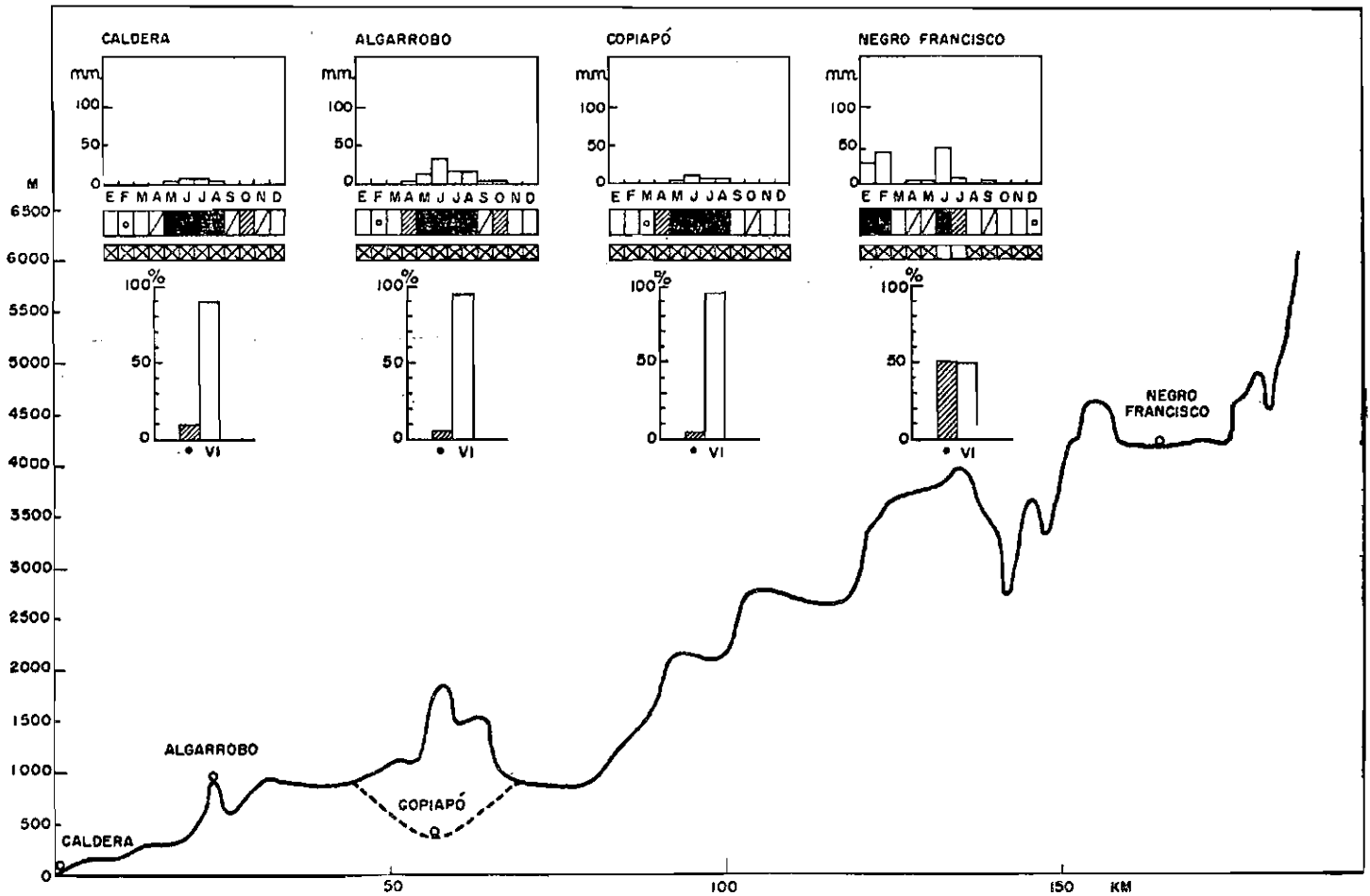


Gráfico 12

Perfil C — C: Huasco, ValLENAR, San Félix, El Tránsito, La Pampa.

Para la leyenda ver perfil A — A.

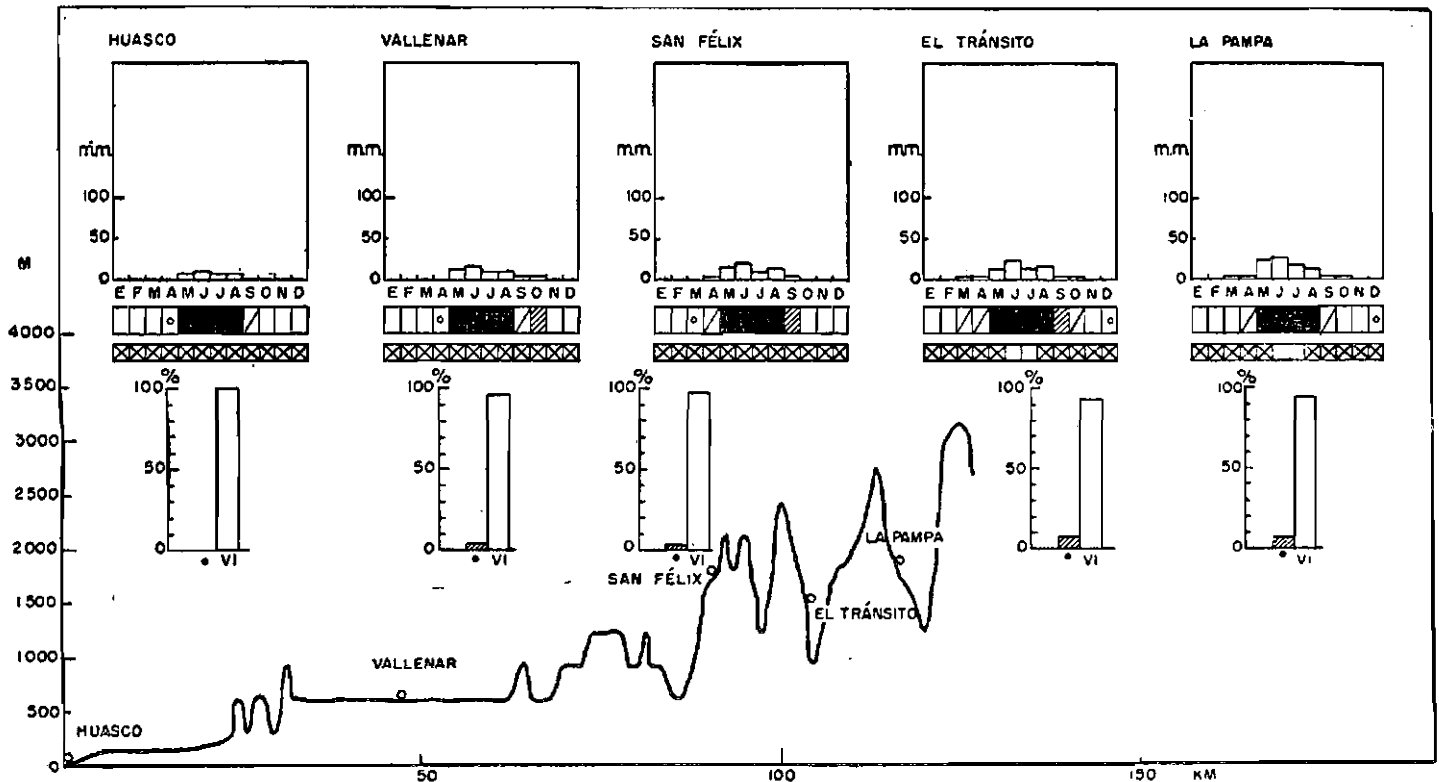


Gráfico 13

Perfil D — D: La Serena, Vicuña, Rivadavia, Paiguano, Guanta, La Laguna.

Para la leyenda ver perfil A — A.

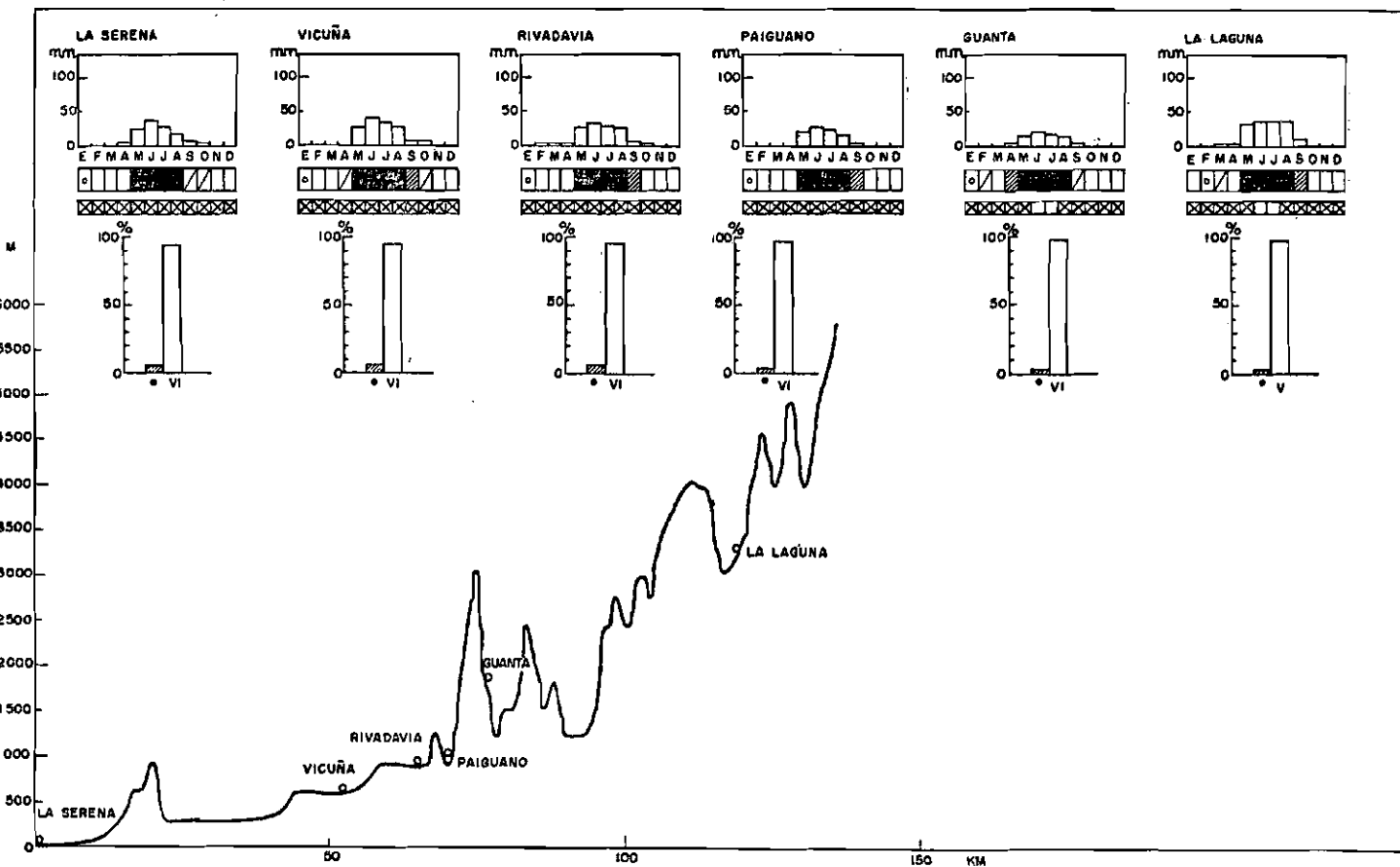


Gráfico 14

Perfil E — E: Valparaíso, Quillota, Llay-Llay, San Felipe, Los Andes.

Para la leyenda ver perfil A — A.

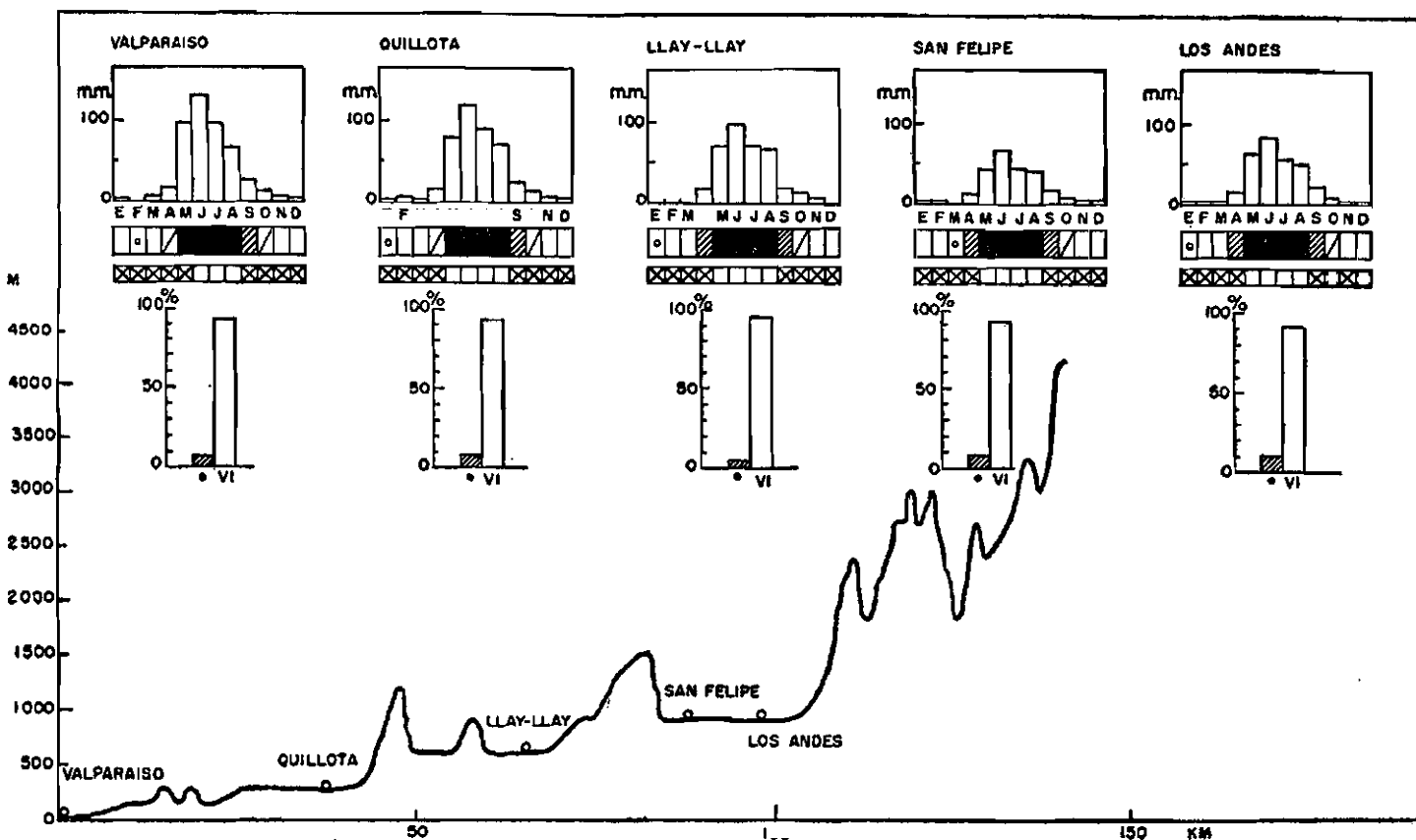


Gráfico 15

Perfil F — F: Concepción, Peñuelas, Bulnes.

Para la leyenda ver perfil A — A.

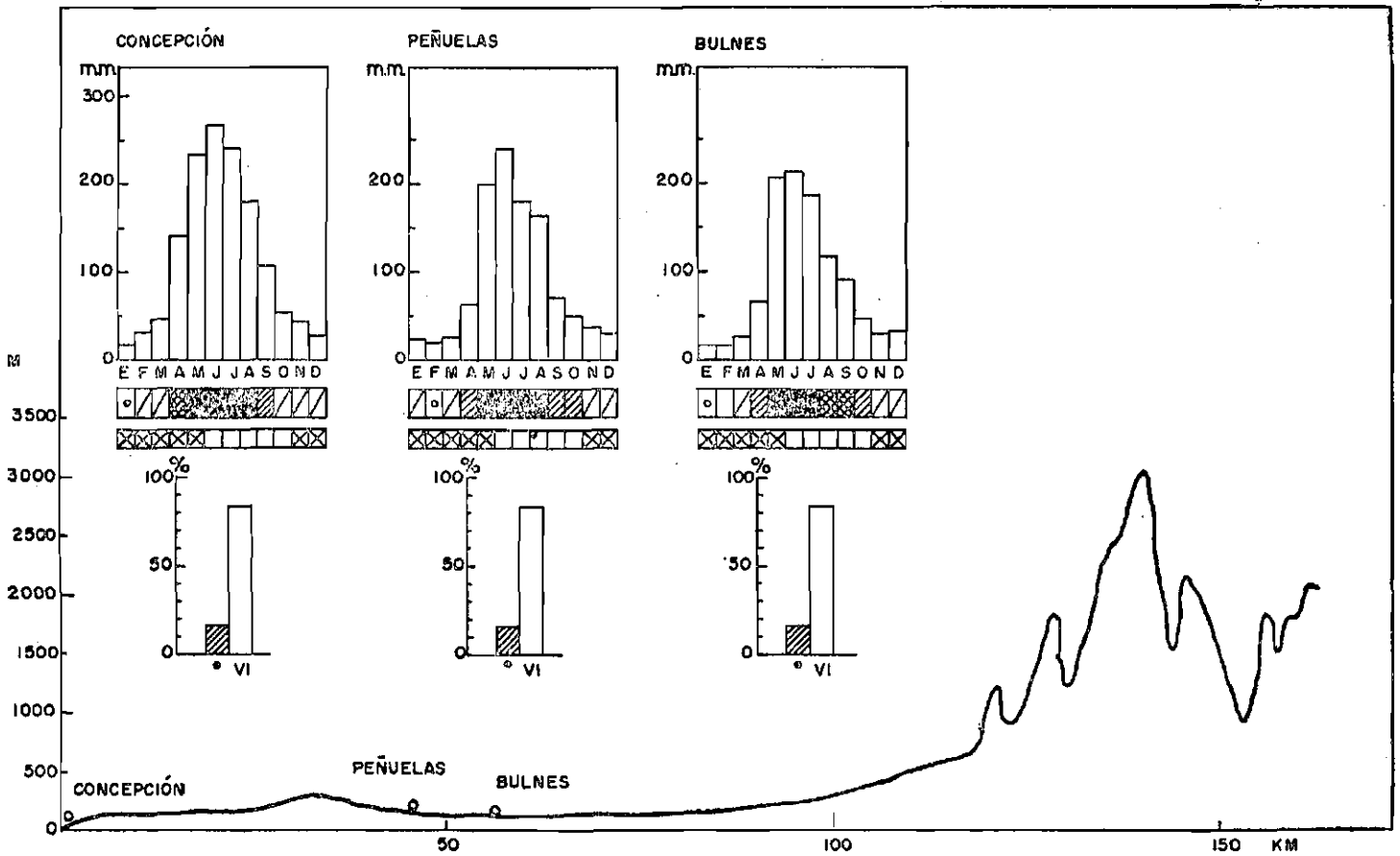


Gráfico 16

Perfil G — G: Concepción, Yungay, Abanico.

Para la leyenda ver perfil A — A.

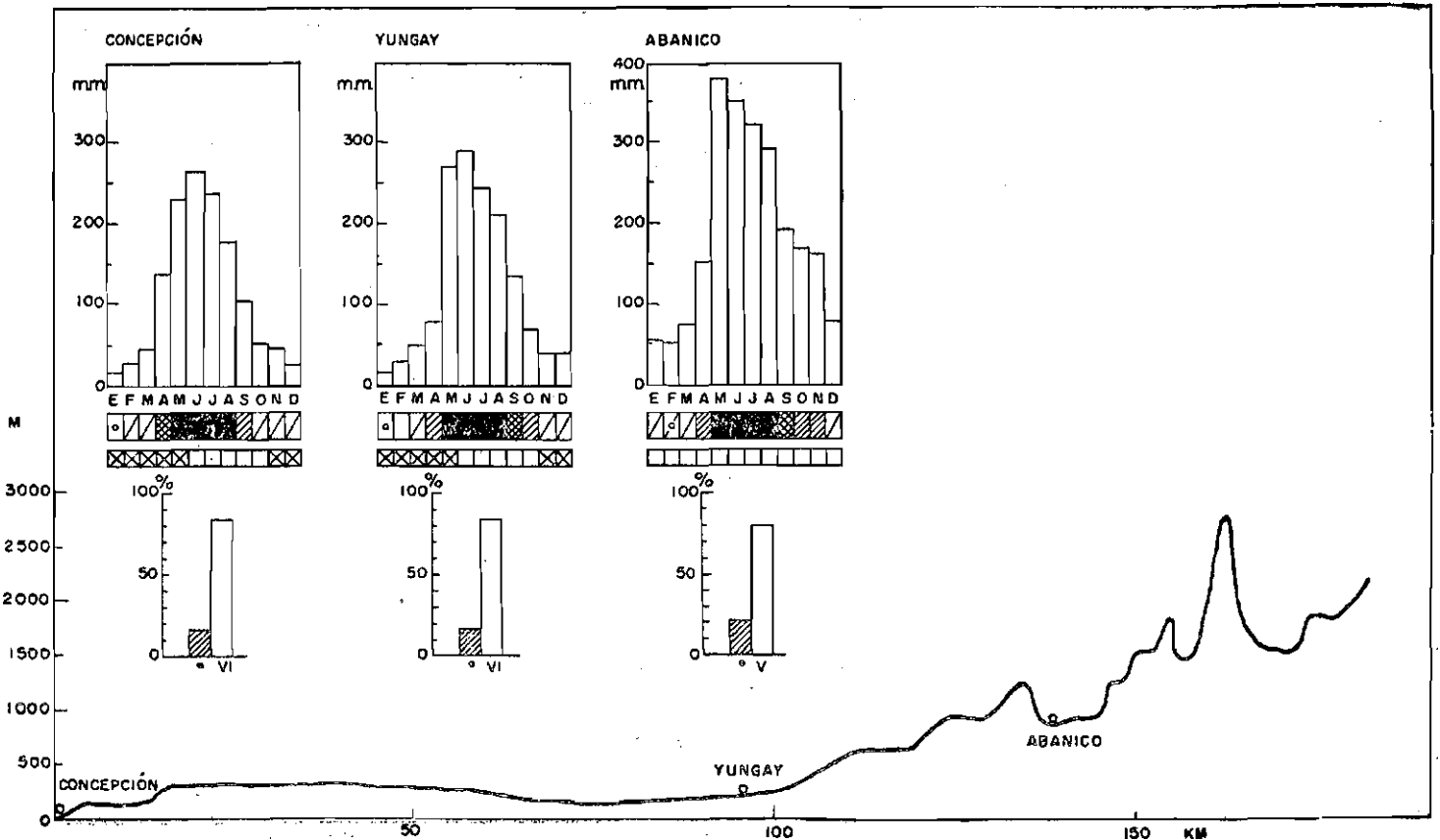


Gráfico 17

Perfil H — H: Corral, Valdivia, Antilhue, Panguipulli, Puerto Fúí.

Para la leyenda ver perfil A — A.

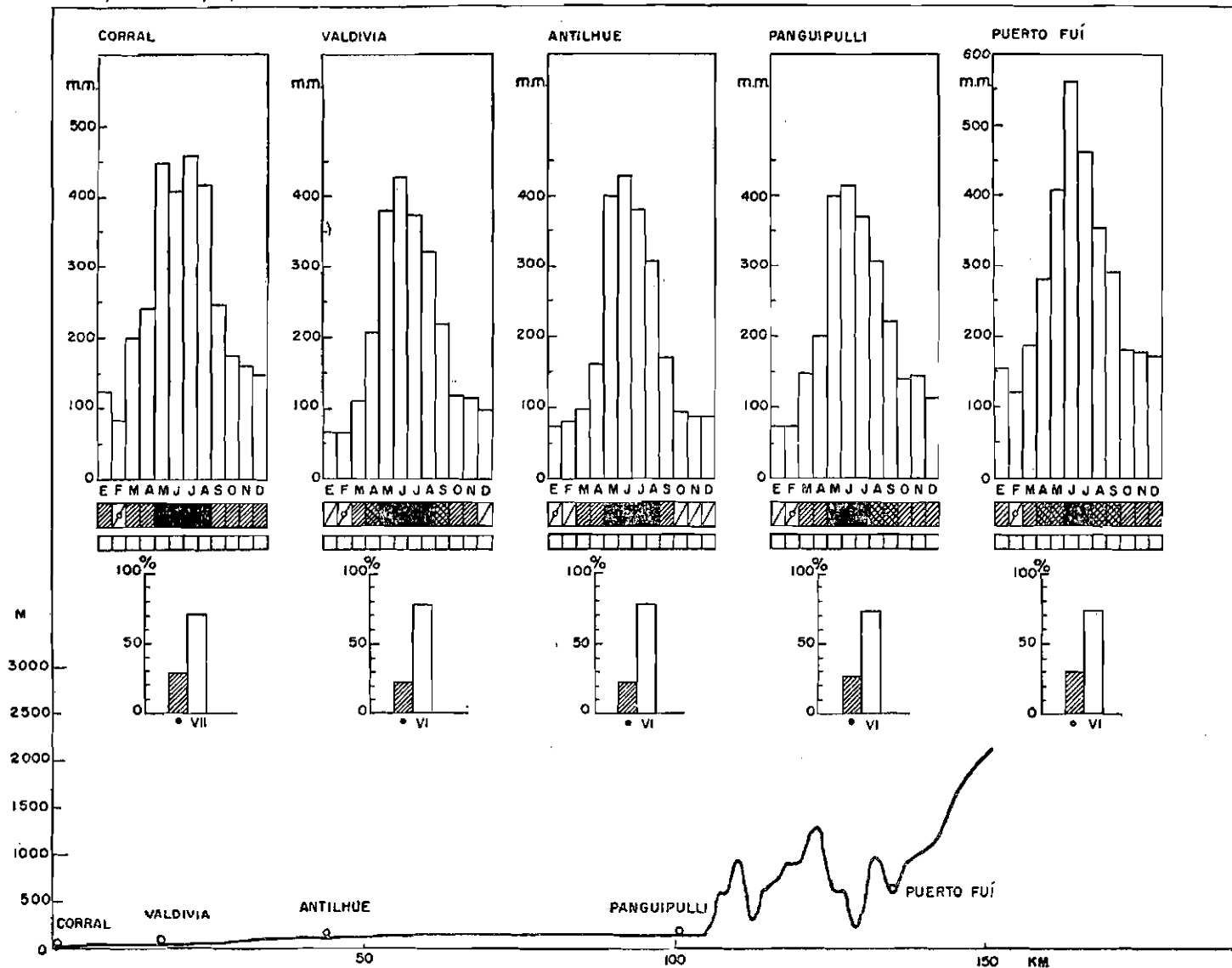


Gráfico 18

Perfil I — I: Maullín, Puerto Montt, Ensenada, Cayutúe, Peulla, Puerto Blest.

Para la leyenda ver perfil A — A.

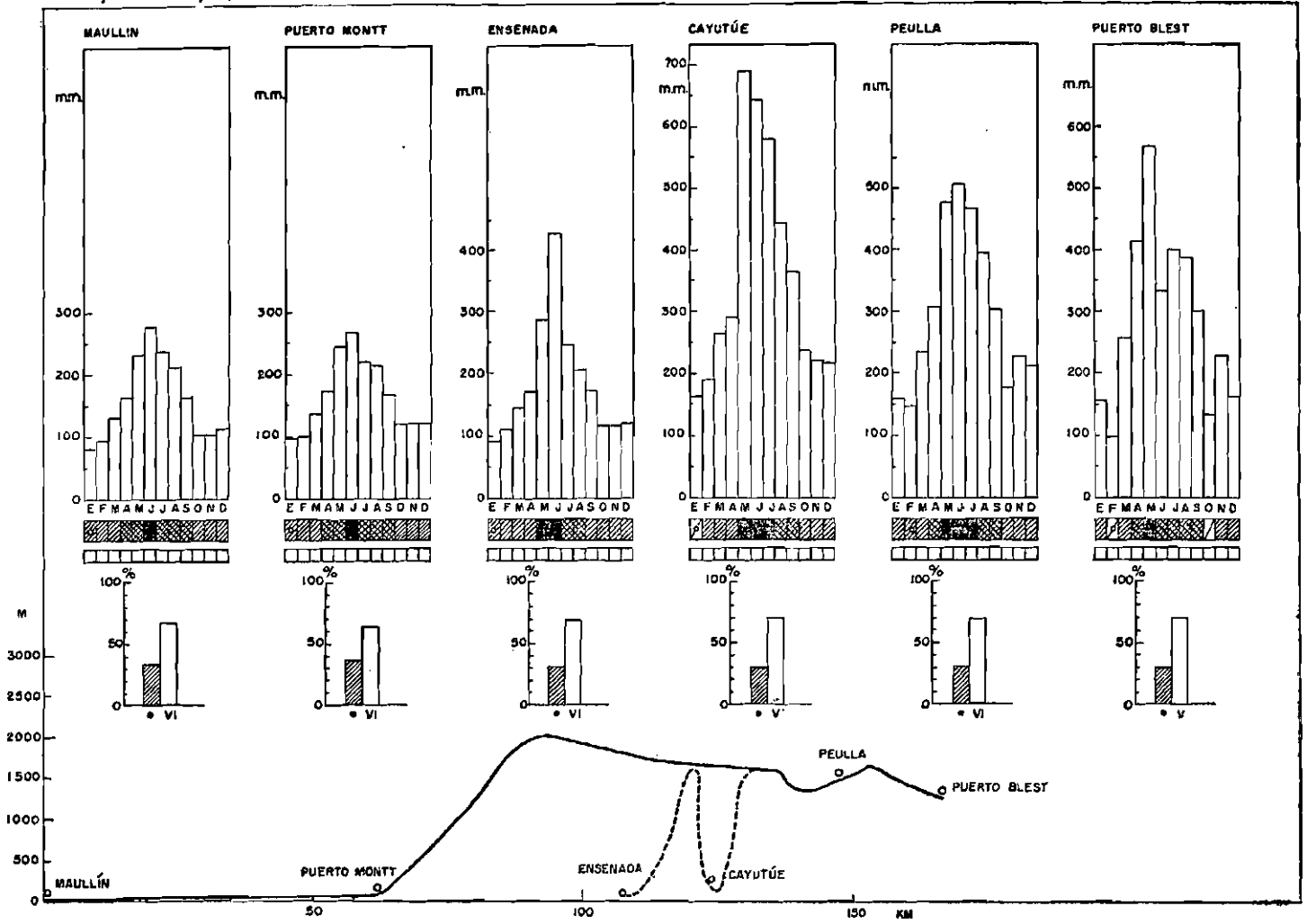


Gráfico 19
CICLO VEGETATIVO. Zona Norte: Tarapaca, Coquimbo.

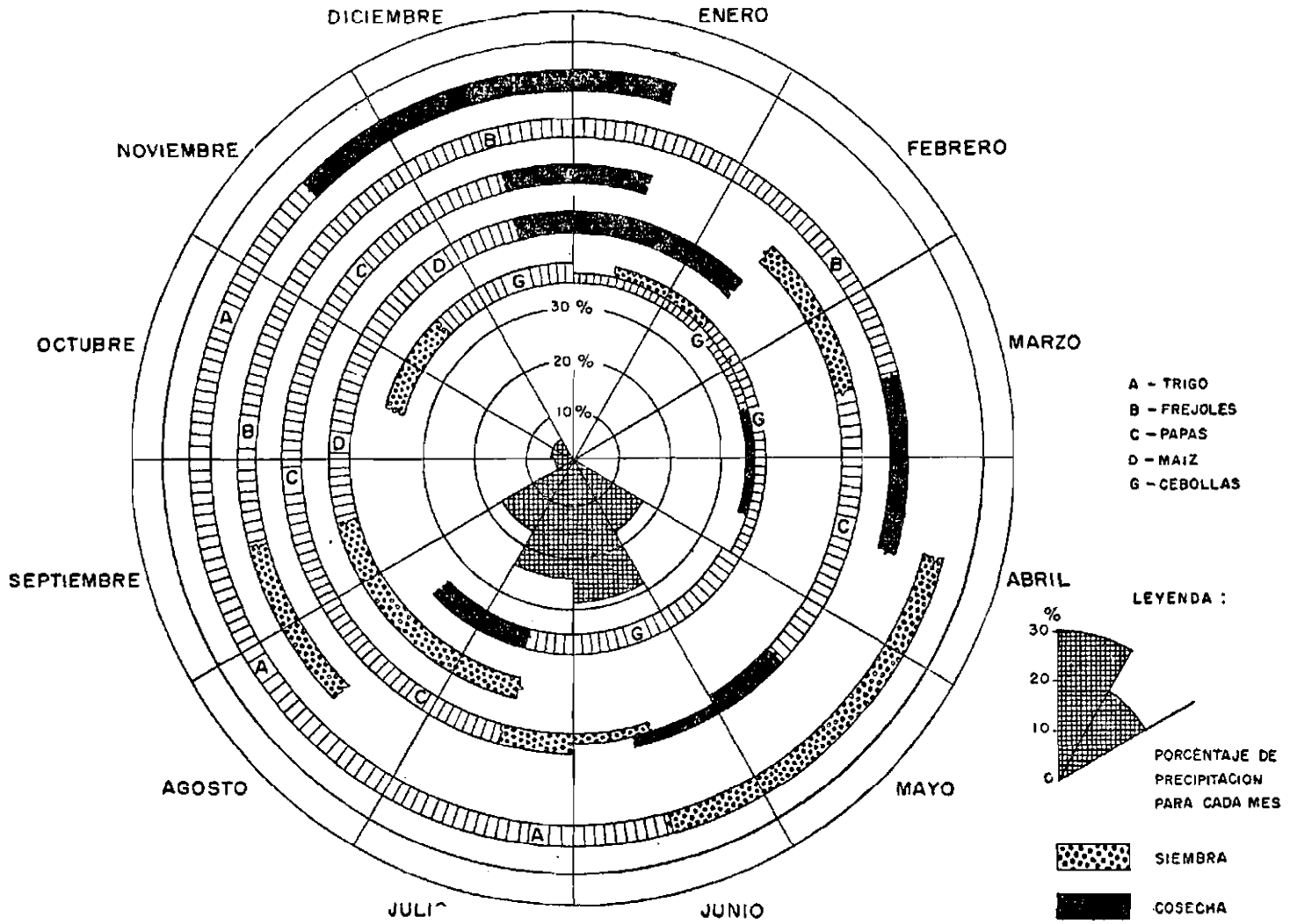


Gráfico 20
 CICLO VEGETATIVO. Zona Central: Aconcagua y Concepción.

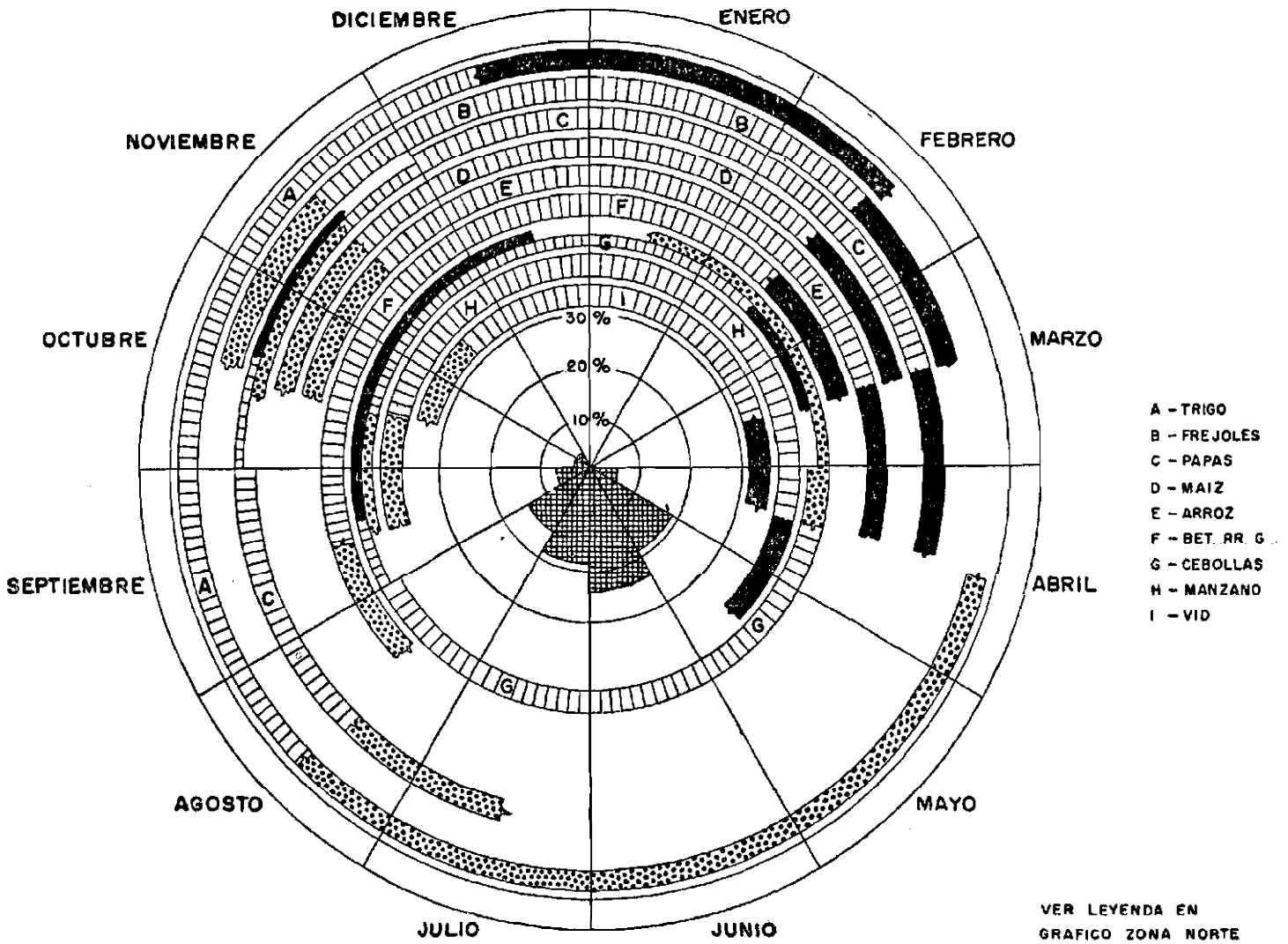


Gráfico 21
CICLO VEGETATIVO. Zona Sur: Bío-Bío, Llanquihué.

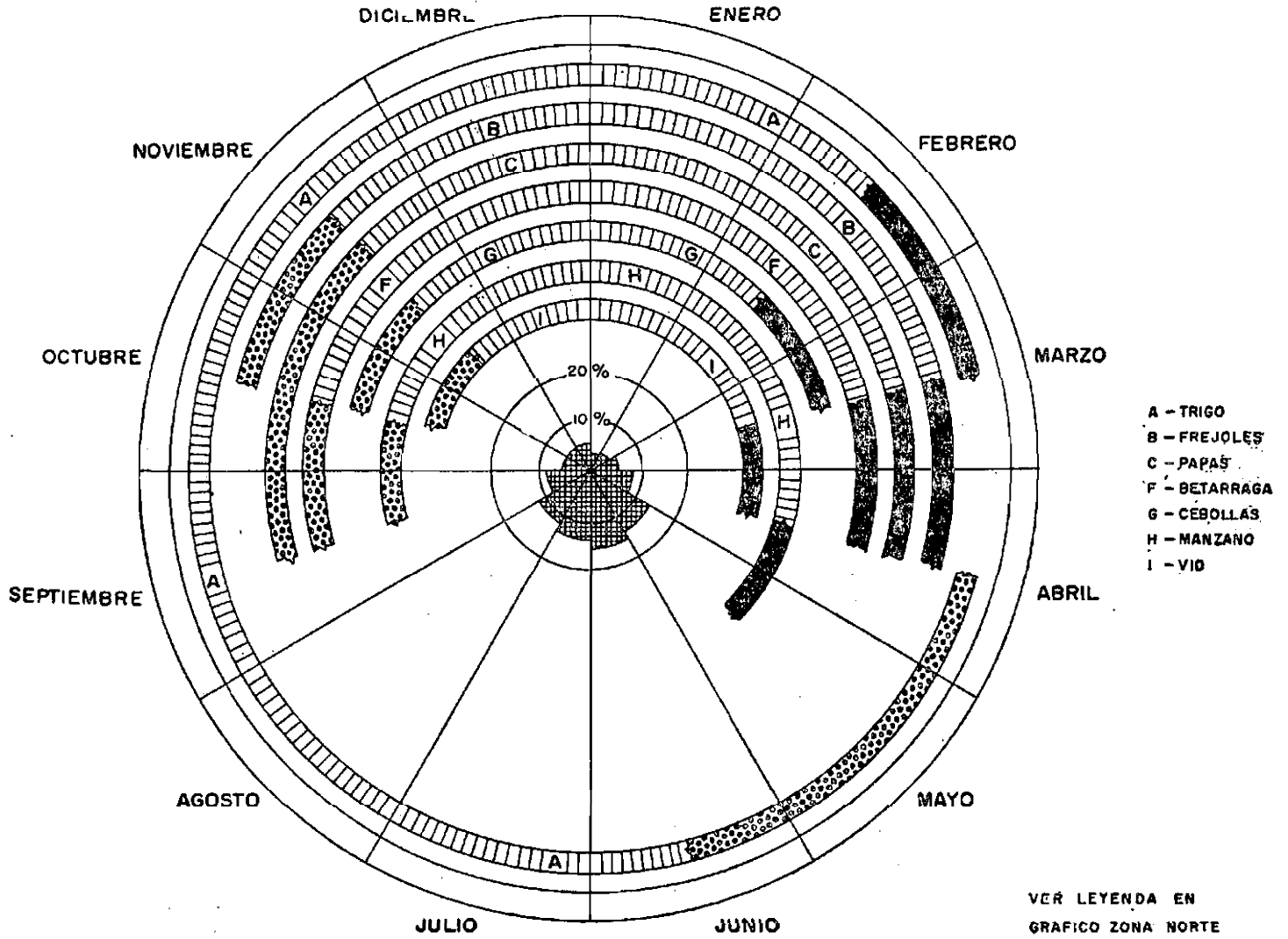
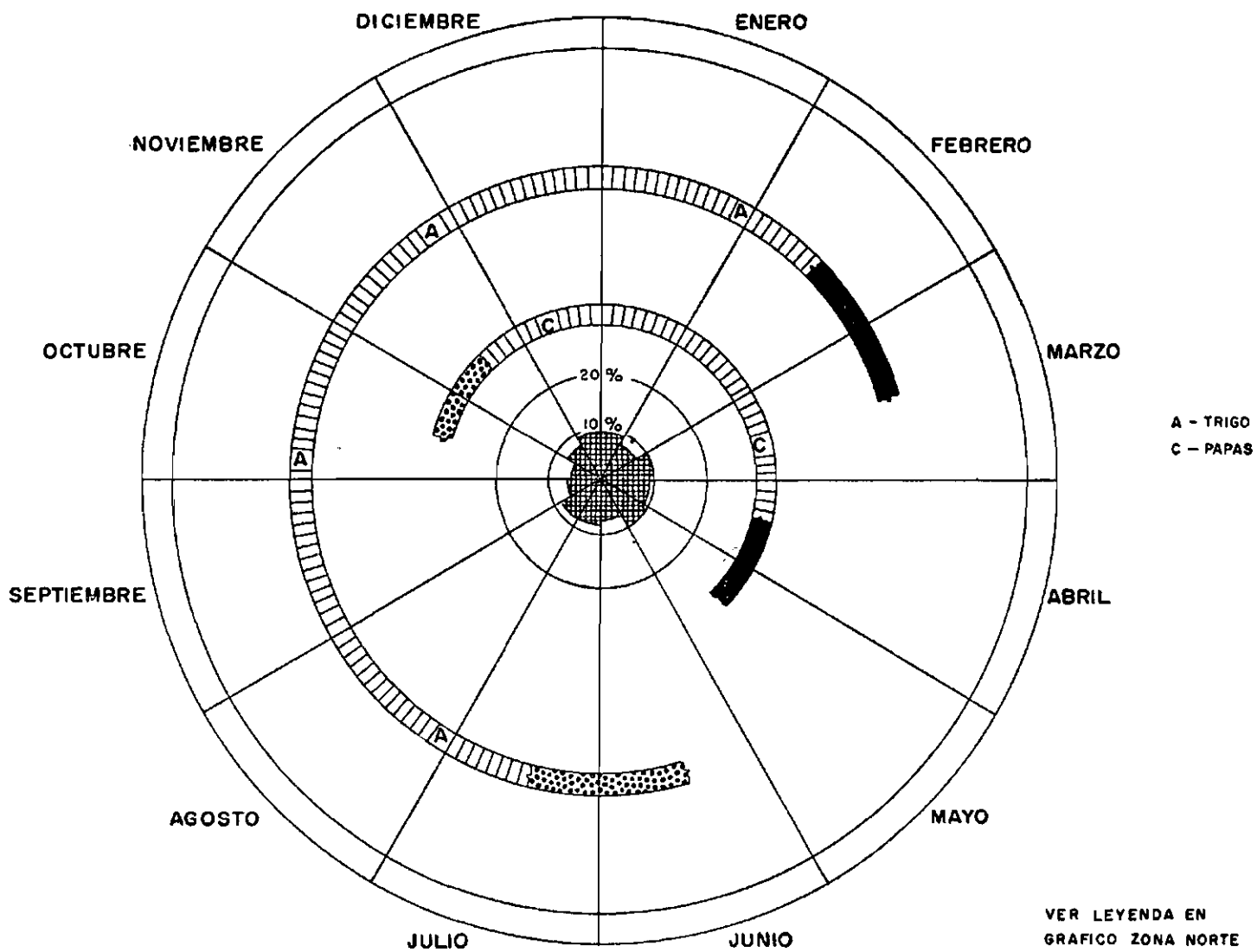
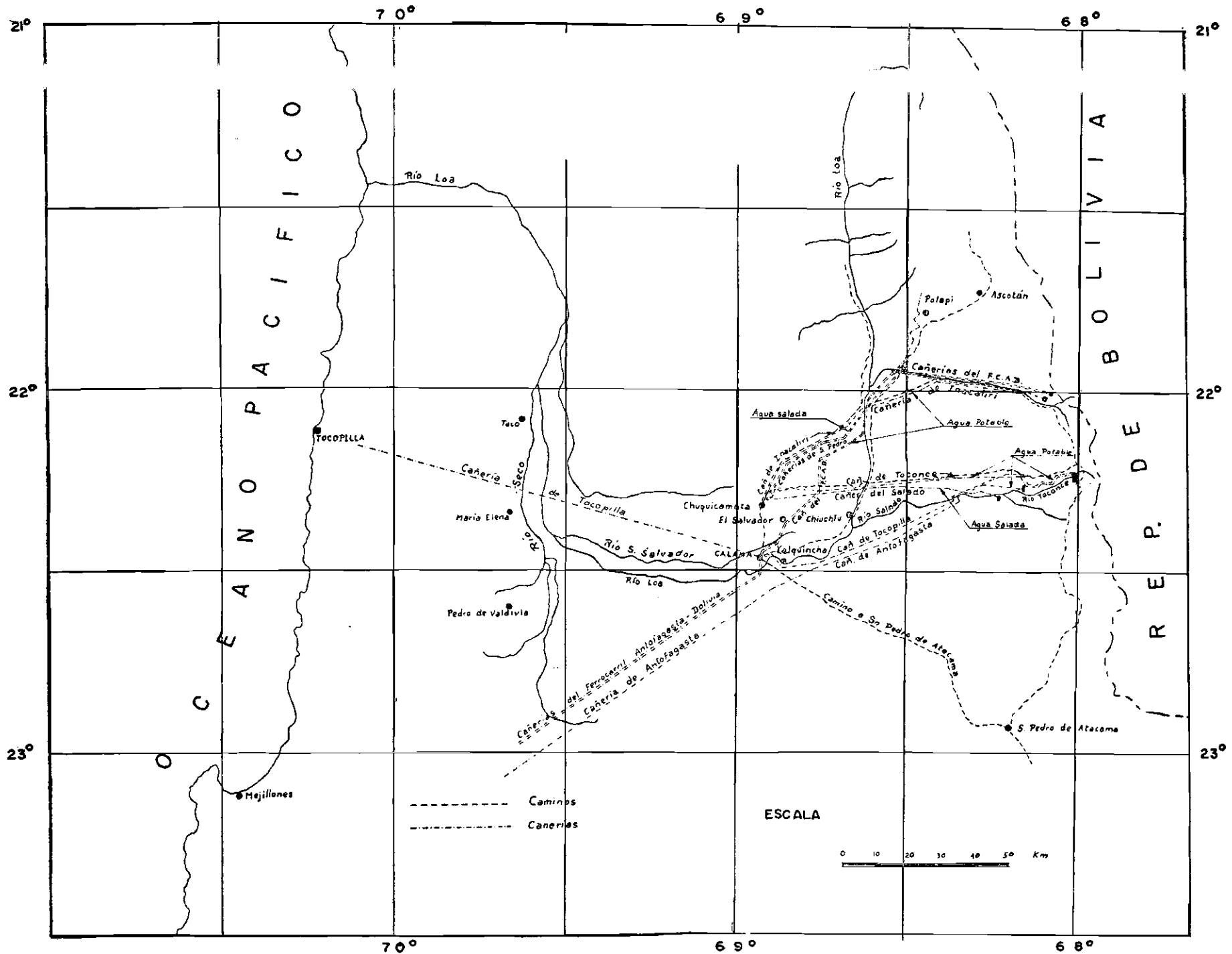


Gráfico 22
CICLO VEGETATIVO. Zona Austral: Chiloé, Aysén y Magallanes.



Croquis I
HOYA DEL RÍO LOA





Anexo III

ESTUDIOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

I. Río Loa

1. Descripción

El río nace en vertientes cordilleranas cerca de la frontera internacional y corre unos 160 km hacia el sur, paralelamente a dicha frontera. Se desvía entonces al oeste y después de 75 km vuelve hacia el norte. Continúa en esta dirección otros 85 km y en seguida se vuelve paulatinamente al oeste, desembocando al mar en un punto algo más al sur de su nacimiento. En su primer tramo desembocan en él los ríos San Pedro y Salado, que nacen en la Cordillera. (Véase el croquis I.)

El caudal del Loa es de vertientes, pues toda la nieve de la Cordillera se evapora y normalmente no engrosa el caudal del río. Las vertientes —algunas de agua dulce y otras de agua salada— parecen alimentarse en la ladera oriental de la Cordillera. Aunque el agua del Loa es salobre se emplea para el riego. Este río trae caudal todo el año, pero muy poco, y se afora en la estación hidrológica del Jalquincha, cerca de Calama.

2. Utilización del agua

El Loa suministra agua potable e industrial al mineral de cobre de Chuquicamata, a las salitreras de María Elena y a las ciudades de Tocopilla y Antofagasta. También se utiliza una pequeña parte de su caudal para riego.

Como casi no llueve en toda esta zona, habrá que dar prelación al aprovechamiento del caudal para abastecer las minas y los puertos de agua potable e industrial por la gran importancia que tienen las actividades mineras en la economía de Chile.

3. Caudal del río

Las informaciones son escasas y sólo abarcan parcialmente los años 1947 a 1950 y en parte también 1955. (Véase el cuadro 1.) Por haber tan pocos datos disponibles, se sobreentiende que cualquier conclusión que pueda derivarse de ellos carece de valor definitivo.

El río se caracteriza por un caudal bastante regular con pequeños aumentos en junio, julio y agosto. La estación de las lluvias en la alta cordillera cae en verano y a ello se debe el aumento de caudal de enero, febrero y marzo de 1949.

Las cifras de aforo del cuadro 1 muestran el caudal disponi-

Cuadro 1

RÍO LOA: DISPONIBILIDAD DE AGUA A LA ALTURA DE JALQUINCHA (Metros cúbicos $\times 10^6$)

Mes	1947	1948	1949	1950	1955
Enero. . . .	—	8.84	68.30	8.30	—
Febrero. . .	—	—	61.69	7.50	—
Marzo. . . .	—	12.05	13.66	8.57	16.34
Abril. . . .	—	10.89	10.63	9.07	12.18
Mayo. . . .	—	12.32	9.64	8.04	11.24
Junio. . . .	11.92	—	—	9.85	11.66
Julio. . . .	12.32	11.78	10.71	12.37	12.86
Agosto. . .	12.32	11.52	10.98	11.97	12.32
Septiembre. .	11.40	9.33	9.60	—	11.15
Octubre. . .	11.25	9.11	9.64	—	9.37
Noviembre. .	10.11	8.81	9.33	—	9.33
Diciembre. .	10.18	8.84	9.37	—	9.64

ble en el río después de retirar agua potable y la mayor parte del agua industrial y después de usar agua para riego río arriba de Jalquincha (unas 1 330 hectáreas).

Como en los meses de junio, julio y agosto no se emplearía esta agua de riego, el caudal medio en Jalquincha es algo mayor en estos meses.

4. El riego en el sistema del Loa

Según datos de la Dirección de Riego, las superficies regadas actualmente son las siguientes:

	Hectáreas
Toconce	20
Aiquina	20
Río San Salvador	700
Río Loa:	
Primer tramo hasta Chiu-Chiu	590
Segundo tramo en Calama	1 780
Tercer tramo hasta Quillagua	170
Total	3 280

Existe una zona de terreno pantanoso y salado (800 hectáreas) en Calama que mediante el avenamiento podría destinarse a la agricultura, si hubiera agua para riego.

La Dirección de Riego tiene en estudio tres proyectos que se muestran en el croquis I, a saber:

- a) Embalse Chonchi, para regar 2 000 hectáreas de nuevas tierras (comprendidas las 800 hectáreas mencionadas anteriormente) y mejorar la dotación de riego de otras 3 000 hectáreas.
- b) Embalse Quillagua, para regar 8 000 hectáreas nuevas.
- c) Captación de aguas subterráneas, para regar unas 2 000 hectáreas.

En este valle se necesita riego durante 9 meses, pues en junio, julio y agosto es frío el tiempo y cultivos como las viñas permanecen latentes. Parece que hay bastante buena tierra regable.

5. Agua utilizada por Antofagasta, Tocopilla y las minas

Se distinguen dos clases de agua: a) agua dulce para uso doméstico y b) agua salobre para uso industrial en las minas.

a) Agua de uso doméstico

Procede de Toconce e Incalari y es llevada por medio de tuberías a Chuquicamata, María Elena, Antofagasta y Tocopilla. (Véase el cuadro 2.)

Dentro de poco se solucionará el problema del agua en Antofagasta y en 1985, habrá amplias disponibilidades para satisfacer las necesidades de 90 000 habitantes. La actual población es de 65 000. Los 17 500 m³ adicionales se tomarán del río Siloli, en el curso superior del San Pedro.

En Tocopilla, los 6 500 m³ diarios de que se dispondrá en 1985 —siempre que la corrosión del acueducto no disminuya todavía más su rendimiento, que ya ha decaído de 14 000 a 11 000 m³ diarios— tendrán que aumentar en unos 5 000 m³ diarios

Cuadro 2

RÍO LOA: USO ACTUAL Y FUTURO DEL SISTEMA

Lugar	Uso actual (m ³ diarios)	Uso futuro (m ³ diarios)
Antofagasta.	7 500 1 500 ^a 7 000	7 500 24 500 —
	16 000	32 000
Tocopilla.	5 000	5 000 1 500
		6 500
Chuquicamata.	4 500 12 000	16 500
	16 500	
María Elena.	4 500 ^b	4 500

^a Tomado del acueducto de Tocopilla. Se presume que esta ciudad dispondrá de esa cantidad cuando Antofagasta cuente con la nueva dotación de agua potable.

^b Tomado del acueducto de Tocopilla.

para satisfacer las necesidades de una población más numerosa (28 000 habitantes en vez de 20 000).

En *Chuquicamata*, la disponibilidad de 16 500 m³ diarios no tendrá que ampliarse en 1985, pues la población de 23 000 habitantes se mantendrá estable y aun podría disminuir ligeramente a causa de una mayor mecanización.

En *María Elena* también bastarán los 4 500 m³ diarios de agua actuales, pues la población de 30 000 habitantes es de presumir que no varíe en 1985.

Las necesidades adicionales de agua para 1985 alcanzan, por lo tanto, a un total de 19 500 m³ diarios, de los que corresponden 14 500 m³ a Antofagasta y 5 000 m³ a Tocopilla.

b) Agua industrial (agua salobre)

El consumo actual en *Chuquicamata* es:
del río San Pedro 20 000 m³ diarios
del río Salado 36 000 m³ diarios

El agua del río Salado se emplea en el beneficio del mineral sulfuroso, para lo cual se proyectaba construir 24 secciones de flotación. Los 36 000 m³ diarios disponibles sólo alcanzan para el funcionamiento de 10 de esas secciones. Así, pues, las necesidades de agua salada para fines industriales aumentarían de 36 000 m³ diarios a $\frac{24}{10} \times 36 000 = 86 400$ m³ diarios; es

decir, en unos 50 000 m³ por día o 1.5×10^6 m³ mensuales. Si los 50 000 m³ diarios adicionales procedieran del Loa, quizá se estorbaría el funcionamiento de las obras de riego proyectadas.

Cabe mencionar que el agua del Loa ha mejorado mucho en calidad desde que se desvió el Salado —el más salobre de sus afluentes— para usarlo en la mina.

Actualmente se consumen en *María Elena* y *Pedro de Valdivia* 15 500 m³ de agua al día que aumentarían a 25 000 m³. Toda esa agua procede de los ríos Salvador y Loa.

Así, la cantidad adicional de agua que en total se necesita para fines industriales será 50 000 m³ por día para *Chuquicamata* y 9 500 m³ por día para *María Elena*, lo que da un total de 59 500 m³ diarios. De éstos, 9 500 m³ diarios se tomarán más abajo de *Jalquincha*, y no contarán en las mediciones realizadas en este punto. La mayor demanda de agua para uso doméstico e industrial que habrá de retirarse del Loa es 72 500 m³ diarios (50 000 m³ más 22 500 m³), o sea 26.5×10^6 al año. Deduciendo esta cantidad de las cifras del cuadro I se obtiene la disponibilidad de agua para obras de riego.

6. Desarrollo hidroeléctrico

Probablemente no se podrán emprender obras hidroeléctricas en esta cuenca, aunque se aprovechará el nuevo acueducto de agua potable de Antofagasta para instalar una central hidroeléctrica de 1 500 KW de capacidad.

7. Posibles necesidades futuras de agua de riego

Las nuevas superficies de riego que figuran en dos de los proyectos aludidos anteriormente (apartado 4, incisos a) y b)) se extienden a 2 000 y 8 000 hectáreas, respectivamente.

Suponiendo que al año sólo se necesitan 7 500 m³ de agua por hectárea, para 10 000 hectáreas habría que contar con 75.0×10^6 m³. Suponiendo la demanda futura de uso urbano e industrial de 26.5×10^6 m³, el volumen total de agua requerido alcanzaría a 101.5×10^6 m³.

Como es posible que no se disponga de ese volumen de agua durante algunos años (véase nuevamente el cuadro 1), resultaría difícil conciliar el uso del agua para uso industrial y doméstico con su aprovechamiento para el riego, y habría que hacer un detenido examen del volumen de agua que se podría destinar eventualmente a este último.

8. Aguas subterráneas

Según un informe de la Dirección de Riego¹ no se han investigado bastante las aguas subterráneas de esta cuenca; apenas se han abierto algunos pozos de tubo y se ha recomendado investigar otros. La misma Dirección de Riego tiene en estudio proyectos para regar unas 2 000 hectáreas mediante el bombeo de aguas subterráneas, pero es evidente que sería necesario examinar más a fondo las posibilidades que ofrecen las napas freáticas de esta cuenca.

9. Conclusiones

- El sistema del Loa deberá aprovecharse de preferencia para cubrir las necesidades domésticas e industriales de agua.
- A consecuencia de lo anterior, quizá sea necesario reducir las futuras disponibilidades de agua de riego.
- Para ampliar el riego, debiera explorarse la posibilidad de emplear al máximo las aguas subterráneas.
- El aprovechamiento de todo el caudal del río puede repercutir en la disponibilidad de aguas subterráneas.
- Deben reiniciarse y continuarse las mediciones de caudal en *Jalquincha*.
- Hace falta un organismo central que vigile el desarrollo hidráulico del Loa, a fin de determinar prioridades y resolver las obras de riego que pueden autorizarse.

¹ Herman House Escobar, Recursos de aguas subterráneas de la zona norte.

II. RÍO ELQUI²

1. Descripción

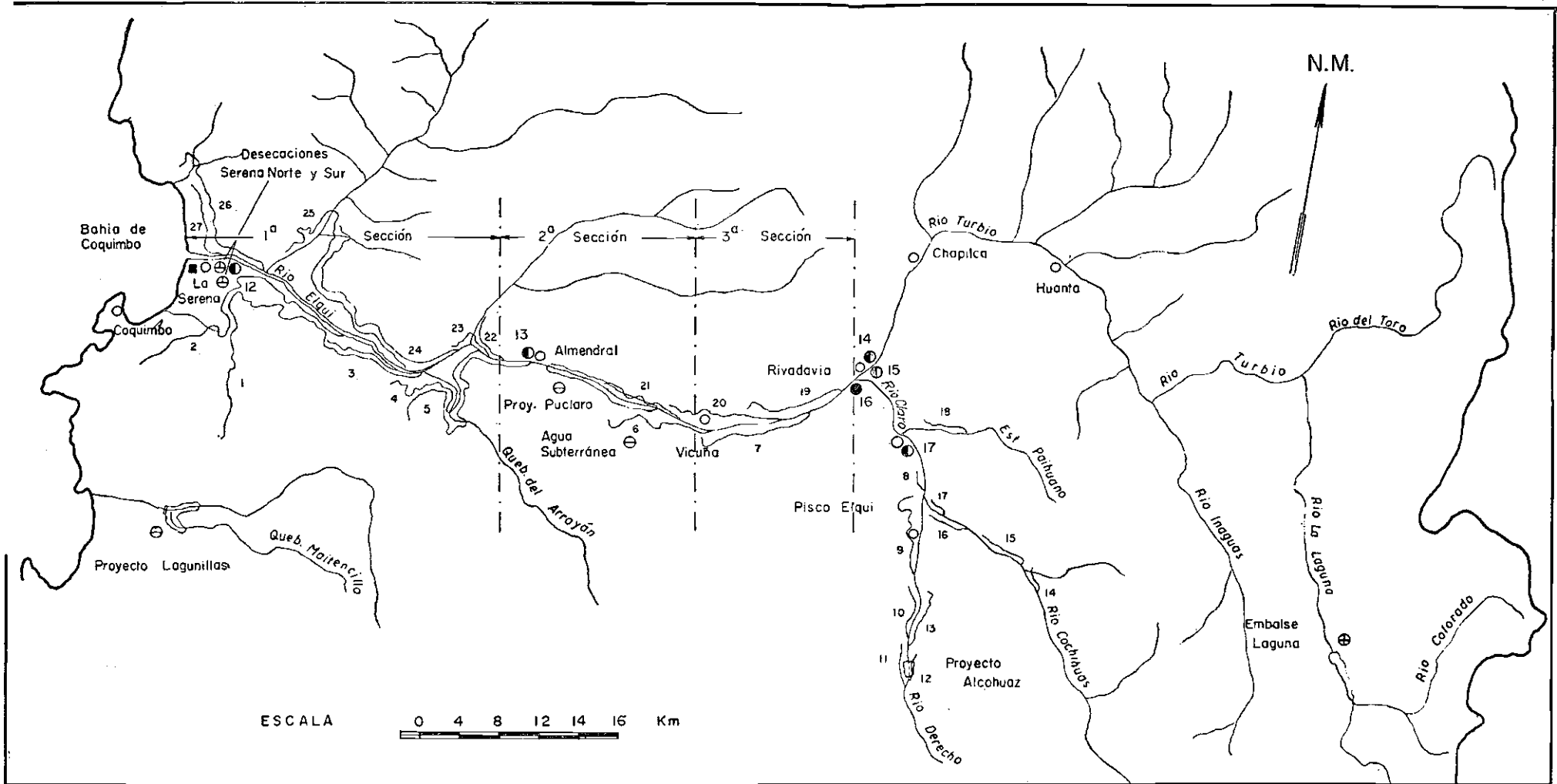
La hoya del Elqui abarca 9 844 km². (Véase el croquis II.) En su curso superior, el río recibe dos afluentes principales: el Tur-

² La información usada en esta sección se debe al señor Juan Bennett.

bio y el Claro. En el Turbio desembocan a su vez el río La Laguna y el Incaguas.

En el curso superior del primero está el embalse La Laguna, cuya capacidad es de 40 millones de metros cúbicos. El agua de este embalse proviene del deshielo. En los meses de invierno se hacen periódicamente observaciones nivométricas (pero no del contenido de agua de la nieve), que dan una idea bastante apro-

Croquis II
RÍO ELQUI Y SUS AFLUENTES



CANALES DE REGADÍO

1 BELLAVISTA	10 MAQUI	19 MIRAFLORES
2 COQUMBO	11 PANGUE	20 SAN ISIDRO
3 PORVENIR	12 SAN JUAN	21 MIRA
4 PORVENIR ALTO	13 PABELLON	22 MOLLE
5 DELIRIO	14 CORDILLERA	23 MARQUESA
6 SAN CARLOS	15 ALFALFAR ALTO	24 SAN PEDRO
7 PERALILLO	16 AJIAL BAJO	25 DEL ROMERO
9 CUESTA	18 SAN MATEO	27 PUNTA DE TEATINOS

OBRAS DE LA DIRECCION DE RIEGO

⊕ POR ESTUDIAR	● Limnómetro en funciones
⊖ EN ESTUDIO	
⊕ EN CONSTRUCCION	
⊕ EN EXPL. PROVIDORIA	
⊕ EN EXPLOTACION	
● Limnógrafo en funciones	
16 RÍO ELQUI EN ALGARROBAL	

ENDESA

■ Heliógrafo	
I LA SERENA	

12 RÍO ELQUI EN PUNTA PIEDRA
13 RÍO ELQUI EN ALMENDRAL
14 RÍO TURBIO EN VARILLAR
15 RÍO CLARO EN RIVADAVIA
17 RÍO CLARO EN MONTEVEGO

ximada del caudal del río en las demás estaciones. Pese a su poca capacidad, el embalse La Laguna parece de sumo valor para regular el agua de riego.

El río Claro también tiene dos afluentes importantes, el Derecho y el Cochiguas.

2. Estaciones hidrológicas

La Dirección de Riego mantiene 6 estaciones hidrológicas en este sistema, una de las cuales se halla cerca de su desembocadura. La nive caída se mide en La Laguna. La Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA) no tiene estaciones en esta cuenca.

3. Riego en el valle del río Elqui

El riego está muy desarrollado en este valle y puede dividirse en seis secciones. (Véase el cuadro 3.) Los principales cultivos regados en las tres primeras son las viñas y los frutales. Las viñas se plantan en empinadas laderas y los canales de riego tienen que recorrer largas distancias entrando y saliendo de los valles laterales con pérdidas considerables de agua.

4. Agua de uso doméstico e industrial

El agua de uso doméstico de La Serena proviene de un arroyo situado cerca de la ciudad. El puerto de Coquimbo, ahora en construcción, se abastece en La Serena y proporcionará agua a los barcos a razón de 80 m³ cada uno. Se estima que anualmente se cubrirán las necesidades de 500 barcos, lo que supone una disponibilidad total de 40 000 m³ al año.

Es probable que sea necesario aumentar la dotación de agua de La Serena. Para ello habría que recurrir a la captación de las aguas subterráneas en el lecho del río.

Cerca de La Serena existe una fábrica de cemento de 200 000 toneladas de capacidad anual, que consume 17 m³ de agua por tonelada. Esta fábrica toma el agua de un canal de riego que arranca del río. Su producción ha disminuido —apenas alcanza 50 000 toneladas anuales de cemento y a 40 000 de fertilizantes artificiales— y es posible que se cierre.

La mina de hierro de la Bethlehem Steel Corporation, situada cerca de La Serena, tiene agua propia que proviene de vertientes.

No sería difícil cubrir todas las necesidades aludidas, aunque se desarrolle el riego al máximo. Las nuevas zonas que podrían regarse son:

	Hectáreas
Río Derecho	800 a 1 000
Ríos Claro y Cochiguas	500
Río Turbio	1 500, pero 500 es el máximo que se considera posible.
Río Elqui (Sección 1)	700
Río Elqui (Sección 2)	Nada
Río Elqui (Sección 3)	22 000 a 25 000 (15 000 es el máximo que se considera posible).

En todos estos casos habrá que adoptar medidas especiales, como construcción de embalses, unión de diversos canales pequeños y revestimiento de los canales, para poder regar las nuevas zonas.

5. Policía de las aguas

Hay tres etapas en la policía de las aguas del río:

- Río libre — en que los canales pueden tomar toda el agua necesaria;
- Desmarque — cuando el agua disponible en el río es inferior a la marca 100, todos los canales obtienen una proporción de la dotación a que tienen derecho, igual al porcentaje del desmarque disponible;
- Rotaciones — Cuando el caudal se reduce al 25 por ciento de la marca 100, los canales se agrupan y funcionan por turnos (cerrándose y abriéndose) de modo que el agua que entra a un canal sea suficiente para ser distribuida en él.

Este método de control es lógico y eficaz y se ajusta a los métodos usados para distribuir el agua, cuando escasea, en los modernos proyectos de riego de gran envergadura. Su aplicación en este río se debe probablemente a la escasez de agua y a que todos los agricultores saben que cuando el agua escasea tienen derecho a gozar de una proporción justa de la dotación que les corresponde.

Existen en este río mercedes de agua muy antiguas, muchas de las cuales datan de la época colonial. En 1943 estas mercedes fueron divididas en acciones que representaban cuotas iguales de agua del río. Se ha visto que una acción equivale aproximadamente a un litro por segundo, que corresponde a la marca 100, lo que concuerda con la capacidad de los canales.

El Elqui se considera agotado, por lo cual el gobierno no puede conceder nuevas mercedes de agua en este sistema.

Cuadro 3

EL RIEGO EN EL VALLE DEL ELQUI

Sección	Superficie regada (Hectáreas)	Distribución porcentual de los cultivos				Pastos naturales	Pérdida porcentual en los canales
		Viñas	Frutas	Alfalfa	Chácaras y cereales		
Río Derecho	1 080	45	5	20	10	20	40 a 45
Ríos Claro y Cochiguas.	1 005	35	35	5	10	15	40 a 45
Río Turbio.	420	20	15	5	30	30	45 a 50
COSECHAS TEMPRANAS							
Río Elqui (Sección 1)	2 930	10	20	25	15	30	30 a 35
CHÁCARAS							
Río Elqui (Sección 2)	495	—	20	15	25	40	35 a 40
Río Elqui (Sección 3)	18 440	—	5	20	30	45	20 a 25
<i>Total.</i>	<i>24 370</i>						

Cuadro 4

EL ALGARROBAL: DISPONIBILIDAD MENSUAL DE AGUA

(Miles de metros cúbicos)

Año	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1928/29	41 520	38 210	36 030	35 150	41 860	44 270	44 320	46 210	44 040	36 800	31 620	29 230
1929/30	30 590	34 210	26 440	33 260	41 860	37 530	41 290	39 760	37 530	29 030	30 430	33 440
1930/31	32 270	32 370	32 790	48 550	51 760	126 750	146 190	120 010	97 720	55 990	52 360	47 170
1931/32	43 290	40 690	38 100	35 040	42 120	40 690	40 770	31 860	32 660	28 980	30 170	31 390
1932/33	35 930	35 250	34 160	33 260	41 860	36 680	41 420	39 500	42 740	37 450	33 690	34 780
1933/34	34 370	34 840	30 430	33 260	41 860	40 950	38 130	36 990	32 530	28 980	29 210	37 400
1934/35	37 640	35 930	33 490	41 520	42 890	81 750	98 240	85 540	62 210	43 550	41 960	39 140
1935/36	40 950	34 470	34 470	33 260	40 310	39 500	31 410	26 340	35 380	28 980	28 670	31 990
1936/37	31 000	30 640	28 490	33 260	32 790	24 240	23 070	22 210	23 460	22 860	21 360	23 090
1937/38	22 270	23 250	23 200	27 320	23 340	33 260	37 770	33 220	28 170	28 950	26 100	28 200
1938/39	32 300	29 340	25 530	33 230	27 420	24 420	22 890	23 040	23 980	28 570	22 080	21 930
1939/40	21 700	20 530	23 200	22 860	21 020	16 720	19 390	21 380	21 100	23 250	22 520	23 610
1940/41	27 550	30 380	30 460	34 470	41 990	51 400	66 640	62 310	47 900	38 360	40 690	51 610
1941/42	42 900	39 940	45 670	53 600	109 690	203 940	247 280	206 010	165 470	97 870	88 800	49 090
1942/43	44 380	43 570	41 910	63 970	61 560	145 330	173 070	136 340	110 910	63 970	55 860	46 920
1943/44	44 610	50 520	38 650	37 430	42 120	43 550	43 620	42 870	44 140	37 980	38 960	34 090
1944/45	35 080	36 480	33 290	38 130	42 100	43 530	41 890	39 820	37 820	36 860	35 460	38 570
1945/46	34 170	30 850	27 710	33 240	41 840	24 360	19 880	18 690	19 310	19 650	21 230	20 450
1946/47	21 720	23 200	22 940	28 380	23 430	23 070	22 500	23 380	23 410	23 330	22 160	21 380
1947/48	22 630	22 340	22 940	29 370	21 850	21 380	17 370	15 580	12 550	13 740	13 480	14 640
1948/49	14 900	17 600	23 280	27 500	25 630	34 210	40 440	32 370	27 290	27 140	25 090	23 250
1949/50	24 030	24 520	28 690	33 260	21 590	24 730	20 970	20 610	20 420	21 280	19 390	24 780
1950/51	24 520	22 160	23 070	22 730	18 220	19 800	20 500	20 420	20 480	19 730	18 610	19 180
1951/52	19 620	19 800	23 720	15 760	11 740	12 600	10 450	11 560	12 290	13 140	14 620	13 890
1952/53	19 830	21 200	23 200	22 890	20 610	25 380	32 920	26 570	24 810	24 960	21 700	23 020
1953/54	28 200	26 080	26 520	33 260	41 710	68 900	96 420	65 550	51 790	41 600	41 210	40 820
1954/55	42 200	39 040	37 590	37 170	41 860	43 550	35 850	39 500	32 530	28 980	27 090	30 460
1955/56	27 840	25 120	22 940	33 260	32 270	19 830	18 790	17 860	17 730	17 730	17 730	16 100

6. Aguas subterráneas

La Dirección de Riego ha hecho muchas investigaciones —algunas bajo los auspicios del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento— sobre las aguas subterráneas de este valle. Es indudable que existen buenas disponibilidades de agua subterránea³ y podrían extraerse de 3 a 5 m³ de agua subterránea por segundo para el riego.

Se estima que en la tercera sección del Elqui se necesitan 8 500 m³ por año, de modo que la posible zona de riego tendría de 7 870 a 13 100 hectáreas suponiendo que se bombeara agua las 24 horas del día durante 258 días al año.

7. Posibilidades de extender el riego en el Valle del Elqui

El riego en este valle se efectúa por una red de canales pequeños, muchos de los cuales corren paralelos al río por largas distancias. Parte del agua que se pierde por infiltración podría economizarse fusionando los canales pequeños en un solo canal alimentador, y más si éste se revistiera. De este modo se lograría mayor eficacia en la distribución del agua de riego y se facilitaría la vigilancia.

Los registros de caudal mensual en el período 1928-56 muestran que todos los años puede guardarse algún volumen de agua para uso futuro y que en algunos se desperdician grandes cantidades. De almacenarse el agua que se pierde, sería posible ampliar y regular el riego.

El estudio del Sr. Bennett prevé tres embalses nuevos, además del de La Laguna. (Véase el croquis II.) Dichos embalses serían:

Embalse Alcohuas — sobre el río Derecho. Todavía no estudiado.

Embalse Puclaro — sobre el río Elqui, con 190 millones de metros cúbicos de capacidad. Este proyecto se encuentra bastante avanzado.

Embalse Lagunillas — con 20 millones de metros cúbicos de capacidad. Proyecto en estudio.

En relación con este río, se han realizado una prueba de regularidad y un estudio que se describen más adelante.

³ H. House Escobar, op. cit.

8. Disponibilidad de agua en el río

En el cuadro 4 se indica la disponibilidad mensual de agua en el período comprendido entre junio de 1928 y mayo de 1956,⁴ habida cuenta de que el río recupera sus aguas más abajo de la estación hidrológica de Algarrobal.

9. Las necesidades de agua para riego

Para obtener la cantidad de agua de riego necesaria, se hicieron cálculos según la fórmula de Blaney-Criddle, empleando la temperatura media mensual de Vicuña para los tres afluentes y la primera y segunda sección del Elqui y la temperatura de La Serena para la tercera sección del río Elqui.

Las cifras de uso consuntivo se calcularon sobre las del Maipo,⁵ introduciendo los reajustes necesarios para cubrir las dife-

Cuadro 5

RÍO ELQUI: USO CONSUNTIVO DEL AGUA PARA RIEGO EN VICUÑA Y LA SERENA, POR MESES
(Metros cúbicos por hectárea)

Mes	Vicuña	La Serena
Enero	1 680	1 617
Febrero	1 590	1 544
Marzo	1 370	1 329
Abril	1 196	1 183
Mayo	920	1 009
Junio	1 020	956
Julio	953	967
Agosto	955	950
Septiembre	1 185	1 167
Octubre	1 340	1 281
Noviembre	1 535	1 467
Diciembre	1 631	1 535

⁴ Según datos del señor Juan Bennett.

⁵ Dirección de Riego, Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo.

rencias de temperatura de Vicuña y La Serena. No se varió el factor "luz diurna" por falta de datos. (Véase el cuadro 5.)

Para calcular el uso consuntivo del agua en los diversos cultivos, se emplearon los siguientes factores "K":

Viñas	1.00
Alfalfa	} 0.85
Maíz	
Trigo	
Fruta	} 0.75
Pastos naturales	
Patatas	
Tomates	} 0.65
Hortalizas	

Cuadro 6

RÍO ELQUI: NECESIDADES DE AGUA PARA CULTIVO EN VICUÑA
(Metros cúbicos mensuales por hectárea)

Mes	Viñas (K=1.0)	Forrajes, chácaras, frutas (K=0.75)	Cosechas tempranas (K=0.65)	Alfalfa, maíz, cereales (K=0.85)
Enero.	1 680	1 260	1 090	1 428
Febrero	1 590	1 193	1 030	1 350
Marzo	1 370	1 028	890	1 165
Abril	1 196	898	777	1 018
Mayo	920	690	598	782
Junio ^a	1 020	765	663	866
Julio ^a	950	713	620	810
Agosto	955	717	621	812
Septiembre.	1 185	890	770	1 080
Octubre.	1 340	1 060	870	1 140
Noviembre.	1 535	1 150	997	1 305
Diciembre.	1 631	1 222	1 060	1 387
Totales	15 372	11 586	9 986	13 143
Excluidos junio y julio	13 402	10 100	8 703	11 467

^a Los meses de junio y julio no son de riego, por lo que las cifras de consumo correspondientes a ellos no deben tenerse en cuenta al evaluar la cantidad de agua que se requiere por hectárea para un programa determinado de plantación de cultivos.

Cuadro 7

RÍO ELQUI: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA CULTIVO EN LA SERENA
(Metros cúbicos mensuales por hectárea)

Mes	Chácaras (K = 0.85)	Forrajes y chácaras sin maíz (K = 0.75)
Enero.	1 374	1 213
Febrero	1 312	1 158
Marzo.	1 130	997
Abril	1 006	887
Mayo.	858	757
Junio ^a	813	717
Julio ^a	822	725
Agosto	808	713
Septiembre.	992	875
Octubre.	1 089	961
Noviembre.	1 247	1 100
Diciembre.	1 305	1 151
Totales	12 756	11 254
Excluidos junio y julio	11 121	9 812

^a Como junio y julio no son meses de riego, las cifras de consumo correspondientes a estos meses no deben tenerse en cuenta al evaluar las necesidades de agua por hectárea para un determinado ciclo de cultivo.

Aplicando estos porcentajes a las cifras básicas de consumo se obtuvieron las necesidades de los diversos cultivos, que se dan en los cuadros 6 y 7 para Vicuña y La Serena, es decir, para todo el río Elqui.

En el ciclo de cultivo se presentarán periodos de maduración de los frutos, cosecha y preparación para el próximo cultivo, de modo que, $\frac{8}{10}$ de los totales mensuales pueden considerarse como la demanda real. Estos márgenes se muestran en la primera columna del cuadro 8.

10. Superficie de riego prevista para después de la construcción de los embalses de Puclaro y Lagunillas

En la prueba de regulación del Elqui y funcionando los embal-

Cuadro 8

RÍO ELQUI, SECCIÓN 1: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA CULTIVO ^a
(Metros cúbicos por hectárea)

8/10 del total	Mes	Composición de los cultivos				Total	En la toma del canal
		Viñas (10 %)	Frutales, forrajes (50 %)	Cosechas tempranas (25 %)	Chácaras y cereales (15 %)		
1 583	Enero.	168	630	273	214	1 285	1 979
1 499	Febrero	159	597	258	203	1 217	1 874
1 292	Marzo.	137	514	223	175	1 049	1 615
1 130	Abril	120	449	195	153	917	1 412
867	Mayo	92	345	150	117	704	1 084
—	Junio	—	—	—	—	—	100
—	Julio	—	—	—	—	—	200
902	Agosto.	96	359	155	122	732	1 127
1 131	Septiembre.	119	445	192	162	918	1 414
1 298	Octubre.	134	530	218	171	1 053	1 622
1 446	Noviembre.	154	575	249	196	1 174	1 808
1 536	Diciembre	163	611	265	208	1 247	1 920
12 684							16 155
300							300
12 984 m ³ /Ha							16 455

^a Pérdida de agua en los canales = 35 por ciento. Factor = 1.54.

ses de Puclaro y Lagunillas, sólo se han tenido en cuenta las zonas que se han de regar en las secciones 1 y 3 del río.

Las secciones de los afluentes se tratarán por separado, ya que con la actual dotación y uniendo y revistiendo los canales, podría extenderse el riego a una superficie 60 a 70 por ciento mayor.

La segunda sección del Elqui será prácticamente eliminada a causa de la inundación producida por el embalse Puclaro. Las superficies que se regarían son:

		Hectáreas
Sección 1	2 930 + 700 =	3 630
Sección 3	18 440 + 15 000 =	33 440
Total		37 070

Dentro del ciclo de cultivo habrá dos períodos de maduración de los frutos, cosecha y preparación del próximo cultivo. Las necesidades de agua para esta sección se han calculado por eso

en $\frac{6}{10}$ del caudal que se registra en la toma del canal. (Véase el cuadro 9.)

Cuadro 9

RÍO ELQUI, SECCIÓN 3: NECESIDADES DE AGUA PARA CULTIVO
(Metros cúbicos por hectárea)

6/10 de mes cada	Mes	Composición de los cultivos:			En la toma del canal
		Chácaras y trigo 20 %	Forrajes, frutales, chácaras, solamente 80 %	Total	
994	Enero	275	970	1 245	1 656
948	Febrero	262	926	1 188	1 588
817	Marzo	226	798	1 024	1 362
727	Abril	201	710	911	1 212
621	Mayo	172	616	778	1 035
200	Junio	—	—	—	200
300	Julio	—	—	—	300
578	Agosto	162	570	732	974
716	Septiembre	198	700	898	1 194
788	Octubre	218	769	987	1 313
885	Noviembre	229	880	1 109	1 475
943	Diciembre	261	921	1 182	1 572
8 017					13 373
500					500
8 517 m ³ /Ha por año					13 873

Como los meses de junio y julio no son meses de riego, los cálculos de 200 y 300 m³/hectárea que se han hecho en estos meses se emplean para abreviar el ganado, etc.

Las necesidades mensuales de agua del río para estas superficies, usando las cantidades mensuales mencionadas, se resumen en el cuadro 10.

Se ha realizado una prueba de regulación del río, aplicando estas cifras de necesidades mensuales de agua para riego. Se supuso capacidad de embalse de 210 × 10⁶ m³ (además de los 40 millones de metros cúbicos del embalse de La Laguna). La prueba se inició con el embalse vacío y las pérdidas mensuales de almacenamiento se calcularon en 0.8 por ciento del contenido.

Esta prueba, cuyos resultados se recogen en el cuadro 11, demostró que, salvo en los casos en que escasea el agua, el río Elqui cubre las necesidades de riego de su cuenca.

Así, en el período 1928-47 el Elqui pudo regar 37 070 hectá-

Cuadro 10

RÍO ELQUI, SECCIONES 1 Y 3: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA CULTIVO

Mes	Sección 1 (3 630 Ha)	Sección 3 (33 440 Ha)	Total
Enero	5.75	33.24	38.99
Febrero	5.44	31.70	37.14
Marzo	4.69	27.32	32.01
Abril	4.10	24.31	28.41
Mayo	3.15	20.77	23.92
Junio	0.36	6.69	7.05
Julio	0.73	10.03	10.76
Agosto	3.27	19.33	22.60
Septiembre	4.11	23.94	28.05
Octubre	4.71	26.35	31.06
Noviembre	5.25	29.59	34.84
Diciembre	5.76	31.52	37.29
Total			332.12 × 10⁶ m³

reas (más las zonas de los tres afluentes) con absoluta regularidad. En la mayoría de los años el río permanece seco algunos meses, y en 12 de ellos hubo de desperdiciarse el agua dejándola correr río abajo.

Se verá que los años 1948-52 muestran escasez de agua en cantidades variables y que el embalse se vació cada año. La mayor escasez es de 141.51 × 10⁶ m³ en 1951. Las necesidades totales del año eran de 332.12 × 10⁶ m³ por lo que la mencionada escasez debió ser verdaderamente grave.

En 1953 se produjo una escasez de 45.16 × 10⁶ m³ (de enero a mayo inclusive), pero el embalse comenzó a llenarse.

En los años 1954, 1955 y hasta mayo de 1956 el río pudo regar 37 070 hectáreas, con toda regularidad y además tuvo que desperdiciarse alguna agua en 1954 y 1953.

11. Sugerencias para el funcionamiento del embalse

Si se construye una eficiente estación nivométrica en La Laguna, no cabe duda de que podrá pronosticarse con bastante exactitud el caudal del río de octubre a abril de cada año.

Todos los años se usará el agua del embalse para hacer frente a las necesidades totales del riego hasta que el agua almacenada se reduzca a 100 × 10⁶ m³ en septiembre/octubre.

Se propone usar esta reserva en tres años —a razón de 33 × 10⁶ m³ por año—, de modo que los agricultores cubran un porcentaje determinado de sus necesidades totales. Este porcentaje puede calcularse de antemano agregando 33 × 10⁶ m³ al caudal pronosticado según el contenido de agua de la nieve y comparando este total con 332.12 × 10⁶ m³ que representa las necesidades totales por año. De este modo será posible mantener una reserva durante tres años para el caso de que el río traiga poco caudal.

Cuando se haya adquirido experiencia en el funcionamiento de los embalses y canales, es seguro que se encontrará la manera de usar satisfactoriamente los almacenamientos de reserva. La gran ventaja de las obras de embalse reside en que permiten informar a los agricultores antes de la estación de riego de la cantidad de agua de que dispondrán y, desde luego, ampliar considerablemente la superficie regada por el río.

12. Comparación entre los proyectos de embalse y la captación de las aguas subterráneas

Los embalses de Puclaro y Lagunillas aumentarán enormemente la regularidad del riego en las secciones 1 y 3 del río Elqui y permitirán regar 15 700 hectáreas más.

Según House,⁶ la superficie máxima que puede regarse con agua subterránea es de 8 475 hectáreas, pero no quedaría agua

⁶ Véase el apartado 6 de esta sección.

Cuadro 11
RÍO ELQUI: PRUEBA DE REGULACIÓN, 1928-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Resultado	Desperdicio de agua	Escasez de agua
1928	A partir de junio	—	—
	Embalse llenándose		
	Contenido en diciembre: 106.16	—	—
	Río seco en junio y diciembre		
1929	Embalse llenándose		
	Contenido en diciembre: 192.84	—	—
	Río seco todo el año		
1930	Contenido mínimo del embalse: 186.41	273.25	—
	Enero-mayo, río seco		
1931	Embalse lleno todo el año	301.67	—
1932	Río seco de enero a mayo	61.95	—
	Almacenamiento mínimo: 190.51		
1933	Río seco en enero	88.90	—
	Almacenamiento mínimo: 207.15		
1934	Río seco de enero a mayo	182.27	—
	Almacenamiento mínimo: 192.23		
1935	Almacenamiento mínimo: 202.44	181.91	—
1936	Río seco de enero a junio y noviembre y diciembre.	23.81	—
	Almacenamiento mínimo: 181.92		
1937	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 128.42		
1938	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 115.50		
1939	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 50.36		
1940	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 0.89		
1941	Río seco de enero a mayo	541.77	—
	Almacenamiento mínimo: 139.76		
1942	Embalse lleno todo el año.	828.77	—
1943	Embalse lleno todo el año.	361.63	—
1944	Embalse lleno todo el año.	116.42	—
1945	Río seco enero, febrero, marzo, noviem- bre y diciembre	99.92	—
	Almacenamiento mínimo: 178.85		
1946	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 98.34		
1947	Río seco todo el año	—	—
	Almacenamiento mínimo: 31.49		
1948	Río seco todo el año	—	59.51
	Embalse vacío		
1949	Río seco todo el año	—	14.40
	Embalse vacío		
1950	Río seco todo el año	—	71.74
	Embalse vacío		
1951	Río seco todo el año	—	141.51
	Embalse vacío		
1952	Río seco todo el año	—	101.55
	Embalse vacío		
1953	Río seco todo el año	—	45.16
	Cantidad de agua acumulada en diciembre: 147.15		
1954	Río seco enero-abril	107.00	—
	Almacenamiento mínimo: 172.49		
1955	Río seco enero-mayo, agosto, octubre, no- viembre y diciembre	19.68	—
	Almacenamiento mínimo: 172.35		
1956 hasta mayo	Río seco enero-mayo	—	—
	Almacenamiento mínimo: 93.42		

disponible para mejorar la regularidad del riego actual. Por lo tanto, si resultasen factibles en sus aspectos de ingeniería, los embalses de Puclaro y Lagunillas evidentemente deberán construirse.

Sólo cuando el riego haya alcanzado el desarrollo máximo posible, con estos dos embalses, podría ampliarse aún más la zona regada aprovechando el agua subterránea.

Para obtener el máximo beneficio de los embalses, será necesario unir todos los canales pequeños y revestirlos a fin de evitar las pérdidas de agua. Para ello se requiere tiempo y el costo de la obra será elevado. Debe recordarse asimismo que el revestimiento de los canales reducirá la cantidad de agua que se infiltra a la napa freática y que la construcción del embalse de Puclaro puede interrumpir la afluencia del agua subterránea hacia el río y reducir la disponibilidad de aquélla en La Serena. Si ocurre así, será necesario tomar medidas especiales para fomentar la absorción del agua que algunos años se desperdicia.

13. Conclusiones

- a) De ser viables los proyectos correspondientes, es evidente que lo más aconsejable es construir los embalses previstos como el medio más adecuado de fomentar el riego en esta cuenca.
- b) También deberá aprovecharse el agua subterránea para el mismo fin, y al efecto:
 - i) Es necesario investigar cuidadosamente las posibilidades del agua subterránea, y
 - ii) Deben instalarse adecuadas tuberías de observación, aguas abajo de Puclaro, para comprobar los efectos que el embalse de Puclaro y la administración del riego puedan ejercer sobre las napas de aguas subterráneas allí existentes.

III. RÍO ACONCAGUA

1. Descripción

El río nace en la Cordillera, cerca del límite internacional, su principal afluente, el Putaendo, desemboca en él cerca de San Felipe. (Véase el croquis III, en que aparece el Aconcagua y toda su zona de influencia.)

Hay dos estaciones de aforo mantenidas por la sección hidrométrica de la Dirección de Riego: una en Chacabuquito, sobre el Aconcagua, y otra en Resguardo, sobre el Putaendo. Se tienen series de observaciones desde 1937 en la primera estación y desde 1940 en la segunda.

Existe un canal —el Chacabuco— que arranca de la margen izquierda del Aconcagua a alguna distancia aguas arriba de Chacabuquito. Lo construyó la Dirección de Riego y sólo deriva agua del río cuando el gasto en Chacabuquito supera un mínimo de 23 m³ por segundo. Lleva el agua a la zona de influencia del sistema Maipo-Mapocho y alimenta el embalse Huechún. Con él se riegan 500 hectáreas en la zona de influencia del Aconcagua y 4 500 más (al juntarse con las aguas del embalse Huechún) fuera de esta zona.

Hay dos pequeñas estaciones hidroeléctricas sobre el Aconcagua, aguas arriba de San Felipe. La ENDESA no proyecta construir nuevas obras hidroeléctricas en este río.

2. Sistemas de riego existentes

Salvo el Chacabuco, todos los demás canales de riego de esta cuenca han sido construidos por particulares y son de propiedad privada.

Las superficies regadas son las siguientes:

	Hectáreas	
Primer sector: Desde la Cordillera hasta San Felipe		
Con derechos permanentes	20 035	
Con derechos eventuales (incluso las del Canal Chacabuco)	6 079	
Sin derechos inscritos	1 579	27 693
Segundo sector: De San Felipe a Puntillas de Romeral		
Con derechos permanentes	17 700	17 700
Tercer sector: De Puntilla de Romeral a Quillota		
Con derechos permanentes	18 859	
Con derecho eventuales	6 061	24 620
Cuarto sector: De Quillota al mar		
Con derechos permanentes	2 000	2 000
Total		72 013

Según un proyecto preparado por la Corporación de Fomento, hay unas 25 000 hectáreas de tierra de secano que podrían regarse si hubiera agua; descontando las 4 500 regadas con el canal Chacabuco fuera de la cuenca del Aconcagua, el proyecto mencionado abarca aproximadamente a 93 000 hectáreas de esta cuenca, de las cuales se riegan 67 513 con o sin derechos.

Las cifras más recientes de la tierra de cultivo en la cuenca del Aconcagua son las siguientes:

	Hectáreas
Clase 1 y 2 ⁷	200 000
Clase 2 y 3 ⁷	22 000
Total	222 000

Derivan agua del Putaendo 34 canales en un tramo de 28 kilómetros, y del Aconcagua 33 (incluyendo el canal Chacabuco) en la margen izquierda, y 42 en la derecha.

No existen registros de los caudales retirados del río por estos canales ni existen cifras exactas acerca de la agricultura practicada con estas aguas, por superficies y tipos de cultivo.

3. El sistema de derechos de agua

Hay unas 59 000 hectáreas regadas con derechos permanentes de agua y 12 000 con derechos eventuales. La tierra sujeta a un régimen de derechos eventuales sólo puede regarse una vez satisfechos todos los derechos permanentes. Estos permiten que sus dueños ocasionalmente saquen toda el agua del río, con gran perjuicio para los regadores de aguas abajo que sólo tengan derechos eventuales.

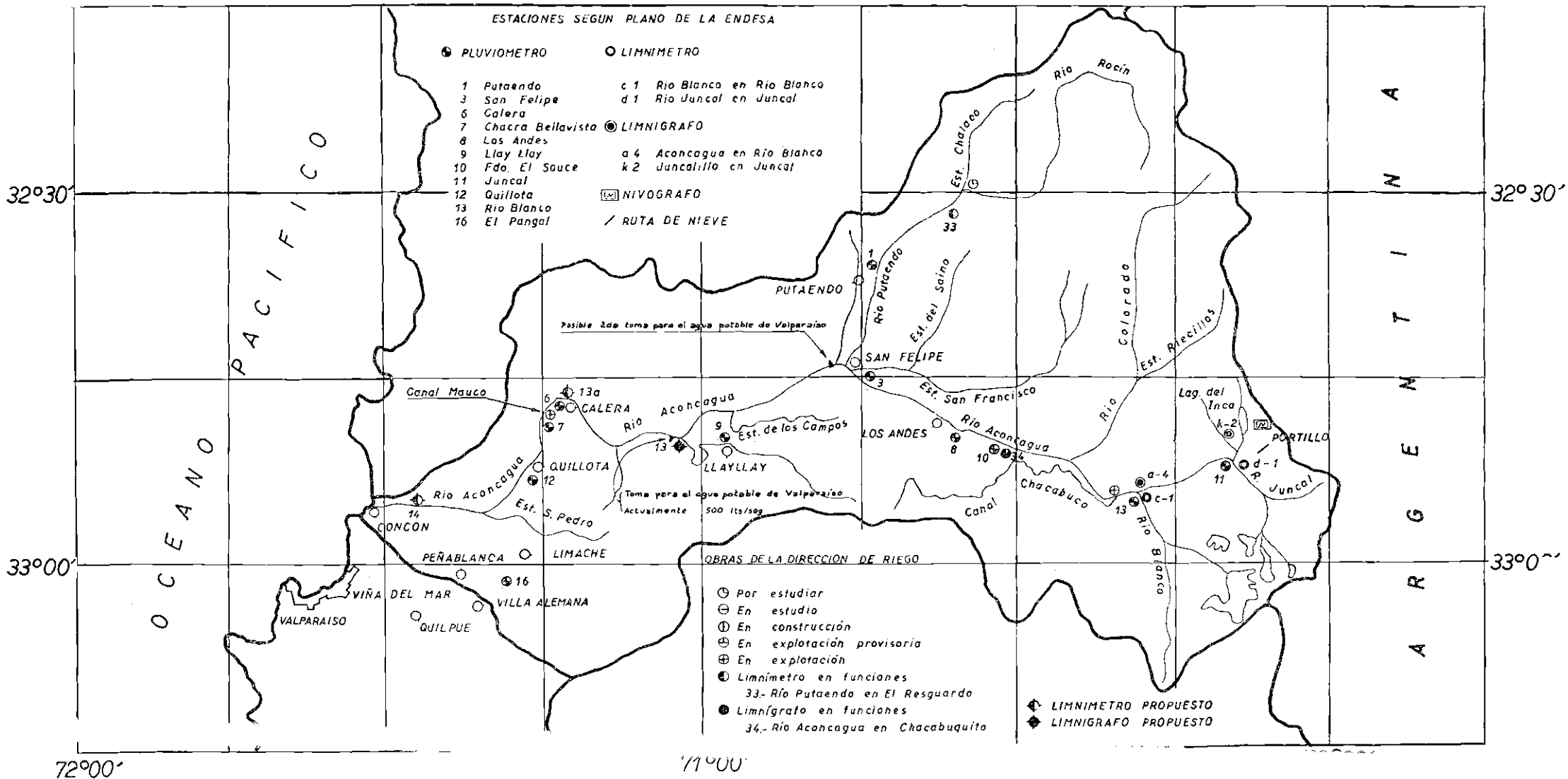
No es posible saber exactamente cuánta agua en litros por segundo y por hectárea o en metros cúbicos por hectárea mensuales se destinan a cubrir los derechos permanentes ni cuánta agua se emplea exactamente por hectárea, pues no hay informaciones al respecto. Sólo se sabe que existe una gran deficiencia de distribución en el sistema del Aconcagua. Los dueños de derechos permanentes desperdician el agua y devuelven al río el exceso por canales de avenamiento para que lo aprovechen los regadores de aguas abajo.

4. Deficiencias de riego

Si se compara la eficiencia del riego lograda en otros países con un grado de desarrollo análogo o incluso inferior al de Chile, se puede calificar de muy deficiente y antieconómico el riego en el Aconcagua. En efecto, el agua se distribuye en forma muy dispareja, a causa del sistema de derechos de agua. A ello contribuye también la multiplicidad de pequeños canales, casi todos sin control de los niveles del agua en el cauce del río,

⁷ Clasificación del capítulo IV, sección II, apartado 3, inciso a).

Cróquis III
HOYA DEL RÍO ACONCAGUA





Cuadro 12
RÍO ACONCAGUA: USO PARA AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Ciudad	Agua potable					Alcantarillado		
	Consumo en 1956 (m ³)	Año	Dotación l/h/d	Población	Consumo (1 000 m ³)	Fuente	m ³ /año	Fuente
Valparaíso y Viña del Mar .	31 255 504	1985	358-400	306 500 150 000	Valparaíso Viña	61 769	Las Vegas	...
Ouillota.	2 034 000	1985	240	61 200	5 361	" "	4 383 504 3 248 208	Canal del Pueblo Canal Municipal
Calera y	707 054	1985	240					
otros	—	1985	240					
Quilpué.	1 310 583	1985	300	35 000	3 832	" "	—	
Villa Alemana y	787 596	1985	250	25 000	2 281	" "	—	
otros	—	1985	250					
Limache.	898 166	1985	250	18 000	1 642	" "	—	
San Felipe.	1 534 140	1972	150	30 000	1 642	Estación Riecillos	3 689 785	Canal del Pueblo
Los Andes.	1 808 337	1950	150	20 000	1 095	" "	3 153 600	" " "
Putaendo	360 330	1966	150	4 400	240	Canal de la Compañía	1 709 251	" " "
Llay-Llay	311 755	1973	150	8 700	476	Napa subterránea	3 153 600	Canal Comunal
Hijuelas.	—	1987	200	5 000	365	" "	—	
Catemu.	—	1987	200	2 000	219	" "	—	

lo que redundaría en pérdidas por filtración mucho mayores de las que ocurrirían si existiera un sistema de canales debidamente administrado y diseñado.

En el curso inferior del Aconcagua a menudo deben plantearse dificultades por el meandro del río en épocas de estiaje, cuando el río cambia de curso y algunos canales quedan sin agua. Es inevitable que requiera tiempo, trabajo y también dinero tomar las medidas adecuadas para sacar agua del nuevo cauce del río.

Si un cambio de esta especie ocurriera en una época crítica —de enero a abril, cuando el río suele traer poca agua—, su efecto sobre los cultivos regados con un canal pequeño sería desastroso.

5. Otros usos del agua del sistema del Aconcagua

a) Hay dos pequeñas centrales hidroeléctricas en Los Quitos y El Sauce, más arriba de Los Andes. El agua que usan para la generación de electricidad se devuelve al río o a un canal, sin que, por lo tanto, signifique reducción del caudal.

b) El Canal Chacabuco ha estado retirando agua del río desde 1947 y la cantidad sacada se toma en cuenta en el gasto medido en la estación limnográfica de Chacabuquito.

c) *Agua potable y alcantarillado:* La nueva dotación de agua potable para Valparaíso y varios de sus suburbios se tomará en Las Vegas, sobre el Aconcagua, mediante una galería de infiltración construida bajo el lecho del río. Si fuera necesario se proyecta construir una segunda galería de este tipo en San Felipe, la cual se conectaría con el acueducto que conduce el agua de Las Vegas a Valparaíso.

Hay varias ciudades más pequeñas que obtienen agua potable de la cuenca. (Véase el cuadro 12.)

En 1956 se usaba aproximadamente 60×10^6 m³ anuales y se espera que esta cifra se eleve a 105×10^6 m³ hacia 1965. Esta cantidad equivale a 3.36 m³ por segundo y no habría dificultad en obtenerla de la cuenca hidrográfica. Cabe observar que la mayor parte del agua potable se obtiene de napas subterráneas de la cuenca del Aconcagua, por lo que es necesario investigar el estado de dichas napas y mantenerlas en observación.

d) *Agua de uso industrial:* Existe una refinería de petróleo en Concón, cerca de la desembocadura del Aconcagua, en su margen derecha, que saca agua con pozos de tubo colocados en el lecho del río. Se utilizan actualmente unos 25 millones de metros cúbicos anuales o alrededor de 0.8 m³ por segundo. Cuando se amplíe la refinería se requerirán otros 25 millones de metros cúbicos por año y de instalarse la fábrica petroquímica proyectada se necesitarán además 4 millones de metros cúbicos anuales. Las necesidades futuras totales ascienden a 54×10^6 m³ por año o a 1.35 m³ por segundo. No parece que sea difícil obtener este volumen de agua.

6. Caudal disponible

Se ha calculado basándose en los registros de las dos estaciones de aforo mantenidas mes a mes, y los resultados se compendian en el cuadro 13. En él se dan, en millones de metros cúbicos anuales, el caudal total (columna 2) y el de los períodos de octubre a abril inclusivos (columna 3) y de enero a abril inclusivo (columna 4).

Se recordará que el Canal Chacabuco arranca del Aconcagua aguas arriba de Chacabuquito. Por eso el gasto retirado por él, que aparece en el cuadro 14, no se incluye en las mediciones desde 1947/48.

Sólo existen registros de 17 años, lo que no basta para dar valores fidedignos acerca de los valores medios y mínimos en el período.

Como no existen aforos correspondientes, en San Felipe y aguas abajo de este punto, no es posible hacerse una idea del caudal que proporcionan los arroyos y del agua que surge del mismo lecho del río.

Cuadro 13
RÍO ACONCAGUA: CAUDAL, 1940-56
(Millones de m³)

Año	Total del año ^a	Octubre-abril	Enero-abril
1940	1 297.89		308.7
1941	2 508.34	1 409.8	709.9
1942	2 433.34	2 451.3	1 268.9
1943	1 309.80	1 307.1	538.4
1944	1 516.40	816.4	396.2
1945	1 195.10	1 357.5	568.9
1946	799.92	687.6	346.6
1947	1 030.98	555.1	275.6
1948	1 452.37	937.8	360.8
1949	1 099.05	1 264.2	474.9
1950	897.70	635.9	262.4
1951	1 022.59	744.6	306.5
1952	1 157.20	758.4	327.8
1953	2 016.09	911.0	344.6
1954	1 584.72	2 084.8	820.0
1955	1 102.90	849.3	370.0
1956	848.48	818.9	304.4
Promedio.	1 368.98	1 099.2	469.8

^a Los totales de 1940 corresponden a los registrados de octubre de 1939 a abril de 1940 y así sucesivamente para cada año.

Tampoco existen informaciones acerca del agua que usan los numerosos canales particulares, aunque serían muy útiles a fin de evaluar el caudal disponible para el riego en distintos puntos del río.

Por estos motivos, cualquier conclusión derivada de las cifras del cuadro 13 deberá considerarse provisional.

7. Agua necesaria para los cultivos

A falta de informaciones acerca de las necesidades reales del agua para los cultivos, es necesario emplear cifras calculadas según la fórmula Blaney-Criddle, en que se hacen determinados supuestos sobre los factores que figuran en la fórmula para aplicarlas al caso de Chile.

También es necesario suponer un modo de cultivo, es decir, una distribución porcentual de los cultivos en toda la cuenca.

En este informe se han empleado los requerimientos de agua calculados por la Dirección de Riego para el sistema Maipo-Mapocho⁸ con la misma distribución de los cultivos. Las necesidades de agua de los distintos cultivos aparecen, mes a mes, en el cuadro 15.

En el cuadro 16 se dan las necesidades mensuales calculadas

Cuadro 14
RÍO ACONCAGUA: AGUA RETIRADA POR EL CANAL
CHACABUCO, 1947-57
(Miles de metros cúbicos)

Año	Volumen
1947/48	32 700
1948/49	49 230
1949/50	27 400
1950/51	22 015
1951/52	35 114
1952/53	37 935
1953/54	55 415
1954/55	37 989
1955/56	29 680
1956/57 ^a	15 260

FUENTE: Cifras tomadas del informe anual de 1956, presentado por el ingeniero del Canal, Sr. Máximo Dorlhác.

^a En 1956/57 hubo desperfectos en el canal que obligaron a cerrarlo, por lo cual se retiró un volumen muy bajo ese año.

⁸ Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo, op. cit.

Cuadro 15
RÍO ACONCAGUA: USO CONSUNTIVO DEL AGUA PARA RIEGO ^a
(Metros cúbicos)

Mes	Frutales	Chacras	Hortalizas	Forrajes	Cereales
Julio	—	—	—	—	—
Agosto	494	—	498	338	560
Septiembre	644	591	677	881	730
Octubre	747	685	784	1 021	847
Noviembre	905	834	951	1 237	1 026
Diciembre	979	897	1 027	1 337	—
Enero	1 022	937	1 074	1 397	—
Febrero	919	843	965	1 256	—
Marzo	776	711	815	1 060	—
Abril	649	—	682	887	—
Mayo	—	—	527	347	—
Junio	—	—	—	—	—

^a Calculado según la fórmula Blaney-Criddle.

Cuadro 16
RÍO ACONCAGUA: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA LOS DIVERSOS CULTIVOS
(Metros cúbicos)

Mes	Frutales (10 por ciento)	Chacras (20 por ciento)	Hortalizas (20 por ciento)	Forrajes (40 por ciento)	Cereales (10 por ciento)	Total por hectárea	Total más 25 por ciento
Julio	—	—	—	—	—	—	—
Agosto	49	—	100	135	56	340	425
Septiembre	64	118	135	352	73	742	927
Octubre	75	137	157	408	85	862	1 079
Noviembre	91	167	190	495	103	1 046	1 310
Diciembre	98	180	205	535	—	1 018	1 270
Enero	102	188	215	560	—	1 065	1 330
Febrero	92	169	193	503	—	957	1 200
Marzo	78	142	163	425	—	808	1 010
Abril	65	—	136	355	—	556	695
Mayo	65	—	106	137	—	243	318
Junio	—	—	—	—	—	—	—
Total	714	1 501	1 600	3 905	317	7 637	9 564

con la distribución siguiente de los cultivos: 10 por ciento de frutales; 20 por ciento de chacaras; 20 por ciento de hortalizas; 40 por ciento de forrajes y 10 por ciento de cereales. Estas son las necesidades de agua en el campo y en la última columna del cuadro se muestra la dotación que es necesario sacar del río, con un margen de 25 por ciento sobre las necesidades reales, por concepto de pérdidas en el río, en los canales y en el sistema de distribución.

No se toma en cuenta la lluvia, pues es relativamente escasa durante la época de riego.

En condiciones de pasada, la superficie de cultivo que podría regarse mensualmente se calcularía dividiendo el caudal disponible en el río por el agua necesaria por mes y por hectárea, según se anota en la última columna del cuadro 15.

8. Capacidad de riego del Aconcagua con caudal de pasada

El caudal medio anual del río es $1\ 368.98 \times 10^6$ m³. Puede considerarse que la época de riego abarca el período octubre a abril (ambos inclusive) pero que el tiempo crítico se presenta en los meses de enero a abril.

El caudal medio en octubre-abril es $1\ 099.2 \times 10^6$ m³ y en los meses de enero-abril asciende a 489.8×10^6 m³.

En el cuadro 13 se observa que el año 1949 se acerca al promedio en el período octubre-abril y que 1947 es el año de mínima.

El cuadro 17 indica el agua disponible mensualmente en los años de media y mínima, las necesidades de agua de riego por hectárea y la superficie que podría regarse con esta cantidad si se empleara toda el agua disponible.

No se han descontado las necesidades de agua potable de la ciudad de Los Andes (que es pequeña), ni la que se toma para Valparaíso, porque parece que la napa subterránea y el crecimiento del caudal del río más abajo de San Felipe suplirán esas necesidades.

El cuadro 17 revela que, aun con una capacidad anual de embalse de 233×10^6 m³, el río sólo podría regar unas 93 000 hectáreas.

Los dos embalses mencionados en el proyecto tendrían la siguiente capacidad:

	Millones de m ³
Embalse Vilacuya	83.0
Embalse Rabuco	51.5
Total	134.5

A esta cantidad habría que restarle las pérdidas por evaporación en los embalses.

Si la distribución del riego variara con respecto a la indicada anteriormente, de tal modo que se redujeran las necesidades mensuales de agua, podría ampliarse la superficie por regar.

Sin embargo, tomando en cuenta todos los factores y el hecho de que no es posible construir un gran embalse en este río, aparte de que sólo se dispone de informaciones para 17 años y de que hay por lo menos 220 000 hectáreas regables, es evidente:

- a) que el agua es el factor limitante en esta cuenca;
- b) que la superficie regable suma de 90 000 a 100 000 hec-

Cuadro 17

RÍO ACONCAGUA: POSIBILIDADES DE RIEGO EN AÑOS DE MEDIA Y MÍNIMA

Mes	Agua disponible (m ³ × 10 ⁶)	Agua necesaria (m ³ /Ha)	Superficie regable (Ha)	Dotación necesaria para regar 93 000 Ha (m ³ × 10 ⁶)	Déficit (m ³ × 10 ⁶)	
<i>Año de media</i>						
1948	Septiembre . . .	90.10	927	97 300	85.30	—
	Octubre . . .	146.70	1 079	136 000	100.20	—
	Noviembre . . .	256.00	1 310	196 000	122.00	—
	Diciembre . . .	384.60	1 270	303 000	118.00	—
1949	Enero	224.68	1 330	169 000	123.80	—
	Febrero	113.48	1 200	93 500	111.70	—
	Marzo	80.57	1 010	79 800	94.00	13.43
	Abril	56.18	695	80 800	64.60	8.42
	Mayo	66.42	318	209 000	29.60	—
<i>Total</i>						21.85
<i>Año de mínima</i>						
1946	Julio	40.0	—	—	—	—
	Agosto	32.1	425	75 500	—	—
	Septiembre	32.8	927	35 400	85.30	52.50
	Octubre	58.1	1 079	53 800	100.20	42.10
	Noviembre	114.2	1 310	87 200	122.00	7.80
	Diciembre	107.2	1 270	84 300	118.00	10.80
1947	Enero	107.6	1 330	80 900	123.80	16.20
	Febrero	69.0	1 200	57 400	111.70	42.70
	Marzo	63.2	1 010	52 500	94.00	30.80
	Abril	35.9	695	51 700	64.60	28.70
	Mayo	28.0	318	88 100	29.60	1.60
	Junio	23.6	—	—	—	—
<i>Total</i>						233.20

- táreas, con una regularidad razonable después de abastecer los dos embalses, y
c) que la ampliación del riego dependerá del bombeo de aguas subterráneas.

9. Conclusiones

Para ampliar el riego y asegurar el agua potable de Valparaíso y el abastecimiento futuro de la industria, es necesario ejecutar un

estudio completo de las napas subterráneas en el Aconcagua, aguas abajo de San Felipe.

Además, cuando se desarrolle el riego por bombeo de aguas subterráneas será indispensable mantener registros cuidadosos y continuos acerca de los volúmenes extraídos y el nivel estático de los pozos. Estos datos son necesarios para prevenir el agotamiento del agua subterránea.

Debe hacerse notar que el análisis efectuado en este estudio se basa en un período muy corto de observaciones y que las conclusiones derivadas de él son muy provisionales.

IV. RÍOS MAIPO Y MAPOCHO

1. Descripción

En el sistema Maipo-Mapocho, el primero de esos ríos es muchísimo más importante que el segundo, pues el Mapocho en realidad no es más que el principal afluente del Maipo. (Véase el croquis IV.)

A lo largo de estos ríos y de algunos de sus tributarios se encuentran once estaciones hidrológicas. Es de lamentar que sus registros daten de fecha relativamente reciente (1940 ó 1946) y que las series de las cuatro más antiguas (con observaciones desde 1918, 1929 y 1934) presenten largas soluciones de continuidad.

⁹ Han sido de gran utilidad en la redacción de este estudio las informaciones contenidas en los siguientes documentos: *Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo* (1957), estudio inédito realizado para la Dirección de Riego por el ingeniero Juan Tolosa M. con la colaboración de un numeroso grupo de técnicos, y *El agua subterránea de Santiago* (Santiago, 1958), informe preliminar de Robert J. Dingman y Lorenzo Barraza preparado para la Sección de Geología de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (U.S.G.S.) y publicado por el Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile.

En 1957 la Dirección de Riego terminó un estudio sobre el sistema de los ríos Maipo y Mapocho titulado *Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo*, en el que da el caudal medio mensual del río Maipo en La Obra y del Mapocho en Puente Ñilhue. Los datos corresponden al período 1914-51 y para los fines de este estudio se han aceptado como representativos de la cantidad de agua disponible mensualmente para todo uso en esta cuenca.

El presente estudio no ha tenido en cuenta los arroyos y vertientes que se incorporan al sistema aguas abajo de La Obra y Puente Ñilhue porque se usan para regar su propia zona de influencia y casi todos los años llevan poca agua.

El croquis IV muestra la ubicación de las estaciones hidrológicas de la Dirección de Riego y las nuevas estaciones propuestas. También aparecen en él las centrales hidroeléctricas y las estaciones pluviométricas existentes y en proyecto.

2. Zonas regadas actualmente y tierras disponibles para riego

Como Santiago se encuentra en el centro de la hoya, el riego está sumamente desarrollado en este valle.

Cuadro 18
RÍOS MAIPO Y MAPOCHO: AGUA POTABLE Y PARA ALCANTARILLADO

Ciudad	Agua potable					Alcantarillado		
	m ³ consumidos en 1956	Año previsto (P)	Dotación (l/h/d)	Población prevista	Consumo en el año P (m ³)	Fuentes	m ³ /año	Fuentes
Gran Santiago		1980	440	2 548 000	418 041 800	Varias	124 608 000	Mapocho y Maipo
Malloco y Peñaflo . .	478 515	1985	250	28 500	2 600 625	Agua subterránea	—	—
Talagante y El Monte	536 185	1982	250	18 300	1 742 875	” ”	—	—
Buin.	239 246	1985	250	4 800	438 000	” ”	—	—
Puente Alto, Pirque, etc.	3 264 235	1980	250	50 000	4 562 500	Las Vizcachas	1 766 016	Canal Eyzaguirre
Melipilla	669 512	1980	260	17 000	1 613 300	Est. Pocolaybe	—	—
Lampa	36 247	1976	160	2 800	122 640	Est. Lampa	—	—
Isla de Maipo		1975	240	2 800	245 280	Napa río Maipo	—	—
San José de Maipo . .	285 920	1972	250	4 000	365 000	Est. San José	2 049 840	Canal municipal
San Francisco de M.	56 215	1975	200	4 000	292 000	Agua subterránea	—	—
Graneros	206 090	1965	150	6 000	328 500	” ”	—	—
Curacaví	120 682	1961	150	3 000	164 250	Napa est. Puan-gue	—	—
Codegua		1970	160	1 200	70 080	Canal del pueblo	—	—
Maipú		1970	200	8 000	584 000	Agua subterránea	—	—
Tiltil.		1990	200	2 300	167 900	” ”	—	—
San Antonio, Llole y Cartagena.	2 400 000	1980	230	71 000	5 960 450	Directa río Maipo	—	—

FUENTE: Dirección de Obras Sanitarias.

La Dirección de Riego ha obtenido las zonas de riego de toda la hoya que se detallan a continuación:

	Sección	Hectáreas	
Río Maipo:	1	120 000	
	2	7 812	
	3	39 218	
	4	3 125	
Depto. San Antonio		4 260	174 415
Río Mapocho:		2 000	
	C. las Mercedes	8 000	
	C. Mallarauco	4 000	
	Zanjón de la Aguada	6 347	
	Regadío San Cristóbal	420	
	C. Esperanza	600	21 370
Total			195 785

Además hay otras superficies regadas con aguas que no se aforan en La Obra y Puente Nihue, a saber:

	Hectáreas	
C. Chacabuco	3 000	Toma el agua del río Aconcagua
Río Lampa	600	
Estero Cerrillos	400	
Río Puangue	1 600	
Estero Paine	10 000	
Río Angostura	3 200	
C. Wodehouse	4 728	
Total	23 528	

En suma, la Dirección de Riego estima que el total regado en la cuenca llega a 219 313 hectáreas. Según el Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales,¹⁰ la superficie regada en la provincia de Santiago es de 226 600 hectáreas. La disponibilidad de tierras cultivables en las clases 1, 2, 3 y 4 asciende a 230 000 hectáreas y en la clase 6 a 1 182 000, parte de las cuales podrían regarse algunas mediante la captación de aguas subterráneas.

3. Proyectos de riego

La Dirección de Riego tiene dos proyectos en estudio: el de 30 000 hectáreas en la zona de Colina-Batuco y de otras 30 000 en la región de Curacaví-Casablanca, empleando el caudal de diciembre y enero (cuando los ríos suelen llevar agua en exceso) y de mayo-agosto, inclusive, cuando no se necesita agua de riego. Se construirán embalses que entrarán en funciones para complementar las disponibilidades de agua de sus respectivas zonas de influencia. El croquis IV muestra en esquema estos proyectos.

4. Sistema de riego

Los canales de riego de los ríos Maipo y Mapocho son casi todos muy antiguos y tienen derechos de agua, adquiridos por el uso, desde hace largo tiempo.

	m ³ /segundo	
Enero	152.0	} Durante los meses de invierno se extraen pequeñas cantidades de agua para beber, etc.
Febrero	139.8	
Marzo	106.4	
Abril	66.9	
Mayo	9.6	
Junio	9.6	
Julio	9.6	
Agosto	9.6	
Septiembre	76.0	
Octubre	114.0	
Noviembre	136.8	
Diciembre	152.0	

Todos los canales de la primera sección, incluyendo el Canal San Carlos y el Eyzaguirre, tienen capacidad para recibir las dotaciones que se indican más adelante de acuerdo con sus derechos de agua. Estos dos canales tienen obras de toma adecuadamente construidas sobre el Maipo.

Estos gastos pueden tomarse del río mientras lleve caudal en exceso; pero si el caudal disminuye por debajo de las cantidades dadas, el canalista tiene derecho a tomar toda el agua que trae el río sin considerar los perjuicios que puede causar a los regadores del curso inferior.

En el croquis IV puede verse la ubicación de los principales canales y de las plantas hidroeléctricas situadas en ellos. Se verá que algunos de los canales que arrancan del Maipo vacían sus aguas en el Mapocho.

5. Agua potable y alcantarillado

En el cuadro 18 se dan los detalles del consumo de agua potable y para alcantarillado en 1956 y de la demanda futura de algunas ciudades de la cuenca, sugiriéndose las correspondientes fuentes de abastecimiento. Excluidas las necesidades del Gran Santiago —que se estudian por separado— en 1956 el consumo anual fue de 12.1×10^6 m³ y se espera que en 1985 sea de 29.1×10^6 m³, lo que equivale a poco menos de 1 m³/segundo.

El agua de Santiago se toma actualmente del río Maipo y de otras fuentes, incluyendo la napa freática, las cuales proporcionaron en 1951 un promedio de 5.17 m³ por segundo.

En el cuadro 19 se consigna la demanda neta mensual de agua (en metros cúbicos por segundo), medida en La Obra, que se proyectaba para 1960, 1970, 1980 y 1990.

Cuadro 19

RÍO MAIPO: PROYECCIONES DE LA DEMANDA MENSUAL DE AGUA (Metros cúbicos por segundo)

Mes	1960	1970	1980	1990
Enero	3.6	7.6	11.7	15.8
Febrero	3.3	7.0	11.0	15.0
Marzo	3.3	7.0	10.9	14.8
Abril	2.0	5.2	8.6	11.9
Mayo	2.4	5.0	7.8	10.5
Junio	1.2	3.3	5.6	7.9
Julio	0.5	2.4	4.5	6.5
Agosto	0.3	2.2	4.2	6.2
Septiembre	1.1	3.2	5.5	7.8
Octubre	2.2	4.7	7.4	10.0
Noviembre	2.0	5.2	8.5	11.9
Diciembre	3.3	7.0	10.9	14.8

Además se sacan del Maipo (por el Canal de San Carlos) 3 m³ por segundo para el sistema de alcantarillado.

El gobierno tiene en construcción un embalse en el río Yeso con 250×10^6 m³ de capacidad. La Dirección de Riego, basándose en los datos sobre el río que existen para el período 1914-51, ha realizado un examen completo de las distintas formas de hacer funcionar este embalse. De ese estudio se desprende que el almacenamiento sólo garantizará las necesidades de agua potable de Santiago hasta el año 1968.¹¹

La dotación adicional requerida para Santiago en 1990 varía de 4 m³ por segundo en julio-agosto a 8 m³ por segundo de diciembre a marzo.

En un año en que el abastecimiento de agua del río sea escaso, un gasto extra de 8 m³ por segundo podría tener graves repercusiones sobre el riego tomado del Maipo.

Las aguas servidas de Santiago no reciben tratamiento alguno, sino que vuelven al río Mapocho y se mezclan con sus aguas.

¹¹ Véase Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo, op. cit.

¹⁰ Clasificación de los suelos de Chile según su aptitud agrícola.

Esta mezcla se usa para regar los cultivos aguas abajo de Santiago.

Suponiendo que el 75 por ciento del abastecimiento adicional mencionado retorne al río como aguas servidas, el agua disponible para riego aumentará entre 3 y 6 m³/segundo y desde luego la proporción de aguas servidas sería mayor que el caudal propio del río, por lo que es urgente prestar atención al tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Santiago.

6. Uso industrial del agua

Se emplea agua de los canales para generar electricidad en las fábricas y para el servicio urbano. En muchos casos, el agua que se usa para producir energía sirve después para regar.

Las fábricas también aprovechan directamente el agua de los canales para su producción, para agua potable y para servicios sanitarios, aunque parece que en su mayor parte proviene de la red urbana de agua potable o directamente de los diversos canales. Los desperdicios y las aguas servidas se vacían en el Mapocho. Una apreciable cantidad del agua destinada a usos urbanos se obtiene de la napa subterránea. Se estima que no es necesario hacer una provisión especial para el uso industrial del agua en el futuro, pues el aumento normal del consumo industrial se cubrirá con la dotación de agua de la ciudad.

7. Consumo de agua subterránea¹²

En julio de 1957 había 363 pozos registrados en la zona urbana (198 de tubo y 165 ordinarios), aunque es posible que haya mayor número en uso. El gasto medio de estos pozos se estima entre 3 y 4 m³ por segundo. No existen datos sobre la cantidad de agua bombeada y en muchos casos no se dispone de observaciones que indiquen la naturaleza y profundidad de la napa.

Según la Dirección de Obras Sanitarias, el consumo de agua de Santiago en abril de 1957 fue de 5.76 m³/segundo de aguas superficiales y de 1.54 m³/segundo de agua subterránea. Esta última cifra es muy inferior a la estimada anteriormente.

Dingman y Barraza consideran que el nivel de la napa freática en la zona urbana ha descendido en forma muy marcada y que el "cono de depresión" tiene su centro en la zona comercial. Puede apreciarse la magnitud de esta reducción por el hecho de que en algunos pozos de tubo la superficie del agua se encuentra ahora sólo a 10 ó 15 metros de distancia del fondo, lo que repercute gravemente sobre la cantidad de agua obtenible de estos pozos.

En Chile la fiscalización del agua subterránea está a cargo del Ministerio de Obras Públicas y los permisos para usarla los otorga la Sección de Aguas de la Dirección de Riego. No es necesario obtener autorización para extraer agua de uso doméstico. En los permisos se especifica la cantidad de agua que puede extraerse de un pozo, pero la Dirección de Riego no posee información sobre la napa freática ni sus niveles o variaciones. Ningún consumidor de agua subterránea está obligado a informar periódicamente sobre las cantidades extraídas ni sobre el nivel estático del agua en su pozo.

Sin esta información es muy difícil decidir qué extracciones se pueden autorizar sin peligro ni saber si la apertura de un pozo nuevo tendrá efectos dañinos sobre los pozos cercanos.

Se están construyendo otros muchos pozos de tubo en los alrededores de la ciudad. La Corporación de Fomento, que toma parte activa en esos trabajos, deja que el dueño del pozo obtenga el permiso correspondiente y exige su presentación antes de comenzar los trabajos.

Toda la situación relacionada con el desarrollo del aprovechamiento del agua subterránea parece muy poco satisfactoria.

8. Disponibilidad de agua en el sistema fluvial

El cuadro 20 indica la dotación de agua para todo uso en los años 1914-52 y revela que la cantidad de agua disponible en el

¹² La situación de la napa subterránea se describe en *El agua subterránea de Santiago*, op. cit.

sistema ha variado enormemente durante los 38 años de ese período. Al final del cuadro se dan los años de gasto mínimo, medio y máximo de los tres períodos (todo el año, de octubre a abril y de enero a abril), con las cantidades correspondientes.

El sistema Maipo-Mapocho proviene en gran parte del derretimiento de la nieve de la Cordillera y el régimen fluvial se caracteriza porque el caudal disminuye en mayo, junio, julio y agosto, que son meses de invierno; tiende a aumentar en septiembre y octubre; es abundante en noviembre, diciembre y enero, y tiende a disminuir rápidamente en febrero, marzo y abril.

Cuadro 20

RÍOS MAIPO Y MAPOCHO: CAUDALES DISPONIBLES, 1914-52 (Millones de metros cúbicos)

Año ^a	Todo el año	Oct.-abril ^b	Enero-abril
1914 . . .	4 397.6	—	1 148.3
1915 . . .	5 660.0	4 006.2	2 228.4
1916 . . .	3 615.4	3 766.4	2 003.0
1917 . . .	2 593.2	2 213.4	1 251.1
1918 . . .	2 224.3	1 868.6	1 087.9
1919 . . .	5 888.3	3 340.5	1 918.0
1920 . . .	5 253.2	4 804.9	2 735.1
1921 . . .	4 328.5	2 811.8	1 504.9
1922 . . .	3 944.3	3 277.0	1 549.8
1923 . . .	3 736.1	3 407.1	1 799.5
1924 . . .	2 567.3	2 793.9	1 545.6
1925 . . .	2 466.6	1 345.2	796.7
1926 . . .	3 491.5	2 457.4	1 389.2
1927 . . .	3 922.4	3 519.6	2 277.6
1928 . . .	3 158.1	2 724.0	1 394.9
1929 . . .	3 063.4	2 198.6	1 043.4
1930 . . .	3 174.0	2 192.9	939.1
1931 . . .	5 220.6	3 893.9	2 579.9
1932 . . .	4 296.1	3 411.4	2 003.9
1933 . . .	3 888.4	2 981.8	1 612.7
1934 . . .	3 904.0	2 686.8	1 389.4
1935 . . .	3 322.4	3 081.2	1 724.0
1936 . . .	2 888.8	2 020.3	1 076.6
1937 . . .	3 235.9	2 305.9	1 157.1
1938 . . .	2 417.9	2 493.6	1 138.1
1939 . . .	2 149.2	1 529.8	829.3
1940 . . .	2 792.9	1 648.6	867.4
1941 . . .	5 190.5	2 838.0	1 586.4
1942 . . .	4 558.0	5 024.1	2 638.6
1943 . . .	3 117.8	2 415.7	1 311.7
1944 . . .	3 785.6	2 394.8	1 223.8
1945 . . .	3 158.0	3 232.5	1 537.0
1946 . . .	2 276.0	1 793.5	1 025.5
1947 . . .	2 652.6	1 669.1	956.0
1948 . . .	3 929.1	2 329.8	1 143.5
1949 . . .	3 135.7	3 352.9	1 249.8
1950 . . .	2 839.1	2 246.6	1 191.5
1951 . . .	2 681.4	2 244.9	1 194.6
1952 . . .	—	1 986.3	944.6
Totales . . .	135 904.2	104 309.0	56 993.9
Promedio . . .	3 576.4 ^d	2 745.0 ^d	1 461.4 ^e
Equivalente a . . .	(113.4 m ³ /seg) 365 días	(149.2 m ³ /seg) 213 días	(140.9 m ³ /seg) 120 días
Año de caudal mín. (1939)	2 149.2 (1925)	1 345.2 (1925)	796.7
Año de caudal med. (1916)	3 615.4 (1928)	2 724.0 (1921)	1 504.9 ^e
Año de caudal máx. (1919)	5 888.3 (1942)	5 024.1 (1920)	2 735.1

^a Las cifras de cada año corresponden al caudal registrado desde octubre anterior hasta abril del año de que se trata.

^b El período octubre-abril cubre una temporada de riego.

^c Los años que se dan son aquellos en que los caudales se acercan más a las cifras medias.

^d Promedio de 38 años.

^e Promedio de 39 años.

Cuadro 21

RÍO MAIPO: DEMANDA MENSUAL DE AGUA SEGÚN LOS DIVERSOS CULTIVOS
(Metros cúbicos por hectárea)

Mes	Frutales (17.4 por ciento)	Chacras (12.7 por ciento)	Hortalizas (7.6 por ciento)	Forrajes (42.0 por ciento)	Cereales (20.1 por ciento)	Total	Total conce- diendo 25 por ciento de pérdida en los canales
Julio	—	—	—	—	—	—	—
Agosto	85	—	38	140	113	376	500
Septiembre	112	75	52	370	147	756	1 005
Octubre	130	87	60	429	170	876	1 166
Noviembre	158	105	72	520	206	1 061	1 412
Diciembre	170	114	78	562	33	957	1 272
Enero	178	119	80	587	70	1 034	1 375
Febrero	160	107	73	527	63	930	1 237
Marzo	135	90	62	445	—	732	974
Abril	113	—	52	373	—	538	716
Mayo	—	—	40	144	—	184	245
Junio	—	—	—	—	—	—	—
Total						7 444	9 902

La cantidad de nieves que cae en la Cordillera es, evidentemente, de vital importancia para el sistema de este río. Hay algunos nivómetros de la ENDESA en el valle del Mapocho, pero ninguno en el valle del Maipo. Las observaciones nivométricas en este último proporcionarían informaciones sumamente valiosas acerca del probable caudal del río durante la primavera y el verano siguientes, por lo que deberían instalarse de inmediato un número suficiente de estaciones nivométricas. Los caudales acumulados de los dos ríos se han expresado gráfica y cronológicamente. En el gráfico A se advierte clara tendencia hacia la disminución del caudal. Los datos sólo cubren un período de 38 años y la tendencia puede deberse a que esos años coinciden con un período de baja en el ciclo pluvial, pero habrá que ser prudente al estimar la posible disponibilidad de agua en el sistema.

9. Necesidades de agua para riego

Para ningún río del valle central existen informaciones acerca del consumo efectivo de agua para regar diversos cultivos ni de la demanda real calculada sobre la base de ensayos en granjas experimentales. Tampoco se dispone de cifras de superficie regada y de tipo de cultivo que se riega, por lo cual no es posible estimar la eficiencia con que se aprovecha el agua.

Como se aprovecha el caudal de pasada para regar, en una buena temporada de riego el caudal mensual de octubre a abril debería bastar para proporcionar a los cultivos el agua que necesitan. En consecuencia, para calcular la superficie regable habría que conocer la demanda mensual por hectárea, dada la composición de los cultivos en la red de canales.

La Dirección de Riego¹³ ha calculado las necesidades de agua de los diversos cultivos según la fórmula Blaney-Criddle y con esas cifras y conociendo la distribución de los cultivos, se ha estimado la demanda mensual de agua por hectárea. (Véase el cuadro 21.)

Esa distribución, según la Dirección de Riego, es la siguiente:

	Porcentajes
Frutales	17.4
Chácaras	12.7
Hortalizas	7.6
Forrajes	42.0
Cereales	20.1

10. Volumen de agua desviado por los canales

La cantidad efectiva por hectárea que toman del río los ca-

¹³ Véase Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo, op. cit.

Cuadro 22

RÍO MAIPO: GASTO DE AGUA DE LOS CANALES

Mes	m ³ /mes	
Enero	3 393	
Febrero	2 818	
Marzo	2 376	
Abril	1 446	
Mayo		200
Junio		200
Julio		200
Agosto		200
Septiembre	1 641	
Octubre	2 544	
Noviembre	2 955	
Diciembre	3 393	
Total	20 566	+ 800 para beber, etc.

nales de la sección 1, que riegan 120 000 hectáreas, aparece en el cuadro 22.

Al comparar los cuadros 21 y 22 se advierte que en la toma del canal se extrae un gasto (20 566 m³/hectárea) muy superior al calculado como necesario (9 902 m³/hectárea).

11. Posibilidades de riego con caudal de pasada en años de media y mínima

Para calcular las posibilidades de riego con caudal de pasada mes a mes, se divide la disponibilidad de agua del río por la correspondiente necesidad mensual anotada en el cuadro 21.

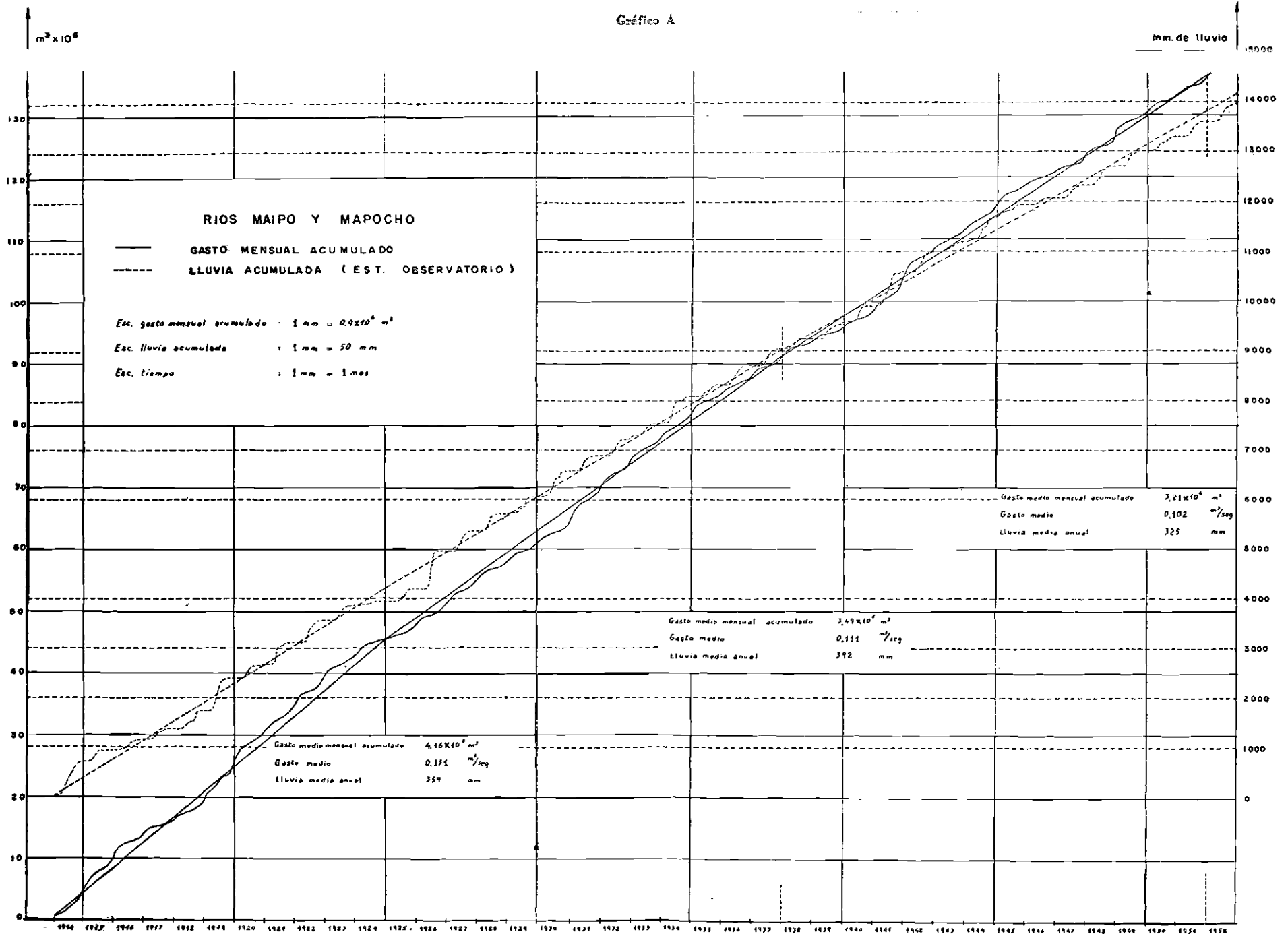
Para la temporada octubre-abril el caudal medio es de 2 745 × 10⁶ m³. (Véase el cuadro 20.) El año que más se acerca a esa cifra es el de 1928 con 2 724.0 × 10⁶ m³. (Véase el cuadro 23.)

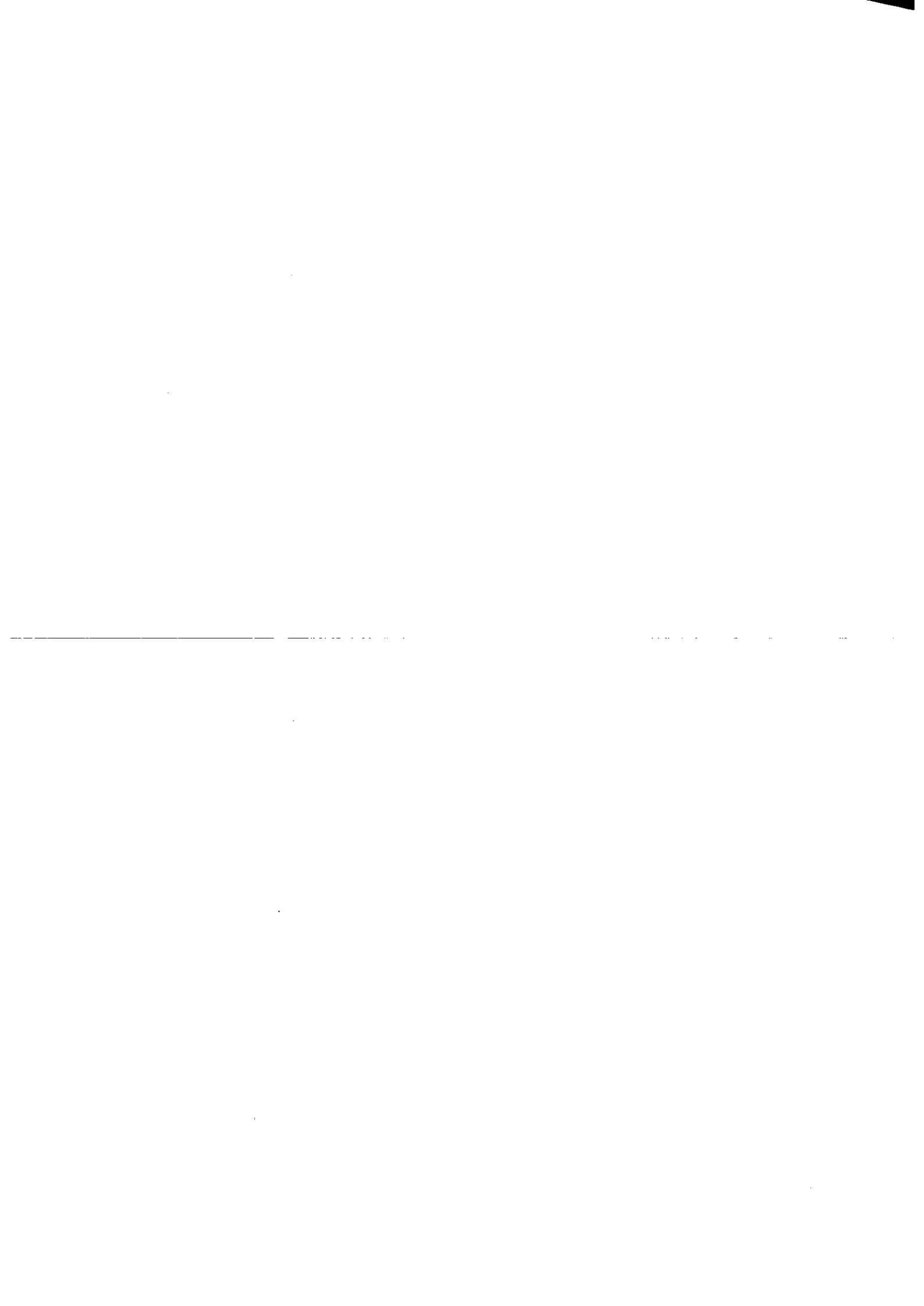
En un año medio el río debería regar 230 700 hectáreas y con cierta dificultad podría regar 250 000 hectáreas en el mes de abril.

Durante la temporada octubre-abril, en el año de mínima (1925) el río arrastró un caudal de 1 345.2 × 10⁶ m³. Septiembre, octubre y noviembre fueron los meses críticos. Al parecer en un año de poco caudal el río puede regar 110 000 hectáreas.

Nótese que en el cuadro 23 se ha supuesto que el agua se distribuye de acuerdo con las necesidades reales de los cultivos, es decir, sin tener en cuenta los derechos de agua.

Gráfico A





Cuadro 23
RÍO MAIPO: POSIBILIDADES MENSUALES DE RIEGO

Mes	Disponibilidad de agua (m ³ × 10 ⁶)	Tolerancia por hectárea (m ³)	Superficie regable (Ha)
Año de media			
1927	Agosto	—	500
	Septiembre	265.1	1 005
	Octubre	308.3	1 166
	Noviembre	408.6	1 412
	Diciembre	612.2	1 272
1928	Enero	551.1	1 375
	Febrero	392.3	1 237
	Marzo	286.3	974
	Abril	165.0	716
	Mayo	135.9	245
Año de mínima			
1924	Agosto	—	500
	Septiembre	94.0	1 005
	Octubre	130.1	1 166
	Noviembre	151.5	1 412
	Diciembre	266.9	1 272
1925	Enero	310.3	1 375
	Febrero	208.5	1 237
	Marzo	183.9	974
	Abril	94.0	716
	Mayo	86.8	245

12. Regularidad del riego

Si se acepta la cifra de 230 700 hectáreas¹⁴ como la superficie que es posible regar en un año de media y sobre la base del caudal de pasada disponible en el período octubre-abril (véase el cuadro 20), se puede formar una idea aproximada de la posibilidad de regar esta superficie.

Durante los 38 años el caudal medio de octubre-abril es de 2 745 × 10⁶ m³ y en 18 de ellos el caudal fue igual o mayor. El menor caudal se registró en la siguiente forma:

Entre 2 745 y 2 471 en 3 años	Cada renglón representa el 10 por ciento de disminución sobre 2 745 × 10 ⁶ m ³ .
„ 2 471 y 2 197 en 9 años	
„ 2 197 y 1 923 en 2 años	
„ 1 923 y 1 649 en 4 años	
„ 1 649 y 1 375 en 1 año	
Menos de 1 675 en 1 año	
20 años	

Del estudio de los caudales mensuales se desprende que en los años de baja los meses críticos son septiembre, octubre y posiblemente noviembre, y febrero, marzo y abril.

13. Aprovechamiento del agua sobrante

En relación con el efecto del aprovechamiento del agua sobrante sobre la capacidad de riego, en el cuadro 19 se dan las necesidades adicionales de agua para beber calculadas en los años 1960 y 1990. El embalse del Yeso sólo puede garantizar el abastecimiento de agua de Santiago hasta 1968. Después de ese año la cantidad adicional de agua que se necesite deberá buscarse en otra fuente.

Antes de considerar una posible fuente convendrá estudiar

¹⁴ Según los informes disponibles, la superficie regada es sólo de 195 785 hectáreas.

el efecto que sobre la disponibilidad de agua de riego ejerce el retiro de agua para uso doméstico y el retorno al río de las aguas servidas.

A fin de establecer una especie de balance entre el agua retirada del río para beber y para el servicio de alcantarillado y la que retorna al río en forma de aguas servidas, con referencia a los años 1960 y 1990, deben tenerse en cuenta los datos básicos siguientes:

- a) Cuadro 19, sobre necesidades adicionales de agua para beber
- b) Retirada de 3 m³/segundo de agua para alcantarillado
- c) Retirada de 3 m³/segundo de agua subterránea¹⁵
- d) Retirada de agua superficial de otras fuentes según el cuadro 24.

Cuadro 24
AGUA SUPERFICIAL RETIRADA DE FUENTES DISTINTAS DEL RÍO MAIPO

Mes	m ³ /seg	Mes	m ³ /seg
Enero	6.2	Julio	4.4
Febrero	6.2	Agosto	4.5
Marzo	5.9	Septiembre	4.4
Abril	6.0	Octubre	4.1
Mayo	4.1	Noviembre	6.0
Junio	4.3	Diciembre	6.0

FUENTE: Aprovechamiento hidrológico de la hoya del río Maipo, op. cit.

Así se ha elaborado el cuadro 25.

Cuadro 25
RÍOS MAIPO Y MAPOCHO: BALANCE DE AGUAS PARA BEBER Y ALCANTARILLADO (Metros cúbicos por segundo)

Mes	Agua retirada del río	Agua retirada de otras fuentes	Total	Retorno de agua al río en forma de aguas servidas
A. En el año 1960				
Enero	6.6	9.2	15.8	11.8
Febrero	6.3	9.2	15.5	11.6
Marzo	6.3	8.9	15.2	11.4
Abril	5.0	9.0	14.0	10.5
Mayo	5.4	7.1	12.5	9.4
Junio	4.2	7.3	11.5	8.6
Julio	3.5	7.4	10.9	8.2
Agosto	3.3	7.5	10.8	8.1
Septiembre	4.1	7.4	11.5	8.6
Octubre	5.2	7.1	12.3	9.2
Noviembre	5.0	9.0	14.0	10.5
Diciembre	6.3	9.0	15.3	11.5
B. En el año 1990				
Enero	18.8	9.2	28.0	21.0
Febrero	18.0	9.2	27.2	20.4
Marzo	17.8	8.9	26.7	20.0
Abril	14.9	9.0	23.9	17.9
Mayo	13.5	7.1	20.6	15.5
Junio	10.9	7.3	18.2	13.7
Julio	9.5	7.4	16.9	12.7
Agosto	9.2	7.5	16.7	12.5
Septiembre	10.8	7.4	18.2	13.7
Octubre	13.0	7.1	20.1	15.1
Noviembre	14.9	9.0	23.9	17.9
Diciembre	17.8	9.0	26.8	20.1

Examinando este cuadro resulta evidente que las aguas servidas que retornan al Mapocho exceden en cantidades bastante

¹⁵ Dato procedente de *El agua subterránea de Santiago*, op. cit.

apreciables al agua que se retira de este río. Por lo tanto, en teoría, la capacidad de riego del río no debería verse disminuida ya que todas las aguas servidas que se vacían en el Mapocho se usan ahora para el riego. Con todo, es probable que el retiro de agua redunde en desmedro de la capacidad de riego si ésta se toma aguas arriba de Santiago del río Maipo y se restituye al Mapocho, como aguas servidas, aguas abajo de Santiago.

Para evitar cualquier efecto dañino parecería aconsejable tomar las cantidades adicionales de agua que se necesitan en Santiago de fuentes distintas del río. Por ejemplo, quizás podría extraerse agua subterránea del valle del río Maipo lejos de la zona de Santiago o de esta zona, pero de napas freáticas más profundas, o bien podría construirse otro embalse en el curso superior del río.

Es evidente que se impone una investigación muy detenida sobre este asunto.

14. ¿Es posible ampliar la superficie de riego en el valle de los ríos Maipo y Mapocho?

Las cifras que se dan en el apartado 12 muestran claramente

que en muchos años del período analizado (1914-52) el riego seguramente ha pasado por momentos críticos.

Esas condiciones deben haber perjudicado a los poseedores de derechos eventuales de aguas más de lo que indican los caudales que figuran en el cuadro 20.

La superficie que ahora riega el sistema es de 195 875 hectáreas y se estima que representa casi el límite regable con el caudal de pasada, aun contando con una cierta ayuda temporal del embalse del Yeso. Por consiguiente, cualquier ampliación de la superficie regada por el sistema sólo puede realizarse mediante la construcción de embalses.

Aún ahora, en realidad es necesario tener almacenada una cierta cantidad adicional de agua para dar una mínima seguridad de riego a la actual superficie regada en los años de poco caudal.

En el río se hicieron las siguientes pruebas de regularidad:

- a) Para una superficie total cultivada de 250 000 hectáreas, basándose en la composición de los cultivos y en las necesidades de agua que se usaron para obtener los resultados consignados en los apartados 11 y siguientes.
- b) Para una superficie cultivada total de 270 000 hectáreas. En ambos casos se ha supuesto que la capacidad total de

Cuadro 26

RÍOS MAIPO Y MAPOCHO: PRUEBA DE REGULACIÓN PARA 250 000 HECTÁREAS, 1914-51
(Millones de metros cúbicos)

Año	Almacenamiento mínimo	Déficit	Excedente	Observaciones
1914	Llenándose		1 034.5	
1915				Río seco en septiembre
1916	699.7		1 282.4	Río seco en septiembre-diciembre inclusivos
1917	556.0		262.5	Río seco en febrero-mayo, septiembre-diciembre inclusivos
1918	534.5		383.9	Río seco todo el año excepto diciembre
1919	841.6		3 380.2	Río seco en septiembre
1920	830.5		2 783.5	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1921	859.3		1 820.4	Río seco en septiembre, octubre
1922	865.9		1 420.6	Río seco en abril y septiembre
1923	702.5		1 230.0	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1924	306.0		658.8	Río seco en abril, septiembre-diciembre inclusivos
1925	22.5		—	Río seco todo el año
1926	490.2		416.7	Río seco todo el año menos en julio, agosto, noviembre y diciembre
1927	892.8		1 413.7	
1928	711.7		653.6	Río seco en abril, septiembre-noviembre inclusivos
1929	758.6		557.9	Río seco en febrero-mayo, septiembre y octubre
1930	721.0		672.1	Río seco en febrero-mayo, septiembre, octubre y noviembre
1931	857.4		2 712.4	Río seco en septiembre
1932	767.9		1 798.2	Río seco en septiembre y octubre
1933	826.8		1 380.6	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1934	827.5		1 397.0	Río seco en marzo, abril, septiembre
1935	590.6		998.8	Río seco en septiembre-diciembre inclusivos
1936	691.8		212.1	Río seco todo el año excepto en julio, agosto y diciembre
1937	770.3		732.8	Río seco todo el año menos en enero, julio, agosto y diciembre
1938	486.5		332.8	Río seco todo el año menos en enero, julio y agosto
1939	150.7		—	Río seco todo el año
1940	—	29.9	—	Río seco todo el año
1941	873.9		2 350.6	Río seco en marzo, abril
1942	737.6		2 052.1	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1943	737.0		612.8	Río seco en febrero, abril, septiembre, octubre y noviembre
1944	874.5		1 327.3	Río seco en marzo y septiembre
1945	595.7		943.8	Río seco en septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1946	401.7		—	Río seco todo el año
1947	—	86.0	—	Río seco todo el año
1948	60.4		581.3	Río seco todo el año menos en diciembre
1949	711.0		672.0	Río seco en febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1950	675.3		330.1	Río seco en enero, febrero, marzo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1951	677.1		188.6	Río seco todo el año menos en junio

Agua regulada por año: $2 422.1 \times 10^6 m^3$

Capacidad de almacenamiento: $900 \times 10^6 m^3$ (además del embalse del Yeso)

Pérdidas mensuales: 0.8 por ciento

almacenamiento del río es de $900 \times 10^6 \text{ m}^3$ (además de los $250 \times 10^6 \text{ m}^3$ del embalse del Yeso).

c) Se hizo una tercera prueba de regularidad para el cultivo de 250 000 hectáreas con un almacenamiento total de $900 \times 10^6 \text{ m}^3$, pero descontando mensualmente 0.8 por ciento en concepto de pérdidas de almacenamiento, es decir, 9.6 por ciento al año. Este porcentaje es probablemente algo mayor en el caso de pérdida por evaporación, pero deja un pequeño margen para la pérdida por penetración en el fondo de los embalses. Tomando el caso de las 250 000 hectáreas con pérdidas de almacenamiento, el cuadro 26 resume los resultados de esta prueba de regularidad, poniendo de relieve que podrían regarse 250 000 hectáreas de tierra con un embalse de $900 \times 10^6 \text{ m}^3$ de capacidad, con absoluta seguridad en todos los años menos en 1940 y 1947 en que la escasez de agua es 29.9×10^6 (todo en abril) y $86.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ (todo en diciembre). Esta escasez no tendría consecuencias graves.

Cuando se hacen los cálculos de regulación para 250 000 hectáreas sin descontar las pérdidas de almacenamiento no se aprecian las deficiencias registradas en los años 1940 y 1947 y se muestran cantidades ligeramente mayores de agua desperdiciada.

En el cuadro 27 se resumen los cálculos de regulación para

regar 270 000 hectáreas sin descontar las pérdidas de almacenamiento.

Por ese cuadro puede verse que los déficit fueron de $135.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (33.8×10^6 en marzo y 99.3×10^6 en abril) en 1925; de 56.7×10^6 (todo en noviembre) en 1939; de $287.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (97.0×10^6 en febrero, 95.0×10^6 en marzo y 95.3×10^6 en abril) en 1940; y de 22.2×10^6 (todo en octubre) en 1947. El más grave de ellos fue el de 1940 porque alcanza a más del 10 por ciento de las necesidades anuales de $2 610.4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Si se hubieran descontado las pérdidas de almacenamiento, el déficit habría sido algo mayor y el desperdicio de agua habría sido de 60 a $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ menos en cada año.

Pero pronosticando el caudal de verano del río a base de la nieve caída en el invierno anterior, es casi seguro que se podría vislumbrar de antemano un año de escasez de agua como el de 1947, lo que permitiría reducir un poco la superficie total cultivada y economizar agua del embalse para cubrir los déficit que se producen en los meses de escasez de agua.

Parece que la capacidad de riego del río sería aproximadamente de 260 000 hectáreas con un máximo de seguridad, siempre que:

a) se cuente con una capacidad de almacenamiento de $900 \times 10^6 \text{ m}^3$, además del embalse del Yeso;

Cuadro 27

RÍOS MAIPO Y MAPOCHO: PRUEBA DE REGULACIÓN PARA 270 000 HECTÁREAS DE RIEGO, 1914-51
(Millones de metros cúbicos)

Año	Almacena- miento mínimo	Déficit	Excedente	Observaciones
1914	—		900.4	Almacenamiento llenándose
1915	835.9		3 049.5	Río seco en septiembre
1916	591.9		1 249.1	Río seco en septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1917	486.6		225.4	Río seco todo el año menos en julio y agosto
1918	413.0		200.5	Río seco todo el año menos en diciembre
1919	835.4		3 277.9	Río seco en septiembre y octubre
1920	754.3		2 642.8	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1921	853.2		1 718.1	Río seco en septiembre y octubre
1922	859.9		1 328.5	Río seco en abril, septiembre y octubre
1923	678.1		1 125.7	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1924	231.7		625.2	Río seco en abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1925	—	135.1		Río seco todo el año
1926	353.1		182.1	Río seco todo el año menos en agosto y diciembre
1927	887.2		1 312.0	Río seco en septiembre y octubre
1928	761.5		570.4	Río seco en abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1929	726.9		330.3	Río seco en febrero-mayo y septiembre, octubre y noviembre
1930	677.6		563.6	Río seco todo el año menos en julio, agosto y diciembre
1931	851.3		2 610.2	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1932	744.1		1 685.7	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1933	803.6		1 278.0	Río seco en septiembre, octubre y noviembre
1934	785.2		1 293.6	Río seco en febrero, marzo, abril, septiembre, octubre y noviembre
1935	541.5		965.5	Río seco de septiembre a diciembre inclusive
1936	561.6		42.5	Río seco todo el año menos en agosto
1937	726.9		607.8	Río seco menos en enero, julio, agosto y diciembre
1938	411.4		296.1	Río seco todo el año menos en enero, julio y agosto
1939	—	56.7		Río seco todo el año
1940	—	287.3		Río seco todo el año
1941	863.0		2 156.1	Río seco en enero, marzo, abril y septiembre
1942	713.6		1 958.3	Río seco en septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1943	712.5		499.9	Río seco en febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1944	874.7		1 172.0	Río seco en marzo, abril, septiembre, octubre
1945	537.1		910.5	Río seco en septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1946	206.7		—	Río seco todo el año
1947	—	22.2		Río seco todo el año
1948	253.1		689.8	Río seco todo el año menos en diciembre
1949	686.0		638.0	Río seco en febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre
1950	628.1		222.9	Río seco todo el año menos en junio, julio y agosto
1951	630.2		79.8	Río seco todo el año menos en agosto

Necesidades anuales de agua: $2 610.4 \times 10^6 \text{ m}^3$

Capacidad de almacenamiento: 900 000 m^3 (además del embalse del Yeso)

- b) el agua se distribuya entre los cultivos en estricta concordancia con sus necesidades mensuales, y
- c) el gobierno controle completamente los caudales del río.

Como la superficie de riego es ahora de 195 785 hectáreas, el río debería poder regar las 60 000 hectáreas de los proyectos de Colina Batuco y Curacaví-Casablanca. Es probable que la regularidad del riego no sea tan buena como parece, pues habría que tener en cuenta las pérdidas de los canales alimentadores.

Si fuese posible construir todos los embalses en el curso superior de los ríos Maipo y Mapocho, las pérdidas globales de los embalses y canales alimentadores podrían ser algo menores de las que se producirán si se sigue el plan propuesto de ubicación de los almacenamientos.

Si del río Maipo (o sus afluentes) se retira para Santiago una cantidad adicional de agua para beber, esto podría tener

En la margen derecha del río Maipo	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Canal San Carlos} \\ \text{(La Florida 12 MW)} \\ \text{Canal Eyzaguirre} \\ \text{San Francisco y San Joaquín} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 15.5 \text{ m}^3/\text{seg.} \\ \\ 5.1 \text{ m}^3/\text{seg.} \end{array} \right\}$	$53.4 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ al mes}$
En la margen izquierda del río Maipo	$\left\{ \begin{array}{l} \text{La Puntilla (12.5 MW)} \\ \text{La Carburera (6.0 MW)} \\ \text{La Carena (8.5 MW)} \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 11.6 \text{ m}^3/\text{seg.} \\ \\ 9.5 \text{ m}^3/\text{seg.} \end{array} \right\}$	$30.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ al mes. Usan el agua sucesivamente y después la vierten al río Maipo } 24.6 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ mensual}$

En el invierno el agua que toma La Carena a través de Las Mercedes se pierde en un estero y en el verano se usa para riego.

Si los proyectos de Colina-Batuco y Curacaví-Casablanca fuesen dotados de almacenamientos para el riego, por lo menos $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ de agua tendrían que desviarse mensualmente del Maipo al Mapocho para llenar los embalses. Así podrían funcionar las centrales de la margen izquierda del Maipo y La Carena tendría que cerrarse.

En los años en que el río trae poco caudal habría bastante agua en junio, julio, agosto y septiembre para cubrir los $80 \times 10^6 \text{ m}^3$ al mes, pero es muy posible que no alcanzaría para cubrir además las necesidades de La Puntilla y La Carburera, que alcanzan a $30 \times 10^6 \text{ m}^3$. Si el riego tuviera la primera prioridad, estas dos centrales tendrían que clausurarse. Pero si la electricidad fuese considerada más importante, habría que deducir $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ mensuales durante mayo, junio, julio y agosto del agua disponible para el riego, es decir, del agua que se almacena con ese fin.

Si todo el almacenamiento se hace en el Maipo, aguas arriba de La Obra, en los años de poco caudal no quedaría agua disponible para ninguna de las centrales hidroeléctricas mencionadas, salvo el caudal proveniente de la recuperación natural del río.

La ENDESA está estudiando un gran proyecto hidroeléctrico denominado Maipo Bajo (150 MW) situado cerca de la desembocadura del río Maipo. Si en la cuenca de los ríos Maipo y Mapocho se ampliase el riego a 260 000 hectáreas, la única agua disponible para la proyectada central hidroeléctrica en todo el año sería por mucho tiempo la proveniente de la recuperación natural del río (si es que hay alguna) y de la infiltración de las tierras regadas. Es probable, pues, que desarrollar el riego al máximo posible tuviese repercusiones desfavorables para el desarrollo hidroeléctrico en Maipo Bajo.

Otro proyecto que la ENDESA tiene en cartera para estudiarlo más adelante es el de Olivares-Mapocho (60 MW) con un salto de 1 200 metros, que utilizaría agua dulce. Es probable que esta agua, después de aprovechada por las centrales, se destinara al abastecimiento de Santiago.

Otras centrales hidroeléctricas del valle del Maipo son Los Maitenes (26 MW), El Volcán (13 MW) y Los Queltehues (36.4 MW), todas ellas de propiedad de la Compañía Chilena de Electricidad Ltda. y situadas en los afluentes del curso superior del río Maipo. Estas centrales no sufrirían con el des-

arrollo del riego a menos que parte del almacenamiento necesario se ubicara aguas arriba de sus respectivos ríos, en cuyo caso es muy probable que el efecto fuera beneficioso.

Es evidente que el desarrollo de la cuenca del río en la medida prevista en el apartado 14 puede crear conflictos de intereses entre la electricidad y el riego. Los proyectos requerirán un estudio detenido de las partes interesadas y muy posiblemente sería necesario adoptar decisiones de importancia respecto de la política a seguir en materia de prelación antes de proceder al planeamiento.

15. Obras hidroeléctricas en el sistema Maipo-Mapocho

El croquis IV muestra las centrales hidroeléctricas que emplean el agua de los canales del Maipo. No figuran en él ni La Puntilla (12 MW) ni La Carena (8.5 MW).

En la temporada de riego las necesidades de agua de las centrales se cubren con el agua de los canales.

En el invierno las necesidades de las centrales hidroeléctricas son:

16. Resumen

a) Agua para riego

Parece que en el sistema Maipo-Mapocho hay agua suficiente para cultivar 260 000 hectáreas con un grado de seguridad muy elevado, siempre que sea posible contar con los $900 \times 10^6 \text{ m}^3$ de capacidad de almacenamiento que se necesitan.

Dos proyectos que la Dirección de Riego está estudiando pueden absorber 60 000 hectáreas y usarán $800 \times 10^6 \text{ m}^3$ de almacenamiento.

b) Generación hidroeléctrica

Si estos proyectos se ejecutan es posible que cesen o disminuyan las descargas de invierno de algunas centrales hidroeléctricas.

Si todos los embalses se construyen en el curso superior del río Maipo, es posible que un número considerable de centrales hidroeléctricas sufran perjuicios.

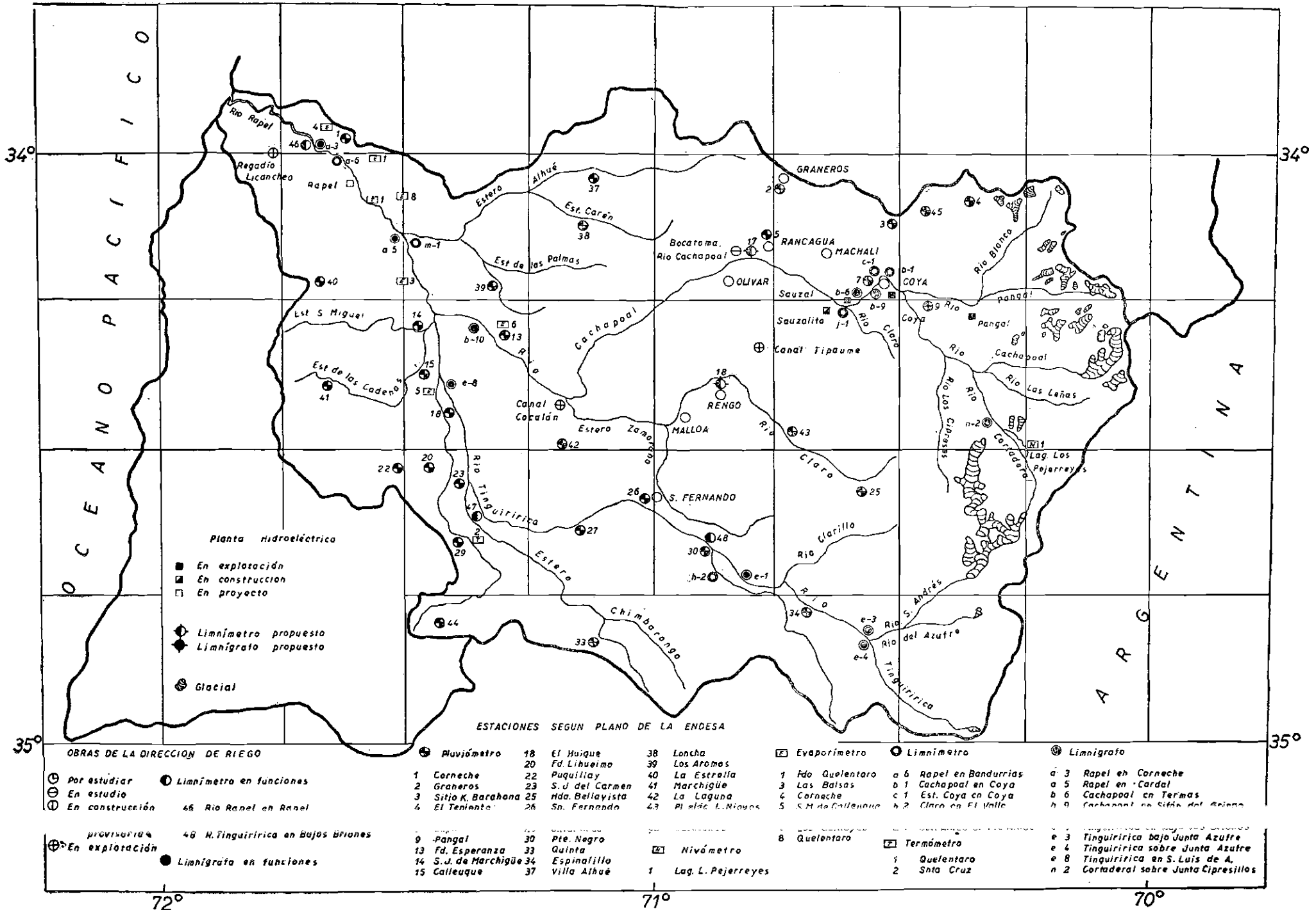
También podrían resultar perjudicados dos proyectos hidroeléctricos que la ENDESA tiene en cartera para su estudio.

c) Agua para uso doméstico y alcantarillado

El suministro de agua para uso doméstico de Santiago está garantizado por el embalse del Yeso, pero sólo hasta 1968. Después de ese año se necesitará agua adicional. La derivación de agua de un afluente del Maipo puede combinarse con un proyecto hidroeléctrico útil, pero se produciría un desequilibrio en el abastecimiento de agua para riego.

El agua del sistema de alcantarillado de Santiago se descarga ahora en el río Mapocho y se aprovecha para regar.

Croquis V
HOYA DEL RIO RAPEL



- Planta hidroeléctrica
- En explotación
 - ▣ En construcción
 - En proyecto
 - ◇ Limnómetro propuesto
 - ◆ Limnigrato propuesto
 - ⊕ Glacial

ESTACIONES SEGUN PLANO DE LA ENDESA

OBRAS DE LA DIRECCIÓN DE RIEGO		ESTACIONES SEGUN PLANO DE LA ENDESA		
⊕ Por estudiar	● Limnómetro en funciones	● Pluviómetro	18 El Huique	38 Loncha
⊖ En estudio		20 Fd. Libueimo	39 Los Aromas	40 La Estrella
⊗ En construcción	46 Río Rapel en Rapel	22 Puquillay	40 La Estrella	41 Marchigüe
		23 S. J. del Carmen	41 Marchigüe	42 La Laguna
		25 Hda. Bellayista	42 La Laguna	43 Pl. Est. L. Nieves
		26 S. Fernando	43 Pl. Est. L. Nieves	
		27		
		28		
		29		
		30		
		31		
		32		
		33		
		34		
		35		
		36		
		37		
		38		
		39		
		40		
		41		
		42		
		43		
		44		
		45		
		46		
		47		
		48		
		49		
		50		
		51		
		52		
		53		
		54		
		55		
		56		
		57		
		58		
		59		
		60		
		61		
		62		
		63		
		64		
		65		
		66		
		67		
		68		
		69		
		70		
		71		
		72		
		73		
		74		
		75		
		76		
		77		
		78		
		79		
		80		
		81		
		82		
		83		
		84		
		85		
		86		
		87		
		88		
		89		
		90		
		91		
		92		
		93		
		94		
		95		
		96		
		97		
		98		
		99		
		100		



Debido al agua que ahora se retira de otras fuentes superficiales distintas del río Maipo y a la que además se extrae de la napa freática, las aguas servidas que retornan al Mapocho siempre tendrán un volumen mayor que el agua que se toma del Maipo (aun cuando todas las necesidades hasta 1990 se sirvan con las mismas fuentes). Esto puede ocasionar un desequilibrio en las superficies regables con agua proveniente de los dos ríos.

Si el riego se desarrolla al máximo, habrá muchos meses (marzo, abril, septiembre, octubre y noviembre) en que por la salida principal del agua de las alcantarillas en el Mapocho no pasará agua de río (salvo la proveniente de la recuperación natural del río y de la infiltración del riego), situación que se produciría durante todos los meses de uno o dos años sucesivos. Es fácil imaginar el efecto que esto tendría sobre el caudal del río aguas abajo de este punto y sobre el agua subterránea.

Es evidente que se necesita con urgencia un proyecto adecuado para el tratamiento del agua proveniente de las cloacas de Santiago.

d) Agua subterránea

El uso del agua subterránea ha cundido con rapidez en el área de la ciudad en el último decenio y según se informa el nivel de la napa freática ya está tan bajo en el centro de la ciudad que denota una situación grave.

En los alrededores de Santiago se está extrayendo agua subterránea (en muchos casos con fines de riego).

No existen datos sobre la cantidad de agua extraída ni del nivel estático de la napa subterránea. Los dueños de los pozos no están obligados a proporcionar estos datos al gobierno, aunque la Dirección de Riego tiene la responsabilidad de otorgar los permisos de explotación y de especificar la cantidad de agua que pueden extraer. El dueño de un terreno tiene derecho a extraer agua para uso doméstico sin necesidad de permiso. Sin datos sobre las cantidades de agua extraídas ni sobre el nivel de la napa freática es difícil figurarse cómo se puede conducir este asunto con eficacia.

Es evidente que en general se necesita con urgencia hacer una investigación cabal de la situación del agua subterránea en Santiago y en el valle de los ríos Maipo y Mapocho. También es necesario establecer un control efectivo sobre el uso del agua subterránea, lo que implicará medidas legislativas.

El desarrollo del riego, con la consiguiente disminución del caudal del río, puede tener un efecto perjudicial sobre la napa freática, por lo que la situación requiere una observación constante y minuciosa.

e) Canales

Será indispensable llevar un registro de la superficie regada

anualmente. Es posible establecer por ahora ese registro mediante la fotografía aérea, teniendo en cuenta que una fotografía aérea tomada a 10 000 pies de altura permite obtener un mapa a una escala aproximada de 1:10 000. Con ese mapa pueden calcularse las superficies cultivadas e identificarse los diversos cultivos.

También es necesario saber el agua que se aprovecha efectivamente en todos los canales, dato esencial para lograr el uso eficaz del agua de riego.

f) Ensayos de riego en el terreno para establecer las verdaderas necesidades de agua de los cultivos

Conviene establecer una estación agrícola experimental en la cuenca para calcular mediante ensayos en el terreno mismo las necesidades de agua por hectárea de los diversos cultivos. Con esta información y la relativa a los canales, se puede establecer una comparación entre el agua que se usa actualmente en el sistema de canales y la que efectivamente se necesita.

Los datos así obtenidos tendrían un excelente valor publicitario y deberían publicarse periódicamente para general conocimiento.

17. Conclusiones

Es evidente que el mejor aprovechamiento de un bien nacional tan importante como el agua debe hacerse en forma ordenada en la cuenca de los ríos Maipo y Mapocho.

En el desarrollo futuro se producirán probablemente conflictos entre la electricidad y el riego, que afectarán intereses creados.

El aprovechamiento del agua subterránea es un tanto caótico y en Santiago mismo parece que ha llegado a un punto crítico. Se requiere con urgencia examinar la situación de la napa freática en toda la cuenca.

No puede mejorarse la regularidad del riego actual ni ampliarse la superficie regada a menos de construir embalses.

Es necesario también examinar minuciosamente las posibles fuentes de abastecimiento de agua de Santiago después de 1968 y sin duda hay que hacer algo para tratar las aguas de las alcantarillas de la ciudad.

Es de suma urgencia crear una autoridad con plenos poderes para fiscalizar todo lo relacionado con el uso del agua —superficial y subterránea— en la cuenca de los ríos Maipo y Mapocho.

Esta autoridad establecería normas y un orden de prelación entre los usos posibles. Sería responsable de recopilar todos los datos relacionados con la disponibilidad de agua, uso del agua, necesidades de agua de los cultivos, etc., clasificación de la tierra, etc., así como de fiscalizar y dirigir todos los organismos que ahora se ocupan de los proyectos hidráulicos.

V. RÍO RAPEL

1. Descripción

El río Rapel tiene dos afluentes principales, el Cachapoal y el Tinguiririca. La Dirección de Riego mantiene tres estaciones limnimétricas, dos de ellas en el Tinguiririca y una a más o menos 15 kilómetros de la desembocadura del Rapel. El aforo del Cachapoal se hace en la mina El Teniente, explotada por la Braden Copper Company. La ENDESA tiene instalada en el Rapel una excelente red que comprende 16 estaciones de aforo (10 limnigrafos y 5 limnímetros), 8 estaciones de evaporación y una estación nivométrica.

El croquis V muestra el río Rapel y su zona de influencia, la localización de las obras de regadío en funcionamiento o en estudio, de las estaciones hidrológicas, etc., y de las estaciones hidroeléctricas en explotación, en construcción o en estudio.

2. Tierra disponible para regadío y superficie regada

Del estudio realizado por el Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales resulta que para las provincias de O'Higgins y Colchagua, el total de tierras

de las clases 1, 2 y 4 es de 180 000 y 573 000 hectáreas respectivamente. De un total de 246 000 hectáreas de superficie regada corresponden 141 500 a la provincia de O'Higgins y 105 100 a la de Colchagua.

Es probable que los recursos necesarios para regar una parte de la superficie mencionada no estén incluidos en el caudal aforado del Rapel, pero no hay cómo determinarlo.

3. Obras de regadío

La Dirección de Riego ha terminado en la cuenca del Rapel cinco obras que cubren 14 300 hectáreas de regadío, las cuales deben incluirse en el total de 246 000 antes indicado. Además tiene un proyecto en construcción y dos en estudio que permitirán regar otras 230 hectáreas.

4. Agua para los servicios urbanos

En el cuadro 28 pueden verse las actuales captaciones de agua y el cálculo de las captaciones futuras, destinadas al abastecimiento de agua potable y alcantarillado, indicando en cada

Cuadro 28
RÍO RAPEL: CONSUMO ACTUAL Y FUTURO DE AGUA POTABLE Y PARA ALCANTARILLADO

Ciudad	Agua potable					Alcantarillado		
	Consumo en 1956 (m ³)	Año previsto (P)	Dotación (l/h/d)	Población prevista (Habitantes)	Consumo en el año P (Miles de m ³)	Fuentes	m ³ /año	Fuentes
Rancagua.	2 902 378	1990	300	70 000	7 665	Río Claro	4 730 400	Canal de la población
Peumo.	113 393	1980	250	6 000	547	Pozo río Claro (napa)	43 362	Canal del pueblo
Rengo.	796 174	1958	150	9 000	492	Napa río Clarillo	1 135 296	Canal en el camino longitudinal
San Fernando.	1 414 960	1986	300	24 500	2 672	Est. Antivero	3 784 320	Canal del pueblo
San Vicente	309 331	1947	150	6 870	376	Est. Zamorano	1 766 016	Canal San Vicente
Coya	—	1986	200	2 500	182	Vertientes	—	—
Chimbarongo	75 343	1976	160	5 000	292	Napa sub. cst. Chimbarongo	—	—
Santa Cruz.	224 270	1982	250	9 000	821	Pozo (napa río Tinguiririca)	—	—
Nancagua.	—	1990	150	2 500	136	Pozo (napa río Tinguiririca)	—	—
Machalí	292 000	1980	180	3 500	229	Estero Machalí	—	—
Requinos.	40 000	1986	150	2 000	109	Napa río Cachapoal	—	—
Lo Miranda	—	1982	150	2 650	145	Napa río Cachapoal	—	—
Las Cabras	—	1986	150	2 000	109	Napa río Cachapoal	—	—
Pichidegua	—	1982	150	1 000	54	Napa río Cachapoal	—	—
La Punta.	—	1987	150	1 500	82	Napa río Cachapoal	—	—
Rosario	—	1975	150	2 000	109	Napa río Cachapoal	—	—
Doñihue	—	1975	200	5 000	365	Napa río Cachapoal	—	—
Quinta de Tilcoco.	—	1982	150	1 200	65	Napa río Cachapoal	—	—

caso la fuente correspondiente. Nótese que la mayor parte del agua potable proviene de fuentes subterráneas.

En 1956, el total de agua extraída directamente de los ríos o de canales alimentados por los ríos fue de 3 016 000 m³ y se espera que hacia 1980 esta cifra aumente a 8 213 000 m³. En el año 1956 se usaron para el alcantarillado 11 460 000 m³ de agua en total. Las cifras de abastecimiento de agua también comprenden la cantidad necesaria para cubrir las necesidades futuras del alcantarillado.

En 1956 el total de agua extraída de ríos, vertientes y fuentes subterráneas (por lo general localizadas en el lecho del río o cerca de él) alcanzó a 17 727 000 m³ y se espera que esta cantidad aumente hacia 1980 a 30 400 000 m³ anuales (aproximadamente 2.5 × 10⁶ m³ p. m.).

Esta cifra es tan pequeña que no influirá sobre la cantidad de agua destinada a otros fines.

5. Agua disponible en el sistema del Rapel

El cálculo del agua disponible se basa en los datos sobre el caudal del río Tinguiririca, obtenidos de la Dirección de Riego, y en los proporcionados por la Braden Copper Company para el Cachapoal, recopilados por la ENDESA.

El cuadro 29 indica el caudal gasto disponible para todo el año, para el período comprendido entre octubre y abril inclusive, y para el período comprendido entre enero y abril inclusive, señalando el caudal medio, máximo y mínimo correspondiente a los tres períodos.

Cuadro 29

RÍO RAPEL: CAUDALES, 1945-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Caudal para todo el año	Caudal entre octubre y abril ^a	Caudal entre enero y abril
1945	—	—	—
1946	2 979.90	2 195.07	1 249.13
1947	3 319.27	2 080.75	1 192.90
1948	4 426.54	2 333.74	1 101.95
1949	4 078.68	3 568.32	1 632.43
1950	4 068.46	2 354.35	1 147.34
1951	4 168.43	2 825.08	1 349.57
1952	3 881.14	2 760.27	1 378.17
1953	5 035.52	2 371.70	1 157.24
1954	4 639.75	4 160.47	2 132.17
1955	3 597.93	2 590.52	1 327.77
1956	3 358.37	2 232.39	987.07
Total 11 años	43 553.99	29 472.66	14 655.74
Promedio	4 050.4	2 679.3	1 332.3

Octubre-abril. Promedio	2 679.3 × 10 ⁶ m ³
Año que más se acerca al promedio	1952 = 2 760.27 × 10 ⁶ m ³
Año de mínima	1947 = 2 080.75 × 10 ⁶ m ³
Año de máxima	1954 = 4 160.47 × 10 ⁶ m ³
Enero-abril. Promedio	1 332.3 × 10 ⁶ m ³
Año que más se acerca al promedio	1955 = 1 327.77 × 10 ⁶ m ³
Año de mínima	1956 = 987.07 × 10 ⁶ m ³
Año de máxima	1954 = 2 132.17 × 10 ⁶ m ³

^a El total de octubre-abril es igual al de octubre-diciembre de 1945 más el de enero-abril de 1946, y así sucesivamente.

Para cada río y para todos los que forman el sistema del Rapel, existen cuadros que indican el total del gasto mensual durante todo el período.

El caudal del Rapel alcanza el máximo en los meses de noviembre-diciembre y enero-febrero; en marzo comienza a bajar, llegando al mínimo en abril; aumenta entre mayo y julio, mes en que alcanza el máximo, y disminuye ligeramente entre agosto y septiembre; en octubre el caudal comienza a aumentar de nuevo.

El Rapel tiene un régimen predominantemente nívico, aunque también influyen en su caudal las lluvias.

Sólo se dispone de cifras para un período de 11 años (1946-56) y al recopilarlas hubo que calcular por interpolación el caudal correspondiente a aquellos meses en que no se disponía de datos reales.

6. El agua necesaria para el regadío

No hay datos sobre la cantidad de agua usada para riego clasificados por cultivos ni tampoco se conocen las necesidades efectivas. Esa información podría obtenerse mediante pruebas experimentales a escala. Tampoco hay cifras sobre las áreas o tipos de cultivo regados. No es posible, por lo tanto, calcular cómo se utiliza el agua. La cantidad de agua mensual necesaria para el regadío de diferentes cultivos se ha calculado en la misma forma que para el sistema fluvial Maipo-Mapocho y se basa en la fórmula Blaney-Criddle.

El agua del río Rapel utilizada para riego se distribuye entre los diferentes cultivos en la proporción siguiente:

	Porcentajes
Frutales	10
Chácaras	20
Hortalizas	20
Forrajes	40
Cereales	10

La cantidad de agua necesaria para el riego (en metros cúbicos por hectárea y por año), teniendo en cuenta el 25 por ciento de pérdida en los canales, es:

Enero	1 414
Febrero	1 271
Marzo	1 073
Abril	739
Mayo	322
Junio	—
Julio	—
Agosto	378
Septiembre	966
Octubre	1 131
Noviembre	1 366
Diciembre	1 490
Total	10 156

7. Posibilidades de riego en años de caudal medio y mínimo

El período de riego se extiende aproximadamente de octubre a abril y la superficie regada mensualmente con el caudal de pasada se ha obtenido dividiendo el agua disponible mensualmente por la cantidad de agua necesaria para el riego, tal como aparece en el apartado 6. Así se obtuvieron los datos recogidos en el cuadro 30 para años de caudal medio y mínimo.

Los meses críticos son octubre, febrero, marzo y abril. La superficie máxima que se puede regar con las aguas del Rapel en un año promedio es sobre 250 000 hectáreas.

En esta temporada de riego, los meses críticos fueron septiembre, octubre y abril para una superficie regada de 250 000 hectáreas. Debió producirse una aguda escasez de agua en los meses de septiembre, octubre y abril.

8. La regularidad del riego

El caudal medio, para el período comprendido entre octubre y abril, es de 2 679.3 × 10⁶ m³. A continuación se indican los años en que el caudal fue inferior al promedio:

Cuadro 30

RÍO RAPEL: POSIBILIDADES DE RIEGO EN EL PERIODO INDICADO

Año-mes	Agua disponible (m ³ × 10 ⁶)	Agua necesaria (m ³ /Ha)	Superficie regable (Ha)
a) Entre octubre y abril, 1951/52			
Caudal medio: 2 679.3 × 10 ⁶ m ³			
Año más cercano al promedio (1952): 2 760.3 × 10 ⁶ m ³			
1951			
Julio	428.82	—	—
Agosto	271.32	378	717 800
Septiembre	285.90	966	296 000
Octubre	281.23	1 131	248 700
Noviembre	448.41	1 366	328 300
Diciembre	652.46	1 490	437 900
1952			
Enero	618.99	1 414	437 800
Febrero	354.55	1 271	279 000
Marzo	249.37	1 073	232 400
Abril	155.26	739	210 100
Mayo	287.92	322	894 200
Junio	291.85	—	—
b) Entre octubre y abril, 1946/47			
Año de mínima: 1947			
Agua escurrida: 2 080.8 × 10 ⁶ m ³			
1946			
Julio	237.30	—	—
Agosto	140.85	378	372 600
Septiembre	143.60	966	148 700
Octubre	160.17	1 131	141 600
Noviembre	338.77	1 366	248 000
Diciembre	388.91	1 490	261 000
1947			
Enero	430.69	1 414	304 600
Febrero	336.03	1 271	264 400
Marzo	274.54	1 073	255 900
Abril	151.64	739	205 200
Mayo	159.64	322	495 800

0	2 679.3 × 10 ⁶	1952
— 10 por ciento	2 411.4 × 10 ⁶	1950
		1956
		1948
— 20 por ciento	1 468 × 10 ⁶	1953
		1947
— 30 por ciento	1 285 × 10 ⁶	1946

Así, pues, durante 7 años, de un total de 11, el caudal fue inferior al promedio en el período octubre-abril.

En el apartado 2 se estableció que la superficie regada en las provincias de O'Higgins y Colchagua alcanza a 246 600 hectáreas y que las nuevas obras de regadío permitirán regar 230 hectáreas más (apartado 3).

Se ha hecho una prueba de regulación del río para una superficie regada de 340 000 hectáreas, con una capacidad de almacenamiento de agua de 1 200 × 10⁶ m³, aceptando la distribución de los cultivos y la dotación de agua que se indica en el apartado 6. En el cuadro 31 se indican los resultados de esta prueba, que se inició con el embalse lleno.

Esta prueba de regulación demuestra que, aunque el embalse hubiera estado lleno al comienzo del período de enero a abril de 1947 y 1948 la escasez habría sido de 186.2 y 241.1 × 10⁶ m³, respectivamente, meses en que se necesitaban 616.1 × 10⁶ m³ de agua. Tal escasez de agua, pues, habría tenido graves consecuencias para el riego.

En todos los demás años se podrían haber regado 340 000 hectáreas, pero es posible que la mayor parte del tiempo el río no trajera más agua que la proveniente de la napa freática y de la recuperación del riego y que sólo durante 9 años su caudal haya excedido a las necesidades de regadío.

9. Caudal del Rapel entre 1947 y 1951 calculado en un lugar ubicado a pocos kilómetros del mar

El estudio del caudal del río a escasa distancia de su desembocadura permite averiguar el agua recuperada durante el período comprendido entre enero y abril de cada año. Dicha información se ha recogido en el cuadro 32 que muestra asimismo la cantidad de agua disponible para el mismo período anual.

Durante los meses de enero, febrero, marzo y abril llueve muy poco, si es que llueve, en la cuenca del Rapel. El gasto mensual del río debe representar, pues, el agua recuperada de la napa freática y del riego.

El gráfico B demuestra que esta explicación es satisfactoria, pues de él se deduce claramente que el caudal mensual varía

Cuadro 31

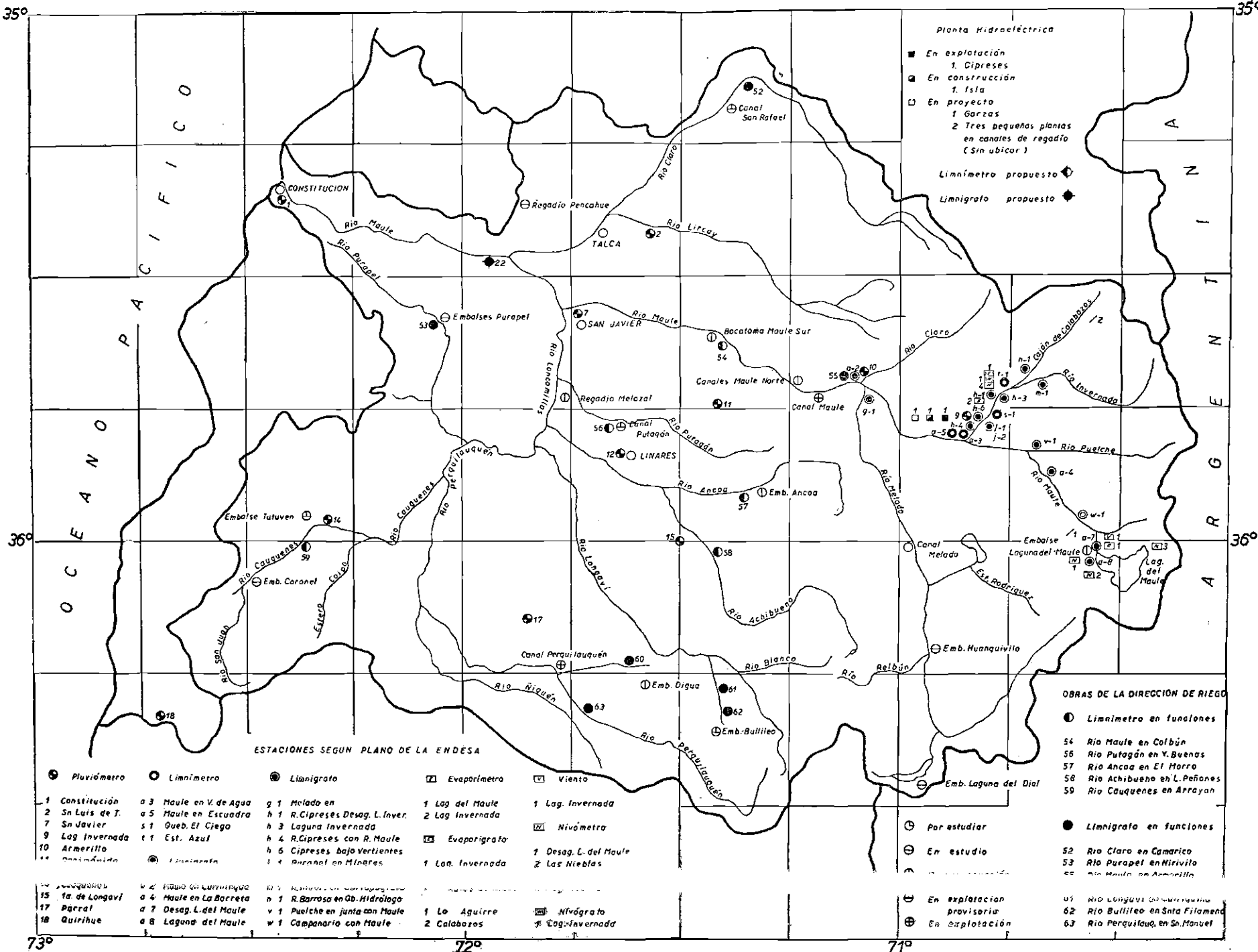
RÍO RAPEL: PRUEBA DE REGULACIÓN DEL AGUA PARA RIEGO, 1945-56

Superficie regada: 340 000 Ha

Agua almacenada: 1 200 × 10⁶ m³

1945 Abril-diciembre . . .	Río seco en septiembre-diciembre	Pérdida de agua: 545.6 × 10 ⁶ m ³
1946 Todo el año	Río seco todo el año	Pérdida de agua: nada
1947 Todo el año	Embalse vacío en marzo-abril Río seco todo el año	Escasez: 186.2 × 10 ⁶ m ³
1948 Todo el año	Embalse vacío en marzo-abril Río seco todo el año excepto diciembre	Escasez: 241.1 × 10 ⁶ m ³ Pérdida de agua: 156.5 × 10 ⁶ m ³
1949 Todo el año	Río seco en marzo-abril y septiembre-diciembre inclusive	Pérdida de agua: 852.6 × 10 ⁶ m ³
1950 Todo el año	Río seco en junio-julio y septiembre-noviembre	Pérdida de agua: 198.6 × 10 ⁶ m ³
1951 Todo el año	Río seco, excepto en enero, julio y agosto	Pérdida de agua: 664.6 × 10 ⁶ m ³
1952 Todo el año	Río seco, excepto en enero, junio, julio y agosto	Pérdida de agua: 545.8 × 10 ⁶ m ³
1953 Todo el año	Río seco, excepto en agosto, septiembre, noviembre y diciembre	Pérdida de agua: 1 124.5 × 10 ⁶ m ³
1954 Todo el año	Río seco en abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre	Pérdida de agua: 1 327 × 10 ⁶ m ³
1955 Todo el año	Río seco todo el año, excepto julio y agosto	Pérdida de agua: 50.6 × 10 ⁶ m ³
1956 Todo el año	Río seco todo el año. Almacenamiento a fin de año: 885.4 × 10 ⁶ m ³	Pérdida de agua: nada

NOTA: Se sobreentiende que el curso inferior del río siempre llevará el agua que proviene de las filtraciones y la recuperada del riego, aunque el río esté cerrado en la bocatoma inferior. La superficie de alimentación situada debajo de la estación hidrológica también contribuye en parte al escurrimiento del río.



Planta Hidroeléctrica

- En explotación
1 Cipreses
- ▣ En construcción
1 Isla
- En proyecto
1 Garzas
2 Tres pequeñas plantas en canales de regadío (Sin ubicar)

Limnómetro propuesto ◊

Limnógrafo propuesto ◆

OBRAS DE LA DIRECCION DE RIEGO

- Limnómetro en funciones
- Limnógrafo en funciones
- 54 Río Maule en Colbún
- 56 Río Putagán en Y. Buenas
- 57 Río Ancoa en El Horro
- 58 Río Achibueno en L. Peñones
- 59 Río Cauquenes en Arrayán

ESTACIONES SEGUN PLANO DE LA ENDESA

- | | | | | |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| ● Pluviómetro | ● Limnómetro | ● Limnógrafo | □ Evaporímetro | □ Viento |
| 1 Constitución | a 3 Maule en V. de Agua | g 1 Melado en | 1 Lag. del Maule | 1 Lag. Invernada |
| 2 Sn Luis de T. | a 5 Maule en Escuadra | h 1 R. Cipreses Desag. L. Inver. | 2 Lag. Invernada | |
| 7 Sn Javier | s 1 Queb. El Ciego | h 3 Laguna Invernada | □ Evaporigrato | □ Nivómetro |
| 9 Lag Invernada | t 1 Est. Azul | h 4 R. Cipreses con R. Maule | 1 Lab. Invernada | 1 Desag. L. del Maule |
| 10 Armerillo | | h 6 Cipreses bajo vertientes | | 2 Las Nieblas |
| 14 Antofagasta | ● Limnógrafo | 1 4 Purapel en Minares | | |
| 15 Puquillo | w 2 Río Maule en Larraquén | h 5 Río Maule en San Agustín | | |
| 17 Peral | a 4 Maule en La Barreta | n 1 R. Barros en Ob. Hidrológico | 1 La Aguirre | □ Nivógrafo |
| 18 Quirihue | a 7 Desag. L. del Maule | v 1 Puelche en junta con Maule | 2 Colabozos | 1 Lag. Invernada |
| | a 8 Laguna del Maule | w 1 Campanario con Maule | | |

- ⊕ Por estudiar
- ⊖ En estudio
- ⊙ En explotación provisoria
- ⊗ En explotación

1. 项目背景

2. 项目目标

3. 项目范围

4. 项目组织

5. 项目计划

6. 项目执行

7. 项目监控

8. 项目收尾

9. 项目总结

10. 项目评估

11. 项目反思

12. 项目建议

Cuadro 32

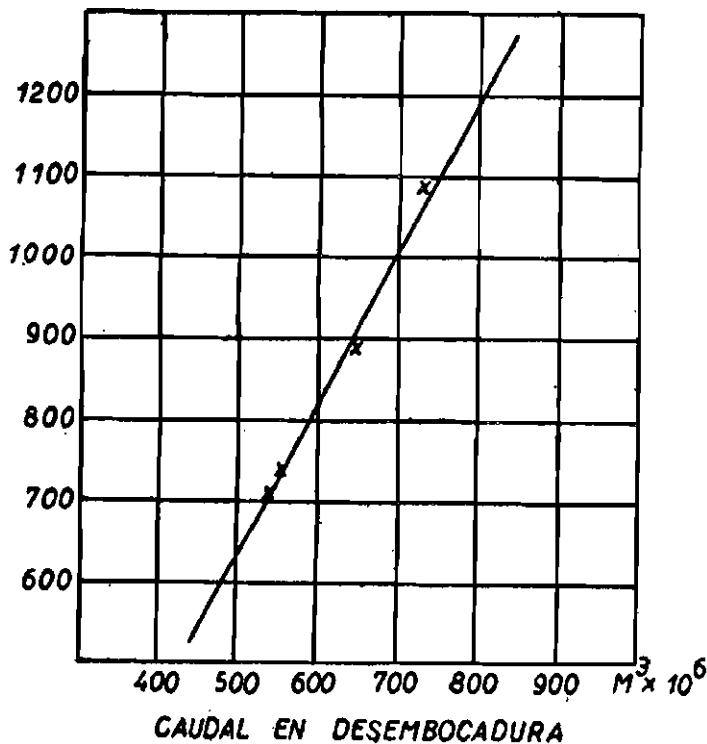
RÍO RAPEL: AGUA RECUPERADA Y AGUA DISPONIBLE EN LOS MESES ENERO-ABRIL, 1947-51
(Millones de metros cúbicos)

Año	Agua escurrida mensualmente	Agua disponible
1947	343.8	768.4
1948	545.6	712.0
1949	743.5	1 096.5
1950	560.0	740.5
1951	648.4	885.9

Gráfico B

RÍO RAPEL: CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE Y CAUDAL MENSUAL EN LA DESEMBOCADURA

(ENERO A ABRIL)



en proporción directa con la cantidad de agua disponible para regadío.

10. Contaminación del río

La mina de cobre "El Teniente" que se explota desde hace varios años, extrae el agua que necesita del curso superior del Cachapoal y vacía sus aguas servidas en el curso inferior del mismo.

Los agricultores de la zona han manifestado que el cobre que llevan en suspensión las aguas del río contamina sus tierras y envenena a sus animales.

11. Desarrollo del potencial hidroeléctrico

En el Tinguiririca hay una central hidroeléctrica, la de Sauzal (de 76.8 HW de capacidad) y otra en construcción, la de Sauzalito (de 9.5 HW de capacidad), algunos kilómetros más abajo de la de Sauzal. Se está estudiando la posibilidad de construir una tercera central a más o menos 30 km de la costa cuya capacidad sería 260 HW en la primera etapa y de 400 HW en la segunda.

12. Conclusiones

Las conclusiones sobre las posibilidades de aprovechar mejor las aguas del Rapel son provisionales, porque sólo se dispone de información para 11 años, y las estimaciones fidedignas deberían basarse en series de 30 años. Con esa salvedad, del estudio del río se desprenden las siguientes conclusiones:

a) Es posible utilizar para el riego las aguas del sistema del Cachapoal si se construyeran embalses, siempre que se encuentre los lugares donde hacerlo.

b) La construcción de embalses en el río Cachapoal agravaría el problema de la contaminación de las aguas a causa de los desechos que la mina "El Teniente" vacía en su caudal.

c) El aprovechamiento máximo del agua para el riego en su curso inferior, por sus posibles consecuencias para la central hidroeléctrica que se proyecta construir cerca del mar.

d) El aprovechamiento máximo de las aguas del río para el regadío, no debería afectar el abastecimiento de agua potable, por lo que en el futuro convendría utilizar para el riego las aguas obtenidas de fuentes subterráneas cercanas al lecho del río.

e) El aprovechamiento máximo del caudal de riego se obtendrá cuando sólo se le de a cada agricultor el agua necesaria para regar sus cultivos, lo que implicaría la modificación o la abolición de los actuales derechos de agua.

f) El sistema actual de riego debe perfeccionarse (combinándolo con canales pequeños, etc.) y modernizarse para poder ejercer una policía eficaz sobre la distribución de las aguas.

g) Hay que calcular el agua necesaria para el riego de los cultivos, mediante experimentos sobre el terreno, realizados en las estaciones de experimentación agrícola.

h) Es indispensable crear una autoridad central de desarrollo de los recursos hidrológicos.

VI. RÍO MAULE

1. Descripción

El río Maule nace en la Cordillera de los Andes, cerca del límite con la Argentina.

Tiene dos afluentes principales: el Claro, al norte, y el sistema del Longaví, en el que a su vez desembocan cinco grandes afluentes. Todos estos ríos se alimentan exclusivamente de las precipitaciones fluviales. El croquis VI muestra el sistema entero del Maule con su zona de captación.

La Dirección de Riego mantiene 12 estaciones hidrológicas en este sistema y la ENDESA posee un complicado sistema de observaciones en el curso superior del Maule, según se ve en la siguiente lista:

- 1 Nivógrafo
- 4 Nivómetros

- 2 Rutas de nieve
- 1 Evaporígrafo
- 2 Evaporímetros
- 1 Estación de viento
- 12 Limnógrafos
- 6 Limnómetros

Acaba de terminarse la construcción del embalse de la laguna del Maule, proyecto auspiciado conjuntamente por la ENDESA y la Dirección de Riego. La capacidad de este embalse es de $2\,100 \times 10^6$ m³, de los cuales pueden utilizarse $1\,570 \times 10^6$.¹⁶ Ya existen sistemas de canales que permiten

¹⁶ Dirección de Riego y Empresa Nacional de Electricidad, Embalse Laguna Maule, 1946-1957 (folleto).

Cuadro 33
RÍO MAULE: CONSUMO ACTUAL Y FUTURO DE AGUA POTABLE Y PARA ALCANTARILLADO

Ciudad	Agua potable					Alcantarillado		
	Consumo en 1956 (m ³)	Año previsto (P)	Dotación (l/h/h)	Población prevista	Consumo en el año P (m ³)	Fuentes	m ³ /año	Fuentes
Talca	5 554 793	1975	300	85 000	9 307 500	Agua subterránea (Río Claro)	15 137 280	Canales Hollman y Municipal
San Javier	433 995	1960	165	9 100	548 048	Canal Pando (Río Maule)	2 775 168	Estero Seco
Linares.	1 051 719	1985	300	41 000	4 489 500	Napa río Ancoa	3 374 352	Estero La Chimba
Longaví	—	1985	180	4 000	262 800	Napa río Longaví	—	—
San Clemente.	62 666	1956	150	3 450	188 890	Agua subterránea (Río Maule)	—	—
Villa Alegre.	111 445	1973	150	4 260	235 060	Vertientes	—	—
Parral	749 287	1955	150	13 000	711 750	Vertiente Quito	3 878 928	Canal del Pueblo
Constitución	508 342	1956	150	22 000	1 204 500	Est. Las Raíces	—	—
Cauquenes	900 408	1987	300	22 000	2 409 000	Río Cauquenes	—	—
San Carlos	672 025	1955	133	10 000	485 450	Canal Municipal (Río Ñuble)	3 405 888	Canal Las Acequias
Yerbas Buenas.	—	1987	200	1 500	109 500	Agua subterránea (Río Putagán)	—	—
Colbún.	—	1980	170	1 500	93 075	Superficial	—	—

utilizar el agua del embalse para mejorar la regularidad del riego de 160 000 hectáreas, pero todavía no se han construido los que se necesitan para las nuevas 70 000 hectáreas de riego. En virtud de un convenio suscrito con la ENDESA, la Dirección de Riego tiene derecho a una cierta cantidad de agua que depende del volumen almacenado. El agua del embalse no se utiliza todavía para producir electricidad, pero se está aprovechando para el riego.

2. Disponibilidad de tierras regables

Según el Departamento de Conservación de Recursos Agrícolas, las tierras susceptibles de riego se clasifican así:

Provincias	Clases	Hectáreas	
Talca	1 y 2	170 000	602 000
Maule	1 y 2	70 000	
Linares	1 y 2	362 000	
Talca	2 y 3	130 000	410 000
Maule	2 y 3	170 000	
Linares	2 y 3	290 000	
Total		1 012 000	

y las tierras regadas así:

Talca	124 700	309 800
Maule	40 000	
Linares	145 100	

Hay, por consiguiente, abundancia de tierras para ampliar el riego si se dispone de suficiente agua.

De las 309 800 hectáreas regadas, la Dirección de Riego ha construido 8 proyectos que funcionan actualmente y que permitieron regar 51 300 hectáreas. Se están construyendo 4 nuevos proyectos que regarán 106 000 hectáreas y se estudian otros 5 para regar 75 000 hectáreas. Cuando se hayan terminado todos estos proyectos, la superficie regada total, incluyendo las 309 800 hectáreas, ahora de regadíos, se habrá elevado a 490 800 hectáreas, que a efectos prácticos se supone de 500 000 hectáreas.

3. Necesidades de agua para abastecimiento público y fines sanitarios

El cuadro 33 muestra las necesidades de agua para el servicio público en 1980 y el consumo actual, detallando las ciudades, la población prevista, las fuentes de abastecimiento, etc. Se

verá que gran parte del agua procede de vertientes, esteros y fuentes subterráneas. Dejando un margen de tolerancia para el aumento del consumo en el caso de los proyectos de 1955, 1956 y 1960, las cifras aproximadas de consumo anual son:

1956	$38.62 \times 10^6 \text{ m}^3$
1980	$57.50 \times 10^6 \text{ m}^3$

La demanda mensual correspondiente a 1980 es de $4.8 \times 10^6 \text{ m}^3$, lo que equivale a algo menos de $2 \text{ m}^3/\text{segundo}$, cantidad que no parece difícil de obtener en esta cuenca.

4. Agua para el desarrollo industrial

En el sistema de este río no se prevén industrias que pueden utilizar grandes cantidades de agua.

5. Centrales hidroeléctricas en el río Maule

Aguas abajo del Lago Invernada, hay una central (101.4 MW) que está funcionando. Otra (68 MW) está en construcción y comenzará a funcionar en 1961. Hay un proyecto (200 MW) en estudio que se terminará en 1968-69 y tres proyectos pequeños (100-150 MW en total) a base de canales de riego para utilizar la energía de invierno que serán construidos en 1975 o más adelante.

El embalse de la laguna del Maule, recién terminado, ya ha entrado en servicio.

La central hidroeléctrica de Los Cipreses (101.4 MW) posee un pequeño embalse en el Lago Invernada.

6. Disponibilidad de agua en el Maule

Sólo se tienen datos para el período 1947-56. En el cuadro 34 puede verse la disponibilidad de agua del sistema en todo el año y en los períodos octubre-abril, y enero-abril, ambos meses inclusive.

Al elaborar los datos de algunas estaciones de aforo hubo que interpolar cifras mensuales del caudal del río cuando en las informaciones proporcionadas por la Sección Hidrométrica de la Dirección de Riego faltaban las correspondientes a la descarga aforada.

Como los datos que existen sólo abarcan 10 años, se entiende que las cifras correspondientes al caudal mínimo, medio y máximo deben aceptarse con cierta reserva. Se necesitan datos por otros 20 años para obtener una base más o menos segura que permita establecer los caudales mínimo, medio y máximo de este sistema fluvial.

Cuadro 34

RÍO MAULE: CAUDAL DISPONIBLE, 1947-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Caudal para todo el año	Caudal entre octubre y abril ^a	Caudal entre enero y abril
1947	9 079.8	—	1 105.0
1948	14 077.7	4 791.2	1 203.3
1949	11 159.8	7 604.2	2 067.2
1950	15 485.6	3 524.4	1 452.3
1951	17 368.0	8 567.9	2 826.4
1952	8 813.0	7 898.8	2 309.7
1953	16 675.5	3 363.8	1 050.1
1954	14 542.5	10 225.0	3 415.0
1955	9 413.9	6 114.9	1 415.0
1956	10 989.5	5 067.4	1 629.6
Promedio	12 760.5	6 350.8	1 847.4
Año que más se aproxima al promedio	1949 = 11 159.8	1955 = 6 114.9	1956 = 1 629.6
Año de mínima	1952 = 8 813.0	1953 = 3 363.8	1952 = 1 050.1
Año de máxima	1951 = 17 368.0	1954 = 10 255.0	1954 = 3 415.0

^a El caudal de 1948 corresponde al de los meses octubre-diciembre de 1947 más el de enero-abril de 1948, y así sucesivamente.

7. Necesidades de agua de riego

Para estimar las necesidades mensuales de agua de riego se han adoptado las cifras del uso consuntivo de los diversos cultivos que se calcularon para el sistema Maipo/Mapocho. Se agregó un nuevo cultivo —el arroz— para obtener las necesidades de riego del cual se multiplicó el uso consuntivo básico por 1.2. Después de estudiar la distribución de cultivos correspondientes a varios proyectos y de discutirla con altos funcionarios de la Dirección de Riego, se adoptó en este caso la siguiente:

Frutales	Porcentajes
Chácaras	15
Arroz	15
Forrajes	50
Cereales	12

Se ha deducido 25 por ciento por pérdidas en los canales y en las acequias de riego.

En el cuadro 35 se consigna la cantidad de agua (incluidas las pérdidas que se necesita mensualmente por hectárea.

Cuadro 35

RÍO MAULE: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA RIEGO

Mes	m ³ /Ha
Julio	—
Agosto	142
Septiembre	891
Octubre	1 329
Noviembre	1 611
Diciembre.	1 563
Enero	1 635
Febrero.	11 466
Marzo	930
Abril.	660
Mayo	—
Junio.	—
Todo el año	10 227

Se supone que el arroz necesita agua en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero.

8. Superficie regable con el caudal de pasada

Tomando como base las necesidades mensuales de agua por hectárea que figuran en el apartado 7, se ha podido observar que en el período octubre-abril —en que durante 9 años la descarga media fue de $6\,350.8 \times 10^6$ m³—, el año que más se acercó al promedio es 1955 (desde octubre de 1954 hasta abril de 1955) con $6\,114.9 \times 10^6$ m³. Los meses críticos serían enero, febrero, marzo y posiblemente abril. (Véase el cuadro 36.)

Para 309 800 hectáreas de riego las necesidades de agua son:

Enero	—	505.2×10^6 m ³
Febrero	—	453.0×10^6 m ³
Marzo	—	287.3×10^6 m ³
Abril	—	203.9×10^6 m ³

Así, pues, hasta en un año de caudal medio debe producirse cierta escasez en febrero, marzo y abril. En el año de mínima se agravará esa escasez en enero, febrero y marzo.

9. Posible desarrollo futuro del riego

Como la superficie de riego es de 309 800 hectáreas y los proyectos en estudio y en construcción representan 181 000 hectáreas más, el total es de 490 000 hectáreas, es decir, unas 500 000 hectáreas.

Suponiendo para los cultivos las mismas necesidades de agua y la misma distribución, la demanda mensual de agua para regar 500 000 hectáreas sería la que muestra el cuadro 37.

Para mantener con toda regularidad el riego de 500 000 hectáreas en el período octubre-abril del año de caudal mínimo habría que almacenar $1\,800 \times 10^6$ m³ de agua.

10. Prueba de regulación

Se ha efectuado una prueba de regulación en el río a base de los datos del decenio 1947-56, para una superficie regable de 500 000 hectáreas y suponiendo que el embalse de $1\,800 \times 10^6$ m³ estaba lleno al comienzo. Los resultados de esa prueba se muestran en el cuadro 38.

Cuadro 36

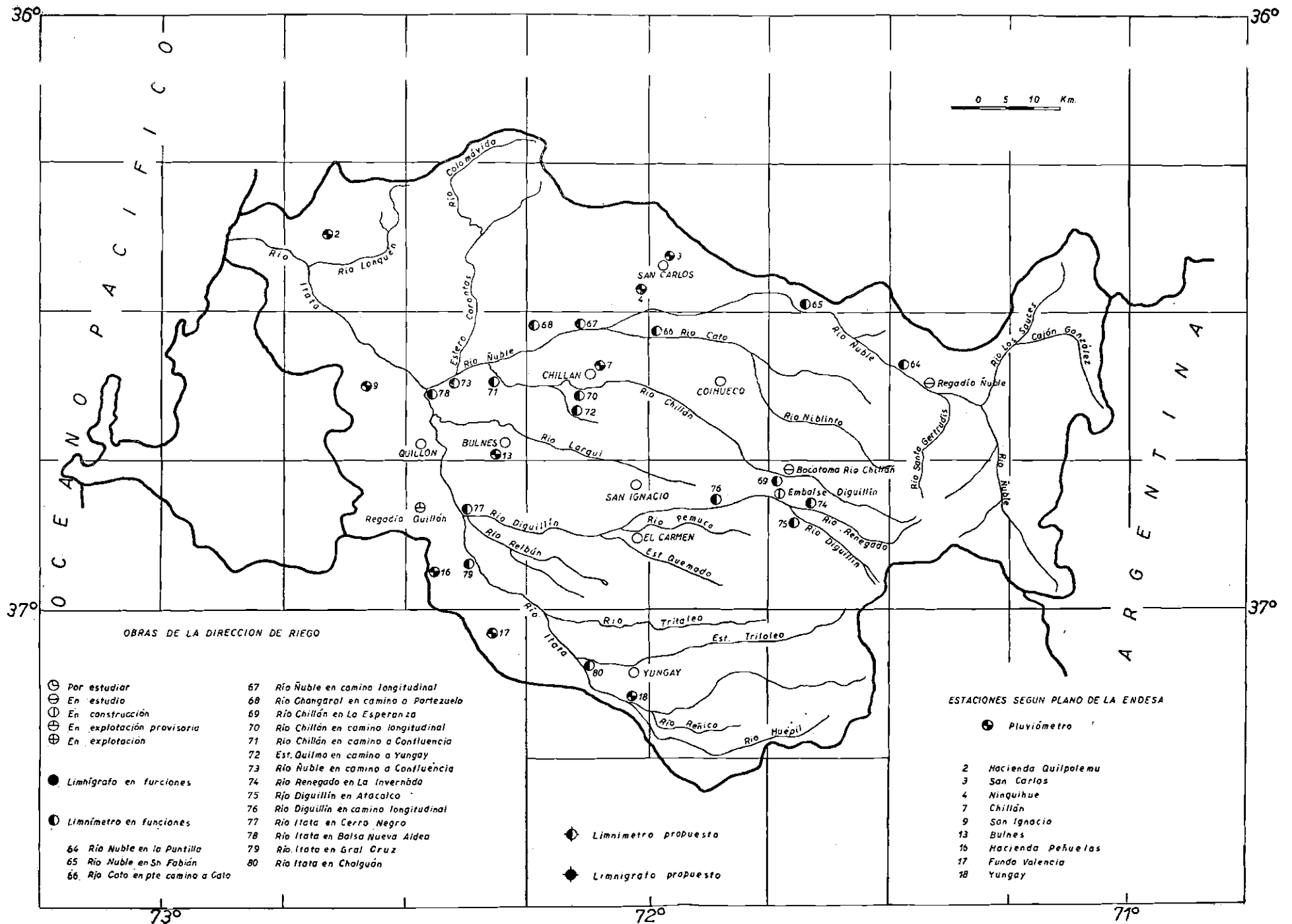
RÍO MAULE: POSIBILIDADES DE RIEGO EN EL PERÍODO OCTUBRE-ABRIL

Mes	Agua disponible (m ³ × 10 ⁶)	Agua necesaria (m ³ /Ha)	Superficie regable (Ha)	
Años de media				
1954	Septiembre.	1 116.33	891	1 253 000
	Octubre.	1 428.85	1 329	1 075 000
	Noviembre.	1 905.25	1 611	1 182 600
	Diciembre.	1 365.73	1 563	874 000
1955	Enero.	618.99	1 635	378 600
	Febrero.	351.12	1 466	239 500
	Marzo	257.76	930	277 100
	Abril.	187.16	660	280 550
	Mayo.	357.60	—	—
Años de mínima				
1952	Septiembre.	811.69	891	911 000
	Octubre.	972.65	1 329	732 000
	Noviembre.	811.43	1 611	504 000
	Diciembre.	528.60	1 563	338 200
1953	Enero.	351.14	1 635	214 700
	Febrero.	255.23	1 466	174 100
	Marzo	207.30	930	223 000
	Abril.	236.41	660	358 000
	Mayo.	1 079.12	—	—

Superficie regada 309 800

Superficie regada 309 800

Croquis VII
HOYA DEL RÍO ITATA



OBRAS DE LA DIRECCION DE RIEGO

- ⊕ Por estudiar
- ⊖ En estudio
- ⊙ En construcción
- ⊕ En explotación provisoria
- ⊕ En explotación

● Limnigrato en funciones

● Limnómetro en funciones

- 64 Río Nuble en la Puntilla
- 65 Río Nuble en Sn Fabián
- 66 Río Cato en pte camino a Cato

- 67 Río Nuble en camino longitudinal
- 68 Río Changaral en camino a Portezuelo
- 69 Río Chillán en La Esperanza
- 70 Río Chillán en camino longitudinal
- 71 Río Chillán en camino a Confluencia
- 72 Est. Quilma en camino a Yungay
- 73 Río Nuble en camino a Confluencia
- 74 Río Renegado en La Invernada
- 75 Río Diguillín en Atacalco
- 76 Río Diguillín en camino longitudinal
- 77 Río Itata en Cerro Negro
- 78 Río Itata en Balsa Nueva Aldea
- 79 Río Itata en Gral Cruz
- 80 Río Itata en Chalgúan

◆ Limnómetro propuesto

◆ Limnigrato propuesto

ESTACIONES SEGUN PLANO DE LA ENDESA

- Pluviómetro
- 2 Hacienda Quilpolemu
- 3 San Carlos
- 4 Niquihue
- 7 Chillán
- 9 San Ignacio
- 13 Bulnes
- 15 Hacienda Pehuelas
- 17 Funda Valencia
- 18 Yungay



Cuadro 37
RÍO MAULE: DEMANDA DE AGUA EN EL PERÍODO OCTUBRE-ABRIL

Mes	m ³ × 10 ⁶
Septiembre	445.5
Octubre	664.3
Noviembre	805.5
Diciembre	781.5
Enero	817.5
Febrero	733.0
Marzo	465.0
Abril	330.0

Se sobreentiende que, en la práctica, durante los meses en que el río permanece "seco" correrá por su cauce agua procedente de la recuperación del riego y, acaso de infiltraciones de la napa freática, pero en cantidades relativamente pequeñas.

Cuadro 38
RÍO MAULE: PRUEBA DE REGULACIÓN PARA 500 000 HECTÁREAS, 1947-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Observaciones	Agua desperdiciada
1947	Río seco en enero-mayo inclusive	3 999.6
1948	Río seco en enero-mayo inclusive	8 840.5
1949	Río seco en enero-mayo inclusive y en noviembre-diciembre	6 471.0
1950	Río seco en enero-abril inclusive	9 791.8
1951	Río seco en febrero, marzo y abril	12 178.5
1952	Río seco en febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre	3 881.1
1953	Río seco en enero-mayo inclusive	11 208.6
1954	Muy poco caudal en febrero y marzo	9 327.5
1955	Río seco en enero-mayo inclusive y en diciembre	4 265.7
1956	Río seco en enero-mayo inclusive	5 753.5

11. Influencia del Embalse de la Laguna del Maule sobre el almacenamiento necesario

En el apartado 9 se ha demostrado la necesidad de almacenar $1\ 800 \times 10^6$ m³ de agua para conseguir el riego de 500 000

hectáreas. La Laguna del Maule tiene una capacidad de $1\ 570 \times 10^6$ m³, pero su zona de influencia es relativamente pequeña. No hay datos que permitan estudiar la cantidad de agua almacenada en ese embalse que podría cubrir parte de los $1\ 800 \times 10^6$ m³ que se requieren. Será necesario realizar ese estudio. También es evidente que una parte del agua (cuyo almacenamiento es necesario para regar 500 000 hectáreas debe localizarse en un punto del curso inferior del río Maule y el resto en los principales afluentes.

12. Ampliación de la superficie regada a más de 500 000 hectáreas

Hay bastantes tierras regables y con el agua que se desperdicia anualmente (apartado 10) podría llenarse otro embalse de $2\ 000 \times 10^6$ m³, siempre y cuando pudieran encontrarse las localizaciones apropiadas. Ello permitiría una considerable ampliación de la posible superficie de riego, aunque redundaría en que el curso inferior del río permaneciese "seco" durante mayor número de meses.

13. Conclusiones

Las conclusiones que siguen son provisionales porque los datos disponibles sobre el caudal sólo se refieren a 10 años.

a) Es posible ampliar considerablemente la superficie regada, siempre que se construyan nuevos embalses, además del de la Laguna del Maule, de que actualmente dispone la Dirección de Riego. La regularidad del riego de esta mayor superficie sería bastante elevada a condición de que:

- i) se establezcan las necesidades de agua de los cultivos mediante experimentos realizados en escala de campo en una Estación Agrícola Experimental;
- ii) el agua, de acuerdo con estas necesidades, se distribuya entre todos los cultivos regados;
- iii) se modernicen los canales y se establezca un control adecuado del río.

b) Es probable que el pleno desarrollo del riego produzca condiciones desfavorables (contaminación de las aguas) para el establecimiento de fábricas de pasta de madera en el curso inferior del río.

c) Es posible que, a consecuencia de la construcción de nuevos embalses para responder a las necesidades del riego, convenga modificar los contratos que establecen igualdad de derechos de la Dirección de Riego y la ENDESA sobre el embalse de la laguna del Maule.

d) Es indispensable contar con una autoridad fiscalizadora que controle el desarrollo de todos los recursos hidráulicos.

VII. RÍO ITATA

1. Descripción

El croquis VII representa la hoya del Itata, cuya superficie se extiende a 11 379 kilómetros cuadrados. El río tiene tres afluentes principales: el Diguillín, el Chillán y el Ñuble, que es el mayor de todos.

En la cuenca del Itata se mantienen cinco estaciones hidrológicas, de las que tres funcionan desde 1938, 1939 y 1940 y dos desde 1946. Desde 1956 o 1957 hay además 13 estaciones hidrológicas conectadas con el Plan Chillán. La ENDESA no tiene estaciones meteorológicas o hidrológicas en esta cuenca, lo que hace suponer que es escaso su potencial hidroeléctrico.

El Plan Chillán (departamento Técnico de Cooperación Agrícola) está realizando un estudio muy detallado de la cuenca del Itata con el fin de establecer un balance hidráulico que permita ver si se recupera agua de la napa subterránea. También se ha aforado y registrado el caudal de los canales. Al mismo tiempo se están realizando investigaciones sobre las aguas subterráneas y se han instalado cinco pozos de tubo en las márgenes del río Chillán.

Con los datos que obtuvo hasta 1956 en 17 de las estaciones hidrológicas, la Sección Hidrométrica de la Dirección de Riego ha hecho un estudio hidrológico de los ríos Diguillín, Chillán y Ñuble que contiene conclusiones muy interesantes sobre la recuperación del sistema fluvial del Itata, entre las estaciones hidrológicas de la Cordillera y las del camino Longitudinal.

Los sobrantes de riego devueltos al río Diguillín representan más o menos el 50 por ciento del agua que se extrae a través de canales y el agua proveniente de fuentes subterráneas aumenta el caudal en 2.1 metros cúbicos por segundo. En cuanto al río Chillán, no se obtuvieron resultados positivos sobre recuperación del agua utilizada para el riego. En cambio, los sobrantes de riego devueltos al río Ñuble representan más o menos el 46 por ciento del agua extraída mediante canales, perdiéndose 8 metros cúbicos de agua por segundo a causa de las infiltraciones en el lecho del río.

De los resultados obtenidos se deduce que el aprovechamiento de las aguas de los ríos Diguillín y Ñuble es muy poco eficaz o bien que, amparados por sus derechos de agua, los agricultores extraen el doble de la que necesitan para el riego.

Cuadro 39

RÍO ITATA: CONSUMO ACTUAL Y FUTURO DE AGUA POTABLE Y PARA ALCANTARILLADO

Ciudad	Consumo en 1956 (m³)	Año previsto (P)	Dotación (l/d/h)	Población prevista	Consumo en el año P (m³)	Fuentes
Chillán	4 491 827	1980	250	60 000	7 665 100	Río Chillán
Coelemu	138 940	1980	200	4 700	343 000	Estero Curaco
Bulnes	165 513	No se encontró		el proyecto		Río Larqui
El Carmen	—	1987	250	3 000	273 750	Napa est. Corontas
Ninhue	42 470	1940	100	1 200	43 800	Vertiente Los Pinos
Quirihue	115 451	1990	160	3 800	221 920	Riachuelos
Yungay	129 012	No se encontró		el proyecto		Río Trilaleo
San Ignacio	—	1987	250	3 000	273 750	Napa subterránea (Río Larqui)
Pemuco	—	1987	250	3 000	273 750	Napa subterránea (Río Pemuco)
Coihueco	—	1987	250	3 000	273 750	Napa subterránea (Río Niblinto)
Quillón	—	1987	250	3 000	273 750	Napa subterránea (Río Itata)

2. Tierras disponibles para riego

Según los datos del Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales, las tierras disponibles para riego en la provincia de Nuble son 330 000 hectáreas de los grupos 1 y 2 y 140 000 de los grupos 2 y 3. Las tierras regadas suman 100 000 hectáreas.

3. Proyectos de regadío patrocinados por la Dirección de Riego

Hay dos proyectos en ejecución que suministran agua para regar 7 400 hectáreas de nuevas tierras, superficie que se incluye en las 100 000 hectáreas regadas de que se habla en el apartado 2. Se está construyendo otro proyecto que mejorará la regularidad del riego de 28 270 hectáreas. Hay además dos proyectos en estudio que suministrarán agua para regar 42 000 hectáreas más, los que, junto con un tercer proyecto también en estudio, aumentarían la regularidad del riego existente en 63 500 hectáreas.

4. Agua potable y para alcantarillado

En el cuadro 39 se indican el consumo de agua para usos domésticos en distintas ciudades, las necesidades futuras y las fuentes de abastecimiento. El consumo actual (en el año 1956) es de 4 967 800 metros cúbicos por año. Hacia 1980 y después —dejando margen para otros dos proyectos de los que no hay vestigios— el consumo anual sería de 10 240 770 metros cúbicos, lo que más o menos representa 0.86 metros cúbicos por segundo.

5. Agua para uso industrial

Es posible que se construya en Chillán una refinería de azúcar de remolacha pero aún no se ha fijado la fecha para iniciar la construcción. Esta refinería necesitaría 16 000 m³ de agua diarios durante 100 días del año, es decir 1 600 000 m³ anualmente que se extraerían del Itata exclusivamente durante los meses de invierno. El consumo de la refinería de azúcar no crea ningún problema, por su reducido tamaño y porque sólo funcionaría estacionalmente. También hay posibilidades de construir una fábrica de pasta de madera en Coelemu, a orillas del Itata. Esta fábrica emplearía 1 m³ por segundo durante todo el año, es decir, 31.55 × 10⁸ m³ anuales, y las aguas servidas contaminarían el río. Para disminuir la contaminación es necesario que el gasto del río que recibe las aguas servidas sea por lo menos de 24 m³ por segundo. La instalación de la fábrica de pulpa de madera en Coelemu, que contaminará las aguas del río Itata en los meses de diciembre a abril, sería un problema para el aumento futuro del riego en esta zona.

6. Obras hidroeléctricas

No hay centrales hidroeléctricas en el sistema del Itata ni por ahora se proyecta construir ninguna.

7. Disponibilidad de agua en el sistema fluvial

Se ha calculado sumando los datos del caudal medio obtenidos en las cinco estaciones hidrológicas más antiguas. Sólo desde 1947 se dispone de datos completos.

En el cuadro 40 pueden verse los datos disponibles sobre el caudal anual y sobre el correspondiente a los períodos octubre-abril y enero-abril de cada año. En él se indican también los promedios respectivos, los años más próximos al promedio y los años de máxima y mínima.

En el cuadro 41 se dan las cifras del gasto mensual del Itata, a base de los datos recopilados durante 10 años.

Las lluvias invernales influyen sobre el caudal del Itata. También parece que el deshielo contribuye al caudal del río, a juz-

Cuadro 40

RÍO ITATA: CAUDAL DISPONIBLE, 1947-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Caudal para todo el año	Caudal entre octubre y abril ^a	Caudal entre enero y abril
1947	4 398.5	2 049.8	582.6
1948	6 265.5	3 138.6	686.9
1949	5 034.6	1 534.6	924.2
1950	7 325.0	3 796.7	756.6
1951	7 710.4	2 957.5	1 497.6
1952	4 209.0	1 744.9	1 078.7
1953	7 820.5	3 431.8	656.5
1954	6 236.0	3 408.1	947.0
1955	4 640.7	3 194.2	803.8
1956	5 167.1	—	1 071.8
Promedio	5 880.7	2 806.3	900.6
Octubre-abril. Promedio	2 806.3 × 10⁶ m³		
Año en que el caudal se aproximó más al promedio (1951)	2 957.5 × 10⁶ m³		
Año de máxima (1950)	3 796.7 × 10⁶ m³		
Año de mínima (1949)	1 534.6 × 10⁶ m³		
Enero-abril. Promedio	900.6 × 10⁶ m³		
Año en que el caudal se aproximó más al promedio (1949)	924.2 × 10⁶ m³		
Año de máxima (1951)	1 497.6 × 10⁶ m³		
Año de mínima (1947)	582.6 × 10⁶ m³		

^a El caudal de 1947 corresponde al de los meses octubre-diciembre de 1946 más el de enero-abril de 1947, y así sucesivamente.

Cuadro 41

RÍO ITATA: GASTO PROMEDIO MENSUAL

Mes	Millones de m ³
Enero	230.7
Febrero	207.7
Marzo	177.5
Abril	184.6
Mayo	486.9
Junio	738.0
Julio	635.9
Agosto	714.4
Septiembre	667.8
Octubre	608.5
Noviembre	604.8
Diciembre	613.8

gar por la regularidad del caudal en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

El caudal disminuye durante la temporada de riego, que se extiende de enero a abril. En esos meses las condiciones del caudal limitan la superficie regada o disminuyen el grado de regularidad del riego.

8. Agua necesaria para el cultivo

Como la temperatura media mensual en Chillán no es igual que la de Santiago, las cifras mensuales de uso consuntivo se calcularon sobre las de Santiago en el estudio hidrográfico del sistema Maipo-Mapocho,¹⁷ introduciendo los ajustes proporcionales necesarios para cubrir las diferencias de temperatura. El factor "luz diurna" se consideró igual para ambos lugares. (Véase el cuadro 42.)

Cuadro 42

RÍOS ITATA Y MAIPO: USO CONSUNTIVO MENSUAL BASICO

Mes	Uso consuntivo básico del río Maipo (m ³ /Ha)	Temperatura en Santiago (°F)	Temperatura en Chillán (°F)	Uso consuntivo básico del río Itata (m ³ /Ha)
Enero	1 704	68.36	71.40	1 780
Febrero	1 532	64.76	69.40	1 640
Marzo	1 295	61.02	64.20	1 360
Abril	1 082	53.78	56.85	1 150
Mayo	836	46.51	52.53	945
Junio	762	42.94	48.56	860
Julio	790	43.45	48.38	880
Agosto	823	46.62	48.92	865
Septiembre	1 074	50.58	52.35	1 110
Octubre	1 245	55.83	59.40	1 325
Noviembre	1 509	61.41	61.85	1 520
Diciembre	1 631	66.49	64.20	1 575

Considerando que la distribución de los cultivos según el factor "K" de la fórmula Blaney-Cridde es:

Frutales	0.60
Chácaras	0.55
Forrajes	0.82
Arroz	1.20
Cereales	0.68

se determinaron las cifras del uso consuntivo mensual según los diversos cultivos que aparecen en el cuadro 43.

¹⁷ Véase antes, sección IV, apartado 9.

La distribución de los cultivos es como sigue:

	Porcentajes
Frutales	8
Cereales	12
Chácaras	15
Forrajes	50
Arroz	15

Cuadro 43

RÍO ITATA: DEMANDA MENSUAL DE AGUA SEGÚN LOS DIVERSOS CULTIVOS (Metros cúbicos por hectárea)

Mes	Frutales	Cereales	Chácaras	Forrajes	Arroz
Julio	—	—	—	—	—
Agosto	—	590	475	710	—
Septiembre	665	755	605	910	—
Octubre	795	900	730	1 075	1 590
Noviembre	910	1 035	835	1 250	1 820
Diciembre	945	—	865	1 290	1 890
Enero	1 070	—	980	1 460	2 140
Febrero	985	—	900	1 350	1 970
Marzo	815	—	750	1 120	1 630
Abril	690	—	—	940	1 380
Mayo	565	—	—	775	—
Junio	—	—	—	—	—

Aplicando estos porcentajes a las cifras del cuadro 42, se obtuvo la cifra total de riego mensual. El total mensual se multiplicó por 1.33 para tener en cuenta el 25 por ciento de agua que se pierde en canales y acequias. (Cuadro 44.)

Cuadro 44

RÍO ITATA: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA RIEGO

Mes	m ³ /Ha
Agosto	661
Septiembre	912
Octubre	1 475
Noviembre	1 623
Diciembre	1 510
Enero	1 708
Febrero	1 576
Marzo	1 307
Abril	974
Mayo	576

9. Capacidad de riego con el caudal de pasada

En la temporada octubre-abril el caudal medio del río Itata es de $2 806.3 \times 10^6$ m³. El año que más se aproxima a esta cifra es 1951, con $2 957.5 \times 10^6$ m³. En el año de mínima (1949), el río arrastró un caudal de $1 534.6 \times 10^6$ m³. Con referencia a esos años y teniendo en cuenta los datos de los cuadros anteriores, es posible conocer las posibilidades mensuales de riego. (Véase el cuadro 45.)

Siendo la superficie regada de 100 000 hectáreas, tiene que haber escaseado el agua en el mes de febrero en el año de mínima, y el curso inferior del río debe haber disminuido notablemente durante los meses de enero, febrero y marzo.

10. Posibilidades de extender el riego en el valle del Itata

La superficie regada, que actualmente es de 100 000 hectáreas, podría aumentar aproximadamente a 180 000 si se terminaran los proyectos en construcción o en estudio (apartado 3) que tiene la Dirección de Riego, pues permitirían regar 70 270 hectáreas más.

Cuadro 45
RÍO ITATA: POSIBILIDADES DE RIEGO

Mes	Agua disponible (m ³ × 10 ⁶)	Agua necesaria (m ³ /Ha)	Superficie regable (Ha)	
Año de media				
1950	Agosto	—	—	
	Septiembre	767.20	912	
	Octubre	625.65	1 475	
	Noviembre	832.90	1 623	
Diciembre	840.52	1 510	557 000	
1951	Enero	715.72	1 708	419 000
	Febrero	447.22	1 576	283 800
	Marzo	206.88	1 307	158 500
	Abril	127.79	974	131 200
	Mayo	355.92	576	618 000
Año de mínima				
1949	Agosto	—	—	—
	Septiembre	254.67	912	278 000
	Octubre	304.64	1 475	206 800
	Noviembre	250.99	1 623	154 800
Diciembre	222.40	1 510	147 500	
1950	Enero	183.68	1 708	107 400
	Febrero	134.14	1 576	85 200
	Marzo	152.34	1 307	116 500
	Abril	286.42	974	284 100
	Mayo	909.00	576	1 580 000

Es indudable que en los años de mínima (véase el apartado 9) se produciría una grave escasez de agua en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, y que hasta en los años de media se produciría una escasez bastante seria en marzo y abril.

A fin de regularizar el riego de las 180 000 hectáreas habría que construir embalses, para almacenar por lo menos una cantidad de agua igual a 450×10^6 m³.

11. Prueba de regulación

Se hizo una prueba de regulación del caudal del río, valiéndose de datos correspondientes al período 1947-56 para una superficie regada de 180 000 hectáreas con la distribución de riego indicada en el apartado 8 y suponiendo una capacidad de almacenamiento de 450×10^6 m³ de agua. Se consideró que al iniciar la prueba el embalse estaba vacío. En el cuadro 46 se indica la cantidad de agua requerida.

Cuadro 46
RÍO ITATA: DEMANDA MENSUAL DE AGUA

Mes	m ³ × 10 ⁶	Mes	m ³ × 10 ⁶
Julio	—	Enero	307.4
Agosto	119.0	Febrero	282.7
Septiembre	164.1	Marzo	235.3
Octubre	265.5	Abril	175.3
Noviembre	292.1	Mayo	103.7
Diciembre	271.4	Junio	—

El cuadro 47 muestra los resultados de la prueba de regulación, dejando un margen de 0.8 por ciento del contenido del embalse en previsión de pérdidas mensuales.

En su curso inferior, desde más bajo de la bocatoma inferior de los canales de riego, el río lleva alguna cantidad de agua procedente de filtraciones subterráneas y de la posible recuperación del agua de riego aun en los meses en que se indica que el río está seco.

Del estudio del agua desperdiciada se deduce que hay grandes posibilidades de almacenamiento de agua, siempre que puedan encontrarse lugares adecuados para construir embalses en los afluentes que lleven suficiente caudal.

En el apartado 2 se mostró que hay bastantes tierras disponibles para riego, lo que permitiría un notable aumento de la superficie regada por el Itata. Pero cualquier aumento de importancia más allá de 180 000 hectáreas implica una mayor capacidad de almacenamiento y por tanto la reducción del desperdicio de agua. En consecuencia, el río permanecería seco

Cuadro 47
RÍO ITATA: PRUEBA DE REGULACIÓN PARA
180 000 HECTÁREAS, 1947-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Observaciones	Agua desperdiciada
1947	Escasez de agua en enero-mayo (419.1×10^6 m ³) y río seco durante esos meses. Embalse lleno	2 128.0
1948	Río seco en enero-mayo	4 008.1
1949	Río seco en enero-abril, y en noviembre-diciembre	3 073.9
1950	Río seco en enero-abril. Embalse vacío en marzo y déficit (6.7×10^6 m ³) durante este mes	4 988.0
1951	Río seco en marzo-abril	5 458.8
1952	Río seco en marzo, abril y diciembre	2 366.2
1953	Río seco en enero-abril	5 521.7
1954	Río seco en febrero, marzo y abril	4 703.8
1955	Río seco en febrero-mayo (inclusive)	3 062.6
1956	Río seco en febrero, marzo y abril	2 914.7

mayor número de meses durante muchos años. Esto, a su vez, afectaría al desarrollo industrial de la zona, sobre todo al de las fábricas de pulpa de madera con respecto a la contaminación de las aguas del río. Sin embargo, podría resolverse el problema utilizando en los meses en que el río está seco, para combatir la contaminación, parte del agua almacenada.

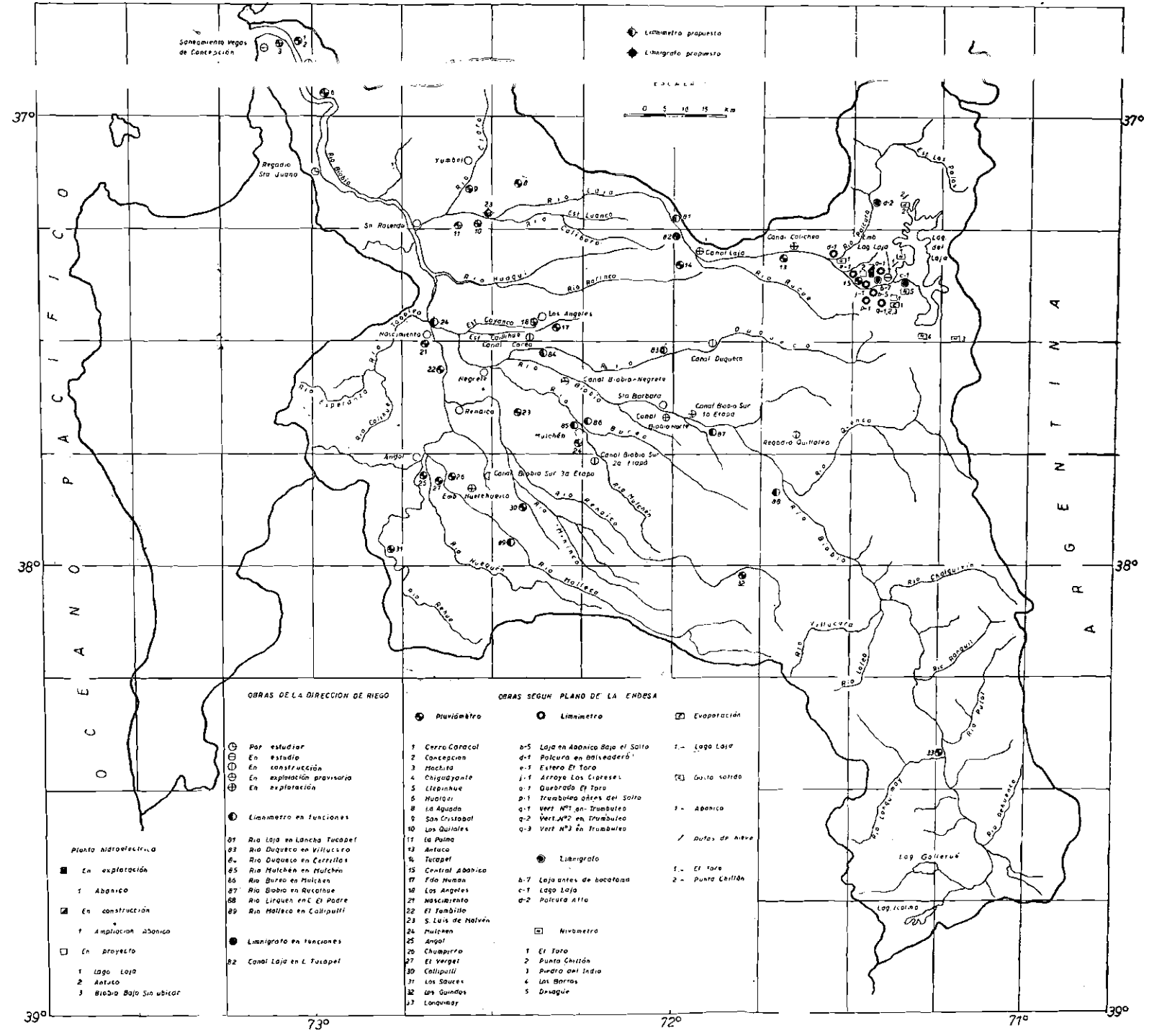
Todas estas cuestiones deberían analizarlas cuidadosamente las partes interesadas.

12. Conclusiones

Como los datos disponibles sólo se refieren a 10 años y para poder determinar los caudales medios mínimo y máximo se necesitan datos por lo menos de 20 años más, deben considerarse provisionales las conclusiones siguientes, a saber:

- a) La superficie que actualmente se riega con el caudal de pasada es casi la máxima compatible con un grado prudente de regularidad.
- b) El aumento de la superficie regada a 180 000 hectáreas impediría la construcción de embalses a fin de almacenar el agua necesaria para regar en los meses enero-abril.
- c) Hay bastante agua disponible para extender aún más la superficie regada siempre que se hallaran lugares adecuados para construir nuevos embalses, aumentando así la capacidad de almacenamiento de la cuenca.
- d) El aumento de la superficie regada requiere:
 - i) Distribuir el agua estrictamente de acuerdo con las necesidades de riego de los cultivos.
 - ii) Controlar la distribución del agua.
 - iii) Determinar las necesidades de riego de los cultivos, mediante experimentos en el terreno, realizados por las estaciones de experimentación agrícola.
- e) El desarrollo del riego en gran escala disminuye el caudal del río en su curso inferior en los meses de enero-abril, lo que favorecería la contaminación del río, desde cuyo punto de vista podría ser aconsejable impedir la instalación de una fábrica de pulpa de madera.
- f) Es necesario una autoridad central que controle el uso de los recursos hidrológicos y establezca prioridades para su uso.

Croquis VIII
HOYA DEL RÍO BIOBIO



OBRAS DE LA DIRECCIÓN DE RIEGO

- Por estudio
- En estudio
- ⊕ En construcción
- ⊕ En explotación provisoria
- ⊕ En explotación
- Limnómetro en funciones
- 01 Río Laja en Lancha Tucapel
- 02 Río Duquesne en Villucura
- 03 Río Duquesne en Cerrillos
- 04 Río Mulchén en Mulchén
- 05 Río Barco en Mulchén
- 06 Río Biobío en Recoche
- 07 Río Lirquen en C. El Padre
- 08 Río Malleco en Collipulli
- Planta hidroeléctrica
- En explotación
- 1 Abasco
- En construcción
- 1 Ampliación Abasco
- En proyecto
- 1 Lago Laja
- 2 Antuco
- 3 Biobío Bajo San Ubicor

OBRAS SEGUN PLANO DE LA ENDESA

- Limnómetro
- 1 Cerro Cordal
- 2 Concepción
- 3 Maculín
- 4 Chiguayante
- 5 Liriquén
- 6 Huapi
- 8 La Agüada
- 9 San Cristóbal
- 10 Los Quiñoles
- 11 La Palma
- 12 Antuco
- 14 Tacopell
- 15 Canal Abasco
- 17 Fila Muma
- 18 Los Angeles
- 21 Nacimiento
- 22 El Tambillo
- 23 S. Luis de Nalvén
- 24 Mulchén
- 25 Angol
- 26 Chumpeño
- 27 El Yapel
- 30 Collipulli
- 31 Los Saucos
- 32 Los Guindos
- 33 Longomayo
- Limnógrafo
- b-5 Laja en Abasco Bajo el Salto
- d-1 Patcura en Ballevederib
- e-1 Estero El Toro
- j-1 Arroyo Los Cereales
- o-1 Quebrado El Toro
- p-1 Trambuleo antes del Salto
- q-1 Vert. N°1 en Trambuleo
- q-2 Vert. N°2 en Trambuleo
- q-3 Vert. N°3 en Trambuleo
- Nivómetro
- 1 El Toro
- 2 Punta Chillán
- 3 Punta del Indio
- 4 Los Barros
- 5 Desague

OBRAS DE LA ENDESA

- Evaporación
- 1. Lago Laja
- ⊕ Cuito salida
- 1. Abasco
- 1. Dulos de nieve
- 1. El Toro
- 2. Punta Chillán

VIII. Río Bío-Bío

1. Descripción

La hoya hidrográfica del Bío-Bío abarca 23 420 kilómetros cuadrados. El Bío-Bío nace en las lagunas de Galletué e Icalma y corre hacia el norte paralelo a la frontera internacional; luego se desvía y se dirige al sudeste de la ciudad de Concepción, para desembocar en el mar en ese sitio. Su principal afluente es el Laja, que nace en la laguna del mismo nombre y corre al norte de la cuenca del Bío-Bío. En el curso medio de este último desembocan varios afluentes cortos, que nacen al pie de la Cordillera y en el llano central. (Véase el croquis VIII.)

La Dirección de Riego mantiene 9 estaciones hidrológicas de aforo en este sistema fluvial. El Plan Chillán está construyendo otras dos en el río Laja, en el nacimiento del cual posee la ENDESA 6 estaciones nivométricas y 8 hidrológicas. Todas ellas están señaladas en el croquis VIII.

Como gran parte de la cuenca del Bío-Bío está ubicada en el valle central, el caudal es mayor durante el invierno, debido a las lluvias, y disminuye en los meses de septiembre, octubre y noviembre, excepto en los años en que el deshielo lo hace crecer. La disminución es notable desde diciembre y el caudal se reduce al mínimo en abril.

2. Tierras disponibles para riego

Según los datos del Departamento de Conservación de Recursos Agrícolas, la superficie disponible para riego alcanza en total a 910 000 hectáreas, que por clases y provincias se distribuyen así:

	Grupos 1 y 2 (Ha)	Grupos 2 y 3 (Ha)
Provincia de Concepción	140 000	20 000
Provincia de Bío-Bío	280 000	—
Provincia de Malleco	240 000	230 000
Total	660 000	250 000

Las superficies efectivamente regadas son:

	Hectáreas
Provincia de Concepción	29 300
Provincia de Bío-Bío	81 600
Provincia de Malleco	23 900
Total	134 800

3. Proyectos de irrigación de la Dirección de Riego

Hay funcionando 5 obras de irrigación, construidas por la Dirección de Riego, que suministran agua para regar 67 800 hectáreas de nuevas tierras, cifra que debe incluirse en las 134 800 que ahora se riegan.

Se encuentran en construcción 4 proyectos que suministrarán agua para regar 37 500 hectáreas más y en estudio otros 2 que regarían 87 000 hectáreas. Así se alcanza un total de 124 500 hectáreas que sumadas a la superficie actualmente regada la harán llegar a 259 300 hectáreas.

Como son suficientes la tierra disponible para riego y el agua del sistema del Bío-Bío, se ha considerado que podría regarse una superficie aproximada de 300 000 hectáreas.

4. Agua para uso doméstico

El cuadro 48 contiene la lista de ciudades que obtienen agua para uso doméstico del sistema fluvial del Bío-Bío e indica las necesidades actuales y futuras, así como las fuentes de abastecimiento.

Gran número de ciudades obtienen el agua que emplean para uso doméstico de esteros y fuentes subterráneas, pero en 1980 sólo las ciudades de Concepción y Talcahuano extraerán 43 millones de metros cúbicos.

De él resulta que en 1956 la cantidad total de agua extraída para uso doméstico fue de 17.5×10^6 m³, cantidad que en 1980 se elevaría a 55.1×10^6 m³.

Esto representa un gasto inferior a 2 m³ por segundo, cantidad que puede extraerse del río sin dificultades.

5. Agua para uso industrial

Las principales industrias instaladas actualmente en la cuenca del Bío-Bío son: la Compañía de Acero del Pacífico, en Huachipato, cerca de Concepción; una fábrica de papel de diarios, en la ribera izquierda del río, frente a Concepción; una refinería de azúcar, en Los Angeles; y una fábrica de pulpa de madera, que se está construyendo frente a San Rosendo, en la ribera izquierda del río.

El agua que ahora utilizan estas industrias es la siguiente:

Cuadro 48

RÍO BÍO-BÍO: CONSUMO ACTUAL Y FUTURO DE AGUA POTABLE

Ciudad	Agua potable					
	Consumo en 1956 (m ³)	Año previsto (P)	Dotación (l/h/k)	Población prevista	Consumo anual año P (Miles de m ³)	Fuentes
Concepción	10 267 985	1982	370	230 000	31 062	Río Bío-Bío
Talcahuano	2 281 484	1982	270	120 000	11 826	Río Bío-Bío
Negrete	—	1982	200	4 000	292	Sondaje lado Bío-Bío
Chiguayante	244 812	1982	200	25 000	1 825	Pozo lado Bío-Bío
Santa Bárbara	74 940	1970	130	4 000	170	Pozo lado Bío-Bío
Hualqui	130 483	No se encontró el proyecto				Est. Periquillo
Yumbel	131 450	1970	200	3 500	256	Est. Cambrales
San Rosendo-Laja . .	186 474	1960	138	9 950	499	Napa río Laja
Santa Juana	114 028	No se encontró el proyecto				
Angol	1 298 310	1984	250	26 000	2 372	Río Picoiquén
Los Sauces	89 498	1975	150	3 500	192	Est. Caramahuida
Collipulli	202 345	No se encontró el proyecto				
Nacimiento	101 913	1984	200	5 000	365	Arroyo en Nahuelbuta
Huépil	—	1987	200	3 000	219	Napa río Huépil
Renaico	—	1975	150	4 000	219	Est. El Molino
Mulchén	257 430	1987	200	10 000	730	Drenes río Bureo
Florida	22 319	No se encontró el proyecto				Estero Tapihue
Los Angeles	2 051 621	1987	250	37 000	3 376	Est. Quilque
Monteáguila	—	1990	200	3 000	219	Napa río Pangal

	<i>m³/seg</i>
La siderurgia de Huachipato bombea del Bío-Bío	1.6
La fábrica de papel de diarios, valiéndose de pozos de tubo ubicados en las márgenes del Bío-Bío, bombea	0.3
Para usos domésticos, Huachipato bombea además, mediante pozos de tubo	0.45
Total	2.35

La refinera de azúcar instalada en Los Angeles necesitará 1 600 000 m³/año, consumidos durante 100 días de invierno, época en que abunda el agua.

En el futuro se proyecta ampliar la capacidad de la Compañía de Acero del Pacífico de Huachipato; construir una fábrica de carboquímicos en el Bío-Bío, cerca de Huachipato, e instalar dos fábricas más de pulpa de papel, una cerca de la confluencia del Laja con el Bío-Bío y otra en la Bahía de San Vicente, cerca de Huachipato.

La siderurgia de Huachipato¹⁸ necesitará:

	<i>m³/seg</i>
hacia 1959	2.14 + 0.45 = 2.59
hacia 1964	2.94 + 0.45 = 3.39
hacia 1980	4.14 + 0.45 = 4.59

En 1980 la fábrica de papel de diarios estará empleando 0.3 m³/seg y la fábrica de pulpa de papel ubicada en las cercanías de Huachipato 1 m³/seg.

Estas cantidades, aunadas con los 4.59 m³/seg que empleará Huachipato en 1980, dan para ese año un total de 5.89 m³/seg.

También en cuanto a necesidades futuras, las industrias que se indican extraerán del Bío-Bío, cerca de San Rosendo, las siguientes cantidades de agua:

	<i>m³/seg</i>
La fábrica de pulpa de madera en construcción, por medio de pozos de tubo colocados en la margen del río	0.75
La fábrica de pulpa de madera proyectada en la confluencia del Bío-Bío y el Laja	1.0
Total	1.75

Esta cantidad, constante durante todo el año, no constituye ningún problema. Sin embargo, para que las dos fábricas de

¹⁸ La mayor cantidad de agua que empleará Huachipato para usos domésticos en el futuro se tiene en cuenta en las proyecciones respectivas (apartado 4).

pulpa no contaminen el río con sus aguas servidas más allá de los límites aceptables, el gasto mínimo del Bío-Bío tendría que ser entre 40 y 45 metros cúbicos por segundo. Este factor es más importante que la disponibilidad real de agua.

Los 5.89 m³/seg de agua que necesitarán en el futuro las industrias ya instaladas en los alrededores de Concepción tampoco constituyen problema alguno en cuanto a su extracción o de adoptarse las precauciones del caso para contrarrestar los efectos que sobre el riego tiene la contaminación del agua durante los meses de marzo y abril, debida a las aguas servidas que vierten en el río las fábricas de pulpa de papel de San Rosendo.

Este punto se tratará más en detalle en el apartado 10.

6. Desarrollo hidroeléctrico en el sistema del Bío-Bío

La ENDESA tiene instalada sobre el Laja, la central hidroeléctrica "El Abanico" con una capacidad de 86 MW y está construyendo una ampliación de 49 MW de capacidad que comenzará a funcionar en 1960.

Se proyecta construir otras tres centrales hidroeléctricas; una de 360 MW más abajo de la laguna del Laja, (1966-1967-1970); otra de 200 MW, sobre el río Laja, más abajo de "El Abanico" de (1973), y una más de 553 MW, en el curso superior del Bío-Bío (1975-1984).

La Dirección de Riego y la ENDESA están realizando conjuntamente el estudio del proyecto de embalse de la laguna del Laja.

El agua almacenada en los embalses construidos para las centrales hidroeléctricas contrarrestará la disminución del caudal del sistema fluvial del Bío-Bío durante los meses de enero a abril inclusive.

7. Disponibilidad de agua

Se ha calculado sumando los datos disponibles del caudal medio mensual obtenidos de siete estaciones hidrológicas, que sólo abarcan el período 1949-56. Los totales del caudal medio mensual no registrados por las estaciones hidrológicas se calcularon por interpolación.

El cuadro 49 contiene los datos obtenidos de las estaciones hidrológicas e indica también el caudal correspondiente a todo el año, al período octubre-abril inclusive y al período enero-abril inclusive. En la parte inferior aparecen, con respecto a los tres períodos, los totales de los años en que el caudal se acerca más al promedio, así como los años de mínima y máxima.

Se conocen las cifras del caudal medio mensual correspondiente a ocho años. (Véase el cuadro 50.)

El régimen de aguas está sujeto a la influencia de las lluvias invernales en mayo-septiembre. El deshielo contribuye a aumen-

Cuadro 49
RÍO BÍO-BÍO: CAUDAL DISPONIBLE, 1949-56
(Millones de metros cúbicos)

Año	Caudal para todo el año	Caudal entre octubre y abril ^a	Caudal entre enero y abril
1949	23 348.0	—	3 536.9
1950	29 441.8	5 147.6	2 214.3
1951	32 348.1	12 896.9	4 424.2
1952	17 624.8	11 067.4	3 607.9
1953	31 606.7	5 892.2	2 156.0
1954	28 511.5	13 879.0	5 058.8
1955	16 810.9	10 171.9	3 079.7
1956	22 108.8	10 109.5	5 291.5
Promedio.	25 225.0	9 880.6	3 671.2
Año que más se aproxima al promedio	1956 = 22 108.8	1956 = 10 109.5	1952 = 3 607.9
Año de máxima	1951 = 32 348.1	1954 = 13 879.0	1956 = 5 291.5
Año de mínima	1955 = 16 810.9	1950 = 5 147.6	1953 = 2 156.0

^a El caudal de 1950 corresponde al de los meses de octubre-diciembre de 1950 más el de enero-abril de 1951, y así sucesivamente.

Cuadro 50
RÍO BÍO-BÍO: CAUDAL MEDIO MENSUAL

Mes	Millones de m ³
Enero	1 314.4
Febrero	707.9
Marzo	794.0
Abril	862.4
Mayo	3 063.4
Junio	3 562.2
Julio	3 118.9
Agosto	3 191.2
Septiembre	2 605.4
Octubre	2 224.0
Noviembre	2 092.5
Diciembre	1 685.1

tar el caudal en los meses de octubre, noviembre y diciembre. En algunos años la influencia de los deshielos sobre el aumento del caudal del río es mucho más pronunciada. Como las estaciones hidrológicas no abarcan toda la hoya del Bío-Bío, es probable que los datos sobre caudal disponible que aparecen en el cuadro 49 sean inferiores a las cifras reales.

Las conclusiones sobre el caudal medio, mínimo y máximo del Bío-Bío son provisionales, porque se basan en los datos registrados por las estaciones hidrológicas durante 8 años y es sabido que para poder establecer conclusiones definitivas habría que disponer de datos al menos para 22 años más.

8. Agua necesaria para los cultivos

Se ha calculado a base de las cifras de uso consuntivo del riego determinadas para el río Itata, mediante la fórmula Blaney-Criddle.

La distribución de los cultivos es como sigue:

	Porcentajes
Frutales	7
Chácaras	20
Hortalizas	3
Forrajes	50
Cereales	20

En el cuadro 51 se indica la cantidad de agua, expresada en m³/hectárea, que se requiere para regar estos cultivos, incluyendo el 25 por ciento de pérdida en los canales y acequias.

9. Capacidad de riego

Sabiendo que las tierras de regadío ascienden a 134 800 hectáreas, la capacidad de riego se ha calculado dividiendo el total

Cuadro 51

RÍO BÍO-BÍO: NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA RIEGO

Mes	m ³ /Ha
Julio	—
Agosto	650
Septiembre	903
Octubre	1 264
Noviembre	1 450
Diciembre	1 217
Enero	1 374
Febrero	1 267
Marzo	1 052
Abril	721
Mayo	540
Junio	—

de agua disponible mensualmente en el sistema fluvial por la correspondiente cantidad de agua necesaria para los cultivos, cifra esta última que se da en el apartado 8. El estudio efectuado se refiere a la temporada de riego (octubre-abril) de los años 1956 (en que el caudal más se aproxima al promedio de los 8 años estudiados) y 1950 (año de mínima).

La capacidad de riego con el caudal del año de mínima parece aproximarse a las 300 000 hectáreas, pero no hay que olvidar que esta superficie de riego se ha calculado a base de los datos obtenidos para 8 años. Si se estudiara un período más largo, podría haber años en que el caudal fuera inferior al del año de mínima o superior al del año de máxima.

10. Agua necesaria para regar 300 000 hectáreas

En el cuadro 52 se recoge el cálculo de la cantidad mensual de agua necesaria para regar 300 000 hectáreas a base de las cifras de riego por hectárea que se dan en el apartado 8.

Cuadro 52

RÍO BÍO-BÍO: POSIBILIDADES DE RIEGO EN AÑO DE MÍNIMA (1950)
(Millones de metros cúbicos)

Mes	Agua necesaria	Agua disponible	Déficit
Agosto	195.0		
Septiembre	278.9		
Octubre	379.2		
Noviembre	435.0		
Diciembre	365.1		
Enero	419.2	558.4	+139.2
Febrero	380.1	356.1	- 24.0
Marzo	315.6	325.0	+ 9.4
Abril	216.3	476.9	+260.6
Mayo	162.0		

Cuadro 53

RÍO BÍO-BÍO: POSIBILIDADES DE RIEGO EN EL PERÍODO OCTUBRE-ABRIL

Mes	Agua disponible (m ³ × 10 ⁶)	necesaria Agua (m ³ × 10 ⁶)	Superficie regable (Ha)	
Año de media				
1955	Septiembre	1 869.88	903	2 070 700
	Octubre	1 966.49	1 264	1 555 770
	Noviembre	1 587.34	1 450	1 094 720
	Diciembre	1 264.21	1 217	1 038 800
1956	Enero	1 810.59	1 374	1 318 000
	Febrero	803.79	1 267	634 400
	Marzo	1 217.02	1 052	1 156 900
	Abril	1 460.08	721	2 025 080
	Mayo	2 746.70	540	—
Año de mínima				
1949	Septiembre	1 101.34	903	1 220 000
	Octubre	1 264.75	1 264	1 000 600
	Noviembre	902.79	1 450	662 600
	Diciembre	765.75	1 217	630 000
1950	Enero	558.44	1 374	406 400
	Febrero	356.10	1 267	281 050
	Marzo	325.96	1 052	310 000
	Abril	973.82	721	1 350 600
	Mayo	4 307.14	540	7 980 000

Las posibilidades de riego durante el período octubre-abril en años de media y mínima pueden verse en el cuadro 53.

Al comparar la cantidad de agua necesaria para regar una superficie de 300 000 hectáreas con la cantidad de agua disponible (en febrero) en el año de mínima, se observa que esta superficie puede regarse sin dificultad, pero durante los meses de febrero y marzo el curso inferior del río estaría seco o sólo llevaría una ínfima cantidad de agua procedente de recuperaciones de agua de riego o de infiltraciones de aguas subterráneas. Es posible, por ello, que en esos meses la escasez, unida a la contaminación de las aguas del río por las aguas servidas que verterían las fábricas de pulpa de madera (ubicadas cerca de San Rosendo), constituyera un problema río abajo, sobre todo para el abastecimiento de agua de uso domésticos en Concepción y Talcahuano.

Cuando se construyan las centrales hidroeléctricas planeadas para el período 1975-84 (véase el apartado 6), es probable que pudiera asegurarse en toda época un gasto mínimo del río de 40 a 45 m³/segundo, lo que contrarrestaría los efectos de la contaminación de las aguas.

11. Conclusiones

Los datos recopilados durante 8 años permiten deducir las siguientes conclusiones:

a) Se podría aumentar sin dificultad la superficie regada a 300 000 hectáreas a condición de controlar la distribución del riego y modificar o abolir los derechos de agua que poseen actualmente los agricultores, a fin de darles las cantidades de agua que efectivamente necesitan para los cultivos determinadas por las estaciones de experimentación agrícola mediante pruebas a escala en el terreno.

b) El Bío-Bío es, de los 8 ríos estudiados, el que tiene un régimen más favorable para la instalación de industrias que requieren mucha agua por ser el más caudaloso. Sin embargo, las industrias contaminarían con sus aguas servidas el caudal del río, lo que puede acarrear serios problemas en enero-abril, meses en que disminuye el caudal.

c) Es indispensable un organismo central que vigile el desarrollo de los recursos hidráulicos.

AGENTES DE VENTAS DE LAS PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

ALEMANIA

Buchhandlung Elwert & Meurer, Hauptstrasse 101, BERLIN-SCHÖNEBERG. W. E. Saarbach, C.m.b.H., Ausland-Zeitungs-handel, Gereonstrasse 25-29, COLONIA 1. (22c).
Alexander Horn, Spiegelgasse 9, WIESBADEN.
R. Eisenachmidt, Kaiserstrasse 49, FRANKFURT/MAIN.

ARGENTINA

Editorial Sudamericana, S. A., Alsina 500, BUENOS AIRES.

AUSTRALIA

H. A. Goddard, A. M. P. Bldg; 50 Miller St. SYDNEY, N. S. W.; 90 Queens St., MELBOURNE; Melbourne University Press., 369/71, Landsdale St., MELBOURNE C. 1.

AUSTRIA

Gerold & Co., I. Craben 31, VIENNA.
I. B. Wüllerstorff, Markus Sittikusstrasse 10, SALZBURGO.

BÉLGICA

Agence et Messageries de la Presse, S. A., 14-22 rue du Parc, BRUSELAS. W. H. Smith & Son., 71-75 bd. Adolphe-Max, BRUSELAS.

BIRMANIA

Curator. Govt. Book Depot, 22 Theinbyu St. RANGÚN.

BOLIVIA

Librería Selecciones, Empresa Editora "La Razón". Casilla 972, LA PAZ.

BRASIL

Livraria Agir, Rua México 98-B, Caixa Postal 3291, RIO DE JANEIRO.

CAMBODIA

Papeterie-Librairie Xuân Thu, 14, Avenue Boullouche, PNOM-PENH.

CANADÁ

Ryerson Press, 299 Queen St West, TORONTO.

CEILÁN

Lake House Bookshop, Associated Newspaper of Ceylon, Ltd., COLOMBO.

COLOMBIA

Librería Buchholz Galería, A. Jiménez de Quesada 8-40, BOGORÁ.
Librería Nacional, Ltda., 20 de Julio. San Juan Jesús, BARRANQUILLA.
Librería Americana, 49-58 calle 51, MEDELLÍN.

COREA

Eul-Yoo Publishing Co., Ltd. 5, 2-KA, Chonguo, SEÚ.

COSTA RICA

Trejos Hermanos, Apartado 1313, SAN JOSÉ.

CUBA

La Casa Belga, René de Smedt, O'Reilly 455, LA HABANA.

CHECOSLOVAQUIA

Ceskoslovensky Spisovatel, Národní Tri-da 9, PRAGA.

CHILE

Librería Ivens, Casilla 205, SANTIAGO.
Editorial del Pacífico, Abumada 57, SANTIAGO.

CHINA

The World Book Co., Ltd., 99 Chung King Road, 1st Section, TAIPEH, TAIWAN.
The Commercial Press, Ltd., 211 Honan Road, SHANGHAI.

DINAMARCA

Messrs. Einar Munksgaard, Ltd., Nørregade 6, COPENHAGUE.

ECUADOR

Librería Científica Bruno Moritz, Casilla 362, GUAYAQUIL.

EL SALVADOR

Manuel Navas y Cia., "La Casa del Libro Barato", 1ª Avenida Sur 37, SAN SALVADOR.

ESPAÑA

Librería Mundi-Prensa, Lagasca 36, MADRID.
Librería José Bosch, Ronda Universidad 11, BARCELONA.

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

International Documents Service, Columbia University Press, 2960 Broadway, NUEVA YORK.

ETIOPÍA

International Press Agency, P. O. Box 120, ADDIS ABEBA.

FILIPINAS

Alemar's Book Store, 749 Rizal Avenue, MANILA.

FINLANDIA

Akateeminen Kirjakauppa, 2 Keuskatu, HELSINKI.

FRANCIA

Editions A. Pédone, 13 rue Soufflot, PARÍS.

GRECIA

Kaufmann Bookshop, 28 Stadiou St., ATENAS.

GUATEMALA

Sociedad Económica Financiera, 6ª Av. 14-33, GUATEMALA.

HAÍTÍ

Max Bouchereau, Librairie "A la Caravelle", Boite postale 111-B, PORT-AU-PRINCE.

HONDURAS

Librería Panamericana. Calle de la Fuente. TEGUCIGALPA.

HONG KONG

The Swindon Book Co., 25 Nathan Road, KOWLOON.

INDIA

Orient Longmans, CALCUTA, BOMBAY, MADRAS y NUEVA DELHI.
Oxford Book & Stationery Company, Scindia House, NUEVA DELHI. P. Vardachary & Co., 8 Linghi Chetty Street, MADRAS.

INDONESIA

Jajasan Pembangunan, Gunung Sabari 84, DJAKARTA.

IRAK

Mackenzie's Bookshop, Booksellers and Stationers, BAGDAD.

IRAN

"Gully", 482 Ferdowsi Avenue, TEHERÁN.

IRLANDIA

Stationery Office, DUBLIN.

ISLANDIA

Bokaverzlun Sigfusar Eymundssonar, Austurstreti 18, REYKJAVIK.

ISRAEL

Blumstein's Bookstores, Ltd., 35 Allenby Road, P.O.B. 4154, TEL AVIV.

ITALIA

Librería Commissionaria Sansoni, Via Gino Capponi 26, FLORENCIA y ROMA.

JAPÓN

Maruzen Co., Ltd., 6 Tori-Nichome, Nihonbashi, P.O.B. 605, TOKYO.

JORDANIA

Joseph I. Bohous & Co. Darl-VI Kutub, Box 66, AMMÁN.

LÍBANO

Librairie Universelle, BEIRUT.

LIBERIA

Jacob Momolu Kamara, Gurly and Front Streets, MONROVIA.

LUXEMBURGO

Librairie J. Schummer, Place Guillaume, LUXEMBURGO.

MÉXICO

Editorial Hermes, S. A., Ignacio Mariscal 41, MÉXICO, D. F.

NORUEGA

Johan Grundt Tanum Forlag, Kr. Augustgt, 79, OSLO.

NUEVA ZELANDA

The United Nations Association of New Zealand G.P.O. 1011, WELLINGTON.

PAÍSES BAJOS

N. V. Martinus Nijhoff, Lange Voorhout 9, LA HAYA.

PAKISTÁN

Thomas & Thomas, Fort Mansion, Frere Road, KARACHI.
Publishers United, Ltd., 176 Anarkali, LAHORA.

PANAMÁ

José Menéndez, Agencia Internacional de Publicaciones, Plaza de Arango, PANAMÁ.

PARAGUAY

Agencia de Librerías de Salvador Nizza, calle Pte. Franco Nº 39-43, ASUNCIÓN.

PERÚ

Librería Internacional del Perú, S. A. Casilla 1417, LIMA.

PORTUGAL

Livraria Rodrigues, rua Aurca 186-188, LISBOA.

REINO UNIDO

H. M. Stationery Office, P. O. Box 569, LONDRES, S. E. 1; y en H. M. S. O. Shops en LONDRES, BELFAST, BIRMINGHAM, BRISTOL, CARDIFF, EDINBURGO y MANCHESTER.

REPÚBLICA ARABE UNIDA

Librairie "La Renaissance d'Égypte", 9 Sh-Adly Pasha, EL CAIRO.
Librairie Universelle, DAMASCO.

REPÚBLICA DOMINICANA

Librería Dominicana, calle Mercedes 49. Apartado 565, CIUDAD TRUJILLO.

SINGAPUR

The City Bookstore, Ltd., Winchester House, Collyer Quay, SINGAPUR.

SUECIA

C. E. Fritze's Kungl. Hovbokhandel. A-B. Fredsgatan 2, ESTOCOLMO.

SUIZA

Librairie Payot, S. A., 1 rue de Bourg, LAUSANA, y en BASILEA, BERNA, GINEBRA, MONTEUX, NSUCHÂTEL, VEVEY, ZÜRICH.

TAILANDIA

Pramuan Mit. Ltd., 55, 57, 59 Chakrawat Road, Wat Tuk, BANGKOK.

TURQUÍA

Librairie Hachette, 464, Istiklal Caddesi, BEYOGLU-ISTANBUL.

UNIÓN SUDAFRICANA

Van Schaik's Bookstore (Pty.), P. O. Box 724, PRETORIA.

URUGUAY

Oficina de Representación de Editoriales. Prof. Héctor d'Elía, Plaza Cagancha 1342-19, MONTEVIDEO.

VENEZUELA

Librería del Este. Av. F. Miranda 52. Edificio Galipán, CARACAS.

VIET-NAM

Papeterie-Librairie Xuân Thu, Boite Postale 283, SAIGON.

YUGOSLAVIA

Drzavno Produzeco, Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/11, BELGRADO.
Cankarjeva Zalazba, LUBLJANA. Prasnvo-
ta, 5, Trg. Bratstva i Jedinstva, ZAGREB.

Los países en que no se han designado todavía agentes de ventas pueden dirigirse a:

Sales Section, European Office of the
United Nations, Palais des Nations,
Ginebra, Suiza

Sales and Circulation Section, United
Nations, Nueva York,
E. U. A.

PUBLICACIONES IMPRESAS DE LA COMISIÓN ECONÓMICA
PARA AMÉRICA LATINA

Estudios anuales

Estudio Económico de América Latina:

- 1948 (E/CN.12/82) N° de venta: 1949. II. G. 1, xvi + 334 pp., Dls. 2,00
1949 (E/CN.12/164/Rev. 1) N° de venta: 1951. II. G. 1, x + 556 pp.,
Dls. 3,75
1951-1952 (E/CN.12/291/Rev. 2) N° de venta: 1953. II. G. 3, xvi +
224 pp., Dls. 2,50
1953 (E/CN.12/358) N° de venta: 1954. II. G. 1, xvi + 260 pp., Dls. 2,50
1954 (E/CN.12/362/Rev. 1) N° de venta: 1955. II. G. 1, xvi + 208 pp.,
Dls. 2,50
1955 (E/CN.12/421/Rev. 1) N° de venta: 1956. II. G. 1, x + 178 pp.,
Dls. 2,00
1956 (E/CN.12/427/Rev. 1) N° de venta: 1957. II. G. 1, x + 218 pp.,
Dls. 2,50
1957 (E/CN.12/489/Rev. 1) N° de venta: 58. II. G. 1, xx + 320 pp.,
Dls. 3,00
1958 (E/CN.12/498/Rev. 1) N° de venta: 59. II. G. 1, xii + 168 pp.,
Dls. 2,00

Industria

- Productividad de la mano de obra en la industria textil algodonera de cinco países latinoamericanos* (E/CN.12/219)
N° de venta: 1951. II. G. 2, xii + 300 pp., Dls. 3,00
Estudio de la industria siderúrgica en América Latina (E/CN.12/293/Rev. 1; ST/TAA/Ser. C/16)
N° de venta: 1954. II. G. 3, xii + 140 pp., Dls. 1,50
Posibilidades de desarrollo de la industria de papel y celulosa en la América Latina (E/CN.12/294/Rev. 2)
N° de venta: 1953. II. G. 2, x + 152 pp., Dls. 1,50
Perspectivas de la industria de papel y celulosa en América Latina (E/CN.12/361/Add. 1; FAO/ETAP N° 462/Add. 1; ST/TAA/Ser. C/19/Add. 1)
N° de venta: 1955. II. G. 4, viii + 544 pp., Dls. 4,50
La energía en América Latina, sus posibilidades y problemas (E/CN.12/384/Rev. 1)
N° de venta: 1957. II. G. 2, vii + 250 pp., Dls. 2,50
Problemas de la industria siderúrgica y de transformación de hierro y acero en América Latina (E/CN.12/425; ST/TAA/Ser. C/24 y Add. 1)
N° de venta: 1957. II. G. 6, 2 Vols. iv + 66 y vi + 258 pp. Dls. 0,75 (Vol. I); Dls. 2,50 (Vol. II)

Comercio

- Estudio del comercio entre América Latina y Europa* (E/CN.12/225)
N° de venta: 1952. II. G. 2, x + 118 pp., Dls. 1,25
Estudio del comercio interlatinoamericano y sus perspectivas. Zona Sur de América Latina (E/CN.12/304/Rev. 2)
N° de venta: 1953. II. G. 1, xii + 152 pp., Dls. 1,50
Estudio del comercio interlatinoamericano (E/CN.12/369/Rev. 1)
N° de venta: 1956. II. G. 3, viii + 298 pp., Dls. 3,00
Los problemas actuales del comercio interlatinoamericano (E/CN.12/423)
N° de venta: 1957. II. G. 5, vi + 112 pp., Dls. 1,25
El mercado común latinoamericano (E/CN.12/531)
N° de venta: 59. II. G. 4, xii + 128 pp., Dls. 1,25

(Continúa en la 2ª página de forros)