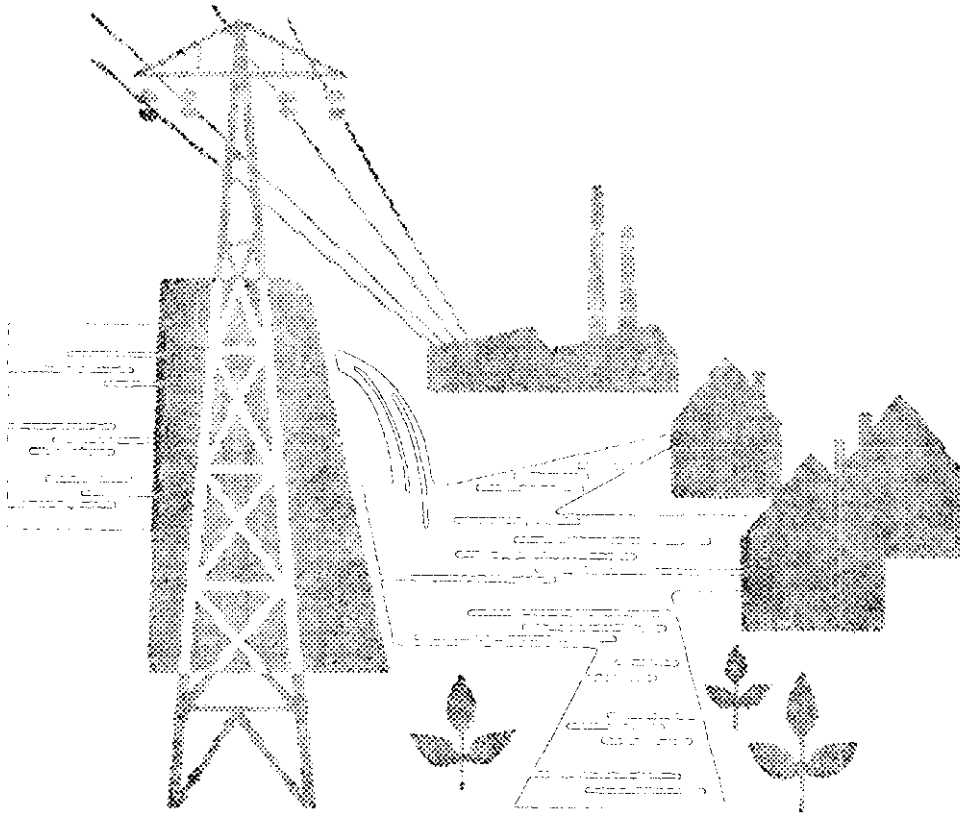


E/CN.12/695



LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE AMERICA LATINA

III. BOLIVIA Y COLOMBIA



NACIONES
UNIDAS

ALGUNAS PUBLICACIONES IMPRESAS DE LA COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

(Continuación de la 4ª página de forros.)

Comercio

La Cooperación Económica Multilateral en América Latina

Diciembre 1961	234 páginas	
E/CN.12/621	No. de venta: 62.II.G.3	Dls. 3.00

Industria

Los Recursos Hidráulicos de América Latina

I. Chile

Octubre 1960	190 páginas	
E/CN.12/501	No. de venta: 60.II.G.4	Dls. 2.50

II. Venezuela

Noviembre 1962	127 páginas	
E/CN.12/593/Rev. 1	No. de venta: 63.II.G.6	Dls. 1.50

Estudios sobre Centroamérica

Los Recursos Humanos de Centroamérica, Panamá y México en 1950-1980 y sus relaciones con algunos aspectos del desarrollo económico

Diciembre 1960	159 páginas	
E/CN.12/548	No. de venta: 60.XIII.1	Dls. 2.00

Segundo Compendio Estadístico Centroamericano

Enero 1963	62 páginas	
E/CN.12/597	No. de venta: 63.II.G.11	Dls. 0.75

Posibilidades de desarrollo industrial integrado en Centroamérica

Noviembre 1963	54 páginas	
E/CN.12/683/Rev. 1	No. de venta: 63.II.G.10	Dls. 0.75

Informes del CCE

Informe del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano

(14 de septiembre de 1960 a 29 de enero de 1963)

Contiene los informes de las reuniones 8ª ordinaria y 3ª y 4ª extraordinarias y los textos de:

1. *Instrumentos de adhesión de Costa Rica al Tratado General y al Banco Centroamericano de Integración Económica*
2. *Protocolo de adhesión de Costa Rica al Protocolo al Convenio Centroamericano sobre Equiparación de Gravámenes a la Importación firmado en Managua el 13 de diciembre de 1962*
3. *Protocolo al Convenio Centroamericano sobre Equiparación de Gravámenes a la Importación (Protocolo San José)*
4. *Convenio Centroamericano de Incentivos Fiscales al Desarrollo Industrial*
5. *Protocolo al Tratado General de Integración Económica Centroamericana: Lista de mercancías sujetas a regímenes transitorios de excepción al libre comercio entre Costa Rica y cada uno de los demás Estados miembros*
6. *Protocolo al Convenio sobre el Régimen de Industrias Centroamericanas de Integración*
7. *Protocolo al Convenio Centroamericano sobre Equiparación de Gravámenes a la Importación (Protocolo de San Salvador)*

Agosto 1963	70 páginas	
E/CN.12/672	No. de venta: 63.II.G.12	Dls. 0.75

Comisión Económica para América Latina

LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE AMERICA LATINA

III

BOLIVIA Y COLOMBIA



NACIONES UNIDAS

Nueva York, 1964

E/CN.12/695

Septiembre de 1964

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

PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS

Nº de venta: 64.II.G.11

Precio: 2.00 dólares (o su equivalente en otras monedas)

INDICE

Nota de la Secretaría	Página I
---------------------------------	-------------

BOLIVIA

Introducción: BOLIVIA Y SUS RECURSOS HIDRAULICOS	5
A. Geografía, clima y población	5
B. El desarrollo económico general en los últimos años	7
1. Agricultura	8
2. Minería	9
3. Petróleo	10
4. Industria	10
5. Electricidad	11
C. Importancia del agua en la economía	12
D. Planificación del sector hidráulico	13
E. Financiamiento	13
F. Aspectos legales y administrativos	14
G. Disponibilidad general de información	14
1. Antecedentes básicos	15
2. Agua subterránea	15
3. Hidrografía	15
4. Análisis de aguas	15
5. Erosión y sedimentación	15
6. Aerofotografía e interpretación	15
7. Análisis de suelos	16
8. Sismología	16
Capítulo I: METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.	17
A. La hidrometeorología en Bolivia	17
1. Datos disponibles	17
2. Distribución geográfica de la precipitación	18
3. Variaciones de las precipitaciones	19
B. La hidrología en Bolivia	28
1. Descripción resumida	28
2. Estado actual y cobertura de las observaciones hidrológicas	30
3. Los regímenes hidrológicos de los ríos bolivianos	30
C. La agrometeorología y su relación con los recursos hidráulicos.	32
1. Necesidades de agua de los cultivos	32
2. Condiciones meteorológicas adversas	33
3. Observaciones y sugerencias	51
D. Recomendaciones	51
1. En meteorología	51
2. En hidrología	52
3. Creación del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología.	53
Capítulo II: AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	54
A. Situación actual.	54
B. Necesidades futuras	55
C. Inversiones requeridas	55
D. Aspectos institucionales y de financiamiento	56
E. Recomendaciones	57
Capítulo III: UTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA Y LA MINERIA	59

	<i>Página</i>
Capítulo IV: RIEGO	61
A. <i>Necesidad de incrementar la producción agropecuaria</i>	61
B. <i>La actividad agrícola y sus principales problemas</i>	61
1. Suelo y clima	61
2. Irregular distribución de la población agrícola	62
3. Los transportes	63
4. Aspectos legales	63
5. Prácticas agrícolas	63
6. El desarrollo de los llanos y la presión demográfica y alimenticia en el altiplano y los valles	63
C. <i>La situación actual del riego</i>	64
D. <i>Necesidad de riego</i>	64
E. <i>Las condiciones económicas del riego y los proyectos existentes</i>	65
F. <i>Conclusiones y recomendaciones</i>	69
Capítulo V: HIDROELECTRICIDAD	70
A. <i>Recursos Hidroeléctricos</i>	70
1. Estimación del potencial teórico superficial	70
2. Potencial económico aprovechable	70
B. <i>Generación y demanda de electricidad</i>	75
1. Generación de energía eléctrica	75
2. Capacidad instalada y participación del recurso hidráulico	76
C. <i>Características del consumo y sus distorsiones</i>	80
D. <i>Proyecciones de la demanda</i>	82
E. <i>Inversiones necesarias</i>	85
F. <i>Recomendaciones</i>	87
Capítulo VI: NAVEGACION	88
A. <i>Principales sistemas y situación actual</i>	88
1. Sistema Mamoré-Madeira	88
2. Sistema Beni-Madre de Dios-Orton	88
3. Sistema Itenez o Guaporé	89
4. Sistema del Paraguay	89
B. <i>Organización y acción futura</i>	89
C. <i>Inversiones previstas</i>	91
Capítulo VII: CONTROL DE INUNDACIONES Y CONSERVACION DE SUELOS	93
A. <i>Situación actual</i>	93
B. <i>Recomendaciones</i>	94
Capítulo VIII: ORGANIZACION ADMINISTRATIVA	95
A. <i>Situación actual</i>	95
B. <i>Medidas sugeridas</i>	95
1. Comité Nacional de Meteorología e Hidrología	95
2. Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos	95
3. Organismo nacional promotor de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado	97
4. Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía	97
5. Organismo nacional planificador de los servicios eléctricos	97
6. Otras medidas	97
Capítulo IX: ASISTENCIA TECNICA REQUERIDA	99
Anexo: <i>Plan de ampliación de las redes meteorológicas e hidrológicas de Bolivia</i>	100

COLOMBIA

	<i>Página</i>
Introducción: PRINCIPALES CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y ECONOMICAS DE COLOMBIA	109
A. <i>Consideraciones generales</i>	109
B. <i>Papel del agua en la economía</i>	109
C. <i>Planeamiento del sector hidráulico</i>	111
D. <i>El financiamiento</i>	112
Capítulo I: METEOROLOGIA E HIDROLOGIA	114
A. <i>Características naturales</i>	114
1. Generalidades acerca del clima	114
2. Hidrometeorología	114
3. Hidrología	115
4. Agrometeorología	118
B. <i>Los servicios meteorológicos e hidrológicos</i>	124
1. Meteorología	124
2. Comité Nacional de Meteorología e Hidrología	125
3. Hidrología	125
C. <i>Recomendaciones</i>	126
1. Creación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología	127
2. Modificaciones al Comité Nacional de Meteorología e Hidrología	127
3. Expertos en meteorología e hidrología	127
Capítulo II: RIEGO	129
1. Situación actual	129
2. Necesidades de agua para riego	131
3. Inversiones previstas	131
4. Recomendaciones	132
Capítulo III: HIDROELECTRICIDAD	134
1. Recursos hidroeléctricos	134
2. Generación y demanda de electricidad	135
3. Necesidades futuras de generación y capacidad instalada	139
4. Programas de desarrollo eléctrico	139
5. Inversiones necesarias y su financiamiento	144
6. Tarifas eléctricas	148
7. Recomendaciones	148
Capítulo IV: AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	149
1. Situación actual	149
2. Demanda y abastecimiento futuros	150
3. Inversiones necesarias	151
4. Recomendaciones	152
Capítulo V: NAVEGACION FLUVIAL	154
Capítulo VI: PROGRAMAS INTEGRADOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS	156
A. <i>Necesidad y disponibilidad de agua en algunas cuencas</i>	156
1. Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC)	156
2. Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR)	159
3. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú (CVM)	160
B. <i>Observaciones generales</i>	162

	<i>Página</i>
Capítulo VII: LEGISLACION DE AGUAS Y ORGANIZACION ADMINISTRATIVA	163
A. <i>La legislación de aguas</i>	163
B. <i>La organización administrativa</i>	163
C. <i>Medidas sugeridas</i>	165
1. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología	165
2. División de Planeación y Coordinación de los Recursos Hidráulicos	165
3. Grupo encargado de los recursos hidráulicos de la parte oriental de Colombia	166
4. Delimitación de las funciones de los diversos organismos existentes	166
5. La autoridad nacional superior en materia de riego y recuperación de tierras	166
Capítulo VIII: ASISTENCIA TECNICA REQUERIDA	167
Anexo I. Colombia: <i>Precipitación real, precipitación teórica o agua de consumo y necesidades de riego en estaciones seleccionadas, según la fórmula de Olivier</i>	168
Anexo II. Colombia: <i>Agua de consumo para diferentes plantas y localidades, según la fórmula de Blaney-Criddle</i>	170
Anexo III. Colombia: <i>Necesidades de riego para diferentes plantas y localidades, según las fórmulas de Blaney-Criddle y Olivier</i>	172
Anexo IV. Colombia: <i>Proyecto de creación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología</i>	176

INDICE DE CUADROS

BOLIVIA

Cuadro

1. Bolivia: Distribución superficial de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar	5
2. Bolivia: Población y densidad de población por departamentos, 1960	7
3. Bolivia: Estimaciones de la composición y evolución del producto bruto interno, por sectores económicos, 1950-59	8
4. Bolivia: Capital fijo en obras hidráulicas estimado para 1960	12
5. Bolivia: Capital fijo (1960) e inversiones en obras hidráulicas (1961-71)	14
6. Bolivia: Estaciones sinópticas, climatológicas y pluviométricas, 1945-59	17
7. Bolivia: Densidad por departamentos de las estaciones pluviométricas	17
8. Bolivia: Densidad por cuencas de las estaciones pluviométricas	17
9. Bolivia: Valores de la precipitación anual y de las desviaciones estándar correspondientes en estaciones seleccionadas	20
10. Bolivia: Superficie aproximada de las cuencas de los ríos más importantes y de sus afluentes	29
11. Bolivia: Estaciones hidrológicas de la Bolivian Power Company	30
12. Bolivia: Estaciones hidrológicas de la Dirección General de Riego	31
13. Bolivia: Estaciones hidrológicas de la Corporación Boliviana de Fomento	31
14. Bolivia: Estaciones hidrológicas, densidad, años de observación e índice de cobertura en algunos países sudamericanos	31
15. Bolivia: Características hidrológicas de algunos ríos	34
16. Bolivia: Características hidrológicas de algunos ríos	35
17. Bolivia: Precipitación real, precipitación teórica o agua de consumo y la diferencia entre ambas en estaciones seleccionadas según la fórmula de Olivier	36
18. Bolivia: Agua de consumo para diferentes plantas y localidades, según la fórmula de Blaney-Criddle	44
19. Bolivia: Necesidades de riego para diferentes plantas y localidades, según las fórmulas de Blaney-Criddle y Olivier	47
20. Bolivia: Mayores frecuencias anuales de granizadas, 1945-49	51
21. América Latina: Población que dispone de servicios públicos de agua	54
22. Bolivia: Situación actual del abastecimiento de agua potable en las ciudades de más de 2 000 habitantes y ampliaciones previstas hasta 1971	54
23. Bolivia: Situación actual de los servicios de alcantarillado y ampliaciones previstas hasta 1971	55
24. América Latina: Costo e ingreso anual por habitante de los sistemas de agua potable de algunas ciudades importantes, 1959-60	57
25. Bolivia: Valor agregado por la minería y la industria manufacturera en relación con el producto bruto interno, 1950-59	59
26. Bolivia: Estimación del consumo de agua en algunas actividades industriales y mineras	59
27. Bolivia: Contribución del sector agropecuario al producto bruto interno, 1950-59	61
28. Bolivia: Participación de las importaciones agropecuarias en las importaciones totales	61
29. Bolivia: Estimación de la tierra cultivada y población agrícola y ganadera por departamentos, 1960	62
30. Bolivia: Áreas regadas	64
31. Bolivia: Proyectos considerados por la Dirección General de Riegos hasta 1960	66
32. Bolivia: Potencial teórico superficial con el volumen medio anual de las precipitaciones pluviales	71
33. Bolivia: Balance hidrológico del lago Titicaca	72
34. Bolivia: Proyectos y posibles emplazamientos hidroeléctricos conocidos, 1960	73
35. Bolivia: Antecedentes hidrológicos disponibles actualmente para los emplazamientos potenciales considerados de aprovechamiento probable hasta 1980	74
36. Bolivia: Generación de energía eléctrica	75
37. América Latina: Relación entre la generación de electricidad y el producto bruto por habitante, promedio 1955-58	75
38. Bolivia: Evolución del producto bruto interno y del consumo de electricidad	76
39. Bolivia: Capacidad eléctrica instalada, 1959	76

40. Bolivia: Producción de energía eléctrica, 1959	77
41. Bolivia: Composición por zonas de la capacidad instalada y de la generación de electricidad, 1959	77
42. Bolivia: Participación hidráulica en la capacidad instalada y la generación, por tipo de servicio, 1959	77
43. Bolivia: Centrales hidroeléctricas más importantes, 1960	79
44. Bolivia: Consumo de energía eléctrica del servicio público	80
45. Precio medio del kWh en América Latina y otros países, 1959	81
46. Bolivia: Proyecciones de la demanda eléctrica en los servicios públicos principales y gran minería	82
47. Bolivia: Proyecciones de la demanda eléctrica en los servicios públicos principales y gran minería según las metas del Plan General de Desarrollo Económico y Social	83
48. Bolivia: Programa de centrales por construir para satisfacer las proyecciones mínimas previsibles de la demanda eléctrica	83
49. Bolivia: Programa de centrales por construir para satisfacer las proyecciones de la demanda de electricidad según el Plan General de Desarrollo Económico y Social	84
50. Bolivia: Inversiones estimadas para el programa de instalaciones exigido por las demandas mínimas de electricidad previsibles, 1961-75	86
51. Bolivia: Inversiones estimadas para cubrir las demandas de electricidad ajustadas al plan general de desarrollo económico y social, 1961-75	86
52. Bolivia: Red fluvial fundamental	90
53. Bolivia: Inversiones en material, equipo y gastos corrientes para la instalación y explotación del transporte fluvial	91
54. Bolivia: Material, equipo y gastos corrientes para la instalación y explotación del transporte fluvial	92

COLOMBIA

1. Colombia: Inversiones en aprovechamientos hidráulicos	112
2. Colombia: Distribución y densidad de estaciones pluviométricas por vertientes y cuencas hidrográficas principales	115
3. Colombia: Pluviógrafos existentes distribuidos por instituciones	115
4. Colombia: Características hidrológicas de algunos ríos	117
5. Colombia: Número de estaciones hidrológicas y promedios de años de observación por organismos y en el país	118
6. Número de estaciones hidrológicas y cobertura de las mediciones en algunos países sudamericanos	118
7. Colombia: Epocas aproximadas de siembra y recolección de los principales productos agrícolas	123
8. Colombia: Distribución de estaciones meteorológicas por organismos	125
9. Colombia: Estaciones hidrológicas pertenecientes al Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico	126
10. Colombia: Importaciones agropecuarias en relación con las importaciones totales, 1950-59	129
11. Colombia: Areas regadas y desecadas	130
12. Colombia: Algunos proyectos de riego, desecación y control de inundaciones	130
13. Colombia: Estimación del agua necesaria para riego	131
14. Colombia: Inversiones públicas en el sector agropecuario, 1957-64	132
15. Colombia: Inversiones de la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero, 1957-64	132
16. Colombia: Inversiones de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), 1959-64	132
17. Colombia: Potencial disponible en algunos sitios hidropotenciales	134
18. América Latina: Potencial hidroeléctrico, 1960	135
19. Colombia: Capacidad eléctrica instalada de servicio público, 1958	135
20. Colombia: Capacidad instalada y producción de energía eléctrica, 1958	136
21. Colombia: Producción total de energía eléctrica, 1949-58	136
22. Colombia: Capacidad eléctrica instalada, 1958	137
23. Colombia: Producción y consumo de electricidad, 1958	137
24. Colombia: Distribución de energía eléctrica por las empresas de servicio público, 1956	138
25. Colombia: Proyecciones de la producción de hidro y termoelectricidad	139
26. Colombia: Capacidad eléctrica adicional por instalar, 1959-70	140
27. Colombia: Centrales eléctricas en construcción y proyecto, por regiones eléctricas, 1959-70	142
28. Colombia: Capacidad eléctrica de servicio público por instalar, por regiones eléctricas, 1959-70	144
29. Colombia: Inversiones proyectadas por las compañías de energía eléctrica, 1959-70	145
30. Colombia: Proyección de las inversiones por tipos de central eléctrica, 1959-70	146
31. Colombia: Inversiones anuales en energía eléctrica, 1959-65	146
32. Colombia: Préstamos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento para desarrollo de la energía eléctrica, estado al 30 de junio de 1960	147
33. Colombia: Recursos del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (Electraguas)	148
34. América Latina: Población que dispone de servicios públicos de agua	149
35. Colombia: Número de casas urbanas y de conexiones a redes de agua, 1960	150
36. Colombia: Número de conexiones a redes de alcantarillado, 1960	150
37. Colombia: Consumo actual y proyectado de agua potable de los servicios públicos, por habitante y total	150
38. Colombia: Consumo estimado de agua potable de los servicios públicos, por departamentos, 1975	151
39. Colombia: Gastos en redes públicas de agua potable previstos para el período 1961-70	151
40. Colombia: Inversiones en agua potable, según el tamaño de las poblaciones, para el período 1961-70	151
41. Colombia: Gastos en alcantarillado público previstos para el período 1961-70	151
42. Colombia: Gastos previstos en agua potable y alcantarillado, por departamentos, 1961-70	152
43. Colombia: Detalle de las inversiones para agua potable y alcantarillado, 1961-70	152
44. Colombia: Proyección del transporte de carga general y fluvial, 1959-64	154
45. Colombia: Proyectos hidráulicos contemplados en la zona de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Magdalena (CVM) para habilitar tierras cultivables	161
46. Colombia: Potencial hidroeléctrico económico en la zona de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Magdalena (CVM) correspondiente a lugares reconocidos	162

INDICE DE GRAFICOS

BOLIVIA

	<i>Página</i>
I. Bolivia: Período más lluvioso del año	19
II. Bolivia: Distribución de la precipitación en estaciones seleccionadas	21
III. Bolivia: Precipitación real, precipitación teórica o agua de consumo y necesidad de riego en estaciones seleccionadas	38
IV. Bolivia: Demanda máxima de energía eléctrica y capacidad de generación garantizada, 1960-75	82
V. Bolivia: Organograma del Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos	96

COLOMBIA

I. Colombia: Precipitación real, precipitación teórica o agua de consumo y necesidad de riego en estaciones seleccionadas	119
II. Colombia: Organograma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología	164
III. Colombia: Organograma de la División de Planeación y Coordinación de los Recursos Hidráulicos	165

INDICE DE MAPAS

BOLIVIA

1. Zonas climáticas principales	6
2. Isoyetas anuales, 1945-59	6
3. Distribución mensual de la lluvia en estaciones seleccionadas	6
4. Ríos principales y divisorias de cuencas	28
5. Centrales eléctricas, sistemas de riego y ríos navegables	67

COLOMBIA

1. Densidad por cuencas de las estaciones pluviométricas	116
2. Estaciones hidrológicas	126
3. Centrales eléctricas y proyectos de recuperación de tierras	130

SIMBOLOS EMPLEADOS

El signo menos (—) indica déficit o disminución.

Los grupos de más de tres cifras se separan por un espacio (por ejemplo: 1 243 657).

El punto (.) se usa para indicar decimales.

La diagonal (/) indica un año agrícola o fiscal (por ejemplo: 1955/56).

El término "tonelada" se refiere a toneladas métricas, a menos que se indique expresamente otra cosa.

El término "dólar" se refiere a la unidad monetaria de los Estados Unidos de América, salvo que se indique expresamente otra cosa.

Tres puntos (...) indican que los datos faltan o no constan por separado.

La raya (—) indica que la cantidad es nula o mínima.

NOTA DE LA SECRETARIA

Conforme al inciso f) de la resolución 99 (VI) de la Comisión Económica para América Latina, posteriormente ratificada por la resolución 166 (VIII), la Secretaría Ejecutiva inició hace algunos años el estudio de los recursos hidráulicos de América Latina. Además del examen somero de las principales cuencas hidrográficas de la región,¹ se han estudiado tales recursos naturales, así como su disponibilidad y aprovechamiento, en Chile,² en la Norpatagonia,³ en el Ecuador⁴ y en Venezuela.⁵

La presente publicación continúa esa serie de estudios con el análisis de los problemas del agua en Bolivia y Colombia. Se basa en las investigaciones llevadas a cabo en los respectivos países por el Grupo Conjunto de Estudios Hidráulicos del que forman parte expertos de la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial y la Comisión Económica para América Latina. A diferencia de los estudios nombrados en el párrafo anterior, la misión que tuvo a su cargo los de Bolivia y Colombia estaba formada sólo por tres personas: un economista, un ingeniero especializado en recursos hidráulicos y un hidrometeorólogo. Después, el Programa de Recursos Naturales y Electricidad de la CEPAL destacó a uno de sus funcionarios para colaborar con la misión en varios campos, sobre todo en materia de hidroelectricidad y riego. El grupo permaneció en Bolivia sólo dos meses y en Colombia alrededor de mes y medio. Los informes respectivos quedaron redactados en 1961, lo que podría hacerlos parecer, en ciertos aspectos, faltos de actualidad.

El objeto inmediato de estos documentos no es otro que presentar un conjunto de observaciones y recomendaciones que permitan orientar mejor la política y sugerir criterios que contribuyan a rectificar algunos aspectos administrativos y de procedimiento, en procura de un aprovechamiento más eficiente de los recursos hidráulicos de los países de que se trata, así como sugerir las especialidades y el número de los expertos cuya asesoría convendría obtener en calidad de asistencia técnica. Con las nuevas informaciones que obtengan esos expertos, así como con sus análisis y recomendaciones, será posible ampliar y profundizar estos estudios.

El de Bolivia fue publicado en 1963 en edición mimeografiada (E/CN.12/688). Se emprendió a solicitud de la Corporación Boliviana de Fomento, que lo auspició conjuntamente con la Junta Nacional de Planeamiento de Bolivia, y contó también con el apoyo del Grupo Asesor CEPAL/DOAT/FAO, que entonces colaboraba con las autoridades del país en la preparación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social. La misión encargada de los estudios hidráulicos, a su vez, preparó un resumen de las principales conclusiones y recomendaciones que le mereció el breve examen de la situación de Bolivia en materia de agua y lo puso en conocimiento del Grupo Asesor. Además de la alta colaboración obtenida de los dos organismos oficiales antes citados, la misión contó con la valiosa cooperación local de otras reparticiones de la administración pública así como de importantes círculos privados.

¹ Los recursos hidráulicos y su aprovechamiento en América Latina (E/CN.12/501), octubre de 1960, edición mimeografiada.

² Los recursos hidráulicos de América Latina: I. Chile (E/CN.12/501/Add.1), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 60.II.G.4), México, 1960.

³ Inédito.

⁴ Estudio hidráulico preliminar del Ecuador, documento informativo número 2 de los presentados por la Secretaría Ejecutiva al 8º período de sesiones de la CEPAL (Panamá, mayo de 1959).

⁵ Los recursos hidráulicos de América Latina: II. Venezuela (E/CN.12/593/Rev.1), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 63.II.G.6), Nueva York, 1962.

El estudio relativo a Colombia se publica ahora por primera vez. Fue solicitado por el Consejo Nacional de Política Económica y Planeación de dicho país. Pudo realizarse gracias a su alto auspicio y a la colaboración prestada por diversas instituciones como el Comité Nacional de Hidrología y Meteorología, el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" y la Fuerza Aérea Colombiana.

Ambos estudios han sido objeto de consulta y crítica por los especialistas de los respectivos países. Las observaciones que ellos formularon han sido incorporadas a la versión que ahora se publica y motivaron diversas correcciones de cierta importancia. Vaya a todos ellos, así como a las entidades y particulares que cooperaron a su realización en alguna forma, el agradecido reconocimiento de los organismos de las Naciones Unidas que los tuvieron a su cargo.

BOLIVIA

Introducción

BOLIVIA Y SUS RECURSOS HIDRAULICOS

A. GEOGRAFIA, CLIMA Y POBLACION

Bolivia se encuentra ubicada en la parte central de América del Sur, siendo sus coordenadas geográficas extremas aproximadamente las siguientes: al norte $9^{\circ}38'S$; al sur $22^{\circ}54'S$; al oeste $69^{\circ}38'W$, y al este $57^{\circ}29'W$.¹

Las fronteras, que se extienden 5 700 kilómetros más o menos, encierran una superficie 1 098 580 km². La distribución, por alturas medias, de esa superficie se presenta en el cuadro 1.

Mientras el 62 por ciento del territorio se encuentra a un nivel inferior de los 600 metros sobre el nivel del mar, llama poderosamente la atención que el 25 por ciento se encuentre sobre los 2 500 metros (18.8 por ciento sobre los 3 500 metros), hallándose el resto (13 por ciento) sólo entre los 600 y los 2 500 metros sobre el nivel del mar. Estas cifras dan una primera idea de la complejidad topográfica del país y la conveniencia de distinguir en él 3 regiones de altura, clima y vegetación bien diferentes: el Altiplano, los Valles y los Llanos.

Varias circunstancias de tipo geográfico y meteorológico contribuyen a la formación del clima de Bolivia, pero se puede estimar que las principales son las siguientes:

a) su ubicación en el centro de Sudamérica, al norte del trópico de Capricornio, que permita a masas de aire tropicales y polares actuar con variada intensidad y frecuencia;

b) la orografía del país en su parte sudoeste, donde la Cordillera de los Andes con sus cordones Occidental y Oriental (o Real) opone una barrera infranqueable a importantes desplazamientos atmosféricos de capas bajas, y

c) los desplazamientos de frentes polares que irrumpen sobre su territorio durante todo el año, desde las fronteras argentina y paraguaya.

Estas circunstancias, sumadas a otras menores, deter-

minan una amplia gama de valores en la precipitación, en la temperatura y en otros parámetros meteorológicos. (Véase el mapa 1.)

El Altiplano, que ocupa la región sudoccidental del país, es una gran meseta de altura media de 3 800 m sobre el nivel del mar, que se extiende entre las cordilleras Occidental y Oriental, formadas en una bifurcación de los Andes. No obstante que, incluyendo las cordilleras que lo rodean, representa aproximadamente una cuarta parte de la superficie del país, la gran cuenca cerrada de los lagos Titicaca, Poopó, Coipasa y el Salar de Uyuni, abarcan sólo un poco más de la mitad de él (150 000 km²).

Las altas cumbres cordilleranas, algunas de las cuales —el Illampu y el Illimani— se aproximan a los 7 000 metros de altura, se encuentran permanentemente cubiertas de nieve y glaciares, siendo fácil observar la variación estacional que experimentan los campos nevados en el curso del año. El Altiplano mismo está surcado por pequeñas ondulaciones y serranías de pequeña importancia.

Es una región fría en la que la temperatura media anual varía alrededor de los 10 centígrados. Se pueden encontrar valores superiores en su parte norte y oriental vecina a los Valles y Yungas, disminuyendo hasta 6 ó 7 grados hacia el sudoeste. Lógicamente en niveles más altos existen temperaturas inferiores. Las máximas mensuales ocurren en diciembre y enero, aunque hay lugares en que se registran en noviembre y en otros en febrero, siendo estas desviaciones causadas por las épocas de lluvia. Las temperaturas mínimas mensuales se presentan sobre todo en julio y ocasionalmente en junio; las mínimas diarias en los meses de invierno llegan a 5 y 10 grados bajo cero y aun las hay inferiores. En esta época son frecuentes las heladas debido a las bajas temperaturas reinantes y a cielos generalmente despejados, siendo probables desde la primera quincena de marzo a la segunda de septiembre. Las pocas nevadas que

Cuadro 1

BOLIVIA: DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE ACUERDO CON SU ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR^a

Altura		Altura media (metros)	Superficie (km ²)		Porcentaje	
Metros	Pies		Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulado
Menor de 305	(1 000)	244	455 000	455 000	41.4	41.4
de 305 a 610	(2 000)	457	227 500	682 500	20.7	62.1
de 610 a 914	(3 000)	762	35 000	717 500	3.2	65.3
de 914 a 1 524	(5 000)	1 219	43 900	761 400	4.0	69.3
de 1 524 a 2 134	(7 000)	1 829	40 200	801 600	3.7	73.0
de 2 134 a 2 743	(9 000)	2 438	37 600	839 200	3.4	76.4
de 2 743 a 3 658	(12 000)	3 200	53 100	892 300	4.8	81.2
de 3 658 a 4 572	(15 000)	4 115	181 300	1 073 600	16.5	97.7
Mayor de 4 572	(15 000)	5 029	25 000	1 098 600	2.3	100.0

^a Calculado sobre el mapa aeronáutico publicado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (Washington, D. C.).

se producen no llegan a permanecer largo tiempo en el suelo, por cuanto la primera insolación las derrite.

La altura a que se encuentra el Altiplano supone que soporta solamente los 2/3 de la masa atmosférica al nivel del mar y, por lo tanto, permite a los rayos solares una insolación mayor y también una mayor irradiación del suelo. Por tal motivo, hay una gran oscilación diaria, que en promedio es del orden de los 20 grados centígrados y que puede llegar a los 35 grados. En cambio, las diferencias extremas entre las medias mensuales son menores y variables entre 3 y 9 grados con excepción de la zona inmediata al lago Titicaca, cuya función térmica reguladora produce en Copacabana solamente una oscilación de 1.5 grados centígrados.

Las precipitaciones en el Altiplano son reducidas, aumentando en líneas generales desde unos 100 mm anuales, en el sudoeste, hasta alcanzar unos 900 mm en las cercanías del lago Titicaca. Ocurren en verano con una marcada sequía en invierno. (Véanse los mapas 2 y 3).

La radiación solar tiene singular importancia en esta zona donde las escasas precipitaciones son afectadas grandemente por la evaporación, en la que se han registrado valores extremos hasta de 10 mm diarios. Por las condiciones mencionadas, la agricultura se ha desarrollado laboriosamente y sólo en ciertas zonas, limitándose a unos cuantos productos cultivados entre septiembre y marzo.

La fauna está constituida principalmente por auquénidos, aunque se cría también ganado ovino, bovino y equino.

Considerando las características citadas, puede hacerse una división primaria del Altiplano en una zona norte y otra sur, cuya separación se podría fijar en el río Lacajahuira. La primera es ligeramente más alta, tiene una temperatura media anual mayor y las precipitaciones anuales son también mayores. La zona sur —en general más baja— es más seca y fría, estando caracterizada por la existencia de grandes salares.

Desde el punto de vista hidrológico, la existencia de los lagos Titicaca y Poopó constituye en el Altiplano la característica más destacada no sólo por su magnitud, sino también por sus grandes potencialidades.

Los Valles y los Yungas, que constituyen otra gran división geográfica (unos 140 000 km²), están localizados en los contrafuertes de la cordillera Real, por donde deslizan sus aguas los ríos que luego correrán por los Llanos. Es el nexo geográfico entre las otras dos regiones al mismo tiempo que presenta características climáticas intermedias entre el Altiplano y los Llanos. (Véanse los mapas 2 y 3.)

Se da el nombre de "Yungas" a los valles profundos que se encuentran a los pies del Altiplano, con una altitud que puede variar aproximadamente entre los 600 y 1 800 metros sobre el nivel del mar. Por su altura y situación tienen altas temperaturas (las medias anuales pueden ser superiores a 20 grados centígrados), elevada humedad relativa y consecuentemente están cubiertos por exuberante vegetación. En general, las tierras planas son de poca extensión.

Los Valles y quebradas forman una región comprendida más o menos entre 1 800 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, enclavada sobre las estribaciones de la Cordillera Real. Por su mayor altura, en relación con los Yungas, tienen una temperatura inferior a estos últimos (los valores medios anuales suelen fluctuar entre 15 y 20 grados) y también su humedad es menor. Su clima es agradable y uniforme, permitiendo el desarrollo de la agricultura en una amplia variedad de cultivos entre los cuales son los principales los frutales y el maíz.

Por las condiciones orográficas de estas regiones predominan en ellos características locales de clima (microclimas) más que condiciones meteorológicas uniformes. En los Valles y Yungas las precipitaciones tienen un efecto regulador apreciable sobre las temperaturas. Así las máximas mensuales que normalmente se producen en el mes de diciembre pueden ocurrir en noviembre. En pocos casos ocurren en enero. Las temperaturas mínimas mensuales se presentan en julio y con menor frecuencia en junio.

Las diferencias son también marcadas en las precipitaciones, dependiendo de sus ubicaciones con respecto a la circulación general de las masas de aire y frentes fríos.

Las precipitaciones anuales de los Valles pueden estar comprendidas entre los 500 y los 900 milímetros, siendo superiores en los Yungas, donde alcanzan a los 1 500 milímetros. (Véanse nuevamente los mapas 2 y 3).

El aumento simultáneo de temperatura y humedad da a los Yungas una sensación más acentuada de su diferencia con los Valles. Dadas las bajas temperaturas que se registran en los Valles en el invierno, es posible que se produzcan algunas heladas en esa época. Por ejemplo, en la zona de Cochabamba pueden ocurrir desde la segunda quincena de abril hasta la segunda de agosto. En la zona de los Yungas no se producen heladas.

La evaporación de los Valles y Yungas es alta variando entre 4.1 y 6.6 milímetros diarios.

Los ríos de pendientes pronunciadas favorecen la existencia de potenciales hidroeléctricos, pero a su vez ejercen una acción erosiva intensa.

Los Llanos constituyen la región más amplia de Bolivia ocupando una superficie de 680 000 km². Se extiende por debajo de los 600 m de altura desde los pies de la cordillera Oriental hacia el norte y el este hasta alcanzar los límites del país con el Perú, el Brasil, el Paraguay y la Argentina.

Es una región de tierras planas; únicamente se encuentran en la parte sur del departamento de Santa Cruz pequeñas serranías, entre las cuales la de Santiago es la de mayor altura.

Los ríos que descienden desde las zonas montañosas atraviesan la región para desaguar finalmente hacia el norte, en el Amazonas, a través de los ríos Madeira y Acre, hacia el sur, en el Plata, por intermedio de los ríos Paraguay, Pilcomayo y Bermejo.

Los Llanos, comparados con las otras dos grandes regiones, presentan una gran uniformidad en la temperatura. Las medias anuales extremas oscilan desde 26.8 en Magdalena (Beni) hasta 22.5 en San Javier (Santa Cruz). Las máximas mensuales se producen en la mayoría de los lugares entre noviembre y diciembre. Las mínimas mensuales acontecen entre junio y julio.

Las precipitaciones tienen una amplia variación que va desde la muy lluviosa, al pie de la cordillera de Cochabamba, con más de 2 500 mm anuales, hasta la región árida del Chaco donde escasamente llega a 600 mm.

La evaporación, de acuerdo con los pocos antecedentes disponibles, oscila entre 3 y 6 mm diarios en promedio, destacándose que este último valor corresponde a la zona árida de Villamontes.

Esta región es susceptible de una división primaria en tres grandes zonas: norte, central y sur. La zona norte que abarca el extremo superior hasta la latitud de 15°, tiene una elevación media aproximada de 200 metros sobre el nivel del mar. Es la más calurosa, con una temperatura media anual que supera los 26 grados centígrados, siendo

Cuadro 2

BOLIVIA: POBLACION Y DENSIDAD DE POBLACION POR DEPARTAMENTOS, 1960

Departamento	Población en 1960 (miles)	Superficie (km ²)	Densidad (habitantes)
Total	3 696	1 098 581	3.36
Beni	162	213 564	0.76
Pando	25	63 827	0.39
Santa Cruz	332	370 621	0.89
Subtotal	519	648 012	0.80
Cochabamba	578	55 631	10.39
Chuquisaca	334	51 524	6.48
Tarija	150	37 623	3.99
Subtotal	1 062	144 778	7.34
La Paz	1 198	133 985	8.94
Oruro	271	53 588	5.06
Potosí	646	118 218	5.46
Subtotal	2 115	305 791	6.92

la del mes más frío superior a 23 grados. La reducida altura y pendiente no permiten un drenaje fácil de las abundantes precipitaciones (1 300 a 2 000 mm al año) y durante la época lluviosa grandes extensiones son inundadas por los ríos que forman numerosos meandros. Es una zona que cuenta con praderas aptas para la ganadería y posee una gran riqueza forestal. La agricultura no requiere riego artificial.

La zona central es más alta que la anterior, teniendo una altura media aproximada de 400 metros sobre el nivel del mar y se extiende desde la latitud de 15° hasta la latitud de 18°30'. Políticamente comprende la parte central del Departamento de Santa Cruz. Su precipitación y temperatura son inferiores a las de la zona norte. En una gran extensión la precipitación media anual es del orden de 1 300 mm aunque existen determinados lugares en que las precipitaciones extremas varían de 2 500 a 1 000 mm. La temperatura media anual es del orden de 24 grados como en la ciudad de Santa Cruz. Se cultivan con resultados promisorios, caña de azúcar, arroz, plátanos y otros cultivos tropicales.

La zona sur abarca desde la latitud de 18°30' hasta los límites con el Brasil, el Paraguay y la Argentina. Comprende las provincias de Cordillera en Santa Cruz, de Luis Calvo en Chuquisaca, y de Gran Chaco en Tarija. Es menos lluviosa que la zona central (la precipitación media anual fluctúa entre 1 000 y 600 mm) y su temperatura media anual es también ligeramente inferior. La agricultura requiere durante varios meses de riego artificial.

Se calcula que la población del país en 1962 era de 3 877 000 habitantes, con una densidad media de 3.53 hab/km². El cuadro 2 da una idea de la distribución de la superficie y población por departamentos, para el último año estimado (1960). Sólo como una primera aproximación se han considerado en él los departamentos de La Paz,² Oruro y Potosí como representativos del Altiplano. Una superficie que es como el 25 por ciento de la de todo el país acoge el 57 por ciento de la población; su densidad aproximada resulta de 6.9 hab/km². La agrupación de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija se ha tomado como expresión de los Valles (y en parte de los Yungas), arrojando 7.3 hab/km²; en promedio, el 13 por ciento de la extensión del país contiene allí al 29 por ciento de la población; sin embargo, la topografía de la zona obliga a una concentración mayor en los fondos planos de los valles donde supera los 37 hab/km². Finalmente los departamentos del Beni, Pando y Santa Cruz figuran como

representativos de los Llanos. Constituyendo su superficie el 62 por ciento del territorio nacional, alberga sólo el 14 por ciento de la población con una densidad media de apenas 0.8 hab/km².

Se estima que la población de Bolivia ha crecido en la última década a un ritmo de 2.4 por ciento al año, es decir similar al aumento de los países de alto crecimiento demográfico. La natalidad tiene una de las tasas más altas del mundo: superó ligeramente el 40 por mil en el período citado.³ Del mismo modo la tasa de mortalidad es elevada, del orden de 17 por mil.⁴

En este informe se ha supuesto para el período 1960-80 una tasa media anual de crecimiento demográfico de 2.5 por ciento, con sus consecuencias en materia de suministro de agua, necesidades de alimentación, crecimiento industrial y demanda de energía. Sobre la base de esta hipótesis la población total de Bolivia sería de 4.9 millones de habitantes en 1970 y poco superior a 6 millones en 1980.

Con una población rural superior a 70 por ciento en 1960, Bolivia es un país predominantemente agrícola, sin embargo se estima que el ritmo de urbanización aumentará en los próximos años, en forma tal que hacia 1980 el porcentaje de población rural será inferior al 60 por ciento.

³ El extremo norte forma parte de los Yungas y de los Llanos.

³ Argentina 23, Chile 36 y el Perú 38 por mil.

⁴ Argentina 8, Chile 10 y México 12 por mil.

B. EL DESARROLLO ECONOMICO GENERAL EN LOS ULTIMOS AÑOS

Se estima que el producto interno por habitante alcanzaba en 1959 a unos 100 dólares, cifra que muestra que Bolivia está en el grupo de los países latinoamericanos de menor desarrollo.⁵

La actividad productora principal es la agricultura. No obstante la variedad de recursos que tiene el país y la bajísima eficiencia con que se trabaja el campo, a él se dedican las 2 terceras partes de la población. Las exportaciones a pesar del descenso de la producción minera en la última

década, representa aún una elevada proporción del producto nacional. Las importaciones proporcionan prácticamente el total de las maquinarias y equipos productivos y de servicios; complementan además la producción interna de alimentos, materias primas para la industria y materiales para la construcción.

La evolución de la economía de acuerdo con las estimaciones estadísticas disponibles —que sólo se remontan a 1950— dista mucho de ser favorable. Entre los años 1950-52 el producto bruto interno por habitante creció en 3.5 por ciento aproximadamente. Luego, como resultado de un conjunto de circunstancias especiales, descendió un

⁵ Se estima que en el bienio 1959-61 prácticamente no se modificó el nivel medio de ingreso por habitante.

de las leyes de los minerales trabajados. La minería privada (mediana y pequeña) no ha mostrado una declinación similar, pero tampoco ha aumentado su producción.

Los depósitos mineros principales parecen concentrarse en el sistema andino de la Cordillera Oriental, entre los paralelos 17° y 21°S. Hidrográficamente esta región participa de las tres vertientes del país: la amazónica, a través de las cabeceras del río Grande, la del Plata, por intermedio de la cuenca superior del Pilcomayo, y la interior altiplánica por la cuenta tributaria del lago Poopó (*magna divortium aquarum*). Sus recursos hidráulicos no son muy abundantes, porque allí se encuentran las cabeceras de los ríos y las precipitaciones medias son del orden de los 600-700 mm al año.

Con la asistencia del Fondo Especial de las Naciones Unidas se ha iniciado el levantamiento aerofotogramétrico de la zona más prometidora, comprendida entre las ciudades de Oruro, Cochabamba y Potosí.

Se estima que sólo en las minas de la COMIBOL se cuenta con una reserva del orden de las 300 000-350 000 toneladas de estaño fino, de las cuales el 80 por ciento correspondería a los distritos mineros de Cataví, Huanuni y Colquirí. Al ritmo actual de extracción representa una reserva para 13 años. En el primero de los centros nombrados se explotan minas de leyes aún inferiores al 0.7 por ciento merced a nuevas técnicas adoptadas (*block-caving*). Si se adoptaran métodos similares en los centros de Huanuni, Potosí y tal vez Colquirí, las reservas conocidas se duplicarían. Conviene señalar que la baja capacidad instalada para el tratamiento de minerales, obliga a exportar a veces concentrados de baja ley, para los cuales los gastos de realización en el exterior representan como el 45 por ciento del valor oficial de aduana, en lugar de sólo 14 por ciento, que es el que corresponde a los mejores concentrados; estos consumen en promedio unos 400 m³ de agua por tonelada fina de estaño.

En cuanto al antimonio —Bolivia contribuye también con un 10 por ciento de la producción mundial—, se calculan sus reservas en unas 400 000 toneladas de fino, superadas sólo por las de China Continental. Sin embargo su producción en 1960 representó para el país menos de 500 000 dólares.

La explotación de volframio ha tenido grandes fluctuaciones; después de significar el 16 por ciento de la producción minera en 1957, bajó al 2 por ciento en 1959, es decir, a poco más de un millón de dólares.

Bolivia produce también plata, plomo, zinc, bismuto, cobre, oro, mercurio, níquel, cobalto y manganeso, selenio, azufre, asbesto y mica, para citar los principales minerales. En el extremo oriental del país, cerca de Puerto Suárez, están los extensos yacimientos de hierro del Mutún, que tienen varios miles de millones de toneladas con una ley del orden de 60 por ciento y cuya explotación requeriría el transporte del mineral por el río Paraguay hacia el de la Plata.

El Plan de Desarrollo contempla un programa de inversiones en la minería de 47 millones de dólares en 3 años para elevar las exportaciones correspondientes de 42 millones de dólares en 1960, a 76 millones de dólares en 1966 y a 97 millones en 1971.

3. Petróleo

La producción de petróleo crudo en el país fue de unos 560 000 metros³ en 1961, de los cuales se exportó aproximadamente el 12 por ciento. En las importaciones de deri-

vados del petróleo tuvieron ese año alguna trascendencia la gasolina de aviación (15 000 metros cúbicos) y el *fuel oil* (algo más de 5 000 metros cúbicos).

El consumo nacional ha crecido recientemente a una tasa acumulativa del 6 por ciento anual y se prevé que aumente al 8 por ciento en la próxima década. Esa producción, así como la refinación y comercialización de los derivados, están en manos del organismo gubernamental denominado Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), que cuenta con tres refinerías en Cochabamba, Sucre y Camiri, con una capacidad que prácticamente duplica las necesidades actuales. Dispone de 1 800 kilómetros de oleoductos con capacidad para exportar anualmente 500 000 metros³ por Arica y 700 000 a la Argentina; para cumplir con este último volumen se requieren sin embargo algunas modificaciones. El ramal Sica-Sica-Arica, tiene una capacidad que llega a 3.5 millones de metros³ al año, que sólo podrá aprovecharse con un volumen alimentador similar en Sica-Sica, sea mediante un oleoducto que venga desde Santa Cruz, u otro directo desde Camiri.

La región petrolera mejor conceptuada en el país es la faja subandina de unos 100 km de ancho, situada al este y noreste de la cordillera oriental. Se extiende desde la frontera con el Perú hasta la frontera con la Argentina. Los yacimientos en explotación se encuentran en Camiri, Guayruy, Itapirenda, Sanandita, Bermejo, Toro y Madrejones. Catorce empresas privadas que acudieron al país después de la publicación del Código del Petróleo adquirieron concesiones propias sobre 5.5 millones de hectáreas. En 1961 se encontraban todas en la etapa de prospección, y sólo una empresa privada había perforado a la fecha 2 pozos con resultados positivos de petróleo, en la zona de Caranda al noroeste de Santa Cruz.

Las reservas probadas de YPFB ascienden a unos 7.5 millones de metros³ sin incluir la zona de Madrejones, no hace mucho incorporada a la producción. Gran parte de esas reservas se concentran en la zona de Camiri. YPFB tiene por meta determinar una reserva de unos 65 millones de metros³, antes de realizar las inversiones necesarias para elevar paulatinamente la producción anual hasta unos 4 millones de metros³ en 1971. De ese modo, además de satisfacer las necesidades del consumo interno, podría exportar 9 y 22 millones de metros³ en los años 1966 y 1971, respectivamente. Se espera que de menos de un 10 por ciento que representó el petróleo en las exportaciones suba en 1971 al 18 por ciento del total.

Las zonas petroleras en producción y las refinerías actuales se encuentran en las vertientes del Amazonas y del Plata, en cuencas tributarias del río Grande y del Pilcomayo principalmente. En términos generales, por la ubicación de las principales reservas y posibles localizaciones de refinerías, no se prevén grandes dificultades para el aprovisionamiento del agua que requiere esta industria, no obstante la cantidad apreciable de sus necesidades, que de acuerdo con la experiencia de varios países llega a un promedio de 12 m³ por tonelada de petróleo refinado.

4. Industria

La industria manufacturera, que representó en 1959 una producción equivalente a 42 millones de dólares, no ha logrado aún la importancia relativa que tiene en otros países de América Latina. Sólo a partir de los años treinta, este sector de la producción tomó cierto impulso, que se acrecentó principalmente durante la guerra del Chaco

naturales, pequeños lugares boscosos, matorrales y tierras desocupadas. La distribución de las tierras de cultivo en por ciento es la siguiente: Altiplano 49, Valle 40 y Llanos 11.

La superficie que dispone de riegos es algo menos de un 10 por ciento de las tierras cultivadas. No obstante, dadas las características del clima y la concentración de las lluvias en un período breve del año en el altiplano, los valles y la zona sur de los llanos, puede afirmarse, en términos generales, que más de las tres cuartas partes de la superficie cultivada actualmente necesita riego.

Un cálculo detallado a base de la disponibilidad de productos alimenticios nacionales e importados (1958) permitió estimar un consumo medio nacional de sólo 1 800 calorías y 52 gramos de proteínas por día y por habitante, o sea el 70 y 85 por ciento respectivamente de los niveles correspondientes a una dieta mínima recomendable para las condiciones locales.

Para aumentar la producción no sólo se dispone de importantes extensiones de tierras, principalmente en los Llanos, sino cabe, además, mejorar la productividad, que es muy baja. Esta última no sólo es causada por la escasez e irregularidad del agua, sino además por las inadecuadas prácticas agrícolas imperantes.

No obstante que el sector agropecuario participa como en un tercio del producto bruto interno (para el período 1957-59 fue de 34 por ciento en promedio), se calcula que ocupa algo más del 60 por ciento de la fuerza de trabajo. La productividad por persona activa en la agricultura es poco más de 0.6 hectáreas y su aporte al producto también por persona activa fue de 170 dólares aproximadamente (1959).

La producción agropecuaria disminuyó en los años inmediatos a la implantación de la reforma agraria, pero desde 1956 se observa recuperación. En 1959 alcanzó un valor equivalente a 133 millones de dólares, valor que superó a la producción de 1950 en 12 por ciento (la población en ese mismo período creció 24 por ciento) y a la de 1955 en 23 por ciento. (Véase de nuevo el cuadro 3.) Este aumento parece ser consecuencia principalmente del esfuerzo por incorporar a la producción nuevos campos, como ha sucedido en la zona de Santa Cruz.

Los principales productos agrícolas y su participación en el volumen físico de la producción es el siguiente: (1957-1959) papa (52 por ciento), maíz (25), yuca (11), trigo (7), arroz (2 por ciento). Son además importantes las producciones de caña de azúcar, fruta —principalmente cítricos y plátanos—, cebada, coca, quinua, café, etc.

Una estimación de la producción ganadera en el mismo período arrojó en miles de cabezas: bovinos 376, porcinos 300 y ovinos 139. También es importante el ganado equino, auquénido y caprino.

La mayor parte de la producción corresponde a bienes de consumo directo y en muy escasa medida a materias primas para la industria manufacturera.

Las importaciones agropecuarias, que entre los años 1950 y 1957 se mantuvieron a un nivel superior a 25 millones de dólares, descendieron en los dos años siguientes a 16 millones, con lo que su participación en el total de las importaciones del país bajó de más de 35 a 25 por ciento. Corresponden a rubros que el país puede producir. Los principales son: trigo y harina de trigo, azúcar blanca, manteca de cerdo, arroz, leche (desecada y condensada), cebada malteada, algodón, lana, ganado y aceites vegetales.

Las exportaciones de ese sector fueron de sólo 4 millo-

nes de dólares para 1959 (menos de un 3 por ciento de la producción total).

El Plan de Desarrollo tiene como metas en esta materia: *a*) mejorar sustancialmente la alimentación del pueblo (un 35 por ciento en los próximos 10 años) con producción de origen nacional; *b*) producir materias primas agrícolas para las industrias no alimenticias, esperando autoabastecer en pocos años las necesidades de algodón, lana de fibra fina, fibras duras para sacos de envases, aceites secantes, productos grasos para la industria de jabones, etc.; *c*) mejorar el balance de pagos, invirtiendo el saldo neto de importación (17 millones de dólares en 1958) a un saldo neto de exportación (35 millones de dólares en 1971) y *d*) aumentar las oportunidades de trabajo y mejorar el ingreso medio de la población campesina: un incremento del 24.1 por ciento la población activa y un 170 por ciento en el producto por habitante, para el período 1958-71.

Lamentablemente, otro factor adverso relacionado con el agua es la erosión, que presenta características muy graves en el Altiplano, los Valles y Yungas.

Los cultivos de ladera, el sobrepastoreo y la destrucción de la vegetación natural son las causas principales de este trágico problema, que afecta no sólo a la zona pertinente por lo general cabecera de río, sino también al área de contacto entre las tierras planas y las serranías, con inundaciones provocadas por tormentas en lugares carentes de vegetación. Por ejemplo, en el Altiplano, cerca de Orurú, y en los Llanos del Beni, Mamoré e Itonamas se registran periódicamente serias inundaciones.

2. Minería

La importancia de las actividades mineras en lo que es hoy Bolivia se remonta a la época de la Colonia. Desde comienzos de este siglo su rápida expansión permitió al país un incremento proporcional de sus exportaciones. Con una producción que fluctúa en torno a los 50 millones de dólares⁹ la producción minera es el origen de más del 80 por ciento de las exportaciones nacionales. (Véase de nuevo el cuadro 3.)

Siendo una fuente permanente de riqueza ha constituido sin embargo un factor de vulnerabilidad para la economía debido a su enorme dependencia respecto a los inestables mercados de minerales. De su producción, sólo una mínima parte se queda en el país como insumo de otros sectores.

No obstante la gran variedad de recursos mineros que tiene el país, la producción es poco diversificada y depende principalmente del estaño, producto en que el aporte boliviano representa más del 10 por ciento de la producción mundial.

En 1952 el gobierno nacionalizó las principales empresas mineras —denominadas también grupo de la gran minería—, haciéndose cargo de su explotación a través de la Corporación Minera Boliviana (COMIBOL).

Han influido apreciablemente en el descenso de la producción de estaño en los últimos tiempos (20 000 toneladas en 1960) además de las fluctuaciones poco favorables en su precio, la escasez de recursos financieros para mantener y mejorar los sistemas productivos y la apertura de nuevos frentes de explotación, los problemas sindicales, y la baja

⁹ Los valores extremos en la última década fueron: 59.1 y 32.7 millones de dólares en los años 1953 y 1958, respectivamente, este último el nivel más bajo desde la crisis de la década del treinta.

Cuadro 3

BOLIVIA: ESTIMACIONES DE LA COMPOSICION Y EVOLUCION DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO, POR SECTORES ECONOMICOS, 1950-59

(Millones de dólares de 1958)

Sector económico	1950	1952	1954	1956	1958	1959
Agropecuario	118.1	113.1	101.7	104.2	121.5	132.6
Minería	52.1	58.3	48.3	46.1	32.7	37.7
Petróleo	2.5	2.1	6.9	13.1	14.2	13.1
Industria manufacturera	48.0	49.0	54.9	51.4	39.5	42.0
Comercio	37.8	45.1	41.5	43.7	43.1	46.7
Transporte	19.7	23.9	26.4	29.7	30.0	30.9
Finanzas	2.7	3.4	1.0	2.1	2.2	2.2
Construcciones	1.8	3.6	2.5	2.6	4.1	3.8
Gobierno	41.0	55.0	28.6	26.0	27.1	24.5
Otros servicios	32.2	34.3	34.4	35.9	36.8	37.1
<i>Producto bruto interno</i>	<i>355.9</i>	<i>387.8</i>	<i>346.2</i>	<i>354.8</i>	<i>351.2</i>	<i>370.6</i>
Exportaciones de bienes y servicios	57.8	80.3	65.2	72.2	58.0	60.7
Importaciones de bienes y servicios	61.6	92.1	73.2	84.9	90.5	70.5
<i>Bienes y servicios disponibles</i>	<i>359.7</i>	<i>399.6</i>	<i>354.2</i>	<i>367.5</i>	<i>383.7</i>	<i>380.4</i>
<i>Producto bruto interno por habitante (dólares)</i>	<i>118.0</i>	<i>122.0</i>	<i>104.0</i>	<i>102.0</i>	<i>96.0</i>	<i>99.0</i>

FUENTE: *Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71.*

23 por ciento en el período 1952-57, para recuperarse parcialmente entre los años 1957-59 en un 3.1 por ciento. (Véase el cuadro 3.)

Los índices de producción agropecuarios, mineros e industriales (importantes sectores de la economía que son además los más significativos en relación con la demanda de agua), presentaron una tendencia evolutiva desigual. En la misma década de los años cincuenta, mientras el primer sector creció en total un 12 por ciento, los otros decrecieron un 27 y un 12 por ciento respectivamente, no obstante el aumento de un 25 por ciento que registró la población.

Un aspecto digno de mención en el cuadro de la economía del país en la misma época es la insuficiencia del ahorro interno, que no alcanza siquiera a cubrir anualmente las necesidades de reposición por depreciación de los bienes de capital. Así, por ejemplo, aunque el coeficiente de inversión neta (relación entre la inversión interna—deducida la depreciación de los bienes de capital existentes— y el producto nacional) fue de un 5.5 por ciento en 1958, el ahorro nacional alcanzó tan sólo a un equivalente de 19 millones de dólares, mientras el saldo negativo del balance de pagos superó los 31 millones de dólares.⁶ Esta deficiencia ha alcanzado severamente a servicios públicos como el agua potable y la energía eléctrica.

Tales resultados están relacionados con la etapa de transición correspondiente a los cambios estructurales que el país ha experimentado en los últimos años, como la nacionalización de minas y la reforma agraria.

Antes de enumerar los principales sectores de la producción y sus características sobresalientes, conviene señalar que, hasta 1961, no existía en Bolivia un plan de desarrollo económico general, sino sólo algunos planes fraccionarios para determinados sectores y regiones del país. Sólo en julio de ese año el Supremo Gobierno aprobó el Plan de Desarrollo Económico y Social, que fue preparado por

la Junta Nacional de Planeamiento con la colaboración del Grupo Asesor CEPAL/DOAT/FAO.

Se define en él en forma integral la magnitud y la orientación de los esfuerzos que deberá realizar el país en los próximos diez años en procura de un crecimiento rápido y persistente que, por otra parte, satisface también las metas señaladas por la Alianza para el Progreso.

El Plan, relativamente ambicioso, contempla hasta 1971 el crecimiento de la producción nacional a una tasa media anual de 8.3 por ciento (5.8 por ciento por habitante) desglosada así: 9.1 por ciento anual en el quinquenio 1962-66 y 7.5 por ciento anual en el de 1966-71 (6.4 y 4.9 por ciento por habitante, respectivamente).⁷

Esas también son las hipótesis de crecimiento económico que se emplearon en este estudio para determinar las demandas de agua.

Las fuentes básicas de información de que se dispone en el país para estudios de esta índole son susceptibles de error, importante en algunos casos. Por esta razón se ha tenido gran cuidado en comprobar las cifras y en utilizar sólo las que parecen razonablemente fidedignas.

1. Agricultura

De una superficie total de 106.89 millones de hectáreas, se considera que 23.6 millones (22.1 por ciento) son aptas para actividades agropecuarias, 44 millones corresponden a la superficie forestal y el saldo sería inutilizable.⁸ Sin embargo, sólo unas 670 000 hectáreas (como el 3 por ciento de las primeras) están realmente ocupadas con cultivos anuales o permanentes, el resto corresponde a praderas

⁷ Para mayores detalles sobre la situación económica de Bolivia y su evolución en los últimos años, véase Junta Nacional de Planeamiento. Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71.

⁸ Existen otras estimaciones que difieren de la anterior. Por ejemplo, en el Censo Agropecuario de 1959 (Dirección Nacional de Estadística-Ministerio de Hacienda) se registra la información de 80 000 respuestas que suman 32.7 millones de hectáreas de "propiedades" agrícolas, que sin lugar a duda comprenden terrenos forestales y otros no utilizables.

⁶ Véase Junta Nacional de Planeamiento, Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 1962-71.

y la segunda guerra mundial. (Véase de nuevo el cuadro 3.)

Como corresponde a su incipiente desarrollo está orientada principalmente a la producción de alimentos, vestuario y otros bienes menores de consumo. Se estima que los dos primeros rubros concentran el 80 por ciento del capital invertido en todo el sector. El valor de la producción alimenticia representó en 1958 más del 25 por ciento de la de toda la producción manufacturera. En el primer grupo industrial citado la producción de bebidas reviste importancia por requerir agua de buena calidad y la industria azucarera necesita también bastante agua. En cambio, la mollienda de cereales casi no necesita de ese elemento. En el segundo grupo las industrias textiles requieren agua para blanquear y teñir.

Siguen en importancia en cuanto a volumen de producción las industrias del cemento y vidrios, tabacos, químicas y farmacéuticas, gráficas, mecánicas, de la madera, de materiales de construcción, de goma y diversas.

Incluyendo a la artesanía, la industria contribuye con un 11 por ciento al producto bruto y da ocupación a casi el 8 por ciento de la población activa del país.

Sin embargo, cabe señalar que las instalaciones manufactureras en la mayoría de los rubros anotaban niveles de utilización de sus instalaciones muy reducidos en 1960 generalmente comprendidos entre un 30 y un 50 por ciento.

Las industrias manufactureras se encuentran principalmente en La Paz, aunque también existe alguna actividad de ese tipo en Cochabamba, Oruro, Santa Cruz y Sucre.

Los ingenios azucareros que se encuentran próximos a la ciudad de Santa Cruz, emplean agua subterránea (Guavirá 22 l/seg y La Bélgica 15 l/seg); hay asimismo otras industrias en Cochabamba y Sucre que también se abastecen de agua del mismo origen. Las dos fábricas de cemento que existen (Viacha y Sucre) emplean métodos que requieren muy poca agua.

El Plan de Desarrollo contempla para el período 1958-71 un aumento de la producción: en las industrias alimenticias, de 100 por ciento, en las no alimenticias de consumo, de un 125 por ciento, y en las de manufacturas de uso intermedio, de un 230 por ciento, para que el sector en conjunto aumente su participación relativa en el total del producto nacional desde 11.3 por ciento (1958) a 13.4 por ciento (1971).

Por la naturaleza del crecimiento industrial que se prevé para la próxima década cabe esperar que sólo habrán dos o tres actividades de consumo mediano de agua (azúcar y productos químicos principalmente) y que la localización será bastante diversificada.

5. Electricidad

La generación de energía eléctrica en 1960 fue de 125 kWh por habitante, valor que es muy inferior al promedio de América Latina, estimado en 330 kWh. Por el contrario, si la comparación se efectúa tomando la cantidad de energía eléctrica por unidad del producto bruto interno, esa generación aventaja al promedio regional (1.25 kWh por dólar en Bolivia contra 0.90 aproximadamente en la región). Este último resultado, consecuente con el reducido valor de la producción nacional, refleja el consumo de electricidad en la actividad minera que insume más del 40 por ciento del total del país.

La capacidad instalada alcanzó ese mismo año a poco

más de 125 MW; de ella un 71 por ciento era hidroeléctrica. La capacidad termoeléctrica puede subdividirse a su vez en la generada con motores diesel (90 por ciento), y la generada a vapor (10 por ciento), que requiere más agua.

Mientras otros sectores de la producción —y así se ha visto en la industria— presentan márgenes de capacidad no utilizada y son por tanto susceptibles de un mayor aprovechamiento inmediato, los sistemas eléctricos tienen una capacidad muy inferior a las necesidades del país. Los servicios públicos hacen frente a esta situación de dos modos principales: negándose a aceptar nuevos clientes (o limitando severamente la magnitud de su demanda) y efectuando racionamientos mediante cortes del suministro de energía y/o bajas de voltaje y frecuencia. Se estimaba que el déficit de la capacidad de los servicios públicos, excluidas las ciudades de La Paz y Oruro, era del orden del 70 por ciento en 1961, considerando una prudente capacidad de reserva.

No es que no existan en Bolivia recursos naturales convenientes. Por el contrario, los hidroeléctricos, principalmente, son amplios y no han sido aprovechados aún ni siquiera en un uno por ciento. Además, los que se encuentran en el altiplano y los valles son en general de aprovechamiento económico.

La falta de una legislación adecuada y serias deficiencias de organización institucional en este campo, han provocado graves problemas a la economía del país, a través de una política de tarifas desacertada, que ha entorpecido el financiamiento de la expansión de los sistemas y distorsionado la estructura del consumo.

Con centros de pequeña demanda, y separados entre sí por una topografía muy irregular, los sistemas eléctricos se han desarrollado independientemente, con las consecuencias económicas poco favorables inherentes a su reducida magnitud. Sin embargo, de acuerdo con los planes y programas existentes, mediante la construcción del proyecto hidroeléctrico de Corani se integrarían, en un solo sistema de 500 km de desarrollo más o menos, las ciudades de Cochabamba, Oruro, Potosí, Sucre, otras poblaciones próximas y la zona minera respectiva, interconectándose las centrales correspondientes. De ese modo se complementarán ventajosamente las plantas hidráulicas de pasada y de embalse, y las térmicas, tanto para mejorar la seguridad del conjunto como para obtener una operación más económica.

En general el crecimiento previsto de la capacidad instalada se hará fundamentalmente a base de centrales hidroeléctricas, exceptuando el abastecimiento de los centros aislados en los llanos del norte, para lo que se prevé centrales diesel eléctricas, lo mismo que para pequeñas poblaciones del Altiplano, algunas minas y determinadas industrias, a las que, por razones técnicas, les conviene la autogeneración térmica como la industria del azúcar, que quema su propio bagazo. Se determinó que las metas del Plan de Desarrollo exigen, del conjunto de los sistemas de servicio público, un crecimiento en promedio, de 8.3 por ciento acumulativo anual, para la década 1960-70, aunque la intensidad de este crecimiento resulte distinta en cada sistema.

Una ley completa de servicios eléctricos como las que existen en otros países latinoamericanos (Perú, Chile, etc.), es indispensable para asegurar un desarrollo normal de la energía eléctrica en armonía con las otras actividades del país.

C. IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA ECONOMIA

Si bien Bolivia tiene importantes recursos hidráulicos —y muchos se conocen muy poco o nada todavía— su distribución geográfica y estacional a lo largo del año es excepcionalmente irregular. Basta considerar ese hecho, junto a la circunstancia de que el sector agropecuario es con amplísimo margen el que más contribuye en valor a la producción nacional, para comprender que las actividades económicas y sociales dependen grandemente de la disponibilidad del agua.

Algunas cifras permitirán fijar los verdaderos alcances de esta afirmación. Del total del capital fijo nacional calculado en un equivalente de 947 millones de dólares para 1960, puede estimarse que como mínimo unos 54 millones corresponden a obras hidráulicas, es decir, la relación de éstas con el total es de más o menos el 6 por ciento, debiendo aclararse que el riego se realiza en una elevada proporción con obras rústicas de bajísima inversión, pero que continuamente demandan mucho trabajo para su mantenimiento. (Véase el cuadro 4.) Si bien el resumen publicado del Plan de Desarrollo,¹⁰ no indica las inversiones previstas en obras de riego y en defensa contra inundaciones en los próximos años, la magnitud relativa de las otras inversiones proyectadas en obras hidráulicas permite pensar que esa relación puede subir a 7 por ciento, o algo más, para 1971.

Ya se vio que el Plan de Desarrollo prevé un incremento de 57.4 por ciento en la superficie cultivada y un 37.9 por ciento en el número de cabezas de ganado. También la productividad media por hectárea deberá elevarse en 17 por ciento. Del incremento de superficie cultivada 140 000 hectáreas corresponden a las regiones relativamente secas del Altiplano (76 000) y los Valles donde la agricultura normalmente necesita del riego algunos meses del año. Además, sobre las mismas regiones gravita casi enteramente el aumento señalado para la productividad media.

En los Valles los rendimientos son susceptibles de apreciables incrementos si los cultivos cuentan con la cantidad necesaria de agua y en el momento oportuno, como es capaz de otorgar el riego con embalses de regulación estacional.

Reconociendo que en el Altiplano son varios los factores que determinan una baja productividad, hay márgenes apreciables de mejoramientos conjuntos que hacen justificable económicamente, la implantación del riego en muchas zonas. También en los Llanos del sur el riego puede desempeñar un papel preponderante en la producción agropecuaria.

¹⁰ Única fuente disponible al redactar el presente informe.

Cuadro 4

BOLIVIA: CAPITAL FIJO EN OBRAS HIDRAULICAS ESTIMADO PARA 1960

	Millones de dólares	Porcentaje sobre el total en obras hidráulicas
Agua potable y alcantarillado	15	27.8
Abastecimiento industrial y de minas	4	7.4
Centrales hidroeléctricas	19	35.2
Riego	13	24.1
Canalizaciones y defensas de ríos	3	5.5
<i>Total</i>	54	100.0

En el proceso de urbanización el abastecimiento de agua potable es indispensable, así como la disponibilidad de un curso de agua, para la eliminación fácil de las servidas y residuales. La concentración urbana ha crecido en los últimos 10 años a un ritmo promedio de 3.3 por ciento anual, previéndose para los próximos 10 que ese ritmo aumente a 3.6 por ciento. La población urbana pasaría así de 1.10 a 1.55 millones de habitantes en los años sesenta.

Para apreciar la magnitud del problema que plantearán los servicios de agua potable y alcantarillado en ese mismo período téngase en cuenta que más del 84 por ciento de la población (1960) carece del primero y que el 90 por ciento no dispone del segundo, con el agregado de que en gran parte los existentes no son satisfactorios ni por la cantidad ni por la calidad del agua suministrada.

El Plan de Desarrollo encara este problema mediante un vigoroso programa de saneamiento, que incluye la construcción de múltiples obras para abastecimiento de agua y eliminación de residuos cloacales, en forma tal que en 10 años se habrá algo más que duplicado la capacidad actual de los servicios.

Por otra parte, conviene señalar la importancia que tiene en el país el agua para el laboreo de las minas y concentración de minerales, así como para numerosas actividades e industrias que no se abastecen de las redes de servicio público; tal es el caso de la explotación y refinación del petróleo, la producción térmica de electricidad, industrias textiles y de bebidas, etc., que en conjunto consumieron (1960) como un 75 por ciento más de agua que la entregada a los servicios de agua potable en todo el país. Con los programas de ampliación de esas actividades previstas por el Plan de Desarrollo, su total duplicará las necesidades de agua.

En Bolivia los recursos hidráulicos han desempeñado siempre un papel muy importante en el abastecimiento de energía eléctrica, pues han cubierto, con ligeras fluctuaciones temporales, entre el 80 y 86 por ciento de la generación total del país y entre el 94 y 98 por ciento de la producción de los servicios públicos. En América Latina, sólo en El Salvador, Costa Rica y el Brasil, los potenciales hidráulicos participan en proporción tan elevada para el abastecimiento total de las necesidades eléctricas. Considérese, sólo con fines de comparación, que para sustituir en Bolivia la producción hidroeléctrica por térmica en 1960 se habrían consumido más de 150 000 toneladas de petróleo (con los rendimientos usuales actualmente en América del Sur), y que esa cantidad representaba entonces como un tercio de la producción total de YPF B.

El Plan de Desarrollo prevé una importante adición a la capacidad generadora que se estima en 145 MW hasta 1970, de los cuales como el 90 por ciento correspondería a centrales hidroeléctricas.

Debe recordarse que Bolivia dispone de importantes potenciales hidroeléctricos muchos de los cuales son, por sus características, de aprovechamiento muy económico en relación con el promedio regional para la magnitud de los proyectos usuales hoy en el país.

Una utilización intensa y racional de los potenciales hidroeléctricos combinados con los recursos petroleros (inclusive el gas natural) sería la base de una política en materia de energía acorde con las metas económicas y sociales previstas por el Plan de Desarrollo.

La navegación interior, si bien no ha adquirido aún la importancia que estaría llamada a tener, dispone de una red fluvial extensa, estimada en unos 10 000 km de longitud. Al norte del país los 3 sistemas principales (Mamoré, Beni e Itenez) con unos 4 000 km de recorrido, pertenecen a la cuenca del Amazonas, y cubren una zona en que no existe red de ferrocarriles ni de carreteras. En la parte oriental se tiene acceso al sistema del río de La Plata por intermedio de su afluente el Paraguay. Además de las vías fluviales, el lago Titicaca es ampliamente navegable. Dispone desde hace muchos años de un servicio regular de pasajeros y carga entre los puertos de Guaquí (Bolivia) y Puno (Perú).

Para vincular los sistemas navegables a las ciudades que se encuentran en su zona de influencia y principalmente a la red caminera principal del país, se encuentran en proceso de construcción (o en proyecto avanzado) numerosos caminos.

El Plan de Desarrollo considera además para la activación del comercio respectivo, importantes inversiones en equipos y materiales destinados a limpieza de los ríos, instalaciones fijas y transporte.

D. PLANIFICACION DEL SECTOR HIDRAULICO

Para una programación hidráulica adecuada se tropieza en muchos países de América Latina con la falta de información básica sobre las características de los recursos: series cortas de observaciones, falta de continuidad en los registros, carencia de mapas detallados con curvas de nivel, etc. Lamentablemente, Bolivia no constituye excepción en esta materia.

Un problema similar, pero menos intenso y cuya solución no requiere, como en el caso de las estadísticas hidrológicas, varios años de observaciones, es el que se plantea en la determinación de las demandas de agua para los distintos usos.

Un análisis permanente que relacione las modalidades del desarrollo económico y social con las demandas resultantes en el campo hidráulico, contribuiría a asentar el trabajo futuro sobre bases más sólidas.

Por la irregular distribución de las precipitaciones en su territorio, Bolivia presenta regiones, como la del centro y sur del Altiplano y en menor grado algunos valles (Cochabamba y Tarija, por ejemplo), en que el agua es escasa,

Finalmente, conviene mencionar, como aspectos negativos para la economía debidos a la acción del agua, las inundaciones y la erosión. Son graves las inundaciones que se registran periódicamente en el Altiplano, cerca de Oruro, y en los Llanos entre los ríos Beni, Mamoré e Itonamas, que se encuentran entre los paralelos 12° y 15° aproximadamente.

Simultáneamente con el control de las crecidas de los ríos en esta última zona, sobre todo, deberá abordarse el avenamiento de las tierras llanas y bajas. La desecación de muchos pantanos interesa no sólo desde el punto de vista de habilitación de tierras para la agricultura y ganadería, sino también para el saneamiento de extensas regiones (malaria, fiebre amarilla, etc.).

En diversas regiones del país (Altiplano, cuencas altas del Pilcomayo y Río Grande) la erosión presenta aspectos gravísimos originada muchas veces por perniciosas prácticas agrícolas y por la destrucción de la vegetación natural, provocando un empobrecimiento colectivo difícil o imposible de reparar. Hasta ahora no parece que haya sido tomada en el país ninguna medida para la conservación de cuencas.

extremándose esta situación entre los meses de abril a octubre, que representan medio año de virtual sequía. Por consiguiente, el agua es allí un factor limitativo serio para el desarrollo económico, y se requiere una atención especial de los organismos de planificación en la materia, para que pueda llegar a lograrse el mejor aprovechamiento de los recursos.

Para los fines del presente trabajo no pudieron establecerse balances integrales entre las necesidades de agua proyectadas al futuro y las disponibilidades del recurso hídrico, ni siquiera para las cuencas o subcuencas ubicadas en las zonas más secas antes señaladas. En consecuencia, no fue posible llegar a conclusiones concretas con respecto a las obras más recomendables en cada caso.

Conviene señalar sin embargo que la realización de esos balances, aunque sólo sea a grandes rasgos, es una tarea básica para la correcta planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, al más bajo costo en conjunto, recurriendo en lo posible al empleo de obras con fines múltiples.

E. FINANCIAMIENTO

Un análisis somero de las metas y cifras que registra el Plan de Desarrollo, complementadas con algunas estimaciones realizadas directamente por la misión, permitieron preparar el cuadro 5. La primera columna registra el capital fijo que existía en el país en 1960 en las diversas obras hidráulicas, expresado en porcentaje del capital fijo total de la nación, y la segunda presenta las inversiones que se espera realizar en aquéllas obras durante el período 1961-71, en porcentaje de las inversiones brutas totales del país. Aunque las dos columnas expresan conceptos diferentes¹¹

las cifras muestran una mayor importancia relativa de las obras hidráulicas, en los próximos años, en relación con el capital fijo nacional, aunque el incremento parezca modesto a la luz de la importancia que tendrá el adecuado empleo del agua en el desarrollo económico y social de Bolivia.

Por la importancia que reviste el riego para la agricultura en el país —excepción hecha de las regiones de los Llanos del Norte y en particular de los del Oriente—, hay una alta probabilidad de que las sumas destinadas a ese fin sean superiores a las adoptadas provisionalmente en este estudio. Es concebible suponer que para el futuro, a base de análisis y programas cada vez mejor elaborados, las in-

¹¹ No se homogeneizaron por falta de informaciones sobre el ritmo de depreciación del capital para los diversos rubros.

Cuadro 5

BOLIVIA: CAPITAL FIJO (1960) E INVERSIONES EN OBRAS HIDRAULICAS (1961-71)

	Proporción sobre el capital fijo nacional en diciembre de 1960 ^a	Proporción sobre la inversión bruta (1961-71) ^b
Agua potable y alcantarillado	1.6	2.0 ^c
Abastecimiento industrial y de minas	0.4	0.4
Centrales hidroeléctricas	2.0	2.5
Riego	1.4	(1.8)
Canalizaciones y defensas de ríos	0.3	(0.3)
<i>Total</i>	5.7	7.0

^a 947 millones de dólares.

^b Estimada en 1 293.5 millones de dólares.

^c La inversión considerada aquí es superior en un 30 por ciento aproximadamente, a la considerada en el Plan de Desarrollo por las razones que se indican en el capítulo II, y en el supuesto de que se abastezca con agua potable sólo al 90 por ciento de la población urbana. (Véase *infra*, cap. II, sección C.)

F. ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS

No parece existir en Bolivia una base jurídica adecuada que norme el aprovechamiento de los recursos hidráulicos en sus diversas aplicaciones. Aparentemente son poco adecuados los procedimientos para la concesión de mercedes de agua en las que no tiene ingerencia alguna la Junta Nacional de Planeamiento.

Además de anotar la necesidad de un código de aguas moderno, que reemplace las disposiciones legales dispersas y muchas de ellas anticuadas¹² de los códigos Civil y de Minas y del Decreto de la Reforma Agraria, se considera urgente la adopción de determinadas medidas administrativas y de organización, requeridas para formular y hacer viable un programa de desarrollo de los recursos hidráulicos. Se pueden citar, entre otros, como puntos principales en este aspecto: *a*) la asignación unívoca de labores ejecutivas y responsabilidades a los distintos organismos o reparticiones públicas por funciones específicas en el empleo del

¹² Leyes de 4 de noviembre de 1874 y 28 de noviembre de 1905 y decretos supremos de 26 de junio de 1896, 17 de febrero de 1902 y 17 de octubre de 1902.

G. DISPONIBILIDAD GENERAL DE INFORMACION

Varios organismos internacionales, extranjeros y nacionales, así como empresas privadas, especializadas en diferentes materias, han investigado los recursos hidráulicos de Bolivia con distintos grados de acuciosidad y con resultados también diversos. Aunque se ha realizado bastante trabajo en este campo, los resultados obtenidos dejan mucho que desear en relación con los esfuerzos hechos.

Estas investigaciones han tenido variados objetivos y los informes correspondientes y las experiencias logradas no siempre se han publicado oportunamente ni han llegado a conocimiento de todas las instituciones, gubernamentales o privadas, que podían haber sacado provecho de ellas. Ello ha aparejado cierta falta de orientación en los trabajos emprendidos; en algunos casos, superposiciones de labor, y en otros, la pérdida de informaciones valiosas.

versiones asociadas al aprovechamiento del agua eleven considerablemente su participación, aproximándose tal vez al 10 por ciento de las inversiones brutas totales.

Las conclusiones y recomendaciones que se presentan en los capítulos siguientes de este informe proporcionan la base para orientar decisiones de ese tipo. Se han procurado destacar los aspectos que más interesan a los organismos de planificación económica y social con el objeto de que dispongan de las informaciones requeridas para enmendar rumbos en determinados aspectos, o intensificar su acción en otros.

Como, por una parte, el sector público controla ya alrededor del 45 por ciento del producto bruto interno, y el Plan de Desarrollo postula aumentar aún más esa participación fiscal en la producción, y por otra, las características propias de las obras hidráulicas, que son obras de infraestructura, representan una elevada densidad de capital, es obvio esperar que las inversiones provendrán del presupuesto nacional en un elevado porcentaje.

Probablemente sólo en el sector de la hidroelectricidad, el capital privado participa en un grado significativo para el financiamiento de esas obras.

agua; *b*) el fortalecimiento de la capacidad de esos organismos —legal, económica, técnica, etc.— para cumplir adecuadamente las labores encomendadas y *c*) la creación de un Centro Coordinador de Recursos Hidráulicos encargado de la formulación de la política general en esta materia y de la integración de las actividades de los organismos ejecutivos. En el capítulo correspondiente se hacen las recomendaciones detalladas para una acción inmediata.¹³

Por otra parte, cabe señalar la importancia especial que tienen para el país los aspectos legales relacionados con los ríos y lagos de carácter internacional y la necesidad de investigar sus características y posibilidades de aprovechamiento con el fin de tomar iniciativas y participar oportunamente en los respectivos proyectos de desarrollo.

Como se indica más adelante, se considera de urgente necesidad la obtención de los servicios de un experto en legislación hidráulica que estudie las posibles incompatibilidades y defectos de las disposiciones vigentes, y prepare las bases de un código de aguas.

¹³ Véase *infra*, capítulo VIII.

La recolección sistemática y la evaluación de todo el trabajo ya ejecutado en el país puede contribuir enormemente al logro de una sana política nacional sobre los recursos hidráulicos. Algunas reparticiones de la administración pública, debidamente seleccionadas, podrían realizar esta tarea, bajo la dirección general de la Junta Nacional de Planeamiento. Un resumen de esa labor sería:

a) Juntar todos los antecedentes, estudios, informes, resoluciones, etc., relativos a recursos hidráulicos realizados hasta ahora; y los que se hagan en el futuro irlos agregando a esa colección;

b) Clasificar este material de acuerdo con diferentes temas, cuencas y usos del agua;

c) Mantener un índice central, abarcando todas las actividades sobre recursos hidráulicos;

- d) Hacer una evaluación de todo el material reunido, y
- e) Mantener informados a todos los organismos interesados en las distintas materias, sobre las actividades correspondientes.

De este modo, cualquier institución o experto que en el futuro realice estudios o investigaciones, tendrá a la mano toda la información existente, facilitándose grandemente su labor. Esta clasificación sistemática ayudaría también a planificar nuevas investigaciones y proyectos en el vasto campo del aprovechamiento del agua, y permitiría hacer rápida comparación con el trabajo ya ejecutado.

1. Antecedentes básicos

Además de las estadísticas meteorológicas e hidrológicas, se necesita mucha información técnica para la evaluación de proyectos y formulación de programas integrales para el desarrollo de cuencas. Sin embargo, la mayor parte de esas informaciones no existen en los organismos y reparticiones bolivianas relacionadas con los recursos hidráulicos.

Muchos proyectos sobre riego, energía hidroeléctrica, etc. deberán revisarse cuando se obtengan los datos correspondientes. Hay muy poca información en materia de fotografías aéreas y levantamientos cartográficos generales, hidrología, recursos superficiales y subterráneos de agua, geología, análisis de suelos, erosión, sedimentación, hidrografía, análisis sobre la calidad de las aguas, sismología, etc., para realizar evaluaciones adecuadas de los recursos correspondientes.

Aparte los organismos públicos y privados que realizan observaciones hidrometeorológicas e hidrológicas, y que son objeto de un examen detallado en los capítulos correspondientes, conviene pasar revista aquí, brevemente, a la disponibilidad general de otros antecedentes básicos y los organismos encargados de su investigación.

2. Agua subterránea

A pedido del gobierno, la Oficina de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas destacó al experto señor B. Hudson en 1957 para realizar investigaciones sobre disponibilidad de agua subterránea en determinadas regiones del país en que el recurso superficial es insuficiente para las necesidades del suministro urbano o riego. Se creó entonces una repartición pública que desde 1959 pasó a depender de la Corporación Boliviana de Fomento con el nombre de "Servicio de Agua Subterránea de la CBF". Cuenta en la actualidad con 5 sondas rotatorias y 10 vehículos, como equipo de trabajo.

Hasta 1961 el "Servicio" había perforado 107 pozos, la mayoría de ellos en el valle de Cochabamba, región de Santa Cruz y el Chaco. Estando obligado a autofinanciarse, no le ha sido posible efectuar investigación hidrogeológica, aunque esa labor se considera muy necesaria para el país.

Muy poco más, fuera de la información —reducida aún— correspondiente a la experiencia de esta oficina, puede encontrarse en Bolivia sobre esta materia; tal vez en una repartición del ejército, y en poder de dos o tres perforadores privados que actuaban independientemente hasta la creación del "Servicio".

3. Hidrografía

En diciembre de 1960 se creó por un Decreto Supremo la Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía, pero en

realidad no se disponen aún sino de unas pocas indicaciones hidrográficas generales, contenidas en los informes de los expertos de las Naciones Unidas, señores Merlin y Krauss, quienes navegaron el Ichilo y el Mamoré en ese año, y recogieron breves referencias sobre los otros sistemas fluviales mayores.

Sobre la importancia de las labores hidrográficas que deberá cumplir la institución antes citada y la organización que conviene darle para el éxito de sus tareas se habla más adelante.¹⁴

4. Análisis de aguas

Sólo el Servicio Interamericano de Salud en Cochabamba tiene un departamento encargado de realizar algunos análisis sobre las características físicas, químicas y bacteriológicas de las aguas destinadas al suministro urbano. Sin embargo, su efectividad práctica es muy relativa, pues la mayoría de los sistemas de agua potable carecen en Bolivia de plantas de tratamiento y, dados los medios de transporte disponibles, probablemente transcurre mucho tiempo para que los análisis bacteriológicos sean significativos entre la toma de las muestras en una ciudad, y su entrega al laboratorio en Cochabamba.

5. Erosión y sedimentación

No hay en el país organismo o reparticiones que sean responsables de efectuar observaciones o ejercer control sobre problemas de erosión y sedimentación. Se recomienda en el lugar pertinente¹⁵ la creación de una sección encargada de estos problemas, en todos sus aspectos.

6. Aerofotografía e interpretación

La fotografía aérea se ha utilizado en Bolivia hasta hace poco casi exclusivamente en relación con la prospección magnetométrica que realizan las empresas petroleras privadas. Con esas tareas se ha cubierto la parte del país que se extiende desde la región de Santa Cruz, por el este, hasta las estribaciones orientales de la Cordillera Real, y desde la zona del Ichilo-Mamoré, hasta Sucre, por el sur.

El Instituto Geográfico Militar del Ministerio de Defensa Nacional, con la asistencia del ejército norteamericano (*Interamerican Geodetic Service*) está realizando un extenso programa de aerofotogrametría. Su trabajo está coordinado con el de las compañías petroleras privadas, que han puesto a disposición del Instituto los levantamientos (*foto-films*) realizados por ellas. El Instituto tiene el plan de cubrir el total del territorio nacional incluyendo la confección de mapas con líneas de nivel.

El Fondo Especial de las Naciones Unidas realizaba un amplio relevamiento aerofotográfico en 1962 en la zona comprendida entre Cochabamba, Sucre y Potosí, dentro de un plan de prospección minera.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos también está ejecutando algunas investigaciones aerofotográficas en su programa de prospecciones geofísicas.

No obstante toda esa colaboración y la ayuda norteamericana actual, el Instituto, con el bajísimo presupuesto anual de que dispone —25 000 dólares— sólo podrá terminar el plan que tiene en ejecución a 25 años plazo. En otras palabras, es pequeñísima, en relación con la magnitud del

¹⁴ Véase *infra*, capítulo VI.

¹⁵ Véase *infra*, capítulo VII.

territorio nacional, la disponibilidad de antecedentes cartográficos detallados, que se limitan a unas pocas zonas del país.

7. *Análisis de suelos*

En el examen de varios proyectos de riego se pudo comprobar que se carecía de información adecuada sobre las calidades de los suelos. Las investigaciones pertinentes deben cubrir, además de la composición del suelo y sus características físicas —estructura, porosidad, permeabilidad, reacciones, etc.— aspectos tan importantes como: *a*) disponibilidad nutritiva para los cultivos; *b*) resistencia efectiva

a la erosión; *c*) adecuada humedad para satisfacer las necesidades de agua de las plantas por las lluvias y por el riego; *d*) aireación hasta una profundidad conveniente para el desarrollo adecuado de las raíces; *e*) ausencia de sustancias químicas adversas, etc.

8. *Sismología*

Aparentemente, sólo en el observatorio de San Calixto de La Paz (Orden de los Padres Jesuitas) existe un sismógrafo en operación. Se destaca su importancia por ser el único en una gran extensión distante centenares de kilómetros de otros observatorios similares.

Capítulo I

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

A. LA HIDROMETEOROLOGIA EN BOLIVIA

1. Datos disponibles

Las observaciones sistemáticas de precipitación comenzaron en el año 1942 con la creación del Servicio Meteorológico, aunque se debe señalar que con anterioridad se efectuaban ya observaciones en algunos lugares, siendo las más antiguas las de La Paz, Sucre, las Barreras, Incachaca, Apolo, etc. El registro de La Paz, que es el más largo, se extiende desde 1891.

La cantidad de estaciones de todo tipo, cuyas observaciones se hallan en los anuarios meteorológicos, ha oscilado continuamente, pudiéndose observar en el cuadro 6 cómo varió esta cantidad desde el año 1945 hasta 1959. Los valores publicados son algo irregulares, pues en ciertas estaciones no aparecen las observaciones de todos los meses, especialmente en las pluviométricas. Se nota también en algunas que los días observados no corresponden al total de los del mes.

Conviene hacer un rápido análisis de datos a base de las estaciones que aparecen en los anuarios de los últimos años y algunas otras que se destacan por su importancia. Aunque al total que se toma en cuenta podrían agregarse otras, éstas no operan actualmente, o sus registros son muy reducidos y su valor se ha estimado de poca utilidad. Se puede tener una primera distribución al observar su número y la densidad que tienen, por departamentos. (Véase el cuadro 7.)

Las mayores densidades se registran en los departamentos de Cochabamba con 0.67 estaciones por cada 1 000 kilómetros cuadrados. Siguen luego La Paz y Oruro, ambos

Cuadro 6

BOLIVIA: ESTACIONES SINOPTICAS, CLIMATOLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS, 1945-59

Año	Estaciones sinópticas	Estaciones climatológicas	Estaciones pluviométricas	Total
1945		62	46	108
1946		74	52	126
1947	33	34	31	118
1948	30	37	42	109
1949	29	38	91	158
1950	35	30	109	174
1951	30	45	67	142
1952	29	33	53	115
1953	29	31	57	117
1954	30	35	47	112
1955	30	37	50	117
1956	30	28	50	108
1957	34	38	49	121
1958	32	49	31	112
1959	23	46	42	111

FUENTE: Anuarios meteorológicos.

Cuadro 7

BOLIVIA: DENSIDAD POR DEPARTAMENTOS DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Departamento	Superficie (miles de km ²)	Número de estaciones	Densidad por 1 000 km ²
Beni	213.6	10	0.05
Cochabamba	55.6	37	0.67
Chuquisaca	51.6	11	0.21
La Paz	134.0	38	0.28
Oruro	53.6	15	0.28
Pando	63.8	1	0.02
Potosí	118.2	27	0.23
Santa Cruz	370.6	24	0.06
Tarija	37.6	8	0.21
Total	1 098.6	171	0.16

con 0.28, y Potosí, con 0.23. No es de extrañar, al observar el cuadro citado, en un país en que la población se distribuye muy desigualmente y en que hay grandes zonas con escasa población, que la distribución de estaciones sea también desigual.

Un segundo análisis puede efectuarse considerando las densidades en las grandes cuencas hidrográficas. (Véase el cuadro 8.) La más favorecida es la que corresponde a los Lagos Titicaca, Poopó y Coipasa, que tiene una densidad de 0.39 estaciones por cada 1 000 kilómetros cuadrados. Siguen luego las cuencas de los ríos Bermejo, con 0.33, Pilcomayo con 0.25, Mamoré con 0.23, Beni con 0.14, etc.

Todos los valores obtenidos son sensiblemente bajos y, por lo tanto, hay grandes extensiones con carencia absoluta de datos de precipitación. Esta situación se agrava al considerar los registros, pues muchos son de pocos años de extensión.

Cuadro 8

BOLIVIA: DENSIDAD POR CUENCAS DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Vertiente Cuenca	Superficie (miles de km ²)	Número de estaciones	Densidad por 1 000 km ²
Amazonas Beni	175	25	0.14
Acre y Abuna	27	1	0.04
Mamoré	264	60	0.23
Guaporé	278	11	0.04
Plata Paraguay	94	3	0.03
Pilcomayo	98	25	0.25
Bermejo	12	4	0.33
Interna Titicaca	89	35	0.39
Uyuni	61	7	0.11
Total	1 098	171	0.16

Desde el punto de vista hidrológico es también un grave problema la ausencia casi total de pluviógrafos.

La disponibilidad de datos mejora algo en algunas pequeñas zonas en Cochabamba, pero aún en ellas no se alcanza el mínimo aconsejable para realizar estudios hidrológicos de valor, pues por tratarse de una zona de topografía muy irregular, con innumerables valles y quebradas, no es extraño que existan valores locales de la precipitación. Zonas montañosas como son los Yungas en el departamento de La Paz y los valles en los departamentos de Chuquisaca y Tarija requieren igualmente mayor densidad de estaciones que la requerida en el Oriente y en el Altiplano.

Finalmente, para apreciar en general la extraordinaria deficiencia de datos de precipitación existente bastará decir que corresponde a todo el país una estación cada 6400 kilómetros cuadrados, o sea una densidad de 0.16 estaciones por cada 1000 kilómetros cuadrados.

2. Distribución geográfica de la precipitación

Los estudios realizados hasta ahora sobre la precipitación son anteriores al año 1948, y por tal motivo los registros considerados han sido en general de pocos años de observación. Con el objeto de presentar un panorama general lo más ajustado posible a la realidad, utilizando la información hasta ahora obtenida se ha efectuado un análisis. Del examen de los datos, surge la conclusión de que el análisis de la precipitación con la información disponible hasta ahora no puede ser en manera alguna definitiva y la mayor acumulación de datos que se efectúe podrá modificar los resultados aquí obtenidos, aunque se considera que no afectarán las características generales de la distribución geográfica, sino más bien a pequeñas zonas y a la distribución anual de reducidos porcentajes.

Con el fin de uniformar las observaciones consideradas, se ha tomado un período básico desde 1945 hasta 1959. Sólo 30 estaciones tienen sus registros completos en ese lapso. Algunos otros se han homogenizado a ese período y otros meramente se han considerado como simple guía. Cabe hacer notar que en algunos registros en que han faltado observaciones aisladas se ha tratado de estimar su valor, cuando ello ha sido posible.

Se ha procurado salvar las lagunas que se han presentado en zonas de datos escasos con la ayuda de la orografía a base de curvas de nivel y el conocimiento de los desplazamientos de masas de aire, frentes y vaguadas sobre el territorio boliviano.

También se han requerido datos de todos los países limítrofes de las zonas cercanas a las fronteras, para poder dar mejor orientación a las isoyetas y al mismo tiempo como confrontación de los datos de Bolivia. Teniendo en cuenta todos estos factores han sido trazadas las isoyetas anuales medias para el período estudiado. (Véase el mapa 2.) Su examen sugiere algunas consideraciones y también es posible la justificación en la disposición de las isoyetas.

Los valores más bajos de todo el país aparecen en el sudoeste del Altiplano. Aunque las estaciones en esa región son escasas, no es difícil precisar que su extremo sudoeste tiene precipitaciones inferiores a los 100 milímetros. El menor valor determinado es Chiguana, con 84 milímetros. En esta zona las isoyetas se orientan de noroeste a sudeste y aumentan progresivamente de valor hacia el noreste.

Casi todo el Altiplano tiene precipitaciones anuales medias inferiores a los 600 milímetros. Únicamente la zona

cercana al lago Titicaca registra valores mayores y en Copacabana supera los 900 milímetros.

Se nota luego, en general, una concentración de isoyetas en la región de los Valles, Yungas y Quebradas, teniendo éstas una orientación similar a la Cordillera y sus contrafuertes.

Varias causas contribuyen a la distribución de lluvias en el Altiplano y zonas adyacentes. El anticiclón del Pacífico sur impide el desplazamiento de sistemas frontales desde el oeste y la gran barrera que significa la cordillera de los Andes complementa su acción para evitar que lleguen desde el oeste y sur masas de aire que pudieran hacer un aporte de humedad de cierta importancia. En cambio, en la parte los desplazamientos frontales que pueden avanzar desde el sur por los llanos provocan el ascenso de masas de aire tropicales, ya sea por su propio desplazamiento o con la ayuda del relieve orográfico de los contrafuertes del este, para producir sobre éstos la condensación y precipitación de parte de su humedad y en menor cantidad en los bordes del Altiplano. Las mismas masas frías pueden ascender algo sobre aquéllos, especialmente cuando sus desplazamientos tienen un cierto componente del este. Es explicable de este modo el mayor aumento de la precipitación en las estribaciones cordilleranas, que especialmente se nota en los afluentes del río Grande.

La zona del lago Titicaca es el lugar de precipitaciones más altas del Altiplano. Puede explicarse este fenómeno por razones que actúan por separado o concomitantemente. El lago es una fuente de humedad extraordinaria a alturas en que las masas de aire no reciben normalmente ningún nuevo aporte. La alta radiación de los vientos, generalmente más fuertes que a niveles más bajos, deben originar una intensa evaporación del lago, favoreciendo la formación de masas nubosas que en algunas circunstancias precipitarán en zonas cercanas. También puede observarse que en la zona al noroeste del lago, la cordillera Oriental presenta, desde el nevado del Illampu hasta el nevado del Sunchulli en el extremo del nudo de Apolobamba, una pronunciada disminución en su altura que permite un mayor pasaje de masas tropicales portadoras de más humedad hacia esa zona cuando su desplazamiento es desde el norte o noreste.

En el sector norte, en la región de los Yungas, se aprecia una mayor concentración de isoyetas, con orientación noroeste-sudeste, desde las más altas cumbres hasta Rurrenabaque, por donde pasa la de valor 1800. Esta distribución general sobre las estribaciones no excluye la existencia de pequeños centros con precipitaciones mayores en los Yungas, como sería el caso de Sacramento Chico a los pies del Illimani, etc. y cuyos registros, de pocos años, tienen valores altos, pero no permiten aún definir sus promedios.

Las estribaciones de la cordillera Real hacia el norte facilitan el ascenso de las masas de aire tropical que avanzan con persistente dirección desde el sector norte, se elevan sobre ella condensando y precipitando gran parte de su humedad.

Es de extraordinario realce la gran concentración de isoyetas que se extiende en las faldas de la cordillera Real comenzando en el nevado Illampu y siguiendo hacia el sudeste hasta la zona de Tapacará, Quillacollo y Morochata, donde dicha concentración se ordena a lo largo de la cordillera de Cochabamba. De acuerdo con los datos existentes, es a los pies de esta última donde se producen las máximas precipitaciones del país. Todos Santos tiene

un promedio anual que supera los 2 800 milímetros, y su máximo anual es de 3 500, pero es muy posible esperar que cuando se intensifiquen las observaciones, se localicen lugares con valores más altos. Esto ya se insinúa en Villa Tunari, donde en 3 años de observación hay 2 que superan los 4 000 milímetros. Por otra parte, la favorable formación orográfica y la concurrente evolución del tiempo permiten anticiparlo así.

La cordillera de Cochabamba se yergue abruptamente frente a los Llanos Orientales, pues en un ancho de 50 kilómetros se eleva desde los 600 metros sobre el nivel del mar hasta una altura media de unos 4 000 metros. Semejante barrera obliga a las masas de aire que chocan contra ellas —con prevalente dirección del sector norte— a elevarse y precipitar gran parte de su humedad en una estrecha zona. Esta elevación se ve favorecida por los desplazamientos frontales del sur en la región oriental que al llegar a la zona de Santa Cruz sufren un marcado proceso estacionario, justamente a causa de la disposición que presentan la Cordillera Real y sus estribaciones. Se produce así al pie de la cordillera de Cochabamba un encajonamiento para todas las masas de aire que avanzan del sector norte, cuya única salida es el desplazamiento vertical.

Todas las extensas planicies del Oriente que comprenden los departamentos de Pando, el extremo norte de La Paz, y el Beni, al oeste del río Mamoré, puede decirse que tienen una precipitación anual bastante uniforme —alrededor de 1 800 milímetros—, y aunque toda una amplia zona entre las localidades de Cobija, Riberalta, Rurrenabaque y Santa Ana, que supera los 120 000 km², no posee una sola estación, dadas las muy uniformes características orográficas y las relativamente similares condiciones meteorológicas, no cabe esperar que la obtención de nuevos datos modifique sustancialmente esta descripción.

Desde esta región, desplazándose por los llanos hacia el sudeste, la precipitación promedia anual va disminuyendo, con la excepción de una zona que comprende Santa Cruz, Montero y la zona adyacente hacia el noreste. Los lugares de menor precipitación en el Oriente están localizados en la frontera con el Paraguay y puede decirse que parte de ella coincide con la isoyeta de 600 milímetros.

Es oportuno señalar que en el sector noroeste de los Llanos limitado por Puerto Ustare, El Carmen, Asunción, Concepción y San Ignacio de Velazco, con una superficie superior a los 100 000 kilómetros cuadrados, no existen estaciones pluviométricas. No sería extraño localizar allí, en el futuro, lugares con precipitaciones anuales superiores a los indicados por las isoyetas.

3. Variaciones de las precipitaciones

a) Anual

En el mapa 3 se ha dibujado para una serie de estaciones la distribución mensual de la precipitación con el fin de presentar sus características en todo el país. Fácil es apreciar el carácter eminentemente estacional de la misma y en toda la república se presentan dos períodos, uno más lluvioso, localizado en el verano, y otro con precipitaciones menores en el invierno.

Con el objeto de determinar ambos períodos se han calculado los cocientes pluviométricos según Angot. Su cálculo se efectúa dividiendo el promedio mensual porcentual de la precipitación por otro porcentaje mensual

teórico que supone una distribución uniforme de la precipitación a lo largo del año. Valores mayores que uno representan períodos más lluviosos; e inferiores a uno, menos lluviosos o sin lluvias.

Con estos valores se ha confeccionado el gráfico I, donde se agrupan las estaciones que pertenecen al Altiplano, a los Valles y Yungas y a los Llanos. Únicamente la isoyeta de valor uno fue trazada.

En el Altiplano la época lluviosa comienza a fines de noviembre y termina a fines de marzo, a excepción de la zona de Copacabana, en que continúa hasta mediados de abril. Se puede apreciar en el mapa 3 que el mes de más precipitación para esta zona es en general enero, pero en algunas estaciones puede ser diciembre y excepcionalmente febrero. En cambio, el mes con menor precipitación puede variar ampliamente y se tiene más bien un período de poca precipitación que suele abarcar desde abril a octubre o noviembre.

Los Valles y Yungas presentan una pequeña diferencia. Su época lluviosa empieza a fines de octubre, a excepción de la región de Cochabamba, Totorá y Aiquile, en que comienza a principios de noviembre. El final de esa época se presenta a mediados de abril en Apolo y en el resto es a fines de marzo (zona de Cochabamba, Totorá y Aiquile) o a principios de abril. El mes de mayor precipitación es enero, aunque en algunos lugares suele ser febrero. Aquí las precipitaciones mínimas mensuales se ubican principalmente en junio, pero también se encuentran desde mayo hasta agosto.

Los Llanos tienen características muy similares a los Valles y Yungas. El período lluvioso principia a mediados de octubre en la zona norte de Cobija, San Joaquín y Santa Ana y al sur, en el sector de Roboré y Puerto Suárez, y a fines del mismo mes en la zona central de Trinidad, Ascensión, Concepción y San Ignacio de Velazco. Su término sucede en los primeros días de abril, a excepción de la zona de Cobija en que es a mediados del mes. La mayor precipitación mensual (véase de nuevo el mapa 3) se produce en enero, pero en unos pocos casos también ocurre en diciembre o febrero. Los meses con menor valor son julio o agosto y excepcionalmente junio.

Como se ha dicho, el carácter estacional de las precipitaciones es evidente y con el objeto de valorar cuantitativamente esta característica se han calculado con respecto al total anual los porcentajes de la precipitación desde octubre a marzo y desde diciembre a marzo, por regiones (Altiplano, Valles, Llanos del norte y Llanos orientales). Para todo el país, más del 53 por ciento de la precipitación cae entre diciembre y marzo y más del 72 por ciento entre octubre y marzo.

El conjunto de estaciones del Altiplano presenta la mayor estacionalidad en la precipitación, ya que, en promedio, el 80 por ciento se produce de diciembre a marzo y el 90 por ciento de octubre a marzo. Los valores de las estaciones oscilan entre 72 y 90 por ciento para el primer período y entre 85 y 94 por ciento para el segundo.

El conjunto tomado para los Valles igualmente señala una marcada estacionalidad y los valores promedios dan 73 y 90 por ciento para los intervalos anteriores, estando los porcentajes particulares ligeramente distribuidos entre 67 y 78 y entre 84 y 95 respectivamente.

Los Llanos, en general, tienen una estacionalidad menor que los Valles y el Altiplano. Los del norte acumulan el 58 por ciento de la lluvia entre diciembre y marzo y el 78 por ciento entre octubre y marzo. Las estaciones tienen

porcentajes entre 51 y 61 por ciento para el primer lapso y entre 68 y 82 por ciento para el segundo.

Los Llanos orientales es la región con menor irregularidad en la precipitación, y por lo tanto, los porcentajes para los lapsos considerados son los menores, siendo los valores del promedio 53 y 72 por ciento, y para las estaciones individuales los extremos van desde el 48 hasta el 57 por ciento y entre el 64 y 77 por ciento, respectivamente. Se puede señalar que de las estaciones consideradas, Santa Cruz es la de precipitación más uniforme.

b) Mensual en torno a su promedio

La variabilidad de la precipitación mensual es normalmente más acentuada que la variabilidad anual y su estudio es necesario para considerar las posibilidades de aprovechamiento hidráulico. Con este fin y el de complementar el análisis de la precipitación anual se han volcado, en forma gráfica los totales mensuales para un período de 15 años que se ha tratado de uniformar entre 1945 y 1959 con el objeto de establecer comparación entre estaciones ubicadas en diferentes zonas. (Véase el gráfico II.) Además se han calculado las relaciones entre los menores y mayores valores mensuales con el promedio correspondiente. Como era dable esperar, estos coeficientes tienen en general ma-

yores amplitudes en las regiones más secas, y contrariamente son menores en las regiones más húmedas. Cabe apreciar las desviaciones que pueden esperarse en un mes con respecto a su valor promedio mensual.

En la zona más húmeda del país, ubicada en los Llanos al norte de la cordillera Real (mapa 3), Rurrenabaque puede considerarse como representativa de la misma. Los coeficientes citados extremos son 0.04 y 3.22, indicando que la precipitación mensual puede variar entre 4 y 322 por ciento del valor promedio. Esto sucede en los meses de agosto y septiembre que son los más secos y en los que siempre es posible esperar lluvia; aun en los más anormales existen precipitaciones de unos 15 milímetros.

En una región que puede ser clasificada climatológicamente como tropical, pero menos húmeda que la anterior, se encuentran las localidades de Cobija, Riberalta y Trinidad. En esa amplia zona que comprende casi todo el departamento de Beni y Pando la precipitación tiene una mayor irregularidad. Meses sin precipitación se han presentado en repetidas ocasiones desde junio a agosto y las oscilaciones extremas que ocurren también en ese lapso son 0 y 346 por ciento en Cobija, 0 y 510 por ciento en Riberalta y 0 y 636 por ciento en Trinidad.

En la más extensa de las zonas climáticas —la sabana

Cuadro 9

BOLIVIA: VALORES DE LA PRECIPITACION ANUAL Y DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR CORRESPONDIENTES EN ESTACIONES SELECCIONADAS

Estación	Período	Precipitación anual (milímetros)			Desviación estándar (por ciento)
		Media	Máxima	Mínima	
<i>Llanos del Norte</i>					
Cobija	1945-59	1 852	2 376	1 431	15.8
Guayaramerín	1945-59	1 636	2 065	950	15.4
Magdalena	1945-59	1 561	2 672	1 064	24.1
Riberalta	1945-59	1 765	2 093	1 164	13.4
San Borja	1945-59	1 801	2 513	1 341	17.0
San Joaquín	1945-59	1 735	2 183	1 453	10.7
<i>Promedio desviación estándar</i>					16.1
<i>Llanos Orientales</i>					
Concepción	1945-57	1 228	1 522	925	14.0
Puerto Suárez	1945-57	1 076	1 313	777	18.2
Roboré	1945-57	1 276	1 537	1 041	11.8
San José	1945-57	1 048	1 419	760	14.8
Santa Cruz	1945-57	1 362	1 800	1 060	15.4
<i>Promedio desviación estándar</i>					14.7
<i>Valles</i>					
Cochabamba	1945-59	493	683	362	15.5
Changolla	1945-59	645	851	508	15.1
Sucre	1945-59	694	915	505	17.1
Tarija	1945-59	629	954	423	22.9
Tomina	1945-59	472	651	335	18.7
Valle Grande	1945-59	821	1 336	463	33.6
<i>Promedio desviación estándar</i>					20.5
<i>Altiplano</i>					
Ayo Ayo	1945-59	363	530	217	22.2
Eucaliptus	1945-59	335	485	169	27.8
Patacamaya	1945-59	385	734	131	43.9
Pazña	1945-59	432	619	285	22.2
Río Mulatos	1945-59	181	513	15	68.5
Uyuni	1945-59	169	399	52	45.1
<i>Promedio desviación estándar</i>					38.3

ESTACION: RURRENABAQUE

LATITUD: 14° 28'

LONGITUD: 67° 35'

ALTURA: 227 m

Promedio anual: 1834 mm

Período considerado: 1946-1959

ESTACION: COBIJA

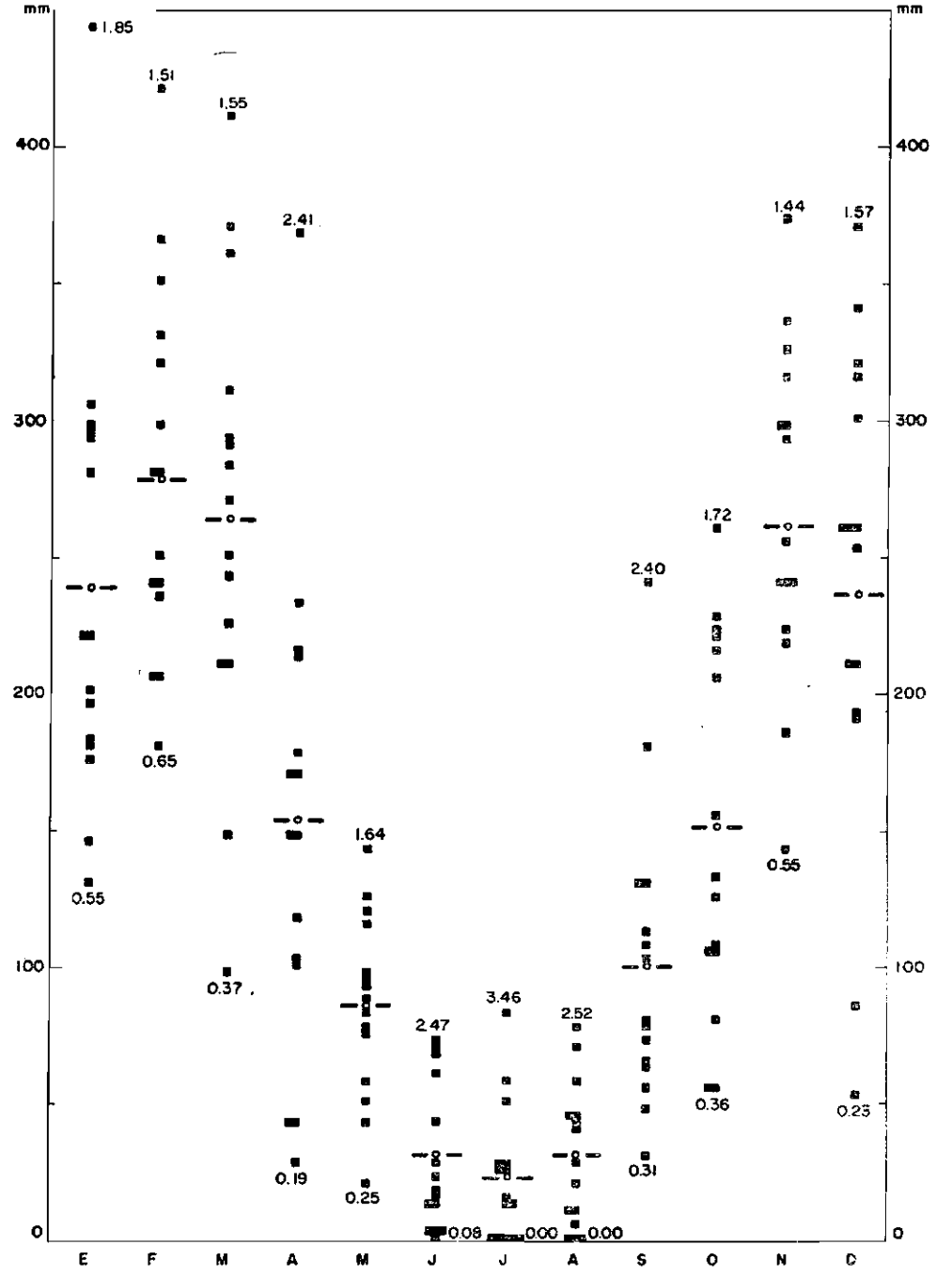
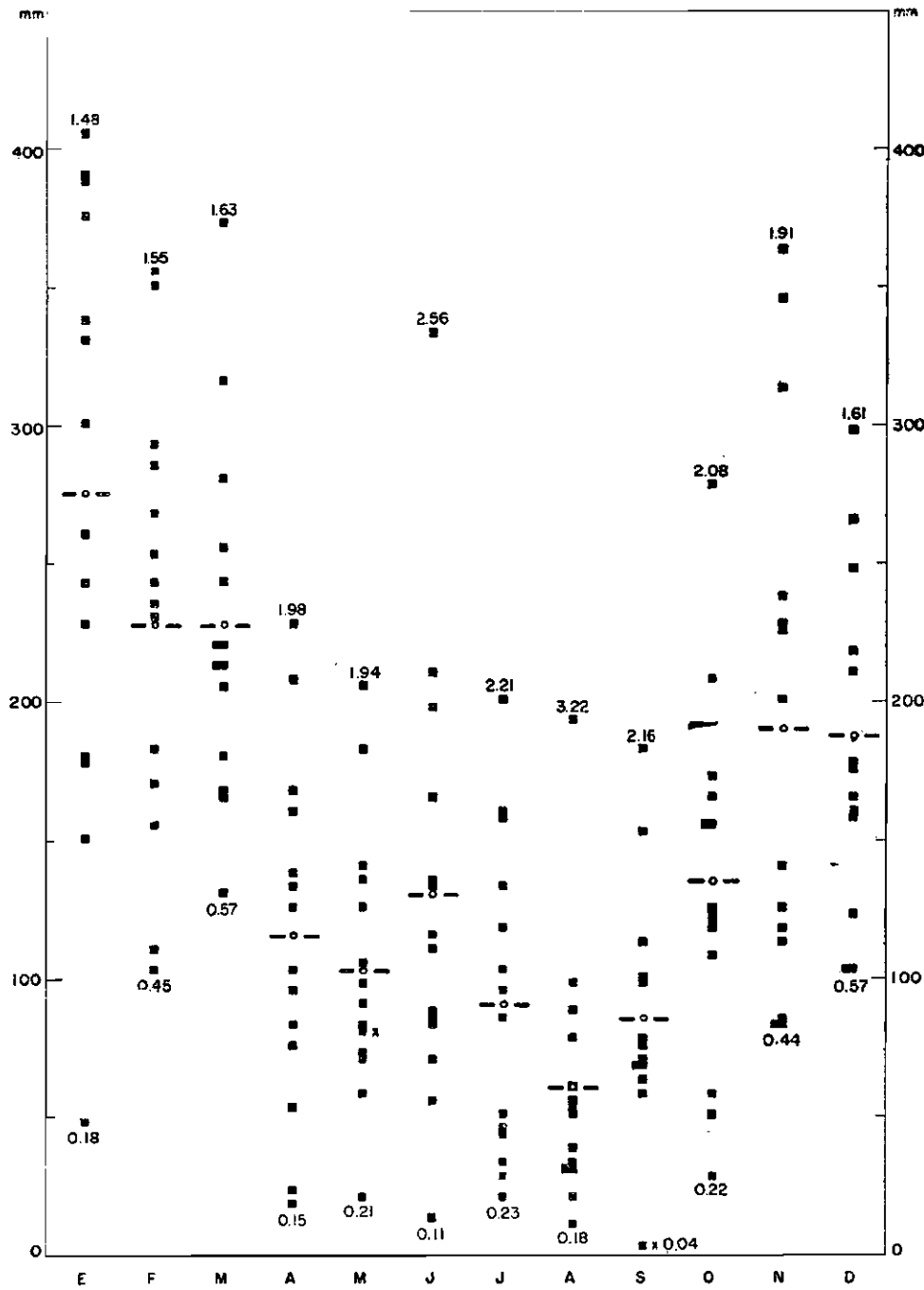
LATITUD: 11° 04'

LONGITUD: 68° 44'

ALTURA: 260 m

Promedio anual: 1852 mm

Período considerado: 1945-1959



II (Continuación)

BOLIVIA: DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN ESTACIONES SELECCIONADAS

ESTACION: RIBERALTA

LATITUD: 11° 00'

LONGITUD: 66° 05'

ALTURA: 172 m

Promedio anual: 1765 mm

Período considerado: 1945-1959

ESTACION: TRINIDAD

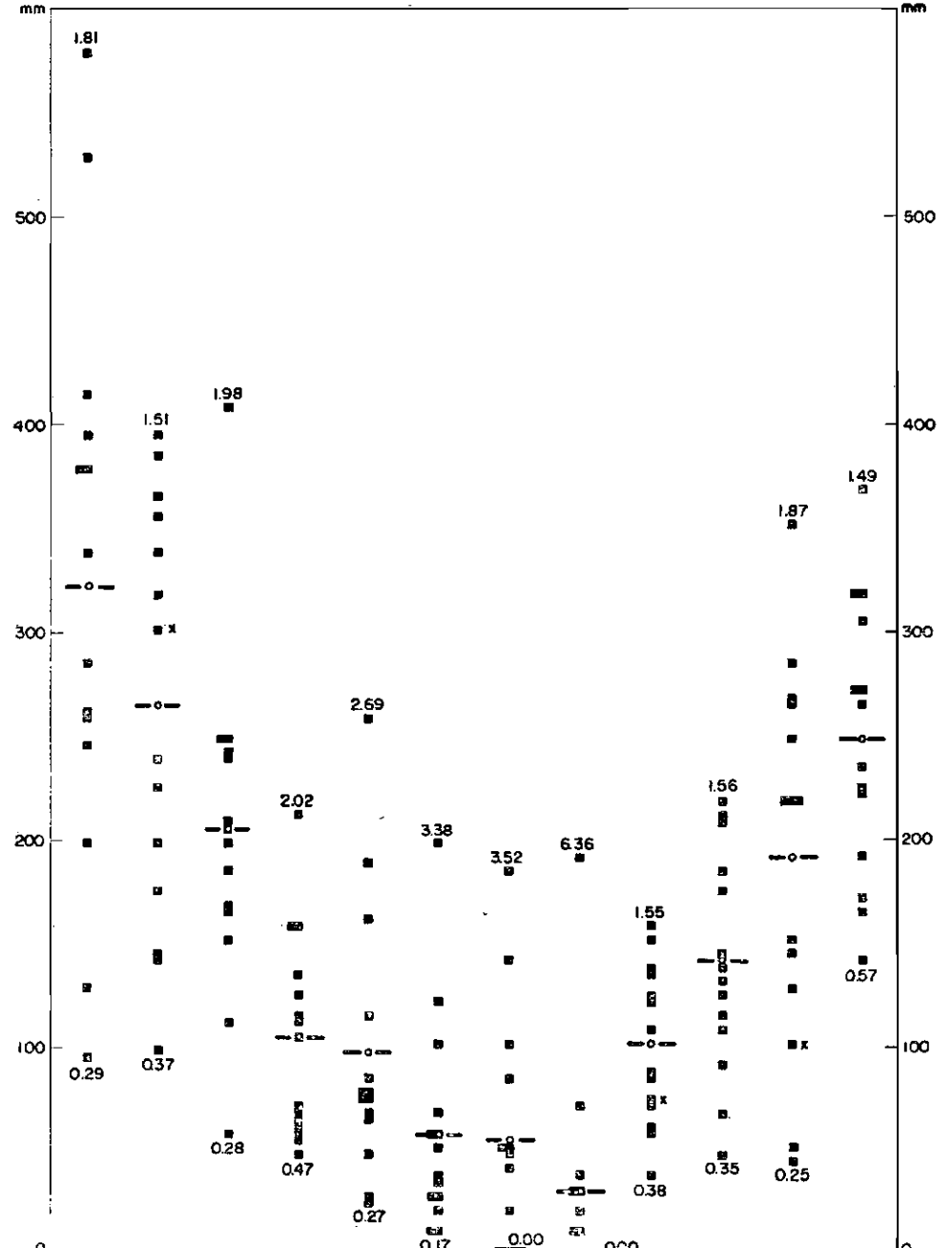
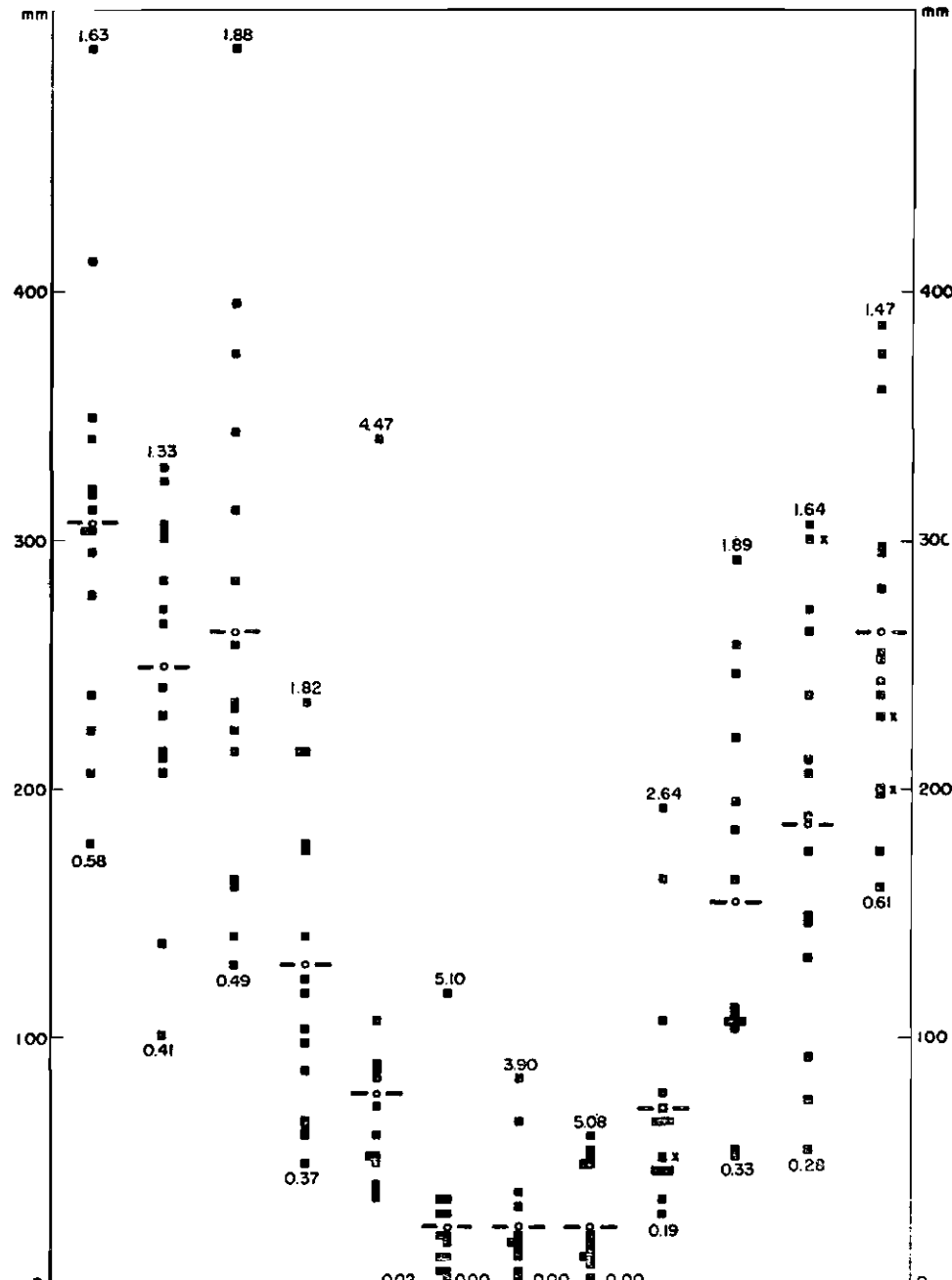
LATITUD: 14° 45'

LONGITUD: 64° 48'

ALTURA: 236 m

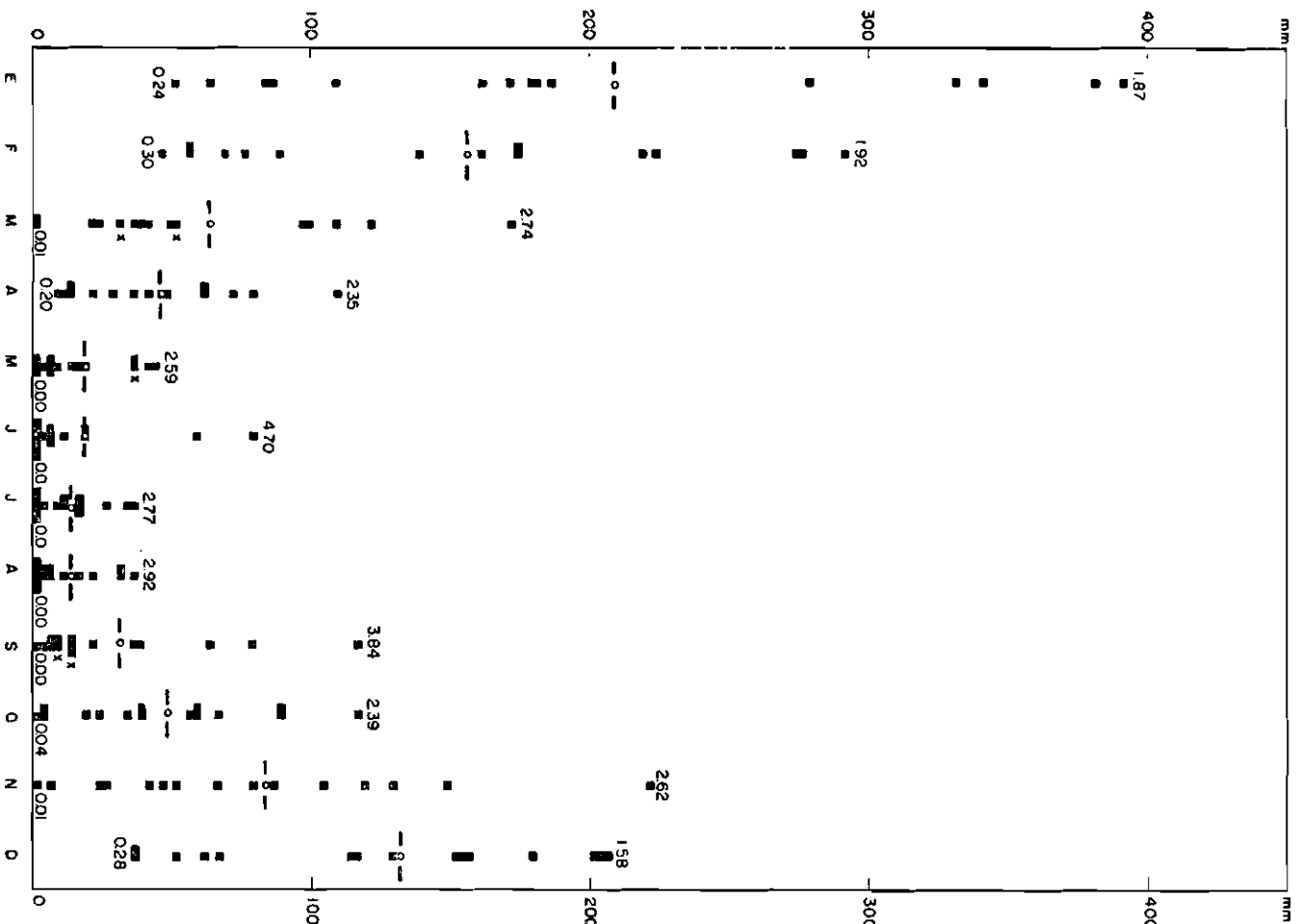
Promedio anual: 1812 mm

Período considerado: 1945-1958



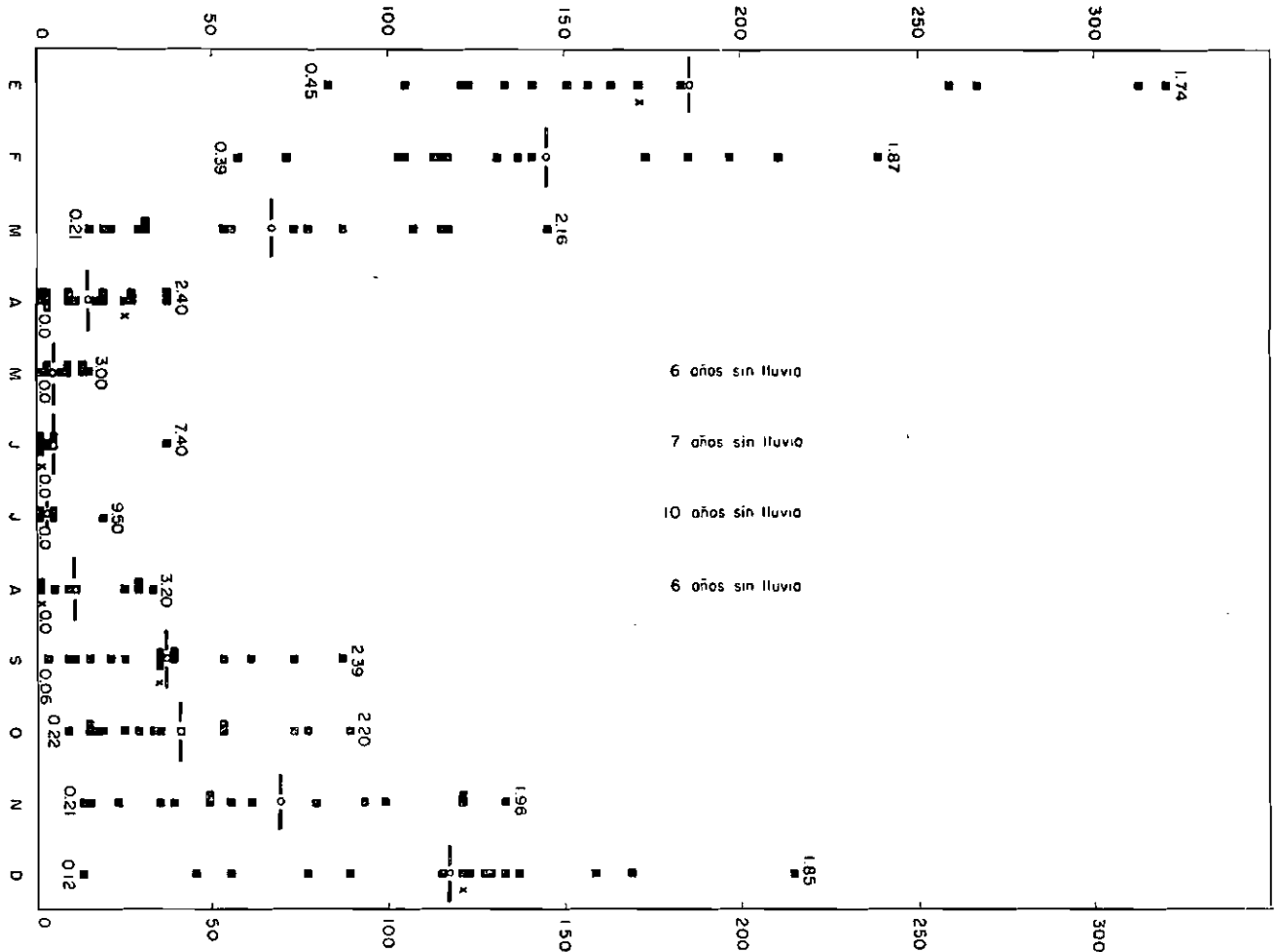
LATITUD: 18° 29'
 LONGITUD: 64° 06'
 Promedio anual: 821 mm
 Período considerado: 1945-1959

ALTURA: 2100 m



LATITUD: 19° 03'
 LONGITUD: 65° 16'
 Promedio anual: 694 mm
 Período considerado: 1945-1959

ALTURA: 2865 m



6 años sin lluvia
 7 años sin lluvia
 10 años sin lluvia
 6 años sin lluvia

II (Continuación)

BOLIVIA: DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN ESTACIONES SELECCIONADAS

ESTACION: COCHABAMBA

LATITUD: 17° 23'

LONGITUD: 66° 10'

ALTURA: 2558 m

Promedio anual: 493 mm

Periodo considerado: 1945-1959

ESTACION: LA PAZ

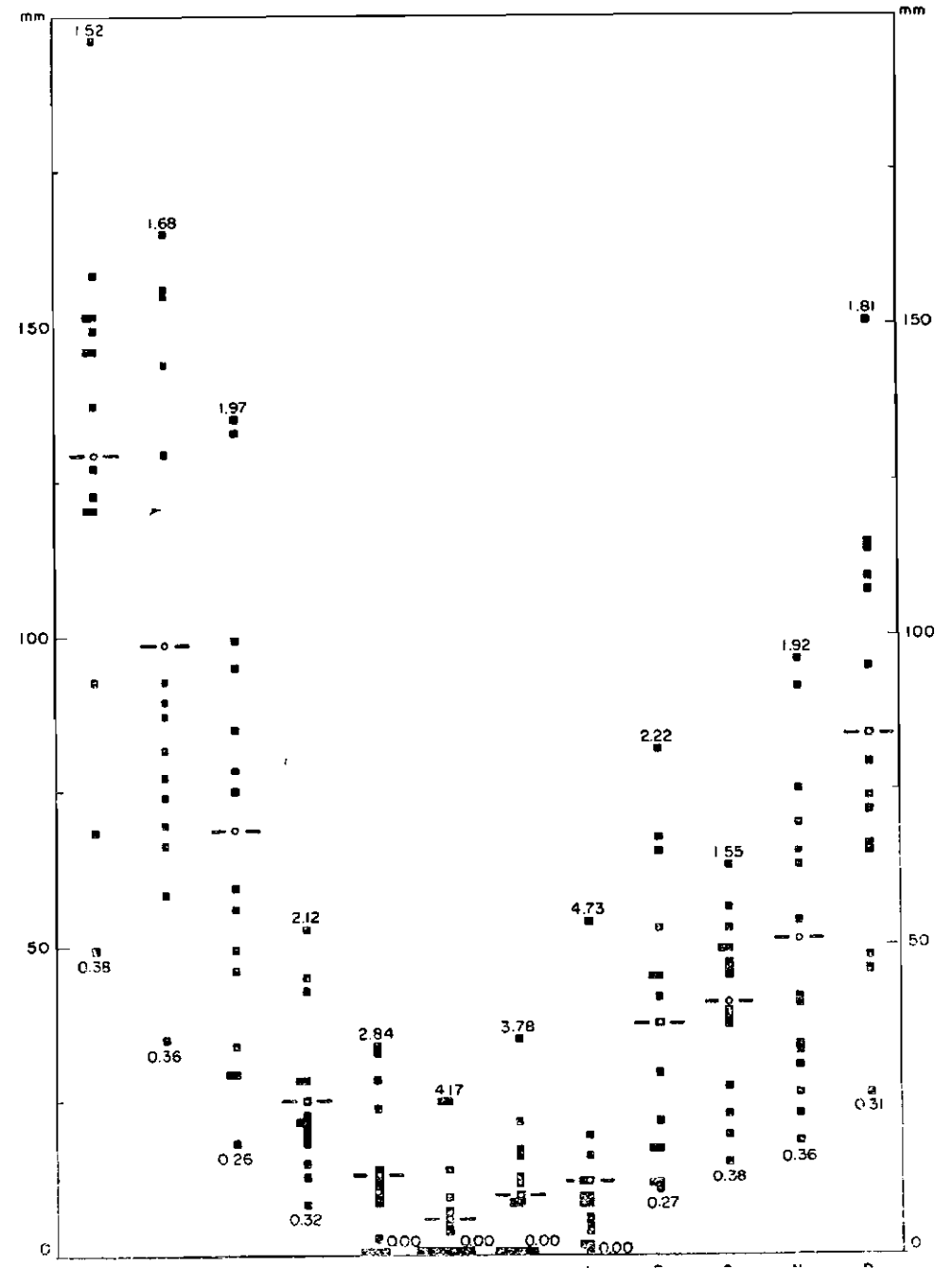
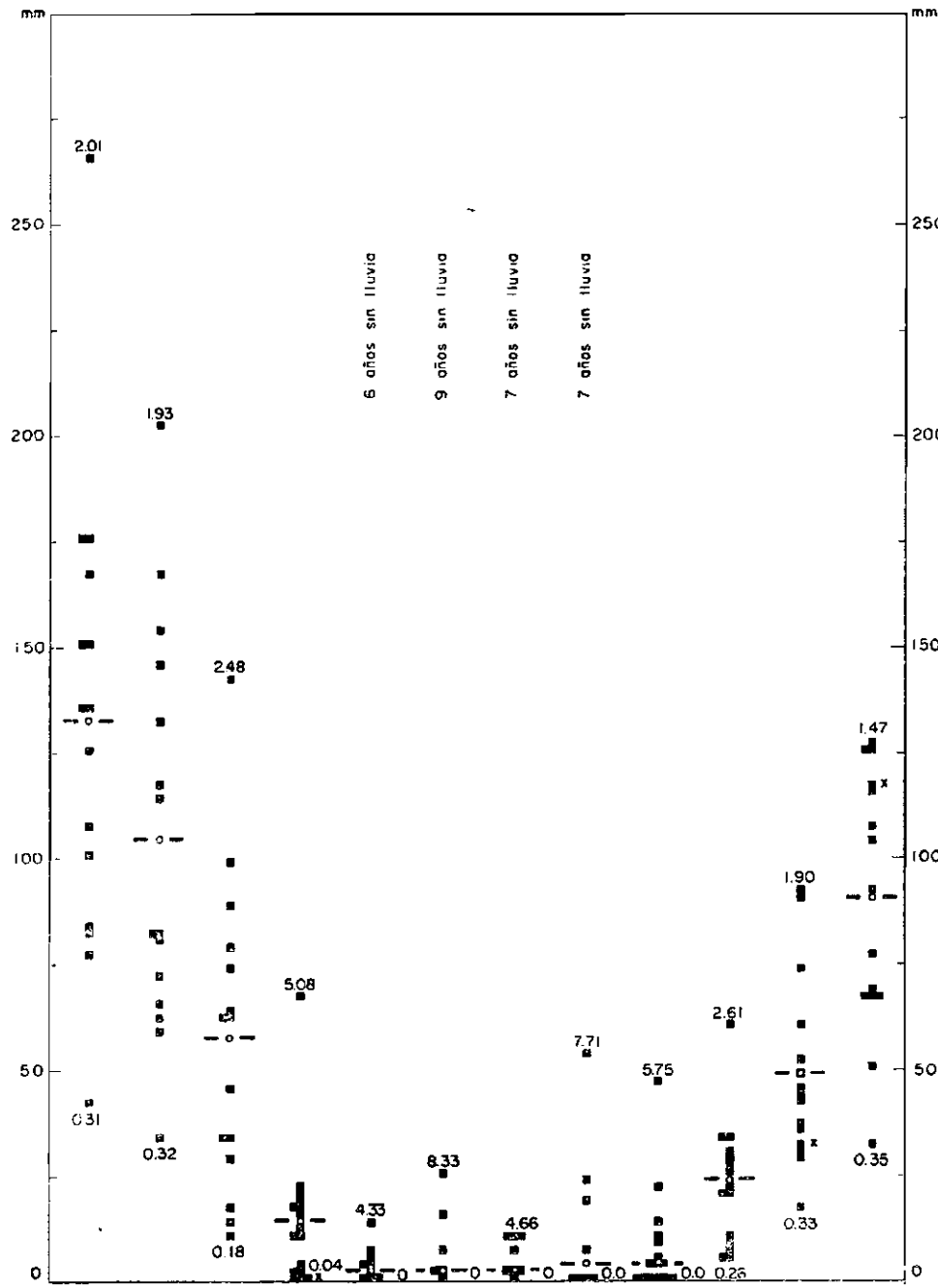
LATITUD: 68° 08'

LONGITUD: 16° 30'

ALTURA: 3658 m

Promedio anual: 568 mm

Periodo considerado: 1944-1953



ESTACION: ROBORE

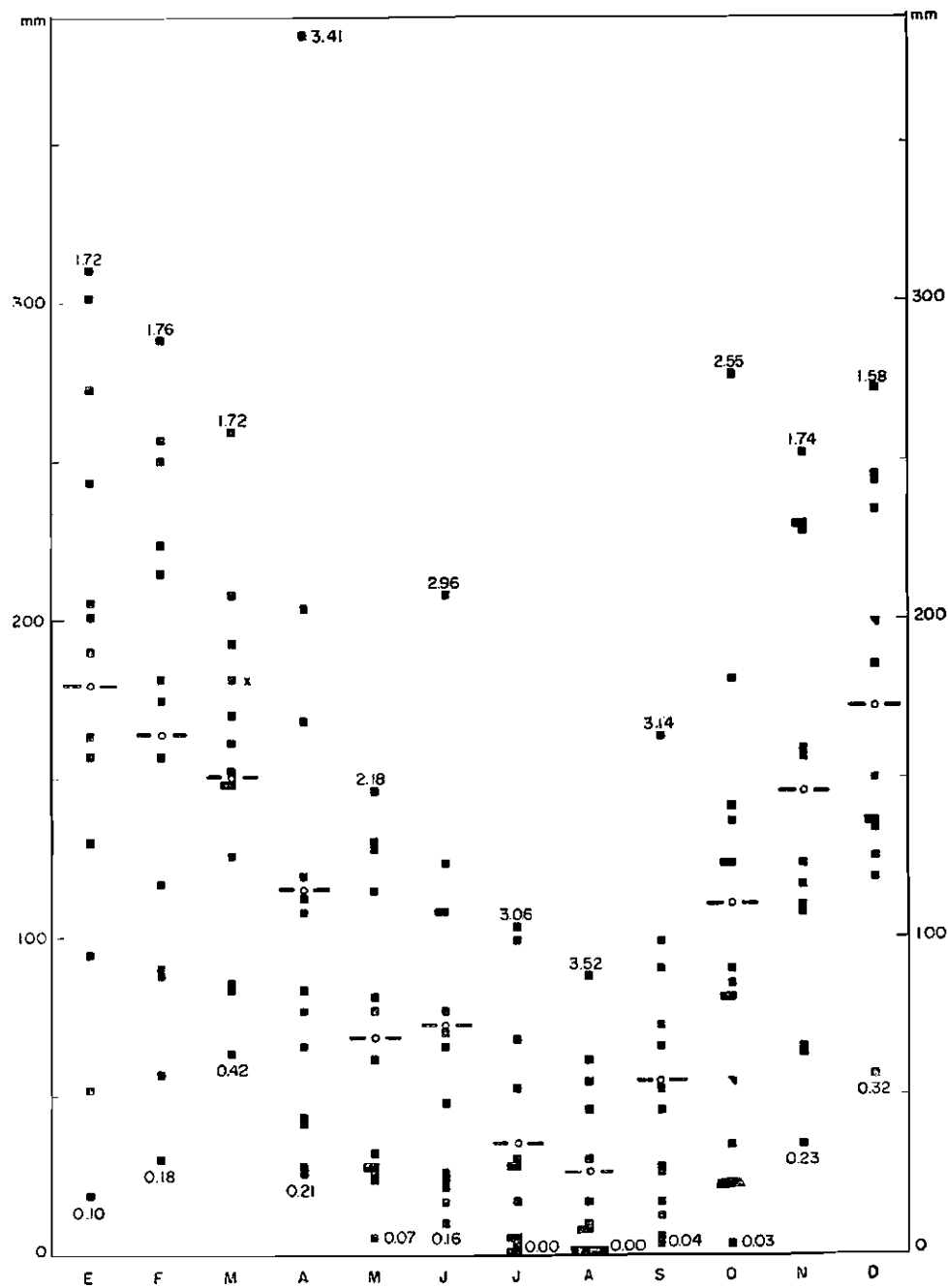
LATITUD: 18° 26'

LONGITUD: 59° 45'

ALTURA: 300 m

Promedio anual: 1276 mm

Período considerado: 1945-1957

**ESTACION: PUERTO SUAREZ**

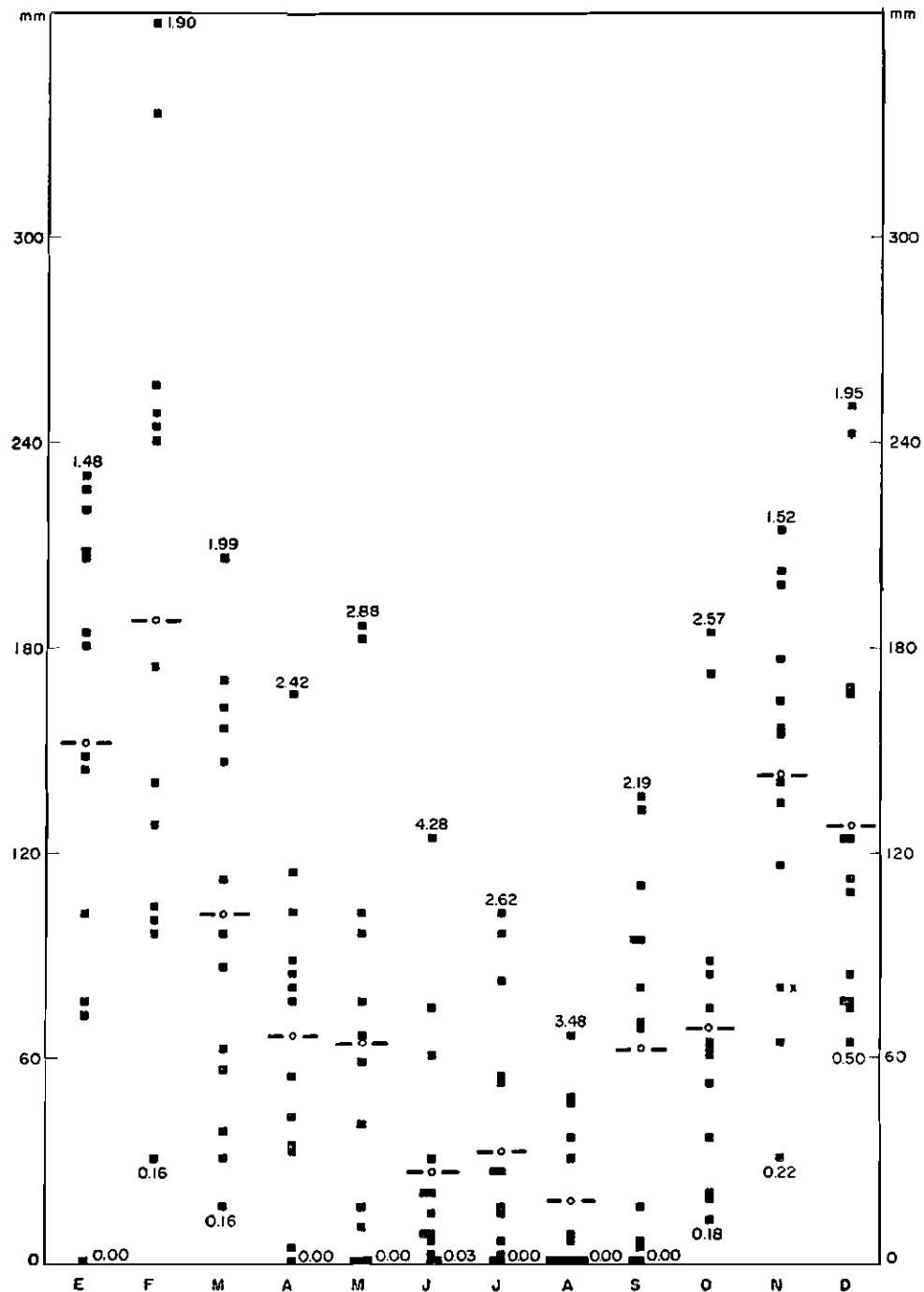
LATITUD: 18° 57'

LONGITUD: 57° 50'

ALTURA: 154 m

Promedio anual: 1076 mm

Período considerado: 1945-1957



BOLIVIA: DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION EN ESTACIONES SELECCIONADAS

ESTACION: SANTA CRUZ

LATITUD: 17° 46'

LONGITUD: 63° 11'

ALTURA: 437 m

Promedio anual: 1343 mm

Periodo considerado: 1944-1958

ESTACION: YACUIBA

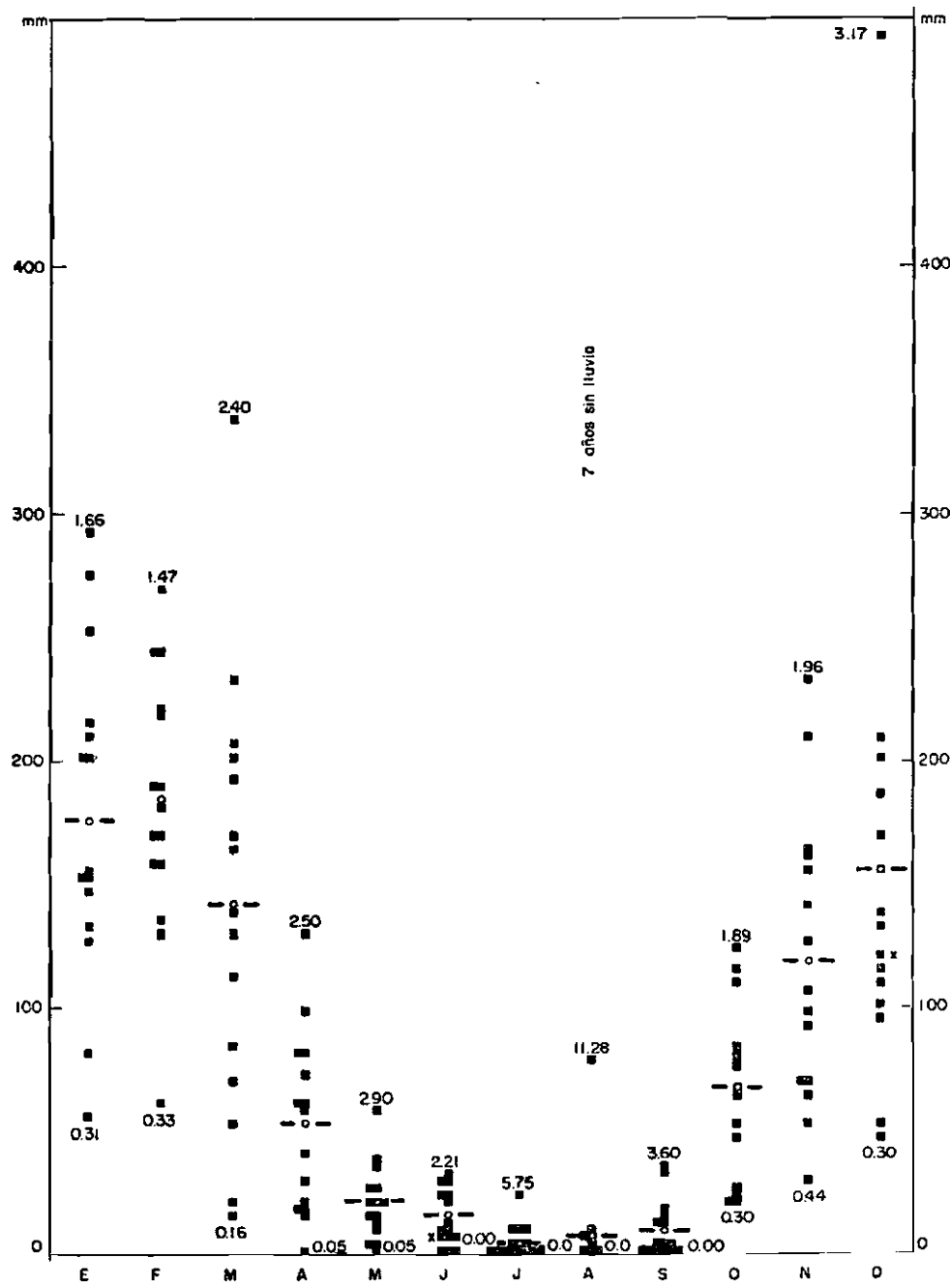
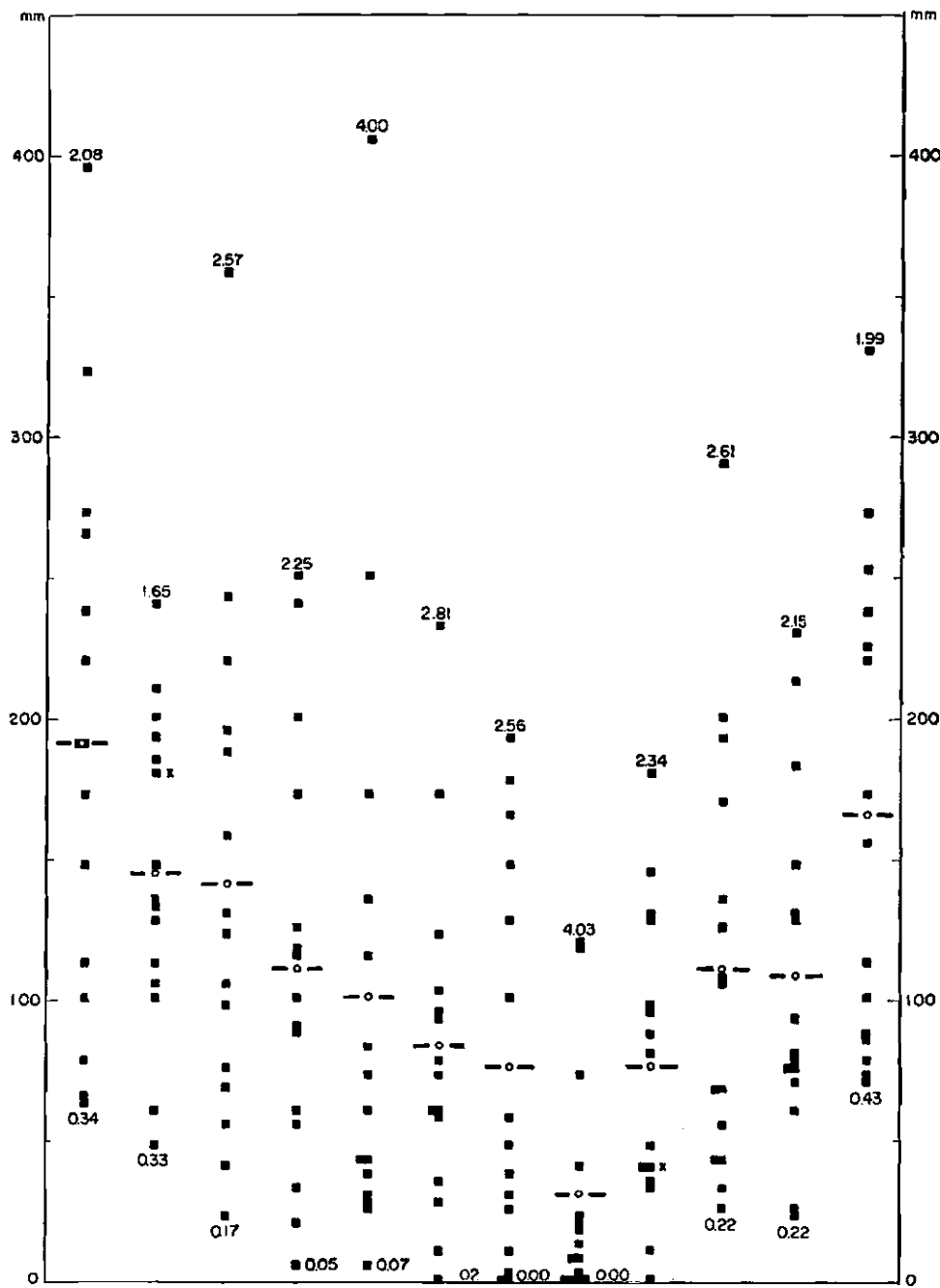
LATITUD: 22° 01'

LONGITUD: 63° 43'

ALTURA: 580 m

Promedio anual: 946 mm

Periodo considerado: 1945-1959



ESTACION: PAZÑA

LATITUD: 18° 36'

LONGITUD: 66° 55'

ALTURA: 3710 m

Promedio anual: 432 mm

Período considerado: 1945-1959

ESTACION: UYUNI

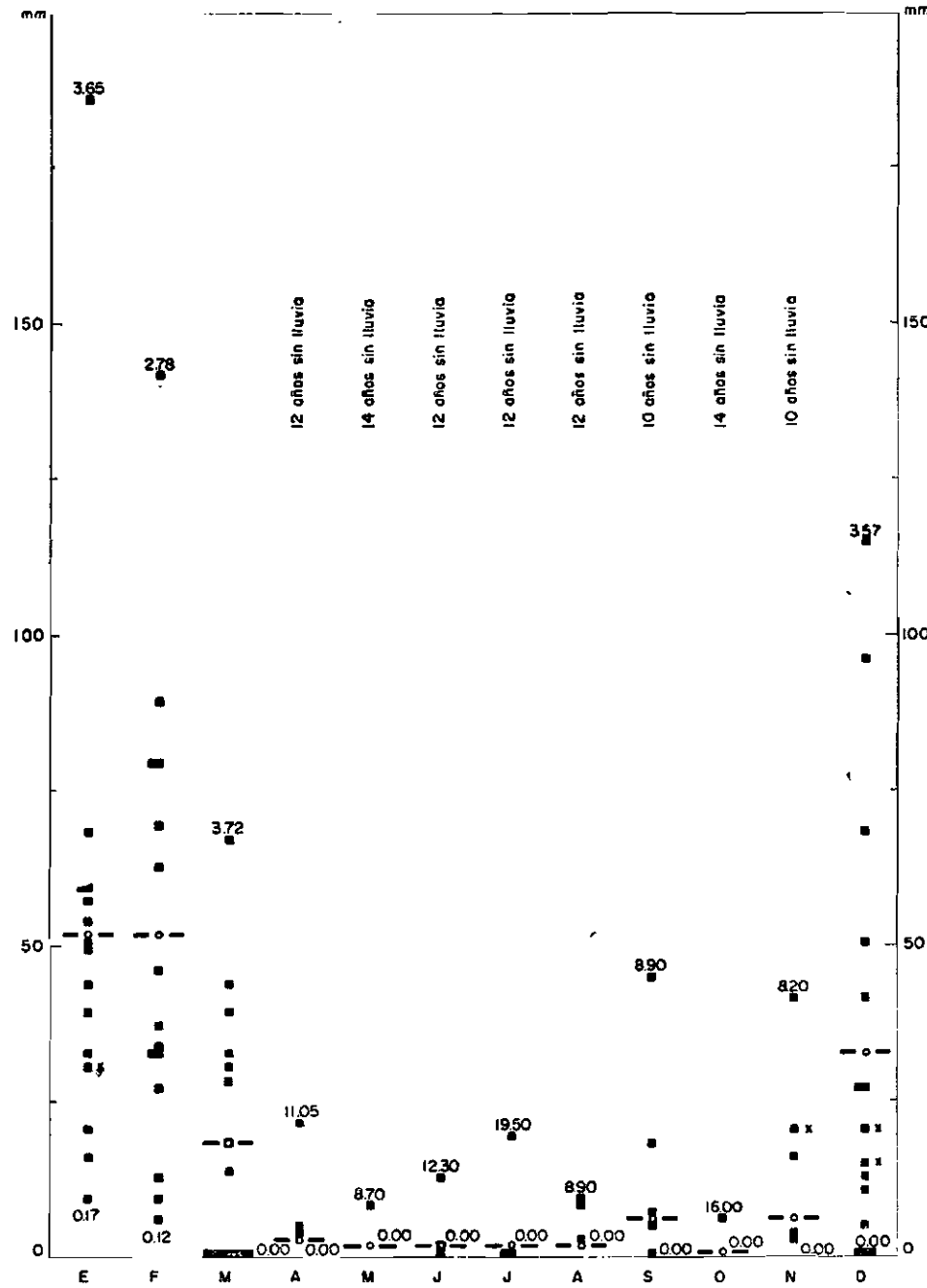
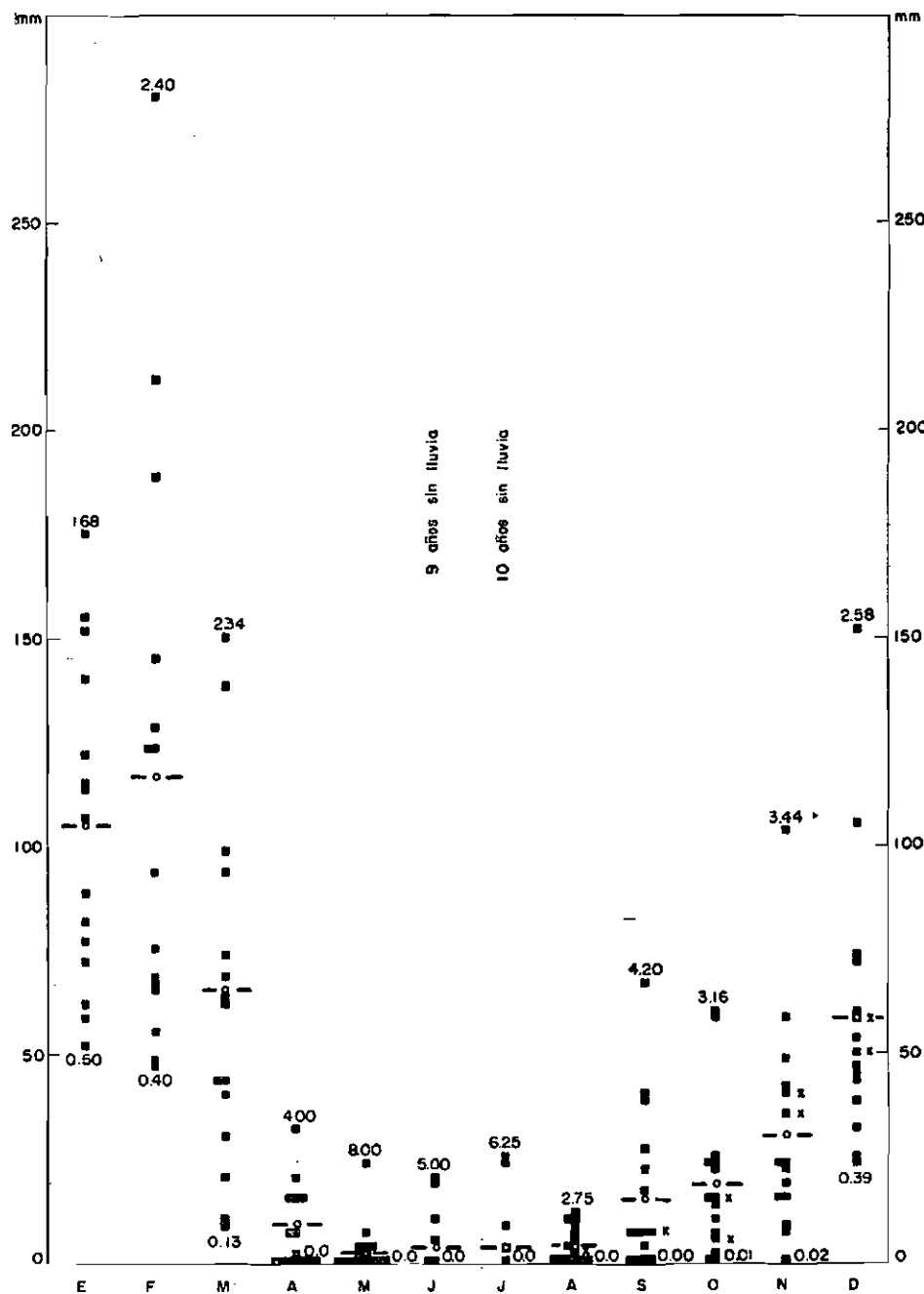
LATITUD: 20° 28'

LONGITUD: 66° 51'

ALTURA: 3669 m

Promedio anual: 169 mm

Período considerado: 1945-1959



—o— Valor promedio

x Valor mensual estimado

Las cifras indican la relación entre los valores máximo y mínimo mensuales respecto al promedio

tropical— están las estaciones Roboré, Puerto Suárez y Santa Cruz. Puede observarse que las posibilidades de meses con precipitación cero o muy bajas con poco o ningún efecto hidrológico y/o fisiológico son mayores, pero los porcentajes de lluvias mensuales más altas no superan los valores de la zona anterior (352 por ciento en Roboré, 403 por ciento en Santa Cruz y 428 por ciento en Puerto Suárez).

En Yacuiba, ubicada en una zona aún más seca, se manifiesta una mayor variación, ya que los porcentajes varían desde 0 a 128 por ciento, y desde mayo a septiembre, aunque se producen lluvias, son frecuentes los meses sin precipitación, siendo agosto el más desfavorable, pues en 7 años no se registró ninguna.

La región de los Valles comprendida en una zona templada presenta una marcada diferencia, según la ubicación de las estaciones, así, Vallegrande tiene menor dispersión (porcentajes entre 0 y 470) que Sucre (entre 0 y 950) y Cochabamba (entre 0 y 833). En las dos últimas es también mayor el número de meses sin lluvias.

En el Altiplano, la ciudad de La Paz, dadas sus especiales características, presenta la menor variación (coeficiente entre 0 y 473 por ciento) y pueden ocurrir meses sin lluvias, en algunos años, desde mayo hasta agosto. En otros lugares como Pajña estos meses secos se presentan desde abril a septiembre y los porcentajes oscilan entre 0 y 800 por ciento.

También en el Altiplano, Uyuni representa uno de los lugares con mayor variación de la precipitación. Clima seco

por excelencia, pueden esperarse meses sin lluvia desde abril a diciembre y los coeficientes tienen la mayor oscilación de las estaciones consideradas, pues los extremos son 0 y 1950 por ciento.

c) Variación interanual

De gran importancia a los efectos del aprovechamiento de los recursos hidráulicos es el conocimiento de la variación interanual de la precipitación.

Como una medida de esta variación se han calculado las desviaciones estándar de los valores anuales en porcentajes de los totales anuales medios, para las mismas estaciones consideradas en la sección C de este capítulo. Las desviaciones estándar individuales han sido promediadas en cada grupo para apreciar las diferencias de cada zona. (Véase el cuadro 9.) Se nota que las desviaciones estándar guardan el mismo orden que los porcentajes estacionales de precipitación. Así, los Llanos orientales tienen la desviación estándar más baja con 14.7; luego siguen los Llanos del norte con 16.1; los Valles, con 20.5 y, finalmente, el Altiplano con 38.3.

Surge de estos valores el carácter extremadamente variable de la precipitación en el Altiplano, lo que obliga a un análisis muy cuidadoso en el caso de proyectos que suponen su aprovechamiento. Los regímenes de los Llanos, tanto del norte como los orientales, pueden considerarse como aceptables a efectos de la utilización, en cambio los del Valle ya presentan una mayor variabilidad interanual, aunque bastante menor que la del Altiplano.

B. LA HIDROLOGIA EN BOLIVIA

1. Descripción resumida

Esta descripción no pretende abordar la totalidad del sistema hidrográfico boliviano, de por sí complejo, sino resumir su presentación a ríos importantes ya sea por su caudal, su navegabilidad o su aprovechamiento.

Los datos que se presentan, obtenidos de fuentes diversas, son en algunos casos provisionales y más que dar un valor exacto sirven para reflejar la magnitud de cuencas y ríos. (Véase el mapa 4.) Algunos de estos valores extraídos de mapas pertenecen a zonas poco pobladas y en general poco reconocidas.

El sistema hidrográfico boliviano permite una primera gran división en tres grandes vertientes. Estas tres vertientes principales, con sus superficies aproximadas y porcentajes con respecto a la total del país, son: a) Amazonas, con una superficie de 726 500 km², o sea el 67.7 por ciento; b) Plata, con una superficie de 199 800 km², o sea el 18.6 por ciento, y c) Interna o cerrada, con una superficie de 146 400 km² o sea el 13.7 por ciento.²

Las superficies de las cuencas de los ríos más importantes, así como sus afluentes, están dados en el cuadro 10. El *magna divortium aquarum* que origina las tres vertientes se produce en el ramal de Livichuco de la cordillera de los Frailes. Allí se trifurcan las aguas hacia los ríos Grande, Pilcomayo y Tacagua, pertenecientes a las cuencas del Amazonas, del Plata e Interna respectivamente.

La vertiente del Amazonas es la más extensa y también es la que tiene los mayores ríos del país: el Beni y el

Mamoré. Todos los ríos de esta vertiente desaguan finalmente en los ríos Madeira y Acre, que a su vez son afluentes del Amazonas. Solamente una pequeña zona en el norte que tiene sus costas sobre el río Acre envía sus aguas a este río.

Las nacientes del Beni como del Mamoré se encuentran en los contrafuertes de la cordillera Real y hasta algunos afluentes se originan en el mismo Altiplano, deslizándose luego hacia el este o norte del país hasta alcanzar los Llanos Orientales. En la formación de sus caudales no sólo interviene la lluvia sino también los campos nevados y los glaciares, que tienen señalada importancia.

Aunque sus regímenes hidrológicos no han sido estudiados puede estimarse que el año hidrológico presenta un marcado máximo en sus caudales en los meses de verano a consecuencia de que al deshielo estival se suma la mayor precipitación de esa época.

El río Abuná y el río Acre, que desembocan en el Purús, afluente del Amazonas, forman el límite norte con el Brasil y sus cuencas en territorio boliviano ocupan una pequeña área con relación a los grandes ríos de la cuenca amazónica.

Hacia el río Itenez o Guaporé que forma el límite noreste con el Brasil converge un amplio sistema de ríos de los Llanos Orientales y del Sudeste.

La vertiente del Plata, segunda en extensión, concentra sus aguas en tres ríos principales que son el Paraguay, el Pilcomayo y el Bermejo. Aunque los dos últimos ríos son a su vez afluentes del Paraguay, al que se unen en territorio argentino, son considerados aquí como cuencas independientes.

El río Paraguay recibe los aportes de grandes bañados y lagunas ubicados en la zona sudeste del país y en los cuales

² Estos valores son aproximados y fueron calculados planimétricamente a base del mapa de Bolivia de la *World Aeronautical Chart*, publicado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

Cuadro 10

BOLIVIA: SUPERFICIE APROXIMADA DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS MAS IMPORTANTES Y DE SUS AFLUENTES

<i>Vertiente y cuenca</i>	<i>Superficie</i>	<i>Porcentaje del total</i>	<i>Afluentes</i>	<i>Subafluentes</i>
<i>Amazonas</i>	744 000	67.7		
Beni (incluye al Madeira hasta su unión con el Abuná)	175 000	15.9	Orthon Madre de Dios Madidi Corcico Bopi Cotacajes	Tahuamanu Manuripi
Acre y Abuná	27 000	2.5	Chipamanu Rapirrán Karamanu Manu Negro	
Mamoré (se considera hasta su unión con el Beni)	264 000	24.0	Grande Chapare Ichilo Secure Yacuma	Mizque Yapacani
Guaporé o Itenez	278 000	25.3	Itonamas Baures Paragua	Blanco San Martín Negro
<i>Plata</i>	204 000	18.6		
Paraguay	94 000	8.6	Santo Corazón de la Cal Otuquis Negro	
Pilcomayo	98 000	8.9	Pilayo	
Bermejo	12 000	1.1	Grande de Tarija	
<i>Interna</i>	150 000	13.7		
Lagos Titicaca, Poopó y Coipasa	89 000	8.1	Desaguadero Lacajahuira Mauri Lauca	Viscachani
Salar de Uyuni y otros	61 000	5.6	Grande de Lípez	

pierden sus aguas ríos como el Santo Corazón, de la Cal, Otuquis y Negro. El litoral de Bolivia se extiende 41 kilómetros sobre el río Paraguay, pero además puede conectarse con este río a través de las lagunas de Uberaba, Gaiba, Mandioré y Cáceres.

El río Pilcomayo tiene sus nacientes en el *magna divortium aquarum* sumándose a él ríos menores que también se originan en la cordillera Oriental. La superficie de su cuenca tiene cerca de 100 000 km² por lo que es la más extensa del sistema del Plata en Bolivia.

El río Bermejo, con una cuenca mucho menor que los dos anteriores, tiene como principal afluente el río Grande de Tarija. Estos dos ríos sirven de límite con la Argentina.

La cuenca interna tiene la particularidad de encontrarse toda ubicada en el Altiplano, es decir, a una altura que supera los 3 700 metros sobre el nivel del mar. Siendo sus elementos más destacados los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa y el río Desaguadero.

Con excepción del río Desaguadero, que comunica el lago Titicaca con el Poopó, que es de alguna importancia, los demás son de pequeño caudal. Sin lugar a dudas desde

el punto de vista de su aprovechamiento, el elemento que más grandes potencialidades posee es el lago Titicaca. Su cuenca alimentadora, que se encuentra parcialmente en el Perú, es de 57 500 km² (incluyendo el lago) y su superficie, que también está sobre el límite internacional, es de 8 300 km². La superficie de sus aguas está a 3 812 metros sobre el nivel del mar.

El lago Poopó tiene una cuenca de 15 500 km², incluyendo el lago, pero si se considera la cuenca del río Desaguadero que vierte sus aguas en él, se eleva entonces a 51 000 km². La superficie propia del lago se estima en 2 650 km². El lago Coipasa vierte sus aguas al Poopó por intermedio del río Lacajahuira.

La parte sur de la cuenca interna es la región más seca del país y presenta dos grandes salares, el de Coipasa y el de Uyuni.

Cabe mencionar la importancia que como vía de comunicación tiene actualmente el sistema hidrográfico. Especialmente en el departamento de Pando, la navegación se realiza con embarcaciones menores y canoas en varios ríos como el Acre, Abuná, Orthon, Manuripi, Tahuamanu y Madre de Dios. La navegación adquiere mayor impor-

tancia en los ríos Beni, Mamoré e Itenez o Guaporé cuyos mayores caudales permiten el desplazamiento de embarcaciones de mayor porte. El río Paraguay es el medio de comunicación fluvial con el sistema del Plata.

2. Estado actual y cobertura de las observaciones hidrológicas

Pocos son los lugares en Bolivia en que se realizan observaciones hidrológicas. Las primeras de tipo sistemático fueron iniciadas en 1930 por la Bolivian Power Company, que ha continuado su labor hasta el presente teniendo ins-

Cuadro 11

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA BOLIVIAN POWER COMPANY

Departamento	Provincia	Río	Nombre o situación	Años de observación
<i>Sistema de La Paz</i>				
La Paz	Murillo	Zongo*	3	20
		Viscacho	3-C	2
		Del Prado	3-E	3
		Del Prado	3-F	3
		Puma	3-G	2
		Canal Alpaca	3-H	7
		Lago Livinosa	5-A	7
		Llama	7-A	2
		Alpaca	7-B	4
		Vicuña	7-C	2
		Zongo de Botijlaca	7-D	8
		Hankohuma	7-E	4
		Chununi	7-G	7
		Viscachani	9-A	2
		Zongo en Canaviri	9-C	9
		Cuticucho	9-D	9
		Mucuña	9-E	4
		Coscapa	11-A	10
		Lago Milluni	11	26
		Coscapa	4	3
		Coscapa	5	2
		Turini	6	2
		Coscapa	7	2
		Tributario 1 Coscapa	8	3
		Tributario 2 Coscapa	9	3
		Patakota	24½"	3
		Pacollo	Pacollo	6
		Sainani	Sainani	3
		Taurikani	Taurikani	3
		Camsiqui	Camsiqui	4
		Lago Summit		20
<i>Sistema de Oruro</i>				
La Paz	Inquisivi	Choquetanga	1	7
		Pacollo 1	2	7
		Pacollo 2	3	7
		Carabuco	4	7
		Carabuco Chico	5	8
		Carabuco (Arriba)	6	10
		Lago Carabuco	7	9½
		Túnel Chiaracota	8	8
		Chiaracota	2-24"	8
		Chiaracota	1- 8"	8
		Chatamarca	10-A	7
		Lago Cororuni	10-B	7
		Lago Azeruni	10-C	19
		Choquetanga (Miguilla)	6-A	30
		Choquetanga (presa)	16-A	30
		Lago Cotacucho		13
		Lago Recompensa		9

* Incluye la desviación Del Prado.

taladas en la actualidad 49 estaciones en dos reducidas zonas en el departamento de La Paz, sobre pequeños ríos o arroyos. (Véase el cuadro 11.)

El servicio hidrométrico nacional más antiguo pertenece a la Dirección General de Riegos, y fue creado en 1939. Esta repartición llegó a tener 23 estaciones de aforo en funcionamiento, pero posteriormente, por falta de recursos, fue clausurando estaciones aunque instaló otras nuevas. Las 28 estaciones de su dependencia que funcionaron o funcionan desde su creación figuran en el cuadro 12.

Otro organismo que efectúa, desde hace pocos años, observaciones hidrológicas es la Corporación Boliviana de Fomento, que ha instalado 8 estaciones. (Véase el cuadro 13.)

Es evidente que el estado de las observaciones, considerado desde el punto de vista de un plano nacional, es totalmente deficiente. Si se calcula la densidad de estaciones en el país, las 85 citadas darían una densidad total de 0.08 estaciones por 1 000 km², valor excesivamente reducido. Considerando que la totalidad de las estaciones están ubicadas en un sector ocupado principalmente por el Altiplano y las cordilleras, que representa aproximadamente el 35 por ciento de la superficie del país, la densidad para esa región se eleva a 0.2 estaciones por 1 000 km², valor aún por debajo para densidades medias en este tipo de comparación.

Al considerar la situación es igualmente importante tener en cuenta la longitud de los registros, es decir, los años observados de cada estación. La Bolivian Power Company tiene algunos con 30 años de observaciones, pero la gran mayoría es de 9 años y aún más cortos. Esta situación da para todas sus estaciones un promedio de 8.7 años.

Las de la Dirección de Riegos tienen registros máximos con 20 años observados y su promedio es de 10.5 años. Registros más cortos son los de las estaciones de la Corporación Boliviana de Fomento, siendo su promedio de 2.5 años.

De esta manera se obtiene como longitud de registro para las 85 estaciones del país 8.7 años de observación, promedio que indica que aún en las estaciones ya existentes se requerirán todavía algunos años más de observaciones para poder realizar proyectos con un buen grado de confianza en lo que a observaciones hidrológicas se refiere.

Obtenidos estos valores —el de la densidad cada 1 000 km² y el de la longitud de los registros—, el producto de ambos, o índice de cobertura, se considera representativo del estado actual de las observaciones hidrológicas. Ese producto es de 0.7, valor bajo que para ser apreciado mejor interesa compararlo con los similares de otros países sudamericanos. (Véase el cuadro 14.)

No se realizan observaciones del agua subterránea y los pocos datos de que se dispone sobre profundidad de las napas son sobre la base de pozos de aprovechamiento. En general, no se conoce la profundidad y menos aún las potencialidades.

El Servicio de Aguas Subterráneas de la Corporación Boliviana de Fomento está dedicado a la perforación de pozos para la provisión de agua y su trabajo ha permitido conocer las disponibilidades de agua que existen en algunos lugares.

3. Los regímenes hidrológicos de los ríos bolivianos

Poco es lo que se conoce sobre los regímenes de los ríos bolivianos. Ya se ha dicho que el estado de las observaciones es deficiente, y las mediciones se han limitado a algunas

Cuadro 12

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA DIRECCION GENERAL DE RIEGO

Departamento	Provincia	Río	Nombre o situación	Años de observación	
La Paz	Ingavi	Pallina	Puente carretero Laja	6	
	Los Andes	Colorado	Sitio presa	5	
	Los Andes	Hichucota	Boquilla presa	17	
	Los Andes	Contador	Aguas abajo presa	17	
	Camacho	Suches	Puente carretero Escoma	7	
	Aroma	Viscachani	Puente F. C. sitio presa	20	
	Manco Kapac	Lago Titicaca	Estrecho Tiquina	14	
	Los Andes	Peñas	Terrenos riego - Peñas	10	
	Oruro	Poopó	Desaguadero	Chuquiña	20
		Abarca	Tacagua	Sitio presa	12
Cercado		Caracollo	Caracollo - Puente carretero	17	
Cochabamba	Tarata	Sulti	La Angostura	12	
	Cercado	Rocha	Puente Bolívar - Cochabamba	13	
	Capinota	Arque	Irpa-Irpa	2	
	Punata	Chaco	Boquilla - 3a. alternativa	3	
	Punata	Cuchu-Punata	Presa derivadora	3	
Santa Cruz	Florida	Mairana	Sitio presa	16	
	Valle Grande	Pampa Grande	Puente carretero	3	
	Florida	Piray	Puente carretero - La Angostura	16	
	Cercado	Espejos	Terrenos riego	16	
	Cordillera	Grande	Puerto Abapó	9	
	Cordillera	Parapety	Choreti-Camiri	14	
Tarija	Gran Chaco	Pilcomayo	Puente Ustariz - Villamontes	15	
	O Connor	Pajonal	Puente carretero	8	
	O Connor	Santa Ana	Sifón Entre Ríos	8	
	Cercado	Guadalquivir	Tarija	9	
Potosí	Nor Lípez	Colcha K	Terrenos riego Colcha K	3	
	Quijarro	Chaquilla	Boquilla Presa	3	

pequeñas cuencas en las que el posible aprovechamiento ha obligado a efectuarlas.

Por lo tanto, a base de los pocos registros existentes, y recordando que pertenecen únicamente a una zona del país, se estima que sólo podrá hacerse una apreciación limitada de los regímenes hidrológicos. También se estima que, debido a los pocos años considerados, podrá haber en algunos casos en el futuro pequeñas modificaciones cuando se analicen registros más largos.

Las características hidrológicas de los ríos controlados por la Dirección General de Riegos y la Corporación Boliviana de Fomento, figuran en el cuadro 15. Se observa que todos los ríos analizados presentan un caudal máximo en el verano y una época de caudales mínimos en el invierno. Los máximos se producen en el mes de febrero, con excepción del río Mairana (enero). Los mínimos se encuentran distribuidos en un período más amplio que va desde

mayo hasta noviembre, pero principalmente se registran en agosto y septiembre.

Se aprecia a simple vista la marcada irregularidad de estos ríos y lo confirma el cálculo de su coeficiente de irregularidad, según el criterio adoptado por el Comité de Energía Eléctrica de la Comisión Económica para Europa.

A efectos de simplificar la obtención de esos coeficientes se han determinado sobre la base de los caudales medios mensuales. Estos coeficientes están comprendidos entre 0.28 para el río Hichucota y 0.62 para el Pallina, y llaman la atención los altos valores. Por ejemplo, el Desaguadero en el Altiplano, con un caudal medio de 31.45 metros cúbicos por segundo, tiene 0.52. Si se comparan esos coeficientes con los ríos de otros países se puede apreciar aún más la gran irregularidad. Por ejemplo, 13 ríos de Venezuela dan como promedio 0.282.³ En Colombia los ríos

³ Véase *Los recursos hidráulicos de América Latina: II. Vene-*

Cuadro 13

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS DE LA CORPORACION BOLIVIANA DE FOMENTO

Departamento	Provincia	Río	Nombre o situación	Años de observación
Cochabamba	Chapare	Corani	Corani	10
	Chapare	Thola Mayu	Thola Mayu	3
	Chapare	Tablas	Tablas	1
	Chapare	Paracti	Paracti	4 meses
	—	—	La Madre	2
Chapare	Ronco	Ronco	4 meses	
Santa Cruz	—	Piray	Piray	2
Potosí	C. Saavedra	Pilcomayo	El Saire	2 meses

Cuadro 14

BOLIVIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS, DENSIDAD, AÑOS DE OBSERVACION E INDICE DE COBERTURA EN ALGUNOS PAISES SUDAMERICANOS

País	Habitantes por km ²	Número de estaciones	Densidad por 1 000 km ²	Promedios de años de observación	Indice de cobertura
Bolivia . . .	3	85	0.08	8.7	0.7
Argentina . .	8	537	0.2	26	5.2
Colombia . . .	13	227	0.2	7	1.4
Chile	10	260	0.3	13	3.9
Ecuador . . .	16	18	0.1	4	0.4
Venezuela . .	8	248	0.3	8	2.4

de la cuenca del Magdalena tienen en promedio 0.143, los de la cuenca del Cauca 0.115 y los de la del Pacífico 0.126.⁴

Como información complementaria se presentan en el cuadro 16 algunas características hidrológicas de los principales ríos de los sistemas de La Paz y Oruro de la Bolivian Power Company. En estos sistemas se han efectuado variadas obras de regularización y por tal motivo los coeficientes de irregularidad pierden el significado con que se usaron en el cuadro 15. Sin embargo, sirven en este caso para apreciar la regularización realizada como la acusan con más intensidad las estaciones: Choquetanga (16-A) en el sistema de Oruro y Chununi, Hankohuma y Zongo en Botijlaca, en el sistema de La Paz. Las otras estaciones mantienen aún altos valores.

La causa principal de la irregularidad señalada la cons-

zuela (E/CN.12/593/Rev.1), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 63.II.G.6).

⁴ Véase A. R. Martínez, *Estudios sobre la meteorología e hidrología de Colombia*.

C. LA AGROMETEOROLOGIA Y SU RELACION CON LOS RECURSOS HIDRAULICOS

1. Necesidades de agua en los cultivos

La importancia que tiene el total anual de la precipitación para fines agrícolas es reconocida universalmente, pero hay otras características que limitan su verdadera posibilidad de aprovechamiento. Entre ellas, el agricultor conoce cabalmente que una cantidad —determinada dentro de ciertos límites— es requerida para cada tipo de cultivo desde el momento en que se inicia la preparación de la tierra hasta la recolección. Es decir, que su aprovechamiento está limitado por una buena distribución y cantidad dentro del año agrícola.

Como se vio en el análisis de los períodos lluviosos, éstos tienen su época de ocurrencia en el verano, pero su extensión y cantidad es variable según las regiones del país. Esas circunstancias plantean problemas diferentes a la agricultura en cada zona, e indudablemente se hacen más críticos en las regiones con menores precipitaciones anuales como son el Altiplano y algunos valles.

Las necesidades de agua de un cultivo, determinadas por numerosos factores, pueden estimarse en forma simple si se limitan a algunos de los más importantes. En esa forma se puede tener una primera estimación del agua que requiera cada cultivo para su crecimiento.

Con este fin, se han aplicado dos métodos relativamente simples para el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. Uno, del Dr. Henry Olivier,⁵ determina con carácter general las necesidades que tendrían cultivos con poca exigencia de agua. La fórmula a aplicar considera la diferencia entre las temperaturas del aire obtenidas por los termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo y un coeficiente que depende de la latitud geográfica y de la declinación del sol. El agua de consumo mensual se calcula multiplicando el coeficiente correspondiente a la latitud y al mes por la depresión mensual promedio del bulbo húmedo y por los días del mes.

Este cálculo se efectuó para 8 lugares de interés agrícola

⁵ Véase *Estudio hidráulico preliminar del Ecuador*, Documento informativo Nº 2 presentado al 3º período de sesiones de la CEPAL (Panamá, mayo de 1959).

tituye el marcado régimen estacional de la precipitación. El porcentaje de precipitación entre los meses de diciembre a marzo es del 73 por ciento en los Valles y del 80 en el Altiplano, que son las zonas en las que están ubicadas las estaciones aforadas consideradas.

Poco se conoce del régimen de nieves, pero la disminución estacional de los campos nevados es evidente, lo que de todas maneras contribuiría a la irregularidad. Se debe agregar que al derretimiento de la nieve no sólo contribuye la elevación de temperatura, sino también las mayores lluvias del verano.

El régimen hidrológico comentado con tan altos valores de los coeficientes de irregularidad tiene una marcada importancia económica por cuanto supone una mayor inversión en los casos que se proyecten obras de regulación de caudales para los aprovechamientos, con relación a ríos similares pero con menor coeficiente.

Esta característica puede servir de guía en los proyectos de utilización de aguas superficiales, al pensar en soluciones alternas como sería la del aprovechamiento de las aguas subterráneas.

en que fue posible obtener los datos necesarios de temperatura. Posteriormente los resultados se compararon con los de la precipitación mensual promedio con el fin de saber en qué meses y en qué cantidad será necesario el riego para ese tipo de cultivo de bajo consumo.

En el cuadro 17 se resume el cálculo mencionado presentando la precipitación teórica necesaria o agua de consumo, la precipitación real y la diferencia entre ambas para Cochabamba, La Paz (El Alto), Oruro, Potosí, Riberalta, Rurrenabaque, Santa Cruz, y Valle Grande. Se puede notar que las determinaciones fueron hechas indiscriminadamente para todos los meses. (Véase también el gráfico III.)

Posteriormente para determinar necesidades totales de agua y que los cultivos reciban las cantidades de agua calculadas para su desarrollo, se ha tenido en cuenta la eficiencia del sistema de riego suponiendo con carácter general que ésta es de 0.60; en esa suposición se calcularon los valores reales de riego expresados en milímetros por mes o en litros por segundo y por hectárea. (Véase el cuadro 19.)

El segundo método empleado para la determinación del agua de consumo para diferentes cultivos ha sido el de H. F. Blaney y W. D. Criddle.⁶ Según este procedimiento el agua de consumo mensual de un cultivo expresado en pulgadas está dado por la ecuación:

$$u = Kf$$

en que K es un coeficiente determinado experimentalmente para cada cultivo y f es el producto de la temperatura media mensual en grados Fahrenheit y el por ciento mensual de horas anuales diurnas dividido por

$$100 = \left(f = \frac{t \times p}{100} \right)$$

Los valores de u se han multiplicado por 25.4 para convertirlos en milímetros. El cálculo del agua de consumo de las plantas se efectuó para los cultivos más comunes en 12 localidades del país.

En el cuadro 18 se pueden apreciar los resultados obtenidos en Camiri, Cochabamba, El Alto, Oruro, Pazña,

⁶ H. F. Blaney y W. D. Criddle, *Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data*, Soil Conservation Service, USDA-SCS-TP-96.

Potosí, Riberalta, Rurrenabaque, Santa Cruz, Sica-Sica, Valle Grande y Villamontes. Los períodos tomados en cuenta van desde la época de siembra a la de cosecha, según las zonas, y en cada localidad fueron elegidos los cultivos tradicionales más comunes en esa región. (Véase también el gráfico III.)

Como en el método anterior, fue calculada el agua de riego necesaria suponiendo una eficiencia del sistema de 0.6 y estos valores se volcaron en el cuadro 19. Como en algunos de los lugares citados el cómputo del agua de consumo y las necesidades de riego fueron calculadas también aplicando el método Olivier, es posible establecer en esos puntos comparaciones entre ambos métodos.

Comparando los lugares considerados del Altiplano se nota que, para los cultivos tomados en cuenta, en el Alto y Pazña, no se necesita riego en los meses de enero y febrero. En cambio, sí lo requieren Sica-Sica y Oruro. También para un mismo cultivo las cantidades de riego en estas últimas es mayor. Se debe señalar que la precipitación anual es mayor en las primeras.

En Cochabamba (cuadro 19) el único mes que no necesita riego es enero y en febrero se requiere muy poco. En Valle Grande en cambio, la mayor precipitación satisface las necesidades de los cultivos en enero, febrero y casi en diciembre, siendo menores las necesidades de riego que en Cochabamba, para los meses restantes.

En la zona de los Llanos Orientales, Villamontes, no se requiere riego en enero, febrero, marzo y noviembre para el algodón, la papa y los cítricos. Sin embargo, se necesita para el maíz en todos los meses.

Más al norte, Camiri tiene mayor precipitación anual y allí el maíz no requiere riego en enero y febrero, pero lo necesitan en cambio en noviembre el algodón, la papa y los cítricos.

En Santa Cruz a pesar de tener una precipitación anual relativamente alta no alcanza a cubrir las necesidades de cultivos como el algodón, el maíz, la caña de azúcar, el plátano y el arroz. Incluso el algodón, a pesar de su bajo consumo de agua, necesita riego en septiembre, octubre y noviembre.

En la zona de Beni, Riberalta y Rurrenabaque, tienen abundantes lluvias, en enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, pero el riego se hace necesario en los otros meses. El maíz no requiere riego en Riberalta únicamente.

Se puede observar que para los lugares más secos (El Alto, Oruro, Cochabamba) los valores dados por el método de Olivier son superiores a los obtenidos por el de Blaney y Criddle, aun para los valores más altos del coeficiente k considerado.

En zonas con mayor precipitación anual como Valle Grande y Santa Cruz los resultados dados por la fórmula de Olivier superan en algunos meses los obtenidos por la de Blaney y Criddle, en los coeficientes más bajos.

Para los lugares de mayor precipitación como Riberalta y Rurrenabaque los resultados dados por el método de Olivier son menores que los obtenidos con el otro método.

2. Condiciones meteorológicas adversas

a) Granizo

Aunque no hay estudios realizados sobre los perjuicios producidos por el granizo, es bien conocida su acción destructora tanto en los cultivos anuales como en los interanuales, aunque indudablemente se han manifestado especialmente en los primeros, como el trigo y la cebada.

Si bien el Servicio Meteorológico registra los casos de granizos observados en las estaciones sinópticas y en las climatológicas, no se ha considerado la magnitud del efecto causado sobre las distintas especies cultivadas en cada región.

Entre las mayores granizadas registradas figura la ocurrida en La Paz el 19. de abril de 1944, fecha en que el pedrisco alcanzó a tener 45 milímetros. Este fenómeno ha sido excepcional e indudablemente es capaz de producir daños no sólo a la agricultura. Sin embargo, granizos de menor tamaño han producido consecuencias desastrosas en la vid en las zonas de Cochabamba, Camargo, Luribay y Sapahaqui.

Los lugares con mayor frecuencia de granizadas pueden observarse en el cuadro 20.⁷ Como se ve, todos pertenecen al Altiplano norte o a la zona cordillerana. Todos los Llanos y la zona sudoeste del Altiplano tienen menos de una granizada por año. En el Altiplano y los valles la época de ocurrencia es principalmente en verano (diciembre a febrero). Las pocas granizadas que ocurren en el Oriente se registran en invierno.

El período estudiado de 5 años no permite sino considerar estos resultados generales. No parece, por el momento, que las pérdidas ocasionadas pudieran justificar económicamente una lucha antigranizo con sembrado de nubes, pero es oportuno llevar adelante tareas de investigación que requieren varios años de observaciones, con el fin no sólo de precisar causas y efectos y estimar los perjuicios económicos necesarios para justificar una lucha como la señalada, sino también para tratar de emplear o mejorar, en los casos posibles, variedades más resistentes al granizo.

b) Heladas

Se puede decir que en la región del Altiplano las heladas son fenómenos frecuentes. Su época de ocurrencia se extiende desde la primera quincena de marzo, con heladas tempranas, hasta fin de septiembre o principios de octubre, con heladas tardías. Sin embargo, hay algunas que se presentan accidentalmente en enero, pero su duración es suficiente para ocasionar graves daños a cultivos como el trigo.

El efecto térmico regulador del lago Titicaca hace que en esa zona las heladas causen menos perjuicios a la agricultura. Un fenómeno similar se da en las inmediaciones del lago Poopó.

El período libre de heladas es variable según las localidades,⁸ aunque se pueda estimar en unos 100 a 120 días para el Altiplano. Lapso tan corto obliga a utilizar dentro de cada cultivo variedades de crecimiento rápido para eliminar el riesgo de heladas tempranas y tardías. También puede ser efectiva en algunas zonas la formación de filas de arbustos para evitar el desplazamiento de aire frío en capas próximas al suelo y convertirse en protección de cultivos para algunas heladas.

En los Valles los períodos de las heladas se presentan de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar. En los más bajos las heladas tempranas se presentan a principios de mayo y las tardías en la segunda quincena de agosto. En los más altos el período libre de heladas se acorta, pues las tempranas aparecen en abril, siendo en septiembre las

⁷ Véase Ismael Escobar Vallejos, "Estudio sobre el granizo". *Nimbus*, Año 1, N° 3.

⁸ Véase Octavio Antezana, "Las heladas y la agricultura", *Nimbus*, Año III, Nos. 8 y 9.

Cuadro 15

BOLIVIA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

Cuenca y río	Período considerado	Caudales medios mensuales (m ³ /seg)												Caudales (m ³ /seg)			Coeficiente de irregularidad	Entidad que la opera	Ubicación aproximada		
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Máx.	Medio	Min.					
1. Cuenca del Bermejo:																					
Pajonal	48/49	2.80	4.80	3.08	1.32	0.92	0.53	0.48	0.37	0.32	0.55	0.58	0.69	19.22	1.37	0.12	0.40	D. de R.	Pte. Carretero		
Santa Ana	48/49	3.44	6.89	1.24	2.10	1.24	0.78	0.63	0.49	0.47	0.67	0.79	0.98	36.92	1.64	0.23	0.36	D. de R.	Sifón entre Ríos		
2. Cuenca del Guaporé:																					
Parapetí	43/49	59.60	79.50	70.60	37.10	16.20	9.80	7.20	5.10	6.30	10.50	17.40	30.50	882.60	29.15	1.80	0.38	D. de R.	Choreti-Camiri		
3. Cuenca del Mamoré:																					
Corani	53/60	11.30	12.60	8.30	2.90	1.20	0.60	0.80	0.60	1.40	2.20	2.70	4.80	...	4.12	...	0.42	C. B. F.	Sitio Presa		
Grande	45/59	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	158.10	...	0.40	D. de R.	Pte. Abapó
Mairana	46/49	12.19	2.65	1.67	1.34	0.79	0.59	0.34	0.20	0.25	0.40	0.28	0.77	77.00	1.79	0.00	0.53	D. de R.	Sitio Presa		
Piray	46/49	10.64	17.02	13.25	8.16	3.32	3.21	2.37	1.79	3.67	4.39	3.16	5.75	352.00	6.39	0.70	0.31	D. de R.	Pte. Carretero		
Rocha	41/47	3.64	5.15	2.23	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.13	0.24	2.01	328.00	1.17	0.00	0.59	D. de R.	Cochabamba		
Sulti	40/45	10.20	12.63	4.66	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.86	5.19	90.00	2.93	0.00	0.60	D. de R.	La Angostura		
4. Cuenca del Pilcomayo:																					
Pilcomayo	42/49; 52/56	428.50	695.00	451.90	206.90	144.30	56.40	43.40	33.70	34.10	31.20	78.30	155.00	2 420.50	196.56	6.30	0.42	D. de R.	Pte. Ustariz		
5. Cuenca del Titicaca:																					
Contador	45/55	3.03	3.85	2.80	1.38	0.74	0.51	0.42	0.38	0.42	0.62	1.14	1.98	11.64	1.44	0.18	0.34	D. de R.	Aguas Abajo		
Desaguadero	41/50	83.20	145.80	63.00	20.30	6.90	6.10	5.50	4.80	4.30	4.50	3.00	30.00	753.20	31.45	0.80	0.52	D. de R.	Chuquiña		
Hichuceta	45/55	1.89	2.40	1.88	1.15	0.72	0.50	0.38	0.33	0.38	0.54	0.91	1.48	6.65	1.05	0.22	0.28	D. de R.	Boquilla Presa		
Pallina	47/51	3.37	14.01	2.64	1.10	0.14	0.08	0.08	0.06	0.05	0.07	0.10	1.29	212.83	1.92	0.01	0.62	D. de R.	Pte. Carretero		
Tacagua	42/49	7.82	12.40	3.60	2.80	0.60	0.57	0.51	0.26	0.22	0.28	0.29	2.07	247.50	3.62	0.02	0.51	D. de R.	Sitio Presa		
Vizcachini	42/59	2.51	4.55	1.92	1.03	0.61	0.53	0.53	0.43	0.43	0.49	0.43	1.19	107.67	1.22	0.02	0.36	D. de R.	Pte. F. C. Sitio Presa		

Cuadro 16

BOLIVIA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

(Datos de la Bolivian Power)

Río	Nombre de la estación de aforo	Periodo considerado	Caudales medios mensuales (m ³ /seg)												Gasto medio anual (m ³ /seg)	Coeficiente de irregularidad
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<i>Sistema Oruro</i>																
Azeruni	10-C	31/59	3.38	3.06	2.13	1.20	0.45	0.42	0.40	0.47	0.78	1.34	2.00	2.80	1.54	0.31
Carabuco	4	51/58	4.40	4.50	3.10	1.40	0.80	0.50	0.40	0.40	0.90	1.20	1.90	2.80	1.90	0.32
Carabuco en Arriba	6	51/60	3.02	3.56	2.00	1.01	0.40	0.26	0.30	0.24	0.57	0.75	1.22	1.80	1.26	0.35
Choquetanga	1	52/57	2.89	3.15	1.74	0.62	0.48	0.39	0.42	0.31	0.62	0.67	1.14	1.70	1.18	0.34
Choquetanga	16-A	30/60	5.10	3.50	3.90	2.10	1.30	0.90	0.80	0.80	1.30	1.50	2.10	3.30	2.20	0.26
<i>Sistema La Paz</i>																
Cuticucho	9-D	30/31; 40/48	5.15	4.30	3.56	2.43	0.90	0.38	0.36	0.32	0.50	1.03	1.44	3.85	2.02	0.38
Chununi	7-G	30/32	1.31	1.09	1.09	1.04	1.64	1.37	1.69	0.94	0.85	1.15	1.12	1.24	1.21	0.07
Hankchuma	7-G	30/31; 38/39	1.52	1.46	1.48	1.42	1.20	0.93	0.94	1.00	1.14	1.13	1.15	1.23	1.22	0.07
Milluni (lago)		24/59	4.50	5.35	2.70	1.19	0.64	0.43	0.43	0.33	0.35	0.62	1.20	2.09	1.65	0.41
Zongo en Botijlaca	7-D	30/32; 38/42	3.64	3.10	3.12	2.07	1.54	1.10	0.95	1.03	1.03	1.64	2.33	2.43	2.00	0.20
Zongo en Canaviri	9-C	30/32; 39/48	15.90	12.50	13.60	3.50	2.50	2.30	2.00	1.80	1.90	2.70	3.40	7.20	5.80	0.38

Cuadro 17

BOLIVIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y LA DIFERENCIA ENTRE AMBAS EN ESTACIONES SELECCIONADAS, SEGUN LA FORMULA DE OLIVIER

Estación: Cochabamba, latitud 17° 23', longitud 66° 10',
altura 2 558 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	5.6	0.75	130	7.6	131	26.6	1
F	5.4	0.73	110	6.4	104	21.1	- 6
M	5.9	0.72	132	7.7	57	11.6	- 75
A	6.5	0.63	123	7.2	14	2.8	- 109
M	6.6	0.52	106	6.2	3	0.6	- 103
J	7.5	0.45	101	5.9	3	0.6	- 98
J	7.7	0.50	119	7.0	3	0.6	- 116
A	8.6	0.58	155	9.1	7	1.4	- 148
S	8.7	0.69	180	10.5	8	1.6	- 172
O	8.6	0.75	200	11.7	23	4.7	- 177
N	8.4	0.75	189	11.0	49	9.9	- 140
D	7.2	0.75	167	9.7	91	18.5	- 76
Año			1 712	100.0	493	100.0	-1 219

Estación: La Paz (El Alto), latitud 16° 30', longitud 68° 10',
altura 4 083 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	4.0	0.74	92	8.3	121	22.1	29
F	3.1	0.72	63	5.7	103	18.8	- 40
M	2.9	0.73	66	5.9	51	9.3	- 15
A	3.7	0.64	71	6.4	20	3.7	- 51
M	5.1	0.53	84	7.6	9	1.6	- 75
J	5.6	0.46	77	6.9	5	0.9	- 72
J	6.0	0.51	95	8.5	9	1.6	- 86
A	6.4	0.59	117	10.5	19	3.5	- 98
S	5.6	0.69	116	10.4	38	6.9	- 78
O	5.5	0.75	128	11.5	41	7.5	- 87
N	4.5	0.75	101	9.1	50	9.1	- 51
D	4.5	0.74	103	9.2	82	15.0	- 21
Año			1 113	100.0	548	100.0	-565

Estación: Oruro, latitud 17° 58', longitud 67° 10',
altura 3 706 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	7.8	0.75	181	10.8	81	23.0	- 100
F	5.7	0.73	117	7.0	80	22.7	- 37
M	5.4	0.72	121	7.3	44	12.5	- 77
A	8.2	0.63	155	9.3	10	2.8	- 145
M	6.5	0.52	105	6.3	5	1.4	- 100
J	6.9	0.45	93	5.6	3	0.9	- 90
J	7.0	0.49	106	6.4	3	0.9	- 103
A	6.3	0.58	113	6.8	7	2.0	- 106
S	7.8	0.68	159	9.5	20	5.7	- 139
O	7.4	0.75	172	10.3	20	5.7	- 152
N	7.8	0.76	178	10.7	24	6.8	- 154
D	7.2	0.75	167	10.0	55	15.6	- 112
Año			1 667	100.0	352	100.0	-1 315

Estación: Potosí, latitud 19° 35', longitud 65° 45',
altura 3 904 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.4	0.76	57	5.4	126	27.2	69
F	2.1	0.73	43	4.1	114	24.6	71
M	2.8	0.72	62	5.9	67	14.4	5
A	4.0	0.62	74	7.1	9	1.9	- 65
M	5.9	0.50	91	8.7	2	0.4	- 89
J	6.4	0.43	80	7.6	2	0.4	- 78
J	6.2	0.47	90	8.6	1	0.2	- 89
A	5.3	0.56	92	8.8	3	0.7	- 89
S	5.6	0.67	113	10.8	13	2.8	-100
O	5.6	0.75	130	12.4	17	3.7	-113
N	4.4	0.77	102	9.8	37	8.0	- 65
D	4.8	0.76	113	10.8	72	15.5	- 41
Año			1 047	100.0	463	100.0	-584

Estación: Riberalta, latitud 11° 00', longitud 66° 05',
altura 172 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.8	0.71	62	8.0	305	17.3	243
F	2.7	0.72	54	6.9	248	14.0	194
M	2.6	0.74	60	7.7	263	14.9	203
A	2.6	0.66	51	6.5	129	7.3	78
M	2.4	0.57	42	5.4	76	4.3	34
J	2.8	0.52	44	5.6	23	1.3	— 21
J	4.2	0.55	72	9.2	21	1.2	— 51
A	5.5	0.63	107	13.7	24	1.4	— 83
S	4.5	0.71	96	12.3	72	4.1	— 24
O	3.7	0.74	85	10.9	154	8.7	69
N	2.9	0.73	64	8.2	187	10.6	123
D	2.0	0.71	44	5.6	263	14.9	219
Año			781	100.0	1 765	100.0	+984

Estación: Santa Cruz, latitud 17° 46', longitud 63° 11',
altura 442 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	3.4	0.75	79	8.2	190	14.2	111
F	3.6	0.73	74	7.7	146	10.9	72
M	3.8	0.72	85	8.8	140	10.4	55
A	3.5	0.63	66	6.9	113	8.4	47
M	2.5	0.52	40	4.2	102	7.6	62
J	2.9	0.45	39	4.1	83	6.2	44
J	3.6	0.49	55	5.7	76	5.7	21
A	3.4	0.58	61	6.2	30	2.2	— 31
S	5.6	0.68	114	11.8	77	5.7	— 37
O	5.5	0.75	128	13.3	112	8.3	— 16
N	5.1	0.76	120	12.5	108	8.1	— 12
D	4.4	0.75	102	10.6	166	12.4	64
Año			963	100.0	1 343	100.0	+380

Estación: Rurrenabaque, latitud 14° 28', longitud 67° 35',
altura 227 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.5	0.74	57	7.9	276	15.0	219
F	1.6	0.72	32	4.4	231	12.6	199
M	4.2	0.73	95	13.1	229	12.5	134
A	2.3	0.64	44	6.1	116	6.3	72
M	4.1	0.54	69	9.6	106	5.8	37
J	2.3	0.47	32	4.4	130	7.1	98
J	0.7	0.52	11	1.5	91	5.0	80
A	3.7	0.60	69	9.6	60	3.3	— 9
S	4.3	0.70	90	12.4	85	4.6	— 5
O	3.9	0.75	91	12.6	134	7.3	43
N	3.5	0.74	78	10.8	191	10.4	113
D	2.4	0.74	55	7.6	185	10.1	130
Año			723	100.0	1 834	100.0	+1 111

Estación: Valle Grande, latitud 18° 29', longitud 64° 06',
altura 2 000 m

Mes	t-t'	Factor	Precip. teor. T (mm)	% de cada mes	Precip. real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.6	0.75	60	7.5	208	25.4	148
F	3.1	0.73	63	7.9	152	18.5	89
M	1.5	0.72	33	4.1	62	7.5	29
A	2.1	0.63	40	5.0	46	5.6	6
M	2.1	0.51	33	4.1	17	2.1	— 16
J	2.8	0.44	37	4.6	17	2.1	— 20
J	3.9	0.49	59	7.4	13	1.6	— 46
A	5.5	0.57	97	12.1	12	1.5	— 85
S	4.3	0.68	88	11.0	30	3.6	— 58
O	4.6	0.75	107	13.4	49	6.0	— 58
N	3.9	0.76	89	11.1	84	10.2	— 5
D	4.0	0.76	94	11.8	131	15.9	37
Año			800	100.0	821	100.0	+ 21

Gráfico III

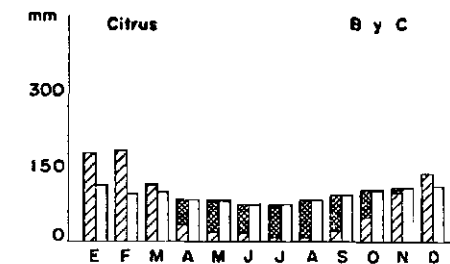
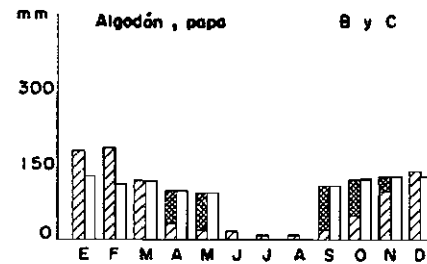
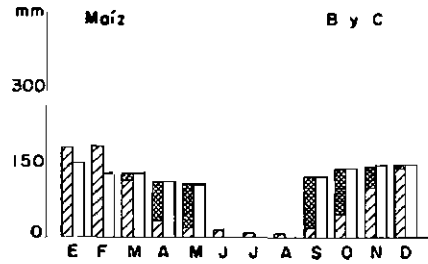
BOLIVIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDAD DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS
(Según las fórmulas de Olivier y Blaney-Criddle)

Estación : CAMIRI

Latitud : 20° 06' Longitud : 63° 33'

Altura : 876 m

Precipitación anual : 859 mm

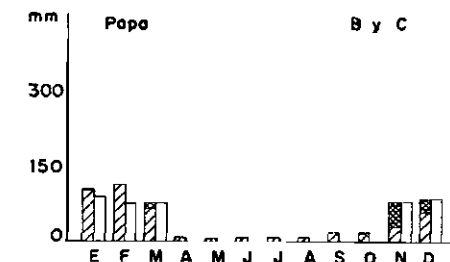
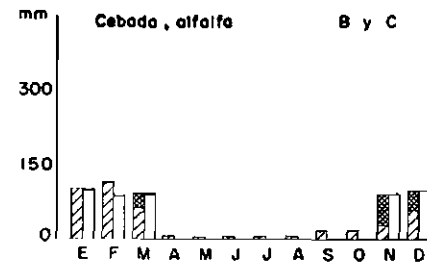
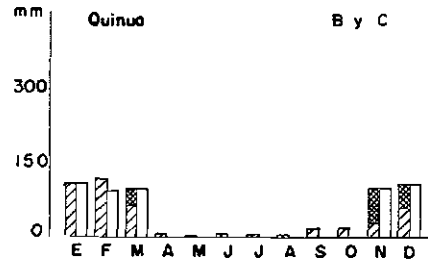


Estación : PAZÑA

Latitud : 18° 36' Longitud : 66° 55'

Altura : 3710 m

Precipitación anual : 432 mm

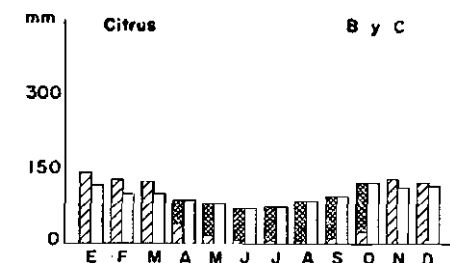
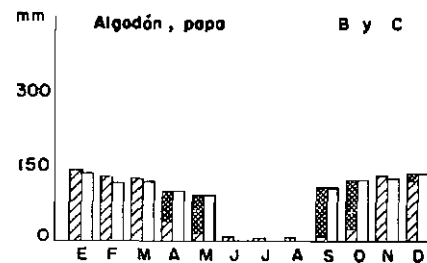
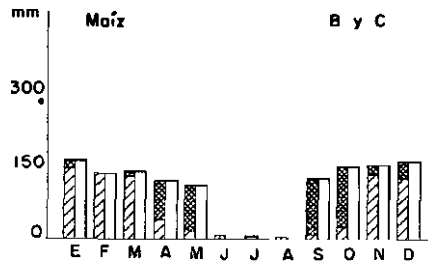


Estación : VILAMONTES

Latitud : 21° 16' Longitud : 63° 30'

Altura : 520 m

Precipitación anual : 761 mm



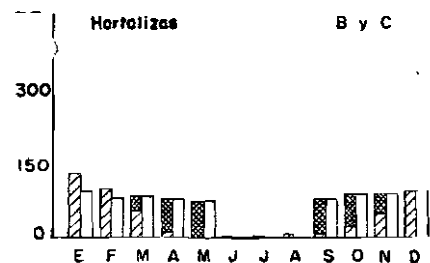
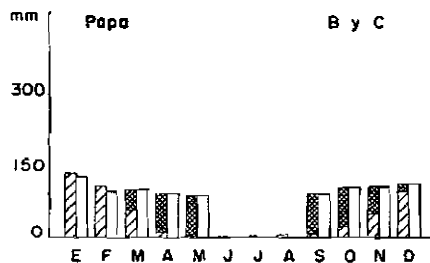
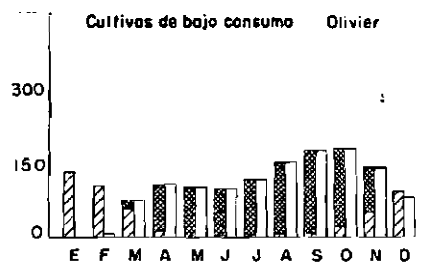
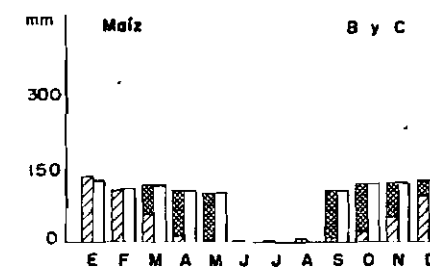
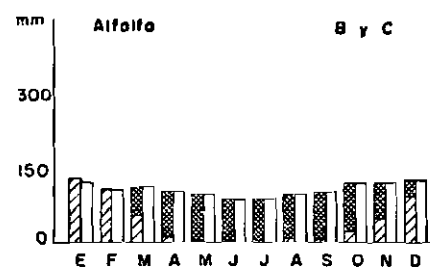
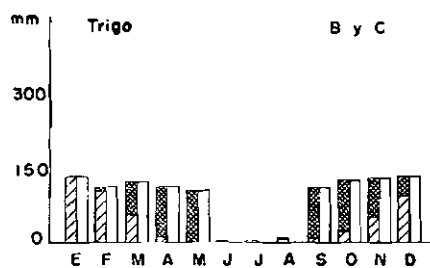
Estación : COCHABAMBA

Latitud : 17° 23' Longitud : 66° 10'

Altura : 2558 m

Precipitación anual : 493 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo



Estación : EL ALTO

Latitud : 16° 30' Longitud : 68° 10'

Altura : 4083 m

Precipitación anual : 548 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo

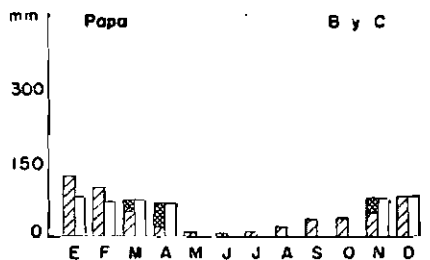
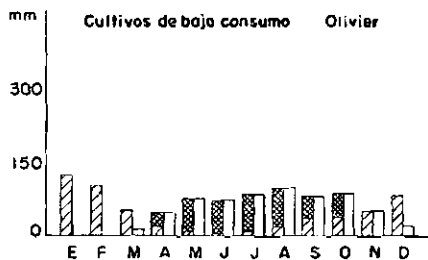
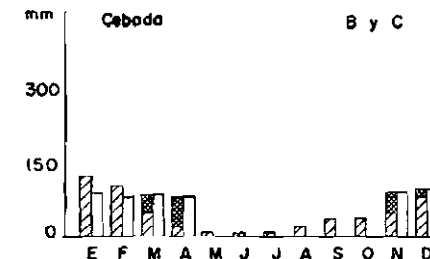
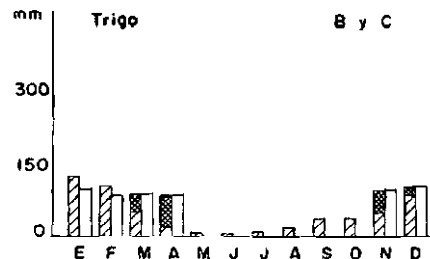
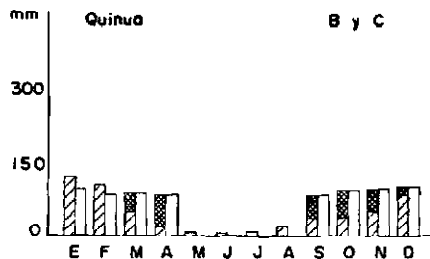


Gráfico III (Continuación)

BOLIVIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDAD DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS

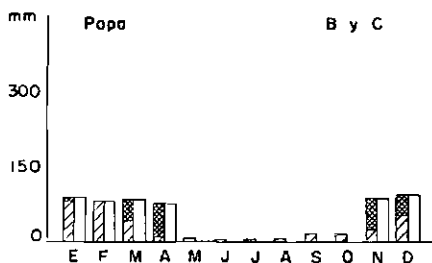
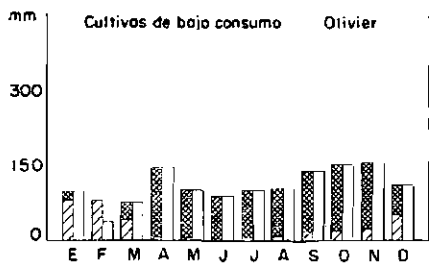
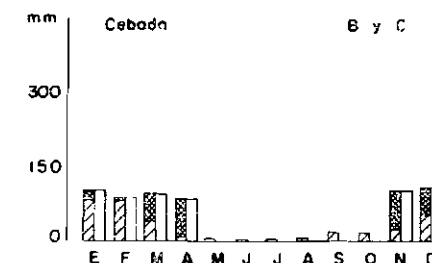
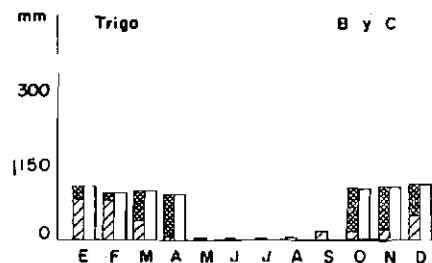
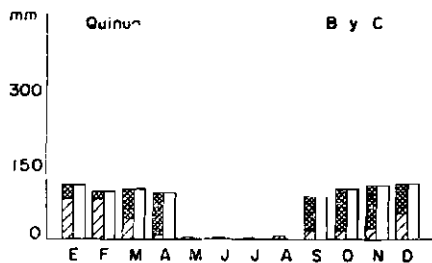
(Según las fórmulas de Olivier y Blaney-Criddle)

Estación : ORURO

Latitud : 17° 58' Longitud : 67° 10'

Altura : 3 706 m

Precipitación anual : 352 mm

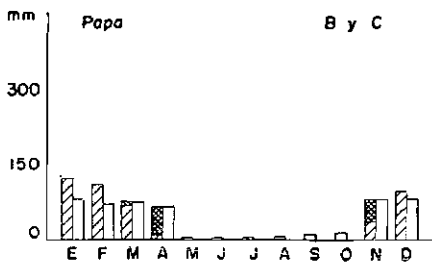
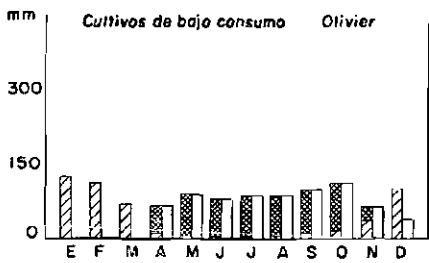
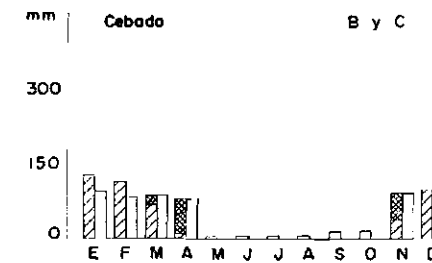
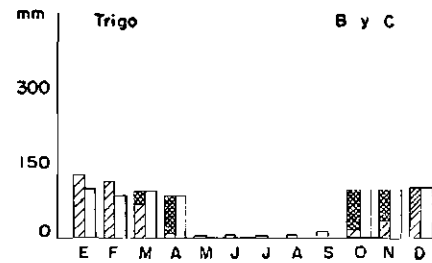
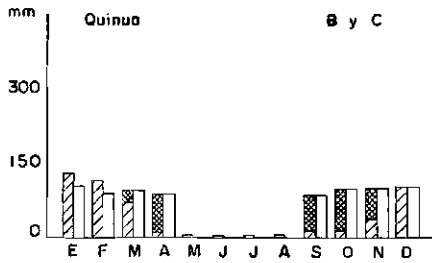


Estación : POTOSI

Latitud : 19° 35' Longitud : 65° 45'

Altura : 3 904 m

Precipitación anual : 463 mm



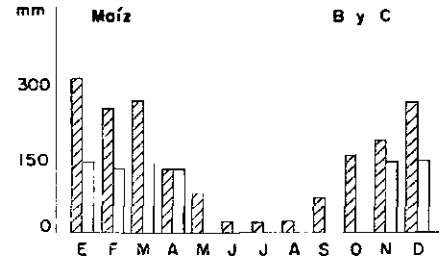
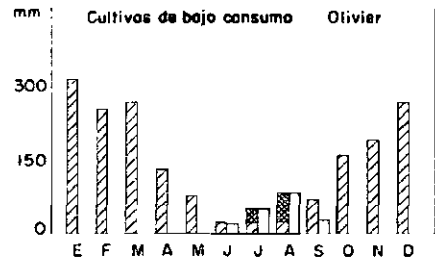
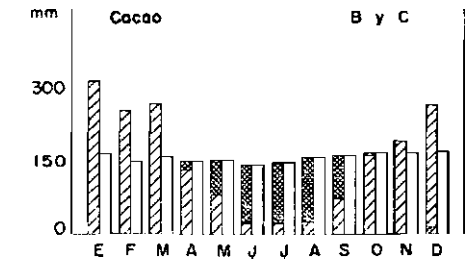
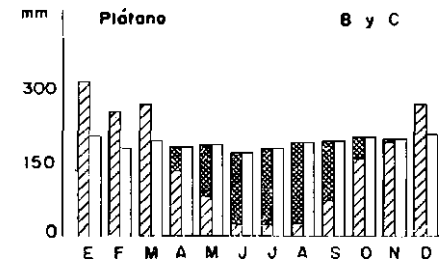
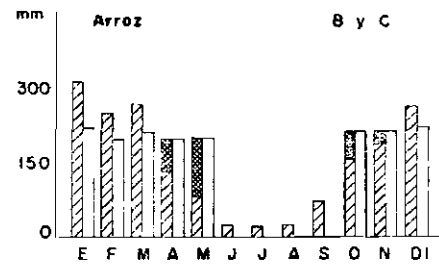
Estación : RIBERALTA

Latitud : 11°00' Longitud : 66°05'

Altura : 172 m

Precipitación anual : 1765 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo






Estación : RURRENABAQUE

Latitud : 14° 28' Longitud : 67° 35'

Altura : 227 m

Precipitación anual : 1834 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo

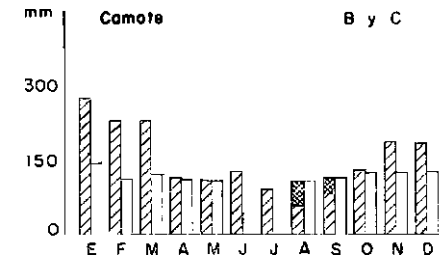
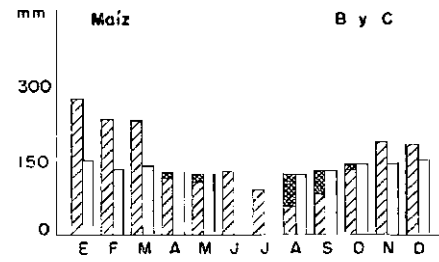
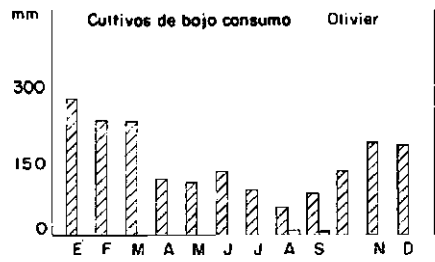
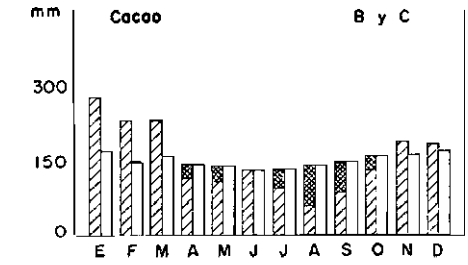
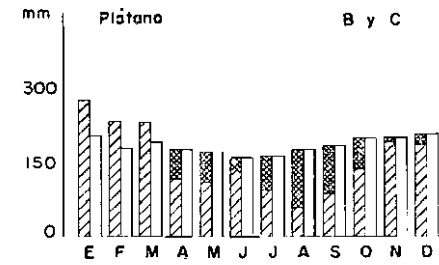
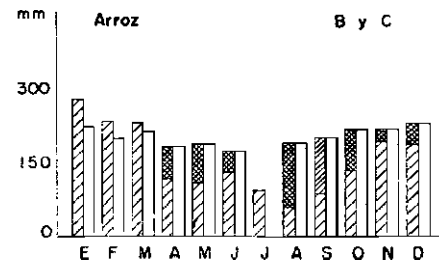


Gráfico III (Continuación)

BOLIVIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDAD DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS




(Según las fórmulas de Olivier y Blaney-Criddle)

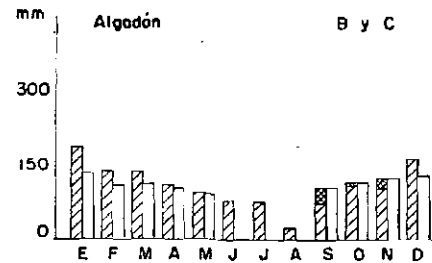
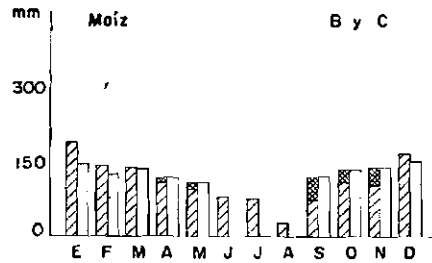
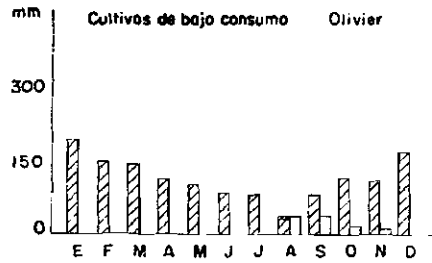
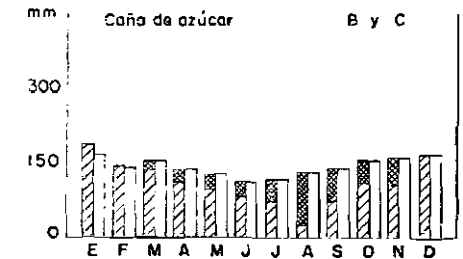
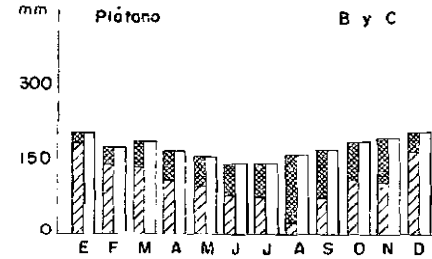
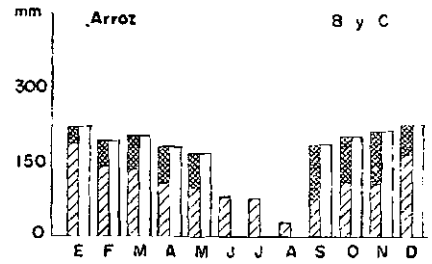
Estación : SANTA CRUZ

Latitud : 17°46' Longitud : 63° 11'

Altura : 442 m

Precipitación anual : 1343 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo






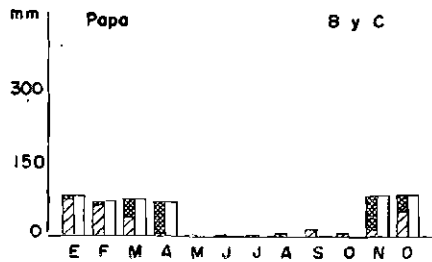
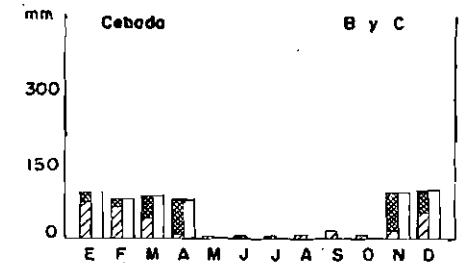
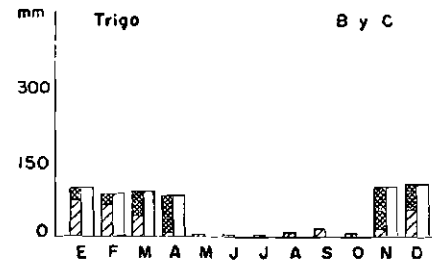
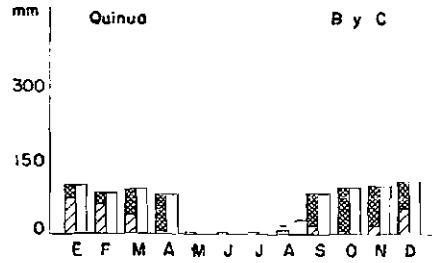
Estación : SICA SICA

Latitud : 17°23' Longitud : 67°44'

Altura : 3820 m

Precipitación anual : 295 mm

 Precipitación  Riego
 Agua de consumo



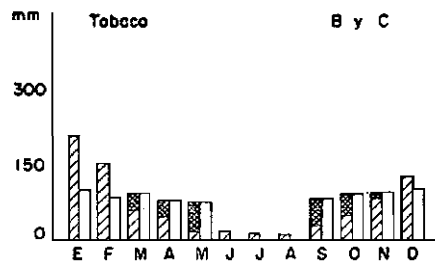
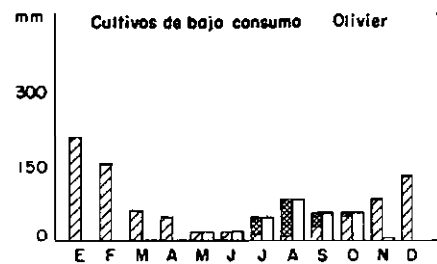
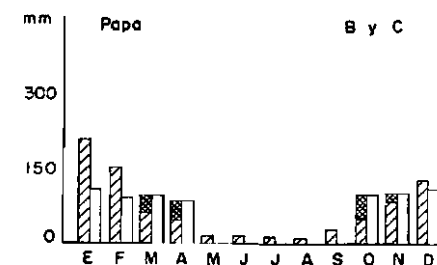
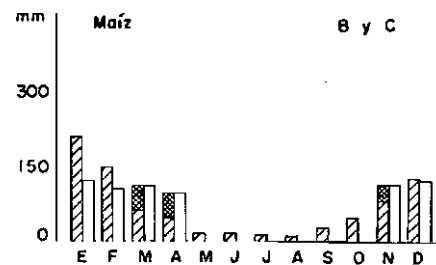
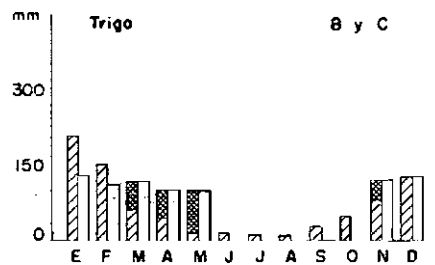
Estación : VALLEGRANDE

Latitud : 18° 29' Longitud : 64° 06'

Altura : 2 000 m

Precipitación anual : 821 mm

▨ Precipitación ▩ Riego
□ Agua de consumo



Cuadro 18

BOLIVIA: AGUA DE CONSUMO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES,
SEGUN LA FORMULA DE BLANEY-CRIDDLEEstación: Camiri, latitud 20° 06', longitud 63° 33', altura 876 m
precipitación anual 859 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		78.8	77.9	75.9	70.2	67.3	64.4	64.0	69.1	74.8	77.8	79.9	75.8
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$		186.2	160.3	165.9	141.0	135.1	121.2	125.2	140.5	153.9	174.0	180.6	181.1
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Maíz	0.80	149.0	128.2	132.7	112.8	108.1	—	—	—	123.1	139.2	144.5	144.9
Algodón, papa	0.70	130.3	112.2	116.1	98.7	94.6	—	—	—	107.7	121.8	126.4	126.8
Citrus	0.60	111.7	96.2	99.5	84.6	81.1	72.7	75.1	84.3	92.3	104.4	108.4	108.7

Estación Cochabamba, latitud 17° 23', longitud 66° 10', altura 2 558 m
precipitación anual 493 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		65.3	65.0	65.0	64.0	59.7	55.9	55.9	58.8	62.4	66.2	67.1	66.4
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$		152.7	132.1	142.0	130.0	121.4	106.4	110.7	120.9	128.3	146.1	150.1	156.7
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Trigo	0.85	129.8	112.3	120.7	110.5	103.2	—	—	—	110.1	124.2	127.6	133.2
Alfalfa	0.80	122.2	105.7	113.6	104.0	97.1	85.1	88.6	96.7	102.6	116.9	120.1	125.4
Maíz	0.80	122.2	105.7	113.6	104.0	97.1	—	—	—	102.6	116.9	120.1	125.4
Papa	0.70	106.9	92.5	99.4	91.0	85.0	—	—	—	89.8	102.3	105.1	109.7
Hortaliza	0.60	91.6	79.3	85.2	78.0	72.8	—	—	—	77.0	87.7	90.1	94.0

Estación: El Alto, latitud 16° 30', longitud 68° 10', altura 4 083 m
precipitación anual 548 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		48.2	47.8	48.7	48.4	46.6	44.6	44.1	46.0	47.1	48.9	50.2	50.4
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$		111.5	97.0	105.2	98.3	94.7	86.1	88.4	94.5	97.0	108.0	112.0	117.9
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Quinua	0.85	94.8	82.5	89.4	83.6	—	—	—	—	82.5	91.8	95.2	100.2
Trigo	0.85	94.8	82.5	89.4	83.6	—	—	—	—	—	—	95.2	100.2
Cebada	0.80	89.2	77.6	84.2	78.6	—	—	—	—	—	—	89.6	94.3
Papa	0.70	78.1	67.9	73.6	68.8	—	—	—	—	—	—	78.4	82.5

Estación: Oruro, latitud 17° 58', longitud 67° 10', altura 3 706 m
precipitación anual 352 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		55.2	54.9	55.0	52.7	47.1	43.7	43.0	47.0	50.7	54.5	56.7	57.0
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$		129.0	111.5	120.1	106.9	94.5	83.3	85.1	96.8	104.1	120.7	126.5	134.6
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Quinua	0.85	109.7	94.8	102.1	90.9	—	—	—	—	88.5	102.6	107.5	114.4
Trigo	0.85	109.7	94.8	102.1	90.9	—	—	—	—	—	102.6	107.5	114.4
Cebada	0.80	103.2	89.2	96.1	85.5	—	—	—	—	—	—	101.2	107.7
Papa	0.70	90.3	78.1	84.1	74.8	—	—	—	—	—	—	88.6	94.2

(Continúa)

Cuadro 18 (Continuación)

Estación: Pazña, latitud 18° 36', longitud 66° 55', altura 3 710 m,
precipitación anual 432 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		53.4	53.0	52.0	47.7	41.4	37.8	37.8	42.6	46.4	49.3	52.5	53.4
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		125.0	107.7	113.8	95.8	83.1	72.1	74.9	87.6	95.5	110.2	117.3	126.0
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Quinua	0.85	106.3	91.5	96.7	—	—	—	—	—	—	—	99.7	107.1
Cebada, alfalfa	0.80	100.0	86.2	91.0	—	—	—	—	—	—	—	93.8	100.8
Papa	0.70	87.5	75.4	79.7	—	—	—	—	—	—	—	82.1	88.2

Estación Potosí, latitud 19° 35', longitud 65° 45', altura 3 904 m,
precipitación anual 463 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		50.2	49.6	49.8	48.6	47.1	44.2	44.0	46.4	49.1	51.6	52.7	52.5
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		116.1	100.8	108.7	98.8	95.8	85.3	88.4	96.5	101.1	114.0	116.3	121.4
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Quinua	0.85	98.5	85.6	92.5	84.0	—	—	—	—	85.9	96.9	98.9	103.1
Trigo	0.85	98.5	85.6	92.5	84.0	—	—	—	—	—	96.9	98.9	103.1
Cebada	0.80	92.8	80.6	87.0	79.0	—	—	—	—	—	—	93.1	97.1
Papa	0.70	81.2	70.6	76.1	69.2	—	—	—	—	—	—	81.4	85.0

Estación: Riberalta, latitud 11° 00', longitud 66° 05', altura 1 72 m,
precipitación anual 1 765 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		79.6	80.1	80.1	79.6	79.0	77.2	77.7	81.4	82.7	81.5	81.1	80.4
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		180.1	160.8	173.0	161.8	164.6	152.9	159.8	169.4	172.2	178.1	177.3	183.9
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Arroz	1.20	216.1	193.0	207.6	194.2	197.5	—	—	—	—	212.7	212.8	220.7
Plátano	1.10	198.1	176.9	190.3	178.0	181.1	168.2	175.8	186.3	189.4	195.9	195.0	202.3
Cacao	0.90	162.1	144.7	155.7	145.6	148.1	137.6	143.8	152.5	155.0	160.3	159.6	165.5
Maíz	0.80	144.1	128.6	138.4	129.4	—	—	—	—	—	—	141.8	147.1

Estación: Rurrenabaque, latitud 14° 28', longitud 67° 35', altura 227 m,
precipitación anual 1 834 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		79.9	80.4	80.0	78.3	76.3	74.5	72.5	76.2	80.2	80.9	81.3	81.1
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		184.4	183.1	174.8	159.0	154.9	143.8	147.3	156.7	165.1	178.8	179.6	187.5
<i>Agua de consumo 25.4 k.f (mm)</i>													
Arroz	1.20	221.3	195.7	209.8	190.8	185.9	172.6	—	188.0	198.1	214.6	215.5	225.0
Plátano	1.10	202.8	179.4	192.3	174.9	170.4	158.2	162.0	172.4	181.6	196.7	197.6	206.3
Cacao	0.90	166.0	146.8	157.3	143.1	139.4	129.4	132.6	141.0	148.6	160.9	161.6	168.8
Maíz	0.80	147.5	130.5	139.8	127.2	123.9	—	—	125.4	132.1	143.0	143.7	150.0
Camote	0.70	129.1	114.2	122.4	111.3	108.4	—	—	109.7	115.6	125.2	125.7	131.3

(Continúa)

Cuadro 18 (Continuación)

Estación: Santa Cruz, latitud 17° 46', longitud 63° 11', altura 442 m
precipitación anual 1 343 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		79.4	78.9	77.9	74.5	70.5	67.8	67.1	72.3	75.9	77.9	79.9	79.7
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		185.4	160.3	170.2	151.4	141.5	129.0	133.1	148.8	156.0	172.0	178.6	188.2
<i>Agua de consumo 25.4 k. f (mm)</i>													
Arroz	1.20	222.5	192.4	204.2	181.7	169.8	—	—	—	187.2	206.4	214.3	225.8
Plátano	1.10	203.9	176.3	187.2	166.5	155.7	141.9	146.4	163.7	171.6	189.2	196.5	207.0
Caña	0.90	166.9	144.3	153.2	136.6	127.4	116.1	119.8	133.9	140.4	154.8	160.7	169.4
Maíz	0.80	148.3	128.2	136.2	121.1	113.2	—	—	—	124.8	137.6	142.9	150.6
Algodón.	0.70	129.8	112.2	119.1	106.0	99.1	—	—	—	109.2	120.4	125.0	131.7

Estación: Sica Sica, latitud 17° 23', longitud 67° 44', altura 3 820 m
precipitación anual 295 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		50.5	49.3	49.1	47.8	44.6	41.9	41.2	43.7	46.4	50.2	52.7	53.4
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		118.1	100.1	107.2	97.0	90.4	79.8	81.5	89.9	95.5	111.0	117.9	126.0
<i>Agua de consumo 25.4 k. f (mm)</i>													
Quinua	0.85	100.4	85.1	91.1	82.5	—	—	—	—	81.2	94.4	100.2	107.1
Trigo	0.85	100.4	85.1	91.1	82.5	—	—	—	—	—	—	100.2	107.1
Cebada	0.80	94.5	80.1	85.8	77.6	—	—	—	—	—	—	94.3	100.8
Papa	0.70	82.7	70.1	75.0	67.9	—	—	—	—	—	—	82.5	88.2

Estación: Valle Grande, latitud 18° 29', longitud 64° 06', altura 2 000 m
precipitación anual 821 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		65.6	64.6	63.8	61.0	59.9	57.7	56.5	58.6	62.4	63.1	65.3	66.2
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		153.4	131.6	139.4	122.4	120.1	110.0	111.8	120.7	128.3	141.0	146.1	156.2
<i>Agua de consumo 25.4 k. f (mm)</i>													
Trigo	0.85	130.4	111.9	118.5	104.0	102.1	—	—	—	—	—	124.2	132.8
Maíz	0.80	122.7	105.3	111.5	97.9	—	—	—	—	—	—	116.9	125.0
Papa	0.70	107.4	92.1	97.6	85.7	—	—	—	—	—	98.7	102.3	109.3
Tabaco	0.65	99.7	85.5	96.0	79.6	78.1	—	—	—	83.4	91.7	95.0	101.5

Estación: Villamontes, latitud 21° 16', longitud 63° 30', altura 520 m
precipitación anual 761 mm

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit		83.3	80.6	78.1	74.1	68.2	63.5	63.1	71.2	76.5	80.8	82.6	82.0
25.4 f = 25.4 $\frac{t.p}{100}$		196.9	166.1	170.7	148.8	135.1	119.4	123.4	144.8	157.5	180.6	186.7	195.6
<i>Agua de consumo 25.4 k. f (mm)</i>													
Maíz	0.80	157.5	132.9	136.6	119.0	108.1	—	—	—	126.0	144.5	149.4	156.5
Algodón, papa	0.70	137.8	116.3	119.5	104.2	94.6	—	—	—	110.3	126.4	130.7	136.9
Citrus	0.60	118.1	99.7	102.4	89.3	81.1	71.6	74.0	86.9	94.5	108.4	112.0	117.4

Cuadro 19

BOLIVIA: NECESIDADES DE RIEGO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES, SEGUN LAS FORMULAS DE BLANEY-CRIDDLE Y OLIVIER

Estación: Camiri, latitud 20° 06', longitud 63° 33', altura 876 m, precipitación anual 859 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		178	182	115	32	19	16	8	7	20	46	99	137
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Maíz	(a)	0	0	30	135	148	—	—	—	172	155	77	13
	(b)	0	0	0.11	0.52	0.55	—	—	—	0.66	0.58	0.30	0.05
Algodón, papa	(a)	0	0	0	112	127	—	—	—	147	127	45	0
	(b)	0	0	0	0.43	0.47	—	—	—	0.57	0.47	0.17	0
Citrus	(a)	0	0	0	88	104	95	112	129	121	97	16	0
	(b)	0	0	0	0.34	0.39	0.37	0.42	0.48	0.47	0.36	0.06	0

Estación: Cochabamba, latitud 17° 23', longitud 66° 10" altura 2 558 m, precipitación anual 493 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		131	104	57	14	3	3	3	7	8	23	49	91
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Trigo	(a)	0	14	106	161	167	—	—	—	170	169	131	70
	(b)	0	0.06	0.40	0.62	0.62	—	—	—	0.65	0.63	0.49	0.26
Alfalfa	(a)	0	3	95	150	157	137	143	150	158	157	118	57
	(b)	0	0.01	0.35	0.58	0.59	0.53	0.53	0.56	0.61	0.59	0.46	0.21
Maíz	(a)	0	3	95	150	157	—	—	—	158	157	118	57
	(b)	0	0.01	0.35	0.58	0.59	—	—	—	0.61	0.59	0.46	0.21
Papa	(a)	0	0	70	128	137	—	—	—	120	132	93	32
	(b)	0	0	0.26	0.49	0.51	—	—	—	0.46	0.49	0.34	0.12
Hortaliza . . .	(a)	0	0	47	107	116	—	—	—	115	108	69	5
	(b)	0	0	0.17	0.41	0.43	—	—	—	0.44	0.40	0.27	0.02

B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier

0 10 125 182 172 163 193 247 287 295 233 127

Estación: El Alto, latitud 16° 30', longitud 68° 10', altura 4 083 m, precipitación anual 548 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		121	103	51	20	9	5	9	19	38	41	50	82
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Quíhua	(a)	0	0	64	106	—	—	—	—	74	85	75	30
	(b)	0	0	0.24	0.41	—	—	—	—	0.29	0.32	0.29	0.11
Trigo	(a)	0	0	64	106	—	—	—	—	—	—	75	30
	(b)	0	0	0.24	0.41	—	—	—	—	—	—	0.29	0.11
Cebada	(a)	0	0	55	98	—	—	—	—	—	—	67	20
	(b)	0	0	0.21	0.38	—	—	—	—	—	—	0.26	0.08
Papa	(a)	0	0	38	82	—	—	—	—	—	—	47	2
	(b)	0	0	0.14	0.32	—	—	—	—	—	—	0.18	0.01

B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier

0 0 25 85 125 120 143 163 130 145 85 35

(a) = mm
(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Cuadro 19 (Continuación)

Estación: Oruro, latitud 17° 58', longitud 67° 10', altura 3 706 m, precipitación anual 352 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	81	80	44	10	5	3	3	7	20	20	24	55

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Quinoa	(a)	48	25	97	135	—	—	—	—	114	138	139	99
	(b)	0.18	0.10	0.36	0.52	—	—	—	—	0.44	0.51	0.54	0.37
Trigo	(a)	48	25	97	135	—	—	—	—	—	138	139	99
	(b)	0.18	0.10	0.36	0.52	—	—	—	—	—	0.51	0.54	0.37
Cebada	(a)	37	15	87	127	—	—	—	—	—	—	128	88
	(b)	0.14	0.06	0.32	0.49	—	—	—	—	—	—	0.49	0.33
Papa	(a)	15	0	67	108	—	—	—	—	—	—	108	65
	(b)	0.06	0	0.25	0.42	—	—	—	—	—	—	0.42	0.24

B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier

	180	42	125	233	150	130	172	155	220	254	265	198
--	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Estación: Pazña, latitud 18° 36', longitud 66° 55', altura 3 710 m, precipitación anual 432 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	105	116	64	8	3	4	4	4	16	19	30	59

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Quinoa	(a)	2	0	54	—	—	—	—	—	—	116	80
	(b)	0.01	0	0.20	—	—	—	—	—	—	0.45	0.30
Cebada	(a)	0	0	45	—	—	—	—	—	—	107	70
	(b)	0	0	0.17	—	—	—	—	—	—	0.41	0.26
Papa	(a)	0	0	27	—	—	—	—	—	—	87	48
	(b)	0	0	0.10	—	—	—	—	—	—	0.34	0.18

Estación: Potosí, latitud 19° 35', longitud 65° 45', altura 3 904 m, precipitación anual 463 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	126	114	67	9	2	2	1	3	13	17	37	72

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Quinoa	(a)	0	0	43	125	—	—	—	—	122	133	103	52
	(b)	0	0	0.16	0.48	—	—	—	—	0.47	0.50	0.40	0.19
Trigo	(a)	0	0	43	125	—	—	—	—	—	133	103	52
	(b)	0	0	0.16	0.48	—	—	—	—	—	0.50	0.40	0.19
Cebada	(a)	0	0	33	117	—	—	—	—	—	—	94	42
	(b)	0	0	0.12	0.45	—	—	—	—	—	—	0.36	0.16
Papa	(a)	0	0	15	100	—	—	—	—	—	—	74	22
	(b)	0	0	0.06	0.39	—	—	—	—	—	—	0.29	0.08

B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier

	0	0	0	108	148	130	148	148	167	188	108	68
--	---	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

(a) = mm

(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Cuadro 19 (Continuación)

Estación: Riberalta, latitud 11° 00', longitud 66° 05', altura 172 m, precipitación anual 1 765 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		305	248	263	129	76	23	21	24	72	154	187	263
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Arroz	(a)	0	0	0	108	203	—	—	—	—	98	43	0
	(b)	0	0	0	0.42	0.76	—	—	—	—	0.37	0.17	0
Plátano	(a)	0	0	0	55	148	217	232	242	167	40	13	0
	(b)	0	0	0	0.21	0.55	0.84	0.87	0.90	0.64	0.15	0.05	0
Cacao	(a)	0	0	0	28	120	192	205	215	138	10	0	0
	(b)	0	0	0	0.11	0.45	0.74	0.77	0.80	0.53	0.04	0	0
Maíz	(a)	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0
	(b)	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	0	0
B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier													
		0	0	0	0	0	35	85	138	40	0	0	0

Estación: Rurrenabaque, latitud 14° 28', longitud 67° 35', altura 227 m, precipitación anual 1 834 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		276	231	229	116	106	130	91	60	85	134	191	185
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Arroz	(a)	0	0	0	125	133	—	—	213	188	135	42	67
	(b)	0	0	0	0.48	0.49	—	—	0.79	0.73	0.50	0.16	0.25
Plátano	(a)	0	0	0	72	82	23	93	162	133	75	11	5
	(b)	0	0	0	0.28	0.30	0.09	0.34	0.60	0.51	0.28	0.04	0.02
Cacao	(a)	0	0	0	45	55	0	69	135	107	45	—	0
	(b)	0	0	0	0.17	0.20	0	0.28	0.50	0.41	0.17	—	0
Maíz	(a)	0	0	0	18	30	—	—	108	78	15	—	0
	(b)	0	0	0	0.07	0.11	—	—	0.40	0.30	0.06	—	0
Camote	(a)	0	0	0	0	3	—	—	83	50	0	—	0
	(b)	0	0	0	0	0.01	—	—	0.31	0.19	0	—	0
B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier													
		0	0	0	0	0	0	0	15	8	0	0	0

Estación: Santa Cruz, latitud 17° 46', longitud 63° 11', altura 442 m, precipitación anual 1 343 mm

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)		190	146	140	113	102	83	76	30	77	112	108	166
A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle													
Arroz	(a)	55	77	107	115	113	—	—	—	183	157	177	100
	(b)	0.20	0.32	0.40	0.44	0.42	—	—	—	0.71	0.58	0.68	0.37
Plátano	(a)	23	50	78	90	90	100	117	223	158	128	148	68
	(b)	0.08	0.11	0.29	0.35	0.34	0.38	0.45	0.83	0.61	0.48	0.57	0.25
Caña	(a)	0	0	22	40	42	55	73	173	105	72	88	5
	(b)	0	0	0.08	0.15	0.16	0.21	0.27	0.64	0.41	0.27	0.34	0.02
Maíz	(a)	0	0	0	13	18	—	—	—	80	43	58	0
	(b)	0	0	0	0.05	0.07	—	—	—	0.31	0.16	0.22	0
Algodón	(a)	0	0	0	0	0	—	—	—	53	13	28	0
	(b)	0	0	0	0	0	—	—	—	0.20	0.05	0.11	0
B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier													
		0	0	0	0	0	0	0	52	62	27	20	0

(a) = mm
(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Cuadro 19 (Continuación)

Estación: Sica Sica, latitud 17° 23', longitud 67° 44', altura 3 820 m, precipitación anual 295 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	75	64	44	8	2	3	1	6	16	6	16	54

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Quinoa	(a)	41	35	78	125	—	—	—	—	108	147	140	88
	(b)	0.15	0.14	0.29	0.48	—	—	—	—	0.42	0.55	0.54	0.33
Trigo	(a)	41	35	78	125	—	—	—	—	—	140	88	
	(b)	0.15	0.14	0.29	0.48	—	—	—	—	—	0.54	0.33	
Cebada	(a)	33	27	70	117	—	—	—	—	—	130	78	
	(b)	0.12	0.11	0.26	0.45	—	—	—	—	—	0.50	0.29	
Papa	(a)	13	10	52	100	—	—	—	—	—	113	57	
	(b)	0.05	0.04	0.19	0.39	—	—	—	—	—	0.44	0.21	

Estación: Valle Grande, latitud 18° 29', longitud 64° 06', altura 2 000 m, precipitación anual 821 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	208	152	62	46	17	17	13	12	30	49	84	131

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Trigo	(a)	0	0	94	97	142	—	—	—	—	—	67	3
	(b)	0	0	0.35	0.38	0.53	—	—	—	—	—	0.26	0.01
Maíz	(a)	0	0	83	87	—	—	—	—	—	—	55	—
	(b)	0	0	0.31	0.34	—	—	—	—	—	—	0.21	—
Papa	(a)	0	0	60	67	—	—	—	—	—	83	30	—
	(b)	0	0	0.22	0.26	—	—	—	—	—	0.31	0.12	—
Tabaco	(a)	0	0	48	56	102	—	—	—	89	71	18	—
	(b)	0	0	0.18	0.22	0.38	—	—	—	0.34	0.27	0.07	—

B. Necesidades de riego según la fórmula de Olivier

	0	0	0	0	27	33	77	142	97	97	8	0
--	---	---	---	---	----	----	----	-----	----	----	---	---

Estación: Villamontes, latitud 21° 16', longitud 63° 30', altura 520 m, precipitación anual 761 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	142	130	127	41	16	8	2	1	10	28	133	123

A. Necesidades de riego según la fórmula de Blaney-Criddle

Maíz	(a)	27	5	17	130	153	—	—	—	193	193	27	57
	(b)	0.10	0.02	0.06	0.50	0.57	—	—	—	0.74	0.72	0.10	0.21
Algodón, papa	(a)	0	0	0	105	132	—	—	—	167	163	0	23
	(b)	0	0	0	0.41	0.49	—	—	—	0.64	0.60	0	0.09
Citrus	(a)	0	0	0	80	108	106	120	143	141	134	0	0
	(b)	0	0	0	0.31	0.40	0.41	0.45	0.53	0.54	0.50	0	0

(a) = mm

(b) = litros por segundo y hectárea

Cuadro 20

BOLIVIA: MAYORES FRECUENCIAS ANUALES DE GRANIZADAS, 1945-49

Lugar	Número de granizadas
Chapisirca (Cochabamba) . . .	25.5
Viscachani (La Paz)	15.8
Cacachaca (Oruro)	14.6
Chacaltaya (La Paz)	14.5
Jesús de Machaca (La Paz) . .	13.0
Condo (Oruro)	12.5
Corocoro (La Paz)	10.4
Guaqui (La Paz)	10.0
Patacamaya (Oruro)	8.4
Oruro (Oruro)	7.8
La Paz (La Paz)	7.7
Sucre (Chuquisaca)	6.6
El Alto (La Paz)	6.4
Morochata (Cochabamba) . . .	6.2
Yocalla (Potosí)	6.2
Calamarca (La Paz)	6.0
Tomina (Chuquisaca)	5.3
Camargo (Chuquisaca)	5.0
Copacabana (La Paz)	4.8
La Angostura (Cochabamba) . .	4.8
Charaña (La Paz)	4.6
Tiquina (La Paz)	4.6
Choroty (Chuquisaca)	4.4
Potosí (Potosí)	4.4
Ayo-Ayo (La Paz)	3.8
Sacabamba (Cochabamba) . . .	3.8
Betanzos (Potosí)	3.6
Chacoma (La Paz)	3.6
Luribay (La Paz)	3.6
Oploca (Potosí)	3.6
Sicasica (La Paz)	3.6
Peñas (Oruro)	3.4
Agua Castilla (Potosí)	3.2
Eucaliptus (Oruro)	3.0
Pazña (Oruro)	3.0
Tupiza (Potosí)	3.0

FUENTE: Ismael Escobar V., "Estudio sobre el granizo", *Nimbus*, año 1, N° 3.

tardías. En estos últimos, se presentan con frecuencia en el invierno.

En los Llanos orientales prácticamente no se registran heladas, pudiendo presentarse días en que la temperatura desciende ocasionalmente de cero grados. En los Llanos del norte no ocurren heladas.

3. Observaciones y sugerencias

Diversos agentes meteorológicos que afectan a la agricultura en perjuicio de la economía nacional indican la nece-

D. RECOMENDACIONES

1. En meteorología

El mejoramiento de la meteorología es una necesidad no sólo de este campo, sino también de ciencias conexas como la hidrología, la agronomía, etc. Hasta el presente la mayor actividad se ha dirigido hacia el campo de la protección meteorológica a la aeronáutica, descuidando aspectos tan fundamentales como los agrometeorológicos e hidrometeorológicos.

Es urgente proceder a la reorganización de todos los

sidad de efectuar una metódica y minuciosa investigación en el campo agrometeorológico. Para ello es necesaria la instalación de nuevas estaciones pues las dos en funcionamiento —Belén-Achacachi y La Tamborada-Cochabamba— en manera alguna pueden satisfacer las necesidades actuales del país.

Además de realizar observaciones de datos meteorológicos con fines agrícolas, estudios fenológicos, ecológicos, bioclimatológicos y fitogeográficos, se deberá prestar una especial atención a las condiciones meteorológicas adversas.

Para encarar la lucha antigranizo deben iniciarse investigaciones lo antes posible, pues demandarán varios años antes de poder tomarse medidas efectivas. Para comenzar su estudio debe llevarse a cabo una programación y ejecución de observaciones con ayuda de los agricultores en las zonas afectadas, determinando los casos producidos, sus causas meteorológicas y sus perjuicios. Al mismo tiempo, debe considerarse la posible utilización de variedades de cultivo más resistentes al granizo. La experiencia de otros países en este tipo de lucha puede servir de orientación en los primeros pasos.

Las heladas que afectan principalmente a los cultivos del Altiplano y con menor intensidad a los de los Valles requieren igualmente un estudio especial. Además de la necesidad de mejorar las variedades para hacerlas más resistentes, es preciso la instrucción sobre prácticas para la defensa contra heladas. Se requiere asesoramiento sobre la formación de setos de arbustos para contención o desviación del aire frío en capas adyacentes al suelo, pues puede ser un método aplicable en determinados casos. Se podrán considerar además métodos de destrucción de heladas —calentamiento, nieblas artificiales, humos, etc.— en los casos que económicamente se justifique su aplicación.

Las estaciones agrometeorológicas deberán también contribuir a la utilización de otros cultivos que no sean los tradicionales del país a fin de diversificar el restringido cultivo del Altiplano y algunos valles.

Es de fundamental importancia el estudio experimental sistemático de las necesidades de agua para los distintos tipos de cultivos en diferentes clases de suelos, climas y métodos de cultivos. Se podrán así determinar las más convenientes para cada región a base de su rendimiento y se tendrá un valioso elemento para estudios de riego.

Como primera etapa podría ser conveniente establecer las necesidades de agua sobre la base del método de Blaney y Criddle, u otro aconsejable, y determinar en cada región los cultivos que mejor se adaptan de acuerdo con las precipitaciones o disponibilidades de agua.

Deben realizarse paralelamente estudios experimentales sobre evapotranspiración.

servicios meteorológicos para mejorarlos y ampliarlos, tratando de que todos se encuentren en un plazo breve bajo un solo organismo como la Dirección del Servicio Meteorológico Nacional, pues al nivel en que ahora se hallan resultaría relativamente fácil dar este paso.

Son varias las medidas que deben tomarse con el objeto de alcanzar el mejoramiento deseado, pero es fundamental disponer de más recursos financieros para —entre otras cosas— retribuir en forma eficiente al personal. Esta deficiencia ha determinado desde hace unos años el éxodo

de personal capacitado cuya colaboración se hace necesaria en los momentos actuales. Es pequeño el número de personas actualmente disponible y lamentablemente no todas cuentan con la suficiente preparación.

El instrumental en uso debe ser renovado en su gran mayoría, pues se encuentran en estado deficiente por falta de adecuado mantenimiento. Al mismo tiempo que se prevea la compra del nuevo, uniforme y calibrado, deberá encararse simultáneamente la instalación de un pequeño taller y laboratorio para el mantenimiento del nuevo equipo, a fin de no caer nuevamente en el estado actual.

El número de estaciones es totalmente insuficiente y debe ampliarse de acuerdo con el plan que se propone en el anexo a este estudio. Este plan ya fue propuesto por una misión anterior en el año 1960 y se le han hecho ligeras modificaciones discutidas con los técnicos locales. En este plan también se han considerado las estaciones de carácter meteorológico necesarias para el desarrollo concomitante de la red hidrológica.

La actual ubicación de las estaciones debe analizarse para determinar si sus observaciones son representativas de las condiciones meteorológicas del lugar. Cuando sea necesaria la reubicación implicará la simultaneidad de observaciones en el sitio nuevo y en el antiguo hasta la determinación de coeficientes que permitan la extensión de los registros.

Debido al deficiente sistema de transmisión hay una gran cantidad de observaciones que no se incorporan a la red sinóptica y cuya utilidad es manifiesta. Hasta que la Dirección de Meteorología disponga de comunicaciones que satisfagan sus propias necesidades, se debe pedir a los telégrafos del estado que concedan prioridad para los mensajes meteorológicos con el fin de mejorar y acelerar la transmisión de datos. También, como medida de emergencia, se podría requerir en algunos lugares la colaboración de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos para la transmisión de datos por su amplia red de estaciones de radio.

La publicación de un manual de instrucciones para el observador es más necesario quizá en Bolivia que en otros países, pues las grandes distancias a recorrer, las dificultades de transportes y aún las de comunicaciones hacen difícil el control de los observadores. Este manual debe ser editado teniendo como base la conocida publicación de la Organización Meteorológica Mundial.⁹ Con ello se contribuirá no sólo a mejorar la práctica de observaciones, sino también a uniformarla entre los varios servicios.

La necesidad del control de observadores y de observaciones hace necesario establecer servicios regionales de inspección en varias zonas del país, teniendo en cuenta no sólo su división política o geográfica, sino principalmente sus posibilidades de transporte y accesibilidad.

La realización de cursos para observadores y técnicos se debe encarar con carácter rutinario, no sólo para la preparación de los nuevos, sino también para el perfeccionamiento de los antiguos. Estos cursos cubrirán aspectos de observación hidrológica. En cuanto a la formación de profesionales de nivel universitario, será conveniente en una primera etapa su preparación en el exterior, dado el reducido número. Posteriormente, sin embargo, una vez formado un núcleo conveniente de profesionales, se podría llevar a cabo en colaboración con alguna univer-

sidad local la creación de cursos universitarios.

Las observaciones de radiación —descuidadas casi por completo— necesitan ser efectuadas en todo el país, y su realización en el Altiplano reviste una importancia excepcional por cuanto el aprovechamiento de aquélla puede constituir una nueva fuente de energía.

En lo referente a los compromisos internacionales es importante su cumplimiento, especialmente en lo que toca a las resoluciones de la Segunda Reunión de la Asociación Regional III de la Organización Meteorológica Mundial reunida en Caracas en diciembre de 1957.¹⁰

2. En hidrología

La falta de estaciones hidrológicas ya fue analizada y es reconocida por los técnicos locales de los diferentes organismos estatales que de alguna forma se encuentran vinculados con esta actividad. Esta deficiencia, sumada a los pocos años de extensión que poseen los registros existentes, obliga a considerar urgentes medidas con el objeto de disponer, lo antes posible, de los datos básicos necesarios para los estudios de muchos proyectos de utilización de los recursos hidráulicos que se encuentran en su fase inicial.

Toda la información hidrológica debe centralizarse en un organismo que forme el Archivo Nacional de Hidrología. Este archivo también llevaría la información relativa al agua subterránea. La Corporación Boliviana de Fomento, a través de su Departamento de Hidrología, podría ser la institución encargada de esta tarea.

Las actividades hidrológicas realizadas por diversos organismos deben ser coordinadas, planificadas y normalizadas de acuerdo con las directivas del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología, cuya creación se propone en el punto siguiente.

Como parte de esta tarea, la publicación de un manual de hidrología con fines observacionales y de estadística facilitaría la labor para la normalización buscada.

La formación de observadores, aforadores y técnicos en cursos-tipo contribuirá a obtener datos básicos de igual grado de confiabilidad.

Dada la importancia de la hidrología —que no siempre se ha reconocido en toda su magnitud— en los planes de estudios universitarios, es necesario intensificar los mismos por lo menos en una o dos universidades del país, como serían las de La Paz y Cochabamba.

La red hidrológica debe ser ampliada de acuerdo con el plan que se propone en el anexo a este estudio. En él se ha tenido en cuenta no sólo la necesidad de datos para proyectos cuya ejecución se podrá realizar dentro de un futuro cercano, sino también los que se requieren para obtener una evaluación general de los recursos hídricos del país con fines de planificación.

Es necesario un reconocimiento hidrológico detallado de aquellas zonas que por su configuración orográfica pueden ser de gran aprovechamiento. Tal sería el caso de la cordillera de Cochabamba.

La medición de la precipitación de nieve mediante nivómetros totalizadores, o secciones nivométricas, se debe encarar en forma rutinaria para precisar los aportes de la nieve en los escurrimientos y en algunos casos llegar a su posible pronóstico. En igual forma convendría ini-

⁹ Véase *Guide to international meteorological instrument and observing practice*, OMN N° 8 T.P.3.

¹⁰ Véanse las resoluciones 2, 11, 13, 23, 25, 27 y 29 y también las resoluciones aún pendientes de la Primera Reunión: 21, 22, 23 y 24.

ciar estudios sobre reconocimientos de glaciares, especialmente de aquellos cuyo aporte se efectúa en ríos ya utilizados o que se hallan próximos a ser aprovechados.

Aunque existen mediciones de la evaporación, se considera que deben ser ampliadas, mejoradas y normalizadas, en lo posible con el tanque A tipo U. S. Weather Bureau. Especialmente en el Altiplano su conocimiento es de fundamental importancia dada la poca disponibilidad de agua y los altos valores de evaporación registrados. En esas condiciones se hacen necesarios estudios sobre procedimientos para disminuirla.

El conocimiento del agua subterránea, descuidado casi por completo, se hace imperioso, pues además de constituir en general una fuente alternativa del agua superficial, en algunos lugares puede ser la única disponible. La perforación de pozos freáticos para este estudio se requiere, en un primer paso, en aquellos lugares en que el agua subterránea puede ser de utilización inmediata.

Conjuntamente con este estudio es de interés realizar algunas experiencias de infiltración, especialmente en el Altiplano, para el mejor conocimiento del agua subterránea.

Las mediciones de material en suspensión y de arrastre realizadas muy esporádicamente deben efectuarse en forma sistemática con las mediciones de aforo, pues no debe olvidarse que en ciertas regiones del país la erosión es un problema de señalada importancia.

3. Creación del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología¹¹

Las actividades meteorológicas e hidrológicas son desarrolladas en Bolivia por diferentes organizaciones gubernamentales bajo directivas que sólo satisfacen necesidades específicas y que, por lo tanto, no siguen un plan que se ajuste al más amplio interés nacional.

Para una completa coordinación en estas tareas se recomienda la creación de un Comité Nacional de Meteorología e Hidrología, en el que deberán estar representados

¹¹ El Comité Nacional de Meteorología después que la misión dejara el país, cumple en la rama meteorológica las funciones que acá se aconsejan para un comité más amplio.

todos los organismos que realicen actividades meteorológicas o hidrológicas y aquellos que requieren de las mismas en gran escala.

Es también necesario que el Comité esté vinculado directamente a un futuro Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos¹² a efectos de que siga la orientación que éste aconseje en un plano mucho más amplio.

El Comité podría estar constituido por un representante de cada una de las siguientes organizaciones: Dirección General de Meteorología, Corporación Boliviana de Fomento, Lloyd Aéreo Boliviano, Junta Nacional de Planeamiento, Corporación Minera de Bolivia, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, Fuerzas Aéreas de Bolivia, Dirección General de Riego, Dirección General de Hidráulica y Electricidad. Sus tareas, de acuerdo con lo ya mencionado, serían las siguientes:

- a) Coordinar el quehacer meteorológico con el hidrológico;
- b) Coordinar las actividades meteorológicas de todos los organismos que realicen tareas en ese campo;
- c) Coordinar las actividades hidrológicas de todos los organismos encargados de esa especialidad;
- d) Adoptar tipos de instrumental a usarse;
- e) Aprobar la ubicación de nuevas estaciones a propuesta de los miembros componentes;
- f) Fijar horas de observaciones de acuerdo con las necesidades y los convenios internacionales;
- g) Establecer los requisitos mínimos necesarios para el personal en sus diversas categorías;
- h) Unificar sistemas de observaciones, unidades de medidas y tipos de estadísticas;
- i) Planificar la ampliación de las redes de observación;
- j) Servir de cuerpo consultivo al gobierno en asuntos relacionados con meteorología e hidrología;
- k) Asumir la representación nacional ante los organismos internacionales de ambas especialidades y ciencias conexas como: la OMM, la OACI, la UGGI, la FAO, etc.; y
- l) Todas aquellas funciones que contribuyen directamente a la integración y mejoramiento de la meteorología o hidrología del país.

¹² Véase *infra*, capítulo VIII.

Capítulo II

AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

A. SITUACION ACTUAL

A base de estadísticas incompletas, se estima que en Bolivia los servicios de agua potable atienden aproximadamente a 600 000 habitantes (1960), o sea a poco menos de un 16 por ciento de la población total del país y a un 55 por ciento de la población urbana (núcleos de 2 000 o más personas), que se calcula en 1.1 millón de habitantes. Hay 500 000 personas en las ciudades y un total de 3.2 millones en todo el país que carecen de servicios de agua potable en la casa. Esa población se ve obligada en las ciudades con redes públicas a recurrir a servicios indirectos y en los demás casos a las aguas de lluvia, a las aguas superficiales o a las aguas subterráneas no tratadas, con todos los inconvenientes que ello significa.

La situación, comparada con la de otros países de América Latina, puede considerarse desfavorable pues en el conjunto de ellos, el 47.2 por ciento de la población total, y sobre el 60 por ciento de la urbana, cuenta con servicio público de agua. (Véase el cuadro 21.)

La distribución de población urbana sin servicio de agua potable es irregular y varía apreciablemente con el tamaño de los centros urbanos. La dispersión geográfica de las ciudades pequeñas dificulta en gran medida la construcción de las obras correspondientes, pero también los centros urbanos mayores hacen frente a graves problemas en este aspecto. Así, en el conjunto de las dos ciudades (La Paz

y Cochabamba) con más de 100 000 habitantes el 42.4 de la población carece de ese servicio y en el grupo de aquellas cuya población fluctúa entre 50 000 y 100 000 (Oruro, Potosí, Santa Cruz y Sucre) ese porcentaje se eleva a 57.2. Santa Cruz con 60 000 habitantes no tiene red de servicio público de agua; tampoco la tiene Cobija que es asimismo capital de departamento. (Véanse las dos primeras columnas del cuadro 22.)

No fue posible obtener información sobre la distribución del consumo de agua potable para fines domésticos y la destinada a otros usos.

Sin hacer distinción del empleo específico del agua potable, la demanda diaria promedio por habitante —que varía considerablemente según el clima, la concentración industrial en las ciudades, los parques y jardines, los hábitos de la población, etc.—, podría ser del orden de los 200 a 250 litros para satisfacer las necesidades corrientes de la población, siempre que las pérdidas de distribución se mantengan en límites razonables. En cambio, considerando la situación de las 7 ciudades más importantes que cuenten con servicios públicos, la dotación actual es sólo del orden de 115 litros diarios por habitante, y si se toma el total de la población urbana el promedio baja a 85 litros/día/h. Eso significa teóricamente que —en volumen— quedan por satisfacer alrededor de la mitad de las necesidades de los principales centros urbanos del país. Lamentablemente, la realidad es peor todavía, porque las elevadas pérdidas de distribución reducen más aún las disponibilidades efectivas de agua para los usos indispensables. Por ejemplo, en Cochabamba, a base de aforos realizados recientemente en un tramo importante de la red, se concluyó que sus fugas sobrepasan el 35 por ciento del caudal suministrado y que otro

Cuadro 21

AMERICA LATINA: POBLACION QUE DISPONE DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUA

País	Población (millones)			Porcentaje con servicios	
	Total	Con servicios	Sin servicios	De la población total	De la población urbana ^a
Argentina . . .	18.5	10.5	8.0	55.6	74
Bolivia	3.8	0.6	3.2	15.8	55
Brasil	55.7	24.3	31.4	43.6	54
Colombia	15.0	5.3	9.7	35.0	71
Chile	7.2	3.2	4.0	44.5	56
Ecuador	3.7	1.7	2.0	45.8	72
Perú	9.2	4.7	4.5	51.5	69
Uruguay	2.7	2.4	0.3	89.3	—
Venezuela . . .	6.5	2.5	4.0	38.5	54
Subtotal	122.3	55.2	67.1	45.1	608 ^b
Otros	58.4	30.1	28.3	51.5	...
Total	180.7	85.3	95.4	47.2	...

FUENTE: Datos básicos: Organización Mundial de la Salud: "Potential expansion for health programmes in the Americas through the Pan American Sanitary Organization" (Washington, 1962), y misiones CEPAL/DOAT/OMM. Salvo en el caso de Bolivia (1960), Chile (1959), Colombia (1960) y Venezuela ^b Excluyendo el Uruguay. (1960), las cifras de las cuatro primeras sólo llegan a 1956 y las de la última a 1958.

^a Ciudades de 2 000 habitantes o más.

Cuadro 22

BOLIVIA: SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LAS CIUDADES DE MÁS DE 2 000 HABITANTES Y AMPLIACIONES PREVISTAS HASTA 1971

Ciudad	Población estimada en 1961 (miles)	Porcentaje de la población servida		Dotación (l/d/h)	
		1961	1971	1961	1971
La Paz	450	55	100	151	280
Cochabamba . .	114	60	100	101	330
Oruro	88	49	100	40	240
Potosí	64	60	100	50	280
Santa Cruz . . .	60	(10)	100	...	180
Sucre	57.5	52	100	42	170
Tarija	23.5	54	100	200	200
Trinidad	14.7	...	100	70	...
Cobija	2.3	...	100	...	100
Otras ciudades	260	...	100	...	100
Total	1 134	...	100	...	225

FUENTE: Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71.

25 por ciento se malgasta en piletas públicas y otros conductos que escurren continuamente.¹ En La Paz se estima que las pérdidas totales en la red se aproximan al 40 por ciento.

Existen enérgicos racionamientos prácticamente en todos los sistemas en los meses de estiaje. Así, en La Paz se corta el servicio unas 6 horas todas las noches durante 8 meses al año (abril a noviembre). En Cochabamba, Oruro y Sucre la situación se ha tornado extremadamente crítica en esos mismos meses.

En cuanto a su calidad, el agua suministrada deja mucho que desear. Una de sus fuentes de abastecimiento en La Paz está altamente contaminada por los residuos químicos de una mina, circunstancia que ha provocado una gran corrosión en la red de distribución.

La ausencia de plantas de tratamiento en varios servicios y la sobrecarga con que operan los que existen en otros, determinan que con frecuencia se excedan los límites normalmente admitidos en ingeniería sanitaria para determinadas condiciones del agua potable: índice coli, turbiedad, pH, etc.

Con relación a los servicios de alcantarillados, se estima que actualmente sólo un 43 por ciento de las áreas urba-

¹ Corporación Boliviana de Fomento y Montreal Engineering Company Limited, *Abastecimiento de Energía Eléctrica para la Región de Cochabamba* (La Paz, 1961).

nizadas en las capitales de departamentos posee redes públicas para la eliminación de las aguas servidas, con un porcentaje muy similar de población atendida con relación a la total de dichas ciudades. (Véase el cuadro 23.)

Cuadro 23

BOLIVIA: SITUACION ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO Y AMPLIACIONES PREVISTAS HASTA 1971

Ciudad	Red necesaria en 1961 (miles de metros)	Red actual		Ampliaciones previstas	
		Miles de metros	Porcentaje de la red necesaria	Miles de metros	Costo estimado (miles de dólares)
La Paz . . .	250	120	48	127.3	1 480
Cochabamba .	160	97	61	75.0	875
Oruro . . .	75	30	40	40.7	362
Potosí . . .	56	28	50	28.5	254
Santa Cruz .	75	...	...	55.0	706
Sucre . . .	37	18	49	18.9	168
Tarija . . .	50	20	40	27.1	241
Trinidad . .	17	...	...	12.0	128
Cobija . . .	4	...	...	3.0	34
<i>Total</i> . . .	724	313	43	387.5	4 248

FUENTE: *Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71.*

B. NECESIDADES FUTURAS

Se espera que la demanda de agua potable siga aumentando rápidamente en función del crecimiento total de la población, que se prevé que lo hará con una tasa de 2.5 por ciento anual en los próximos 10 a 15 años. Por otra parte, en igual período se estima que la población urbana crecerá a un ritmo de 3.6 a 3.8 por ciento anual. Además, fuera del factor demográfico, se incrementará la demanda por habitante imputable en términos generales a un aumento de los ingresos y a su mejor distribución, con la consiguiente elevación del nivel de vida.

Las autoridades bolivianas consideran que hasta 1971 la dotación media por habitante urbano se elevará, de los bajos niveles actuales, a unos 225 litros por día y por habitante. Este promedio esconde diferencias considerables en las distintas ciudades, como puede apreciarse por los dos valores extremos que se indican: la dotación considerada en Cochabamba se eleva a 330 l/d/h en tanto que la de Cobija llega sólo a 100 l/d/h.²

Se ha fijado como meta bastante ambiciosa de acción en este campo en la próxima década, el suministro de servicios

² Véase Junta Nacional de Planeamiento, *Plan de desarrollo económico y social 1962-1971* (La Paz, septiembre de 1961).

públicos al 100 por ciento de la población urbana, mejorando la calidad y aumentando las dotaciones actuales. (Véase de nuevo el cuadro 23.)

Conviene recordar que la Carta de Punta del Este recomendó, a los países que la suscribieron, la instalación en los próximos 10 años de sistemas adecuados de abastecimiento de agua, alcantarillado y eliminación de desechos al menos para el 70 por ciento de la población urbana y el 50 por ciento de la población rural, y encareció la movilización de todas las posibles fuentes de fondos nacionales para lograr ese fin.

En la hipótesis de que la población urbana llegue en 1971 a algo más de 1 600 000 habitantes y que la dotación media de agua potable alcance la cantidad antes señalada, el suministro correspondiente se elevaría ese año a 130 millones de metros cúbicos, en comparación con los 35 millones a que llega en la actualidad. Por consiguiente, sería preciso cuadruplicar —en cifras redondas— el volumen de agua ahora suministrado para satisfacer la demanda prevista. Se calcula que la extensión de las redes deberá duplicarse con creces: de aproximadamente 370 000 metros de desarrollo, que tienen actualmente, a algo más de 800 000 metros.

C. INVERSIONES REQUERIDAS

Los estudios correspondientes estiman que el total de las inversiones necesarias asciende a unos 13.5 millones de dólares, lo que da en promedio 13.5 dólares por persona. Esta cifra parece baja si se consideran los siguientes antecedentes:

a) La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública en información directa señaló que el costo promedio de nuevas construcciones de agua potable en las

ciudades del altiplano y valles asciende a unos 25 dólares por habitante, y a más de 50 dólares en los llanos orientales;³

b) En un proyecto que ha preparado la Alcaldía de Cochabamba para abastecer las necesidades de esa ciudad

³ Estos valores se confirman en Organización Panamericana de la Salud, *Tarifas de Agua*, Washington, septiembre de 1961, p. 50.

hasta 1980, se calcula que la inversión necesaria para una dotación de 250 l/d/h será de aproximadamente 30 dólares por habitante, desglosando los gastos directamente imputables a la central hidroeléctrica anexa;

c) Las cifras anteriores son comparables con las correspondientes de otros países de América Latina: Colombia, 28 dólares para dotaciones que varían entre 150 y 250 l/d/h; el Ecuador, entre 23 y 30 dólares para dotaciones que varían entre 200 y 250 l/d/h; Chile (zona central del país), 40 dólares para 350 l/d/h, y Venezuela, 100 dólares para dotaciones entre 200 y 400 l/d/h.⁴ En Estados Unidos esperan gastar de 250 a 300 dólares por habitante urbano en los próximos años, pero con dotaciones tres veces superiores a las de Bolivia y con fuentes de abastecimiento más alejadas y costosas.

Si en lugar de 13.5 dólares en promedio por nuevo habitante servido, se consideraran 25, pero solamente se proveyera el servicio al 90 por ciento de la población urbana, la inversión total ascendería a un equivalente de 21 millones de dólares, de los cuales la tercera parte por lo menos sería en moneda extranjera. Los programas prevén que del total, el 60 por ciento se invertiría en los primeros 5 años.

En las ciudades de Cochabamba, Potosí, Sucre y Tarija existen posibilidades de captar caudales adicionales mediante la ampliación y mejoramiento de los sistemas existentes, y ya hay proyectos destinados a ellos.

En Santa Cruz el proyecto del servicio público tiene como fuente el agua subterránea. Se consultan un conjunto de pozos de unos 50 metros de profundidad. El nivel estático

⁴ Véase *Los Recursos Hidráulicos de América Latina: I. Chile* (E/CN.12/501), publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: 60.II.G.4; *II. Venezuela* (E/CN.12/593), *op. cit.*, e *infra*, Colombia.

D. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y DE FINANCIAMIENTO

Existe una gran descentralización y falta de coordinación en el desarrollo de los servicios de agua potable y alcantarillado en todo el país. En las capitales de departamento, las municipalidades respectivas y, en algunos casos, las prefecturas, se ocupan de esos servicios en todos sus aspectos. Se han organizado a veces "Comités Impulsores de Obras Públicas" como una forma de ampliar los recursos financieros para estudios y ejecución de determinados proyectos. El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección General de Hidráulica y Electricidad,⁵ asesora, proyecta y construye obras de servicio público para los centros urbanos provinciales que lo solicitan. Por otra parte, la Oficina de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública —que antes dependía del Servicio Cooperativo Interamericano de Salud—, proyecta y construye también pequeños servicios para centros urbanos muy apartados.

Como se ve, hay una gran dispersión de los pequeños recursos, humanos y materiales, de que se dispone en esta materia. Por fortuna, existe ya un proyecto para la creación de un organismo nacional autónomo cuya función principal sería planear, proyectar, supervisar aspectos técnicos y, eventualmente, construir y administrar los servicios de agua potable y alcantarillado en todo el país. Se denominaría

⁵ Véase *infra*, capítulo VIII, nota 2.

fluctúa alrededor de los 12 m de profundidad descendiendo el dinámico a unos 35 m. En Oruro se considera un nuevo proyecto posiblemente con captación del río Desaguadero. En La Paz se completará el sistema de Hampaturi. En Cochabamba deberán mejorarse el embalse de Escalerani (Chapisirca) y la captación subterránea de Arocagua. También parecen prometedoras en esta ciudad las posibilidades de aumentar el suministro a base de otras captaciones de agua subterránea.

En Sucre se estudiará más detenidamente la conveniencia de los proyectos de Ravelo y San Juan.

Prácticamente en todos los sistemas pueden mejorarse en forma apreciable las condiciones del suministro de agua, reduciendo tanto las pérdidas en los acueductos principales y redes de distribución, como el despilfarro por parte de algunos consumidores privados y públicos.

Conviene hacer notar que en los últimos años más del 20 por ciento de los pozos perforados por el Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento tienen por objeto el establecimiento de agua potable, ya sea por cuenta de la municipalidad o de establecimientos de beneficencia.

En relación con los servicios públicos de alcantarillado, las metas propuestas son relativamente modestas según se expresa en el Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-1971. Se pretende cubrir en los próximos 10 años un tercio del déficit actual —estimado en longitud— de las redes de las capitales de departamentos más las necesidades correspondientes al crecimiento de la población de esas ciudades en el período señalado.

Como se ve en el cuadro 23 el costo de las inversiones necesarias alcanza a un equivalente aproximado de 4.25 millones de dólares, previéndose que el 49 por ciento debe efectuarse en el quinquenio 1962-66. Prácticamente el total corresponde a gastos en moneda local.

Junta Autónoma Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado. Su directorio estaría compuesto por representantes de los ministerios de Salud Pública y Obras Públicas, la Junta Nacional de Planeamiento, el Banco Central y la Sociedad de Ingenieros de Bolivia. La creación de un organismo de este tipo es altamente recomendable y sus actividades deberían coordinarse con las de los otros organismos interesados en el aprovechamiento del agua, por el Centro de Coordinación de Recursos Hidráulicos de la Junta Nacional de Planeamiento.

Solamente unos cuantos consumidores de agua potable en toda Bolivia tienen medidores instalados. En general el pago del servicio se realiza en función del diámetro de la conexión a la red pública, y del avalúo catastral del inmueble abastecido. Tal es el caso del consumo doméstico en La Paz.

Como ejemplo, conviene examinar algunos aspectos económico-financieros de este sistema, que es el mayor del país. Una casa habitación debía pagar al año (1961), según tarifas: con conexión de 1/2 pulgada, alrededor del 6 por mil del valor catastral, con un mínimo equivalente a 6 dólares y con conexión de 3/4 pulgadas aproximadamente, el 1 por mil, con un mínimo de unos 11 dólares. Debe señalarse aquí que el avalúo catastral es muy inferior al valor real de las propiedades.

En el caso de servicios "comerciales" e "industriales",

se hacía distinción entre los que usan el agua como "materia prima" de sus actividades y las que no la usan en ese concepto. Las tarifas en el primer caso eran: con 1/2 pulgada de arranque un equivalente a 15 dólares al año, y con 3/4 pulgada, un equivalente de 34 dólares; para el segundo caso iban en la práctica desde unos 38 dólares (1/2 pulgada) hasta 2 300 dólares (2 1/2 pulgadas).

La realidad es que estas tarifas no se cumplían o sólo se hacían efectivas en pocos casos. En efecto, los egresos por operación y mantenimiento del sistema se elevaron en 1960 a un equivalente de 383 000 dólares, mientras que los ingresos por servicio de agua alcanzaron sólo a un equivalente de 58 200 dólares. Estimando que sólo existieran unas 15 000 "conexiones", el promedio pagado fue inferior a 4 dólares por conexión. El saldo debió ser cubierto por el presupuesto general de la municipalidad. Incluyendo los gastos de depreciación de las instalaciones, los costos anuales del servicio —sin rédito al capital invertido— probablemente se elevaban a unos 600 000 dólares. En consecuencia, el costo promedio por metro cúbico entregado a la red sería del orden de 3 centavos de dólar.

Cuadro 24

AMERICA LATINA: COSTO E INGRESO ANUAL POR HABITANTE DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE ALGUNAS CIUDADES IMPORTANTES, 1959-60

(Dólares)

Ciudad	Costo de operación y mantenimiento ^a (1)	Ingreso anual por consumo de agua (2)	Relación (2)/(1) (3)
La Paz	1.76	0.27	0.15
São Paulo	1.33	0.82	0.62
Bogotá	1.72	1.86	1.08
San José	1.60	1.06	0.66
Santiago	1.39	3.43	2.47
Guayaquil	3.14	2.48	0.79
Guatemala	1.38	2.24	1.74
Tegucigalpa	2.98	4.98	1.67
Managua	4.90	5.44	1.11
Panamá	4.07	4.53	1.11
Asunción	3.60	7.80	2.16
Lima	0.98	0.88	0.90
Caracas	12.62	8.09	0.64

FUENTE: Organización Panamericana de la Salud, "Tarifas de agua" (Washington, septiembre de 1961).

^a Gastos directos de explotación. A estos deberán agregarse los de depreciación e impuestos (si los hubiere) para obtener los "gastos de explotación", excluido el costo o interés del capital invertido.

E. RECOMENDACIONES

De la exposición anterior se desprenden las siguientes recomendaciones principales:

a) La creación de un organismo nacional poderoso, económica y técnicamente, que se ocupe en todo el país de promover el desarrollo de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado. Los planes de este organismo deberían integrarse en la Junta Nacional de Planeamiento con otros programas de aprovechamiento del agua, como parte de un Plan Nacional de Desarrollo de los Recursos Hídricos de Bolivia;

b) Encarar energícamente el problema de las pérdidas de agua en acueductos y redes de distribución y su desper-

En el cuadro 24, que presenta los costos de operación e ingreso anual por habitante en un grupo de ciudades importantes de América Latina, llama la atención lo que atañe a La Paz que, en tanto el costo de operación y mantenimiento tiene un valor comparable al de otros sistemas, el ingreso directo por consumo de agua es el menor de todos, con una cantidad excepcionalmente baja. Obsérvense las cifras de la relación establecida en la tercera columna.

La ausencia de un control estricto sobre la magnitud del consumo para cada usuario, y el criterio imperante en ciertos círculos bolivianos de que el financiamiento de servicios públicos como el agua potable y el alcantarillado no debe basarse fundamentalmente en los recursos provenientes de sus propias tarifas, son en la práctica las causas principales de su insuficiencia y de las condiciones poco satisfactorias en que operan en la actualidad.⁶

Se reconoce ya en forma amplia —al menos en los países occidentales— que el uso de medidores no sólo es el sistema más aconsejable y adecuado para el establecimiento de bases equitativas de tarifas de agua, sino que contribuye además muy eficazmente a evitar el desperdicio. Las instalaciones de medidores en algunas comunidades de Estados Unidos han reducido el consumo de agua hasta en un 40 por ciento.

Teniendo en cuenta para el país el reducido consumo de los sectores de menor ingreso y el costo de los aparatos, convendría implantarlos paulatinamente, comenzando por los consumidores de tipo "industrial" y "comercial", para proseguir luego con los "domésticos" de mayor avalúo catastral. Para el resto podrían buscarse soluciones especiales, como, por ejemplo, que la adquisición e instalación de medidores las realice el organismo que presta el servicio y sólo eventualmente se traspasen a los usuarios mediante pagos reducidos a largo plazo. Tal vez convendría fijar ese plazo en razón inversa al avalúo del inmueble correspondiente.

De una lista de 44 ciudades de 18 países latinoamericanos que enviaron informaciones al Seminario sobre Tarifas de Agua patrocinado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS),⁷ en 35 de ellas se realiza el pago de los servicios a base de medidores.

⁶ Obsérvese que una familia compuesta por 5 personas y que use el agua exclusivamente con fines de higiene consumirá unos 15 m³ de agua al mes. El costo correspondiente sería del orden de medio dólar, es decir, como de 1 a 2 por ciento de los ingresos familiares más bajos en la ciudad de La Paz.

⁷ Véase OPS, *Seminario sobre Tarifas de Agua*, Montevideo, Uruguay, octubre de 1960.

dicio por parte de los consumidores, como la forma más racional e inmediata para mejorar el abastecimiento de las necesidades primordiales de la población;

c) El financiamiento de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado debe basarse principalmente en la retribución que paguen los usuarios a través de tarifas, y los predios beneficiados a través de impuestos o tributos específicos. Para establecer el valor de estas retribuciones deberán tenerse en cuenta, además de los gastos de operación y mantenimiento, los relativos a interés del capital invertido en el sistema, depreciación de las instalaciones, necesidades de ampliación, etc. En los pliegos de tarifas

sería conveniente distinguir diversos precios unitarios, en función del uso y la magnitud del consumo, contemplando uno especial —aun siendo inferior al costo promedio— destinado exclusivamente al servicio doméstico de pequeña magnitud;

d) Revisar los costos de inversión por habitante (aparentemente bajos) y las metas de abastecimiento urbano de agua potable (elevadas) para la década 1961-71. Un

examen de la magnitud de necesidades para abastecer a domicilio a más del 92 o 95 por ciento de la población urbana mostrará, seguramente, que la inversión unitaria adicional para servir al saldo de ellos (8 o 5 por ciento) distribuidos irregularmente en la periferia de cada ciudad —dentro de los radios urbanos respectivos— es tan elevada, que resulta más aconsejable usar esos recursos en otros objetivos del mismo sector.

Capítulo III

UTILIZACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA Y LA MINERIA

En Bolivia no hay estadísticas sobre los consumos de agua por parte de la industria y la minería. No obstante, puede estimarse que una parte apreciable de esa demanda se concentra en unos pocos establecimientos dedicados a esas actividades.

El volumen total de la producción minera ha oscilado en la última década dentro de un margen de más o menos 20 por ciento, si bien en el último trienio tendió a bajar. Algo similar ocurrió con las industrias manufactureras. (Véase el cuadro 25.) Pese al descenso de la producción, la demanda de agua en la minería ha seguido creciendo debido a los mayores volúmenes de minerales que se deben explotar y tratar para obtener una tonelada de estaño fino. Se calcula que en 1960 en las minas de COMIBOL era necesario explotar un 40 por ciento más de minerales que en 1950 para obtener la misma cantidad de estaño fino. Las necesidades de agua en las industrias parecen haberse mantenido en la última década.

Con el fin solamente de determinar el orden de magnitud del volumen anual empleado, se procedió a realizar una estimación de base de determinados rubros industriales que requieren mayor cantidad de agua, relacionando su producción con el consumo de los similares en otros países. Así se procedió en las industrias manufactureras de azúcar, textiles, panificadora, cemento, bebidas, jabón, cueros y cartones. Se procedió en igual forma para calcular las necesidades de agua en la generación termoeléctrica y en la producción y refinación del petróleo. Con relación a las minas, se extrapolaron los resultados obtenidos para el conjunto de los centros de Catavi, Huanuni, Colquiri y San José, que constituyen una muestra representativa de la minería del estaño en el grupo de COMIBOL. Es probable que estas estimaciones contengan un gran margen de error, pero era la única forma de proceder con la escueta información que se contó.

Las metas de exportación de minerales, previstas en el

Cuadro 25

BOLIVIA: VALOR AGREGADO POR LA MINERIA Y LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN RELACION CON EL PRODUCTO BRUTO INTERNO, 1950-59

(Millones de dólares de 1958)

Año	Valor agregado		Producto bruto interno	Proporción del producto bruto interno (por ciento)	
	Minería	Industria manufacturera		Minería	Industria manufacturera
1950	54.6	48.0	355.9	15.4	13.5
1952	60.4	49.0	387.8	15.6	12.7
1954	55.2	54.9	346.2	15.9	15.8
1956	59.2	51.4	354.8	16.7	14.5
1958	46.9	39.5	351.2	13.4	11.2
1959	50.8	42.0	370.6	13.7	11.3

Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71 consideran incrementos del valor neto de un 78 y 125 por ciento, respectivamente, en los períodos 1960-66 y 1960-71. Con relación a la industria manufacturera el mismo Plan considera aumentos de un 41 y 175 por ciento en los lapsos 1958-66 y 1958-71, respectivamente. En la forma señalada se obtuvieron las cifras que figuran en el cuadro 26.

Este conjunto de actividades consume actualmente al año un volumen similar al de los servicios públicos de agua potable, pero en 1971, no obstante que duplicará sus necesidades, representará menos del 60 por ciento de las correspondientes a aquéllos, según las metas señaladas por el Plan de Desarrollo. Debe tenerse presente que una parte del consumo de las industrias manufactureras se abastece en la actualidad —y lo hará también en el futuro— de los servicios públicos de agua potable, tal vez del orden del 30 por ciento, existiendo por tanto en las cifras presentadas una pequeña duplicación que carece de importancia a los fines aquí señalados.

Las exigencias en relación con la calidad del agua varían apreciablemente según los usos a que se destine. En las minas basta generalmente someter el agua a procesos de sedimentación para utilizarla varias veces en el beneficio de minas (Catavi, Colquiri, Huanuni, etc.). La que se emplea en las industrias alimenticias debe ser enteramente potable y estar exenta de bacterias, sustancias tóxicas y turbiedad. La ausencia de materias en suspensión, turbiedad y color son condiciones importantes para el agua empleada en las industrias textiles, a las que se agregan ciertas limitaciones sobre la dureza, el contenido de manganeso y hierro.

En las centrales diesel eléctricas de determinadas minas y de algunas ciudades bolivianas se han experimentado graves dificultades relacionadas con el uso de agua inapropiada para la refrigeración. Aguas duras, o que contenían materias en suspensión, disminuyeron la eficacia de ese proceso, provocado en algunos casos por recalentamiento en los cilindros de los motores graves y costosos accidentes. Las exigencias son mucho mayores con el agua alimentadora de calderas de las centrales termoeléctricas, porque los problemas de corrosión y formación de incrustaciones aumenta con la presión y la temperatura, que a su vez se procura

Cuadro 26

BOLIVIA: ESTIMACION DEL CONSUMO DE AGUA EN ALGUNAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y MINERAS

(Millones de m³)

Sector industrial	1959	1971
Industrias manufactureras	4	7
Producción y refinación del petróleo	20	40
Generación termoeléctrica	2	2
Minería de estaño	11	30
<i>Total</i>	37	79

elevar por razones de mejoría de los rendimientos térmicos (Guavirá, refinería de petróleo de Valle Hermoso, etc.). En la actualidad se han instalado en las centrales de Cochabamba y Sucre estanques de pulverización y torres de enfriamiento que permiten grandes economías de agua por recirculación y, por lo tanto, el empleo de mejores calidades para obviar los inconvenientes antes citados.

En los últimos 5 años varias actividades de la producción han recurrido al agua subterránea para abastecer las necesidades de sus establecimientos. Entre ellas se cuentan los ingenios azucareros, la planta de leche en Cochabamba,

las refinerías de petróleo, etc. Por lo general el organismo encargado de perforar los pozos correspondientes ha sido el "Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento".

A base de los antecedentes expuestos puede estimarse que las inversiones que deberá realizar el país en el período 1960-71, para satisfacer las mayores necesidades de agua en la minería, la producción y la refinación del petróleo, la generación termoeléctrica y las industrias manufactureras —al margen de los servicios públicos de agua potable—, será del orden de los 4 a 6 millones de dólares.

Capítulo IV

RIEGO

A. NECESIDAD DE INCREMENTAR LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Aparte de las metas señaladas por el Plan General de Desarrollo, la necesidad de incrementar aceleradamente la producción agropecuaria se pone claramente de manifiesto si se tiene en cuenta que el índice de esa producción por habitante ha bajado en los últimos años. Desde un índice de 100 en el período 1950-51, descendió a 79 en 1955 y a 78 en 1957. Posteriormente parece recuperarse, habiendo registrado 90 en 1959. (Véase el cuadro 27.)

Asimismo debe tenerse presente que en la última década entre un 20 y un 40 por ciento de las importaciones totales del país correspondieron a productos que el país puede producir: trigo, harina de trigo, azúcar, manteca, arroz, leche, algodón, lana, etc. (Véase el cuadro 28.)

Además, la disponibilidad de alimentos por habitante ha

Cuadro 27

BOLIVIA: CONTRIBUCION DEL SECTOR AGROPECUARIO AL PRODUCTO BRUTO INTERNO, 1950-59

(Dólares de 1958)

Año	Total producto agropecuario (millones)	Producto agropecuario por habitante	Participación en el producto bruto interno (por ciento)
1950	118.1	39.2	33.2
1952	113.1	36.1	29.2
1954	101.7	31.3	29.4
1955	107.6	32.4	29.0
1956	104.2	30.7	29.4
1957	110.7	31.9	32.2
1958	121.5	34.3	34.6
1959	132.6	36.5	35.5

FUENTE: Datos del Plan de Desarrollo Económico y Social, 1962-71 (Junta Nacional de Planeamiento).

B. LA ACTIVIDAD AGRICOLA Y SUS PRINCIPALES PROBLEMAS

Para evaluar la importancia y las posibilidades del riego en Bolivia es necesario resumir previamente, aunque no sea más que a grandes rasgos, las características más señaladas de la actividad agrícola y sus principales problemas.

1. Suelo y clima

En el altiplano existe una apreciable variedad de suelos llanos, aunque en su mayoría son bastante pobres por carecer especialmente de fósforo y nitrógeno. La falta de materia orgánica en la superficie sería uno de los factores limitantes de la producción. En las pampas predominan las margas arcillosas y arenosas de reacción neutra o ligeramente alcalina. Hacia el sur se extienden los salares, suelos salinos y depósitos de arena inadecuados todos para labores agropecuarias.

Cuadro 28

BOLIVIA: PARTICIPACION DE LAS IMPORTACIONES AGROPECUARIAS EN LAS IMPORTACIONES TOTALES

(Millones de dólares y porcentos)

Año	Importaciones		Relación (1)/(2) (en por ciento)
	De origen agropecuario (1)	Totales (2)	
Promedio 1950-54	28.41	73.57	38.7
1956	25.25	84.06	30.0
1957	28.76	92.25	31.2
1958	16.51	79.59	20.8
1959	16.32	64.99	25.2

FUENTE: Datos del Boletín Estadístico del Ministerio de Hacienda y Estadística.

declinado considerablemente, desde 1950. En efecto, al descenso señalado en la producción interna, se agrega la baja en las importaciones pertinentes, no obstante el crecimiento demográfico. Se estima que en 1958, la dieta media por habitante proporcionaba en materia de calorías el 70 por ciento, y en materia de proteínas el 85 por ciento de las cantidades mínimas indispensables.

La tendencia anotada en las importaciones está estrechamente ligada con la menor capacidad para importar del país debido al deterioro de sus exportaciones: de un máximo de 151 millones de dólares en 1951, bajaron a 102 millones en 1955, a 78 millones en 1959 y a 68 millones en 1960.¹

¹ Véase Ministerio de Hacienda y Estadísticas, *Boletín Estadístico* (1960).

La erosión se encuentra muy generalizada porque a la acción natural de los fenómenos meteorológicos vienen a sumarse algunas prácticas campesinas, singularmente perniciosas: sobrepastoreo, cultivo en las laderas de las montañas, trazados de surcos con fuertes pendientes, falta de rotación en los cultivos, etc.

El clima en esa región es semiseco y frío con una precipitación pluvial reducida y un período muy seco en la estación fría (mayo a septiembre). La temperatura media es baja y las heladas son frecuentes en invierno, habiéndose registrado temperaturas de 10 grados bajo cero en determinadas zonas de la región meridional (julio-agosto). En las inmediaciones de los lagos Titicaca y Poopó, el peligro de las heladas es muchísimo menor merced a la influencia temperante de esas grandes masas de agua.

Un estudio de las Naciones Unidas y la FAO² señala que un factor muy importante a considerar es la frecuencia con que se presentan las heladas en enero. Aunque ocurran sólo durante una o dos noches, bastan para dañar los cultivos de grano, que en esa época se encuentran en plena floración.

Los fuertes vientos y las granizadas constituyen otras amenazas para los cultivos en muchas zonas.

En los valles y yungas predomina una topografía muy irregular. En los primeros, los suelos —en general profundos y con buen drenaje— son principalmente de aluvión procedente de las rocas sedimentarias que los rodean. Las superficies planas son muy reducidas. Las tierras altas que los circundan tienen poco espesor, son erosionadas y pedregosas, y resultan de escaso valor para la agricultura. El clima semiseco templado de tipo mediterráneo también tiene un período muy seco entre abril y septiembre. Especialmente importante es el valle de Cochabamba, que sólo dispone de unas 45 000 hectáreas de suelos agrícolas con una superficie total de 70 000.³ En los segundos (los yungas) los suelos tienen una profundidad muy variable (de 0.30 a 1.50 metros), y ondulaciones singularmente abruptas y pedregosas. Las superficies planas son escasísimas, debiendo en general realizarse los cultivos en terrazas. Las temperaturas y lluvias son superiores a las de los valles.

En las extensas llanuras del norte y oriente del país, en contraste con los valles y los yungas, las tierras tienen pendientes suaves, excepción hecha de unas cuantas montañas situadas en la región que se extiende entre el río Grande y la frontera con Brasil. Los suelos son principalmente depósitos de aluvión procedentes de diversas rocas, generalmente areniscas. En la región del Chaco hay grandes extensiones de margas arenosas de reacción básica (calcáreos). En la región de Santa Cruz (río Piray) los suelos tienen una contextura más fina —margas arcillosas— con algunos bosques espesos. A profundidades de 20 a 90 centímetros es menos orgánico y generalmente calcáreo. Hacia el este, la acción de los vientos ha transportado la arena formando la topografía tan característica de las dunas. El clima subtropical⁴ tiene una época menos lluviosa en invierno.

Al este del río Grande hay suelos de características diversas. Se encuentran algunos depósitos lateríticos de escasa fertilidad, y otros, más recientes, de reacción entre neutra y ligeramente ácida, profundos, que se adaptan a gran variedad de cultivos. El clima es similar al antes indicado.

Al norte, en las grandes llanuras del Beni y Mamoré, los suelos son de aluvión de muy diverso origen. La mayoría dan una reacción ácida, con excepción de los depósitos más recientes, que se presentan profundos, pero con drenaje muy deficiente por las reducidísimas pendientes disponibles. Lamentablemente las tierras de 3 a 7 metros por encima de las llanuras inundables no son tan fértiles. Las precipitaciones pluviales son elevadas.

2. Irregular distribución de la población agrícola

En el cuadro 29 se presenta una distribución aproximada

² Véase H. G. Dion, *La agricultura en el altiplano de Bolivia*.

³ Estas cifras incluyen el Valle Central, el Valle Alto (Arani, Punata, Cliza y Tarata) y el Valle de Sacaba.

⁴ Temperatura media anual de 23 a 24 grados centígrados, y con precipitaciones que oscilan entre 800 y 1 300 milímetros al año.

de la tierra cultivada y la población agrícola y ganadera por departamentos. Es prácticamente imposible estimar la población que sólo se dedica al cultivo de la tierra. En los llanos hay mucha población que se ocupa de la cría del ganado bovino, de la recolección de castañas y almendras silvestres, de la extracción de caucho, de la pesca, etc., mientras que en el altiplano un elevado número se dedica a la crianza del ganado ovino, bovino, caprino y auquénido, en pastos naturales. Por otra parte, en los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca hay población urbana que realiza tareas agrícolas, circunstancia que se presenta en menor grado en los departamentos del Beni y Santa Cruz. Por todas estas razones, la relación entre superficie cultivada y la población agrícola y ganadera tiene muy poca significación.

El altiplano, con su potencial agrícola limitado, es la región en que se cultiva la mayor superficie de tierra: 49 por ciento del total aproximadamente. Los valles y yungas, también con un potencial bastante reducido, participan en forma muy apreciable (40 por ciento) en la superficie agrícola, en tanto que los extensos llanos —que son los que en apariencia tienen mayores posibilidades agrícolas— sólo lo hacen en forma muy modesta (11 por ciento).

Es probable que en los 10 años últimos esta proporción haya variado algo, pues en tanto que en la región de Santa Cruz se han incorporado a las labores agrícolas algunos miles de hectáreas —quizá cerca de 15 000—, en el altiplano y los valles el área cultivada parece haberse mantenido, o tal vez reducido levemente. La distribución de la población en 1960 puede considerarse así: altiplano: 51 por ciento; valles y yungas: 35 por ciento; y llanos, 14 por ciento. La población rural alcanza en el altiplano al 70 por ciento (1.3 millones de habitantes), mientras que en los valles y llanos llega al 80 por ciento (0.9 millones y 0.4 millones de habitantes respectivamente).

La concentración de la población agrícola en el altiplano y en los valles es la causa original de la excesiva parcelación de la tierra en pequeñas unidades, que influye

Cuadro 29

BOLIVIA: ESTIMACION DE LA TIERRA CULTIVADA Y POBLACION AGRICOLA Y GANADERA POR DEPARTAMENTOS, 1960

Departamento	Superficie cultivada (miles de hectáreas)	Porcentaje del total cultivado	Población agrícola ganadera	
			Miles de habitantes	Porcentaje de la población del departamento
Chuquisaca	82.4	12.6	259	78
La Paz	188.1	28.8	645	54
Cochabamba	125.7	19.3	433	75
Oruro	22.8	3.5	161	59
Potosí	137.7	20.9	530	81
Tarija	25.9	4.0	119	79
Santa Cruz	75.0 ^a	8.9	273	83
Beni	10.6	1.6	142	88
Pando	2.8	0.4	24	96
<i>Total</i>	671.0	100.0	2 586	70

FUENTE: Estimaciones a base del censo de 1950 para superficie cultivada, y de la Junta Nacional de Planeamiento (1960) para la población.

^a Se han sumado poco más de 15 000 hectáreas de nuevos terrenos cultivados.

muy desfavorablemente en la economía de su explotación. Hay provincias —Jordán y Quillacollo en Cochabamba por ejemplo— que tienen cerca de 80 habitantes por km.² Manco Capac en La Paz cuenta con más de 60 habitantes por km.²

3. Los transportes

La compleja topografía de Bolivia, que en la zona intermedia entre el altiplano y los llanos concentra, por así decir, los grandes desniveles y las enormes irregularidades orográficas, ha sido siempre el mayor obstáculo al desarrollo de un adecuado sistema nacional de transportes. Son tan difíciles las comunicaciones terrestres entre el altiplano y los llanos, que la carne de vacuno y las maderas de construcción y ebanistería del noroeste se transportan en aviones a La Paz y Oruro, con los elevados fletes correspondientes. Por lo menos la mitad del país carece de medios adecuados de transporte terrestre y los que existen tienen en su gran mayoría características de trazado y construcción que redundan en transportes relativamente caros, lentos e inseguros.

Las tarifas de transporte en camión de Santa Cruz a La Paz varían entre 4 y 6 centavos de dólar por tonelada-kilómetro. Por ejemplo, el precio del maíz cruceño en La Paz resulta aproximadamente el triple del que tiene en Santa Cruz, y del mismo modo la sal de Uyuni puesta en Santa Cruz triplica su precio original.⁵ La distancia entre las ciudades citadas en primer lugar, que en línea recta es aproximadamente de 560 km, alcanza por camino a 950 km. Los camiones demoran en recorrerla, en época seca y con los caminos en buenas condiciones, más de 35 horas. El tramo de Oruro a Cochabamba (228 km) normalmente se interrumpe en época de lluvias, —lo mismo que el ferrocarril— y a veces por varias semanas. En los meses de enero a marzo el transporte de productos alimenticios desde Cochabamba a los centros mineros y ciudades del altiplano es muy eventual y está sujeto a dificultades.

4. Aspectos legales

Los atrasos en la entrega de títulos de propiedad inherentes a la reforma agraria por falta del personal técnico especializado, provocaron en diversas regiones la incautación de las tierras más productivas por parte de los campesinos. Algunas tierras son explotadas en reducida proporción, porque aquéllos no quieren (o no pueden) trabajarlas antes de poseer los respectivos títulos de propiedad. Después de la reforma en las zonas más densamente pobladas se ha agravado el problema del minifundio y en algunos casos se ha registrado acentuado malestar entre los campesinos.

La legislación de la reforma agraria en el régimen de aguas se limita en pocos artículos a:

- a) Mantener el sistema de mitas o turnos de regadío en uso a tiempo de dictarse las disposiciones pertinentes;
- b) Establecer como regla que el agua que ingrese en una propiedad sea aprovechada en la cantidad que fuere necesaria sin que pueda obstaculizarse su uso agrícola; y
- c) Prohibir la venta o comercialización de las aguas, debiendo las que resultaren sobrantes en una zona o pro-

⁵ No se hacen comparaciones con las tarifas ferroviarias, porque su nivel está muy por debajo de los correspondientes costos, produciendo pérdidas para la administración estatal del orden de 2 millones de dólares al año. Hay, sin embargo, otras estimaciones que elevan tales pérdidas a 3.5 millones.

riedad pasar libremente a beneficiar otras que se hallen en condiciones de aprovecharlas.

5. Prácticas agrícolas

El uso de abonos comerciales y guano es muy limitado no obstante las deficiencias minerales y orgánicas que se anotan en las tierras del altiplano y los valles larga e ineficientemente trabajadas. En el altiplano los residuos vegetales de las cosechas, y con frecuencia el guano, se emplean como combustibles. El bajo ingreso de los campesinos, y su ignorancia sobre el uso cabal y los beneficios que les reportarían los abonos, han contribuido a que sean muy bajos los respectivos niveles de consumo.

La poca fertilidad de las tierras del altiplano así explotadas y su reducida humedad para cosechas sucesivas obliga a dejarlas en prolongados barbechos, que llegan en algunas zonas a varios años. En la provincia Dalence (Oruro) las tierras descansan en promedio dos años después de un año de cultivo.

En general, en las labores agrícolas se usan elementos y procedimientos bastante primitivos, con elevado insumo de mano de obra. La irregularidad topográfica en los valles y yungas, y el reducido tamaño de las propiedades allí y en el altiplano, obstaculizan el empleo de equipos mecánicos.

Lentamente se van introduciendo variedades mejoradas de semillas de maíz, trigo, cebada, papas y algunos pastos que se adaptan mejor a las distintas condiciones del país. Sin embargo, muchas enfermedades e insectos infestan aún los cultivos, y su control es difícil por falta de conocimientos técnicos de parte de los campesinos, por los sistemas de comunicación lentos y difíciles, y por la ineficiencia en el suministro de pesticidas y desinfectantes.

6. El desarrollo de los llanos y la presión demográfica y alimenticia en el altiplano y los valles

Con la terminación de la carretera Cochabamba-Santa Cruz, y el incremento de las actividades agropecuarias al noroeste de esta última ciudad entre los ríos Grande y Yapacaní se han sobreestimado en muchos círculos las posibilidades de esta zona como solución a corto plazo para los problemas agrícolas de Bolivia: absorción de los excedentes de población del altiplano y los valles, y suministro a esas regiones de la producción en exceso sobre las necesidades locales.

En el Plan de Desarrollo se ha previsto, con un vigoroso y sostenido programa de colonización, el desplazamiento de 50 000 personas desde el altiplano y 400 000 de los valles (en total unas 90 000 familias). Estas cifras, que pueden considerarse como las máximas posibles para la próxima década, representan para la primera región un aumento neto de la población rural de 166 000 habitantes y para la segunda una disminución neta de 50 000. Los crecimientos vegetativos previstos alcanzan a 216 000 y 350 000 habitantes respectivamente. En consecuencia, la presión demográfica en el altiplano seguirá creciendo y en los valles disminuirá lentamente en los próximos años.

El mismo plan consigna un aumento de superficie cultivada entre 1958 y 1971 de 411 000 hectáreas en todo el país, con la siguiente distribución: 272 000 en los llanos, 63 000 en los valles y 76 000 en el altiplano. Además de la necesidad de ampliar la superficie cultivada en el altiplano y los valles, el Plan de Desarrollo prevé también un crecimiento de los rendimientos unitarios de las tierras en producción del orden del 17 por ciento.

C. LA SITUACION ACTUAL DEL RIEGO

Se estima que en toda Bolivia hay como 65 000 hectáreas bajo riego, es decir, aproximadamente un 10 por ciento del área cultivada.⁶ En el cuadro 30 se presenta la distribución de esa superficie por departamentos.

Sólo en unas 6 000 hectáreas en el sistema de riego de Angostura (Cochabamba), 2 000 en el sistema de Tacagua (Oruro) —ambos construidos por el estado— y una superficie algo menor que la última en Culpina (Chuquisaca), de iniciativa privada, el riego dispone de embalses de regulación y de un sistema de canales estable. (Véase el mapa 5.) El resto, en su gran mayoría, son simples canales derivadores construidos en las riberas de los ríos, con primitivas obras de toma que por lo general se destruyen en las épocas de lluvias y deben reconstruirse anualmente. Un sistema de turnos de riego o mitas establece en cada caso la distribución del agua disponible entre las propiedades con derechos sobre ella.

No obstante que el estado construyó los dos sistemas de riego más importantes, la superficie regada por iniciativa suya representa (1961) sólo el 15 por ciento del total, mientras que la realizada por iniciativa privada cubre el 85 por ciento restante.

Hay, sin embargo, algunas obras de relativa importancia, debidas a la iniciativa privada, que aprovechan lagunas naturales, generalmente en la cordillera, para obtener la regulación estacional de pequeños cursos de agua.

Aunque el área regada es pequeña, es actualmente la actividad que emplea el mayor volumen anual de agua. Para conocer el orden de magnitud de esa cantidad se estimaron necesidades de riego promedias para los distintos departamentos. (Véase de nuevo el cuadro 30.) El consumo resultó algo superior a los 400 millones de m³, es decir, equivalente a un caudal de 13 m³ por segundo en promedio.

La Dirección de Riego del Ministerio de Agricultura tiene la responsabilidad nacional de las actividades estatales en este campo. Esa oficina se organizó adecuadamente a principios de la década de 1940, proveyéndola de los elementos técnicos y los fondos necesarios, para estudiar, construir y operar las obras de riego que ya entonces se consideraban indispensables para el fomento de la producción agrícola. Una comisión de ingenieros mexicanos prestó por varios años la ayuda técnica necesaria. Se instalaron entonces la mayoría de las estaciones de aforos que

⁶ Esta información corresponde al Censo Agropecuario de 1950 (Dirección Nacional de Estadística y Censos —Ministerio de Hacienda), considerándose que de entonces a la fecha no ha habido variaciones significativas. Existen, sin embargo, otras informaciones que asignan a la superficie regada un valor bastante inferior (como 40 000 hectáreas).

El altiplano boliviano, de acuerdo con los promedios anuales de precipitación pluvial, está clasificado entre las zonas áridas del continente. En consecuencia, es evidente la necesidad del riego desde el punto de vista del desarrollo vegetativo. Como no hay noticias de que se hayan realizado experiencias directas para determinar las tasas de riego indispensables, y a fin de formar una idea de la magnitud de esas necesidades, se adaptaron a título aproximado algunos coeficientes norteamericanos a las características locales, mediante la fórmula de Blaney-Criddle, y

Cuadro 30
BOLIVIA: AREAS REGADAS

Departamento	Superficie (miles de hectáreas)	Porcentaje de la superficie cultivada	Volumen anual de agua usada ^a (millones m ³)
Chuquisaca	9.73	11.8	78
La Paz	8.22	4.4	33
Cochabamba	12.87	10.2	103
Oruro	7.20	31.5	29
Potosí	15.63	11.4	94
Tarija	6.64	25.6	53
Santa Cruz	3.52	6.1	17
Beni	0.03	2.8	-
Pando . . . . .	...	...	-
<i>Total</i>	63.84	9.8	407

FUENTE: Dirección Nacional de Estadística y Censos, Ministerio de Hacienda.

^a Estimación a base de valores medios según la fórmula de Blaney-Criddle.

tiene esa institución, se exploraron como una veintena de posibles proyectos de riego (la mayoría de los cuales se siguen hoy barajando) y se proyectaron e iniciaron las obras de los dos sistemas públicos antes mencionados de Angostura y Tacagua.

En los estudios correspondientes se introdujeron prácticas avanzadas para aquella época en la clasificación de suelos en relación con sus aptitudes agrícolas y en mecánica de suelos para la construcción de diques de tierra. Se señalan estos aspectos a fin de subrayar el contraste que ofrece la situación actual de este organismo que se ha empequeñecido por la reducción paulatina del apoyo financiero que tuvo anteriormente.

Los estudios y las obras principales para el Sistema de Angostura se ejecutaron entre 1939 y 1947. Sin embargo, hasta 1961 sólo se regaban unas 6 000 hectáreas, de las 10 000 previstas, por la forma en que se han venido demorando la construcción de los canales y los trámites de expropiación de los predios inundados a los niveles más altos del embalse.⁷ También en la obra de Tacagua, luego de un rápido progreso de las construcciones en su comienzo, se fueron dilatando posteriormente en forma tal, que han durado más de 12 años, y en 1961 sólo se regaba como el 60 por ciento del área correspondiente a su capacidad total.

⁷ El sistema de canales se proyectó para regar 12 000 hectáreas, pudiendo cubrirse una superficie apreciablemente mayor si el agua se utiliza racionalmente.

D. NECESIDAD DE RIEGO

sin que ello elimine la necesidad de realizar estudios concretos en la región. Se vio que entre los grados 13 y 19 de latitud, que es aproximadamente la zona altiplánica con algunas posibilidades agrícolas, se requieren entre 200 y 900 milímetros de riego, según los lugares para los cultivos usuales (papa, oca, cebada, trigo, quinua, etc.) en el período vegetativo corriente, y en un año de pluviosidad media,⁸ (0.13 a 0.57 litros por segundo por hectá-

⁸ Estas cifras incluyen un 70 por ciento de tolerancia para las

rea, en promedio, durante unos 6 meses). Conviene recordar aquí que en años muy secos, como fue el de 1956/57, esas necesidades pueden subir apreciablemente, o disminuir mucho en años favorables.

En los valles, las necesidades de riego son similares a las del norte del altiplano o ligeramente menores. Las lluvias se concentran asimismo en los meses de noviembre a marzo con un período seco bien definido de abril a septiembre. La fórmula de Blaney-Criddle arroja valores comprendidos entre 400 y 1 000 mm de riego necesario por cosecha (0.25 a 0.64 litros por segundo por hectárea, en promedio, durante 6 meses), según el tipo de cultivo (hortalizas, papas, maíz, trigo, cebada, alfalfa, etc.).

En los llanos del norte y noreste del país, en que las precipitaciones anuales en promedio sobrepasan los 1 600 milímetros, o no hay necesidad o el riego requerido es muy bajo según los tipos de cultivo, porque las precipitaciones son relativamente importantes y la evaporación reducida aun en los meses menos lluviosos. Por el contrario, el problema pertinente en esas regiones es el de las inundaciones, principalmente en la región comprendida entre los ríos Beni y Mamoré, al noreste de Reyes y al norte de Trinidad, donde todos los años quedan bajo agua extensas zonas de la provincia de Yacuma.

Hacia el sur las precipitaciones disminuyen gradualmente y se acentúa el período seco de abril a septiembre. Algunos cultivos adecuados a estas regiones —el arroz y la caña de azúcar por ejemplo— requieren en sí mayor cantidad de agua que los indicados para el Altiplano y Valle.

Es así como de Santa Cruz hacia el sur según los tipos de cultivo, las necesidades de riego pueden variar entre cero y más de 900 milímetros. Las mayores necesidades se registrarían en las zonas al este de Camiri y Villamontes principalmente. El cultivo del algodón, que tiene buenas posibilidades en la última región, requerirá unos

pérdidas de agua en los procesos de riego, considerando que en el altiplano la evaporación alcanza hasta unos 7 milímetros diarios.

⁹O sea 0.60 litros por segundo por hectárea, en promedio durante unos 5 meses.

E. LAS CONDICIONES ECONOMICAS DEL RIEGO Y LOS PROYECTOS EXISTENTES

No obstante el inmenso valor que para Bolivia representan como primeras experiencias locales los sistemas de riego de Angostura (valle) y Tacagua (altiplano), las autoridades interesadas no han recogido al parecer todas las informaciones básicas que en el campo técnico y económico eran necesarias. No ha sido posible conseguir los datos estadísticos sobre las respectivas producciones agropecuarias que se requieren para evaluar los resultados económicos logrados realmente con esas obras. Tampoco ha sido posible obtener la estadística de caudales afluentes y efluentes de los correspondientes embalses —incluyendo las mayores crecidas— para examinar aspectos tan importantes como sus volúmenes útiles y la capacidad de las obras de descarga en relación con series hidrológicas mucho más extensas que las empleadas originalmente, los coeficientes de escurrimiento, las tasas medias de riego que se emplean y su variación con el tiempo, etc.

Sin embargo, a base de informaciones parciales de diverso origen,¹¹ existen fundadas razones para considerar a) que son excesivos los volúmenes útiles de los embalses

¹¹ Principalmente verbales de funcionarios de la misma Dirección

de 600 milímetros de riego en año promedio.⁹ La caña de azúcar necesitaría cantidades bastante superiores.

Conviene puntualizar que las necesidades de riego indicadas en las tres regiones principales corresponden a condiciones pluviométricas ficticias, pues el año utilizado en el análisis tiene como precipitación mensual el promedio correspondiente a varios años en el mes respectivo. Por lo tanto, el modelo del año pluvial examinado presenta un efecto de regularización de las precipitaciones que no existe en la realidad. De ahí que en los cultivos de secano, que son los predominantes en Bolivia, se den años de cosechas relativamente satisfactorias (precipitaciones abundantes y distribuidas adecuadamente con relación al ciclo vegetativo) y otras muy malas (años de reducida precipitación, o que siendo ésta adecuada en el volumen anual, su distribución resulta inconveniente para el período agrícola respectivo).

Un análisis del gráfico II permite comprobar la aseveración anterior, pues la dispersión de las precipitaciones para cada mes es muy grande, principalmente en el Altiplano y en los Valles.

Como no se dispone del programa de nuevas obras de riego previstas en el Plan de Desarrollo para cumplir las correspondientes metas de producción agrícola, parece que suponer que se mantenga la relación actual de casi 10 por ciento entre la superficie regada y la total dedicada a la agricultura sería una hipótesis mínima.¹⁰ En tal supuesto, las obras de riego a construir hasta 1971 beneficiarían unas 40 000 hectáreas, con el empleo de 250 millones de metros cúbicos al año, lo que representa un aumento del consumo de agua en este campo del orden de 60 por ciento.

¹⁰ En efecto, más de un tercio de las nuevas 411 000 hectáreas que se incorporarán al cultivo se encuentran en el Altiplano y Valles donde las zonas menos áridas están ya aprovechadas, y gran parte de los dos tercios restantes se ubican en los llanos que se extienden al sur de Santa Cruz, donde los cultivos previstos necesitan de riego para obtener rendimientos razonables. Por otra parte, el aumento de productividad (un 17 por ciento) es posible que requiera la ampliación de las áreas de riego en las tierras hoy cultivadas.

y que también fueron sobredimensionadas las obras de evacuación de creces, y b) que las tasas de riego empleadas suponen considerable desperdicio de agua, cuyo manejo es muy descuidado.

Esta última circunstancia, junto con la falta de un drenaje adecuado en el sistema de Angostura, ha determinado en las partes bajas de los terrenos un rápido ascenso de la napa freática con afloramiento de sales —en parte transportadas por la misma agua de riego— perjudiciales a los cultivos intensificándose así el deterioro de los suelos.

Aunque la falta de las respectivas obras de avenamiento se empezó a sentir hace más de 10 años y aunque a partir de entonces se han emitido varios informes recomendando su rápida realización —inclusive por expertos de organizaciones internacionales— no parecen haberse tomado aún las medidas necesarias para construirlas.

Si bien en septiembre de 1958 —mediante un Decreto Supremo— se aumentaron apreciablemente las tarifas por el uso de agua (en promedio menos de un dólar por 1 000

de Riego y de técnicos ajenos a ella, pero que han seguido de cerca la operación de los sistemas.

Cuadro 31

BOLIVIA: PROYECTOS CONSIDERADOS POR LA DIRECCION GENERAL DE RIEGOS
HASTA 1960

Departamento	Río	Superficie beneficiada (miles de hectáreas)	Los estudios incluyen estimación de gastos e ingresos anuales ^a
La Paz	Suchez	1.50	No
	Keka (Belén)	0.80	No
	Huarina (Peñas)	7.00	Sí
	Pallina (Laja)	6.30	Sí
	Colorado	2.00	No
	Caracato	0.25	No
	Sapahaqui	0.10	No
	Santiago de Huata	0.35	No
	Viscachani ^b	1.50	Sí
	19.80		
Cochabamba	Arque (Capinota)	0.45	No
	Londo (Charamoco)	0.50	No
	Londo (Cuticollo)	0.10	No
	Alalay	1.50	Sí
	Sipe-Sipe	0.20	No
	Mizque	0.30	No
	Cliza	0.50	No
	Cuchu-Punata	2.00	Sí
	Pocoata (Arani)	0.20	No
Millumayu (Tiraque)	0.60	No	
	6.35		
Santa Cruz	Parapetí	40.00	Sí
	Mairana	1.30	Sí
	Quirusillas (Valle Abajo)	1.50	Sí
	Pampa Grande	0.10	No
	Comarapa	0.30	No
	Río Grande	40.00	Sí
	El Trigal	0.50	No
	Piray	2.00	Sí
	Espejos	0.50	No
Charagua	0.30	No	
	86.50		
Tarija	Pilcomayo (Villamontes)	(16.00)	Sí
	Guadalquivir	40.00)	No
	Pajonal y Santa Ana	10.00	No
	66.48		
Potosí	Colcha	1.00	Sí
	Macha	0.20	No
	Tupiza	0.50	No
	Pucamayu	0.10	No
	Pocoata	0.10	No
Chayanta	0.80		
	2.70		
Chuquisaca	Padilla	0.40	No
		0.40	
Oruro	Caracollo	2.60	Sí
	Desaguadero ^c	25.00	Sí
	27.60		
<i>Total</i>		209.92	

FUENTE: Junta Nacional de Planeamiento.

^a Aparecen marcados con "Sí" aun algunos proyectos cuyas bases de justificación son parciales. Los marcados "No" no disponen de ninguna estimación o las estimaciones realizadas no tienen bases adecuadas de justificación.^b Incluyendo el proyecto Ayo-Ayo, según otras fuentes, la superficie beneficiada alcanzaría a 2 800 hectáreas.^c El proyecto Toledo, en construcción, regaría 2 300 hectáreas.

m³) en procura de cubrir un déficit equivalente a unos 30 000 dólares anuales sobre un monto de egresos (principalmente sueldos) de aproximadamente 35 000, no parece aún que los usuarios compensen adecuadamente los costos

efectivos del servicio recibido (amortización, mantenimiento y operación del sistema), no obstante los apreciables beneficios que les reporta. Además, parece haber usuarios que se niegan a pagar sus cuotas y las autoridades no dis-

ponen de medios prácticos para exigirles el cumplimiento de esta obligación.

En materia de nuevas obras, la Dirección de Riego ha realizado estudios o investigaciones exploratorias en unos 40 proyectos diferentes. Su magnitud es muy variable: desde aquellos que contemplan el beneficio de sólo unas 100 hectáreas hasta los que alcanzan 40 000 o más. (Véase el cuadro 31). La superficie total eventualmente beneficiada por ellos es de unas 210 000 hectáreas, es decir, 3 veces superior al área regada en la actualidad.¹²

El personal con que cuenta la Dirección de Riego es muy reducido, especialmente al nivel técnico, para tener a su cargo la responsabilidad pública del desarrollo de esa actividad en todo el país y la operación de los dos sistemas que están en explotación. Un análisis de su actual organización muestra que muchos estudios básicos no pueden ejecutarse —al menos con la acuciosidad que requieren— por no existir las secciones responsables que pudieran encargarse de ellos.

De ahí que en un examen de conjunto de los principales proyectos, las conclusiones generales extraídas no sean muy favorables:

a) Con frecuencia los estudios correspondientes no están suficientemente documentados para permitir exámenes de factibilidad. Principalmente en materia agrológica no se dispone de planos con las distintas calidades de los suelos y no se presentan análisis químicos ni físicos de las aguas. En la Dirección de Riego (Ministerio de Agricultura) se nota la falta de una sección especializada en estas labores;

b) El agua superficial se ha considerado como único recurso y no se han investigado las posibilidades de agua subterránea. Esta omisión tiene importancia en el altiplano, donde la evaporación es un problema fundamental;¹³

c) En los antecedentes que se ofrecen para justipreciar la conveniencia económica de los proyectos generalmente se estiman las producciones brutas con riego, pero no se hace alusión a las producciones potenciales sin él. Tampoco se examinan detenidamente las necesidades de fertilización por insuficiencia en el análisis sobre la calidad de los suelos;

d) Varios proyectos entre los que se cuenta con mayor acopio de antecedentes no tienen suficientes méritos económicos.

Un experto enviado por la FAO¹⁴ descarta dos proyectos de riego en la forma en que han sido concebidos: "Viscachani" y "Caracollos", por ser económicamente inapropiados, y no se pronuncia sobre otros dos: "Río Desaguadero" y "Cuchu-Punata", por ser insuficiente la documentación.

Con relación al sistema de riego de "Tacagua", ya en operación, el mismo experto concluye que el costo final por hectárea regada asciende a 950 dólares, influyendo sobre tan elevada cifra la larga duración de los trabajos; sin embargo, considera que, construido en condiciones normales, hubiese costado algo más de la mitad y tampoco podría justificarse económicamente.

¹² Además se estudian actualmente un conjunto de pequeños proyectos de riego como: Pucusani-Chuma (250 hás); Talacocha-Puna (150 hás); San Lucas (600 hás) Caiza "D" (400 hás); Camargo, etc.

¹³ Las siguientes cifras ilustran la importancia de esta aseveración: en los proyectos de Caracollos y Pallina, las pérdidas anuales por evaporación en los embalses resultarían superiores al 70 por ciento de la capacidad útil de los mismos. En los de Huarina Peñas y Viscachani son del orden del 30 por ciento.

¹⁴ Véase Arnold Escher, "Evaluación de los proyectos de riego".

Por otra parte, conviene señalar que entre los proyectos que según el experto tienen suficientes méritos para justificar la prosecución de los estudios y probablemente su construcción, figuran los de Huarina Peñas y Pallina, en el altiplano, con costos del orden de los 160 y 180 dólares por hectárea respectivamente, y el de Mairana, en la zona precordillerana oriental, con 420 dólares de costo por hectárea. Estas tres obras beneficiarían en conjunto unas 15 000 hectáreas. (Véase el mapa 5.)

Sólo cuando una investigación más completa de los diversos elementos que caracterizan cada proyecto permita determinar con bases suficientemente seguras las respectivas relaciones de beneficio/costo, será posible definir un orden de prelación en los otros proyectos considerados. En tal estudio se ha de incluir el análisis del "precio de cuenta" de los factores en juego.

Es muy difícil hacer una estimación general de la conveniencia económica del riego en el altiplano. Por una parte se ha visto ya a) la trascendencia de incrementar la producción agropecuaria en esa región como consecuencia del bajo nivel alimenticio actual de la población, del aumento de la presión demográfica y de las dificultades que entraña el transporte de alimentos desde los llanos, y b) que por la reducida precipitación pluvial y su concentración en un breve período del año —que es a su vez bastante variable—, es grande la importancia del riego para asegurar la normalidad del ciclo vegetativo en los cultivos.

Pero, por otra parte, la calidad de los suelos, las condiciones del clima y sobre todo las inadecuadas prácticas agrícolas actuales, determinan niveles de productividad tan bajos, por hectárea cultivada, que considerando aisladamente ese factor de producción sólo se justifican en él inversiones muy reducidas.

La falta de riego es sólo una de las causas que limitan el desarrollo agropecuario del altiplano. Afortunadamente, como hace notar H. G. Dióñ,¹⁵ numerosas pruebas y observaciones indican que el clima no es un gran obstáculo para el desarrollo agrícola de esa región. Las temperaturas medias y máximas del aire no parecen estar de acuerdo con el tipo de vegetación de climas más templados que se observan en varios lugares. "Los registros de temperatura ambiente indican muy imperfectamente las condiciones en que crecen las plantas. También las temperaturas del suelo son superiores a lo que se podría creer, a causa de lo intensa que es la insolación a esas alturas".

Con relación a los suelos, el mismo experto resume sus observaciones así: "Si bien hay muchos suelos de inferior calidad en esta región, tales como los del tipo arenoso y salino, hay también muchas zonas extensas cuyos suelos son evidentemente de buena textura (margas gredosas), que retienen bien la humedad, y no tienen sales. . ." "La superficie de los suelos más favorables para el cultivo, en antiguos lechos lacustres, se ha estimado en unos 2 millones de hectáreas, siendo el área total del altiplano superior a 15 millones de hectáreas".

Con un profundo cambio de las prácticas agrícolas que implique la racionalización de labores por introducción de técnicas adoptadas ya en otros países —empleo adecuado de abonos, selección de especies y semillas, control adicional de plagas y enfermedades mediante el uso de pesticidas y desinfectantes, etc.— el riego en los mejores suelos contribuirá en medida apreciable al aumento necesario de la producción agrícola en el altiplano. Se facilitará la maduración temprana de los cultivos, circunstancia principalmente impor-

¹⁵ *Op. cit.*

tante en el caso del trigo, para tener la floración antes de enero y poder soportar así las primeras heladas que a veces se presentan en ese mes. Las siembras atendidas únicamente a las precipitaciones pluviales deben esperar las primeras lluvias de primavera que pueden ocurrir en septiembre, pero que a veces se atrasan hasta noviembre. Como señala el autor, en los lugares en que se dispone de riego las siembras se efectúan con éxito a fines de agosto o principios de septiembre, con independencia de los azares meteorológicos.

Los trigos empleados hasta ahora demoran de 200 a 240 días en madurar, pero se investigan variedades que lo hacen entre 150 y 180 días, empleando cantidades adecuadas de abonos fosfatados.

Un ejemplo interesante de resultados muy favorables logrados mediante la introducción de algunas mejoras en las prácticas agrícolas y el riego en el Altiplano es la experiencia realizada en la península de Taraco entre los años 1937-1952, donde los propietarios instalaron y operaron con éxito económico una planta de bombeo, a base de un motor diesel, con elevaciones de agua hasta de 90 metros.

En el Campo Experimental de Chano, del Servicio Departamental de Agricultura de Puno (Perú) se pasó de una producción de 4 toneladas de papas por hectárea —que es igual a un buen rendimiento actual en promedio en el Altiplano boliviano— a 15 toneladas por hectárea con abonos de cuadra. Dión observó "alfalfares exuberantes", que tenían 12 años y aún producían dos o tres siegas anuales para henificar, "en zonas en que el agua freática estaba relativamente superficial".

El Ministerio de Fomento y Obras Públicas del Perú en acción conjunta con el Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento (SCIF) consideran 29 proyectos de riego que beneficiarán a más de 38 000 hectáreas en la Sierra de ese país. Cuatro de ellos, por sus características generales, son similares a los que Bolivia podría afrontar en el Altiplano. En efecto, los proyectos de Combata, Layo, Asillo y Taraco, se encuentran a alturas comprendidas entre 3 500 y 3 900 metros sobre el nivel del mar, regando en conjunto 5 800 hectáreas. Los incrementos de productividad con las obras consideradas varían entre 2 y 7 veces las que se obtendrían sin ellas, anotándose que las inversiones necesarias fluctúan entre valores equivalentes a 50 y 600 dólares por hectárea. El índice económico allí estudiado: "capacidad de pago anual/amortización" da los siguientes valores: 1.1, 6.7, 3.4 y 1.9 respectivamente.¹⁶

Con los antecedentes anteriores, se ve que en el Altiplano el riego tiene buenas posibilidades, pero que más que en ninguna otra región las inversiones deben justificarse previamente a base de investigaciones minuciosas y operaciones piloto sobre el incremento de la productividad, las diversas alternativas de las fuentes de riego y el tamaño económicamente más conveniente en cada proyecto.

En muchos lugares la elevación por bombeo de agua superficial o subterránea puede conducir a las soluciones más adecuadas.

El agua subterránea reúne las siguientes ventajas para considerarla como una alternativa de grandes posibilidades:

a) Aunque no se dispone de estudios hidrogeológicos detallados, y son pocas las prospecciones realizadas, hay buenas razones y observaciones directas que permiten suponer que el agua se encontraría en algunas partes a poca profundidad.¹⁷

¹⁶ Véase Ministerio de Fomento y Obras Públicas - Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento (SCIF), "Pequeñas Irrigaciones en la Sierra del Perú", Lima, junio de 1962.

¹⁷ Véase Cornelius H. Zondag (experto de la Misión de los Esta-

b) Podría aprovecharse en forma paulatina —sin comprometer de una vez las inversiones cuantiosas requeridas por los sistemas con embalse y red de canales— cubriendo tan sólo las zonas en que concurren simultáneamente las condiciones más favorables en cuanto a calidad de tierras, clima, acuíferos poco profundos y exentos de sales nocivas, facilidades de transporte, etc.

c) Sólo se construirían pequeños depósitos para disponer de caudales prácticos en las operaciones del riego —superiores a los entregados directamente por la bomba— sin los inconvenientes de las grandes pérdidas por evaporación en los embalses de regulación estacional, y las correspondientes a filtraciones y evaporaciones en extensos canales.

En las investigaciones y operaciones piloto, señaladas antes como indispensables, convendría incluir el aprovechamiento de la energía eólica, como alternativa en relación con el bombeo. El viento es en general lo bastante fuerte y permanente durante una gran parte del año como para justificar estudios detenidos en esta materia, incluyendo tal vez la autogeneración de electricidad en reducida escala para los hogares rurales (luz, radio), siempre que resulte económico en esas condiciones su suministro regularizado. Los escasos antecedentes de que se dispone en materia de vientos, parecen indicar que son más fuertes y constantes en los meses en que el riego es más necesario (de agosto a diciembre, marzo y abril).

En condiciones anemométricas favorables y alturas de elevación reducidas (4 o 6 metros) podrían quizá resultar convenientes los motores eólicos de 4 a 5 metros de diámetro.¹⁸ Cualesquiera que sean los resultados de tales investigaciones, la experiencia de la península de Taraco indica que, aún con alturas de elevación de algunas decenas de metros, el motor de combustión interna puede ser la solución inmediata, en ausencia de energía eléctrica barata y abundante.

En la región de los Valles, con condiciones de clima mucho más favorables que en el Altiplano, pero también con escasa precipitación pluvial y muy irregularmente distribuida en el año, los rendimientos que se obtienen por hectárea cultivada son mucho mayores y ciertamente susceptibles de sustanciales incrementos, con mejores métodos de trabajo. Las ventajas que se logran con el riego son apreciables y su justificación económica es más favorable que en el caso anterior. Por ejemplo, en Cochabamba el rendimiento de una hectárea de trigo sin riego es del orden de 450 kg, y con riego se eleva a 1 400 kg o más. Lamentablemente, no son muy extensas las tierras disponibles. En el valle de Cochabamba son numerosos los predios que aprovechan con éxito el agua subterránea (muchos pozos son urgentes) para regar huertos y chacras.

El proyecto Mairana, al este de Cochabamba y adyacente a la carretera Cochabamba-Santa Cruz (provincia Florida), parece tener grandes posibilidades. Es un proyecto pequeño, que favorece únicamente a unas 1 350 hectáreas, con un costo aproximado equivalente a 415 dólares por hectárea. Supone la construcción de un embalse en el río Quirusillas, afluente del Yapacaní. Las tasas de evaporación son considerablemente menores que en el Altiplano. La producción

dos Unidos en Bolivia), "Problem in the Economic Development of Bolivia" y H. G. Dión, *op. cit.*, así como el informe de Alfonso Freile, Experto de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas. Según este último autor, varios pozos en explotación tienen bajos rendimientos por ejecución defectuosa: sin filtros o que no captan el espesor total de los correspondientes acuíferos.

¹⁸ Véase E. W. Golding (Consultor de la FAO), *Ingeniería Rural - Motores eólicos para la elevación de aguas y la producción de energía eléctrica en la granja.*

prevista incluye fruta, verduras, maíz, algodón, papas y tabaco.

Como en el caso del proyecto de Huarina Peñas, los estudios se han hecho a base de la producción bruta que se tendrá con el proyecto en operación y no con sólo el incremento ligado al riego. Al parecer, el análisis de los suelos requiere también aclaraciones. De todos modos, se precisa una evaluación económica detallada del proyecto para examinar su factibilidad. Asimismo debe prestarse atención al agua subterránea como alternativa para el suministro del riego, considerando inclusive sus efectos sobre los potenciales hidroeléctricos aguas abajo.

Sin duda, las mayores posibilidades de riego se encuentran en las áreas semiáridas de los llanos orientales. Abundan las tierras planas, las condiciones del clima son favorables para cultivos intensivos y los suelos de calidad son suficientes como para permitir una selección de los que resultarían más favorecidos por el riego. Los factores adversos son el acceso y el transporte desde y hacia los centros de consumo; el costo de despeje y preparación de la tierra para el riego, y la reducida disponibilidad de mano de obra en esas zonas. Sin embargo, estos obstáculos no son tan fundamentales como los señalados en el caso del Altiplano y los Valles. Los ríos Grande, Parapetí y Pilcomayo, con caudales promedios de 300, 30 y 200 metros cúbicos por segundo, respectivamente, con lugares adecuados para la formación de embalses en la precordillera oriental, pueden aprovecharse para regar grandes zonas. Existen ya estudios e investigaciones para beneficiar cerca de 150 000 hectáreas en total, en diversos proyectos.

Cualquier proyecto de riego en los llanos orientales debe contemplar simultáneamente la colonización y el mejoramiento del transporte. En el que se ha prestado mayor atención a estos aspectos y en el que se han hecho mayores inversiones en los últimos años es el de Villamontes. Se ha previsto el empleo de bombas para elevar agua de 12 a 15 metros sobre el nivel del río Pilcomayo y regar de 7 000 a

30 000 hectáreas, según la etapa del proyecto que se considere. La etapa inicial, examinada en el informe de Escher antes mencionado, abarca 7 400 hectáreas con un costo equivalente a 3,75 millones de dólares, o sea 507 dólares por hectárea. Parece que la mitad de ese costo se ha gastado ya en la instalación de las bombas y la excavación de una parte del canal matriz. El saldo del costo se refiere principalmente a la continuación de ese canal, la construcción del sistema de canales derivados y el desmonte de las tierras. Puesto que la mayor parte de las inversiones realizadas es "irrecuperable", el análisis del problema en la situación actual sólo debe referirse a la relación entre los costos adicionales necesarios y los beneficios provenientes del riego. Deberá hacerse una evaluación detallada de la conveniencia económica de terminar los trabajos, que tome en cuenta el aumento de la productividad de la tierra irrigada, sobre la correspondiente con sólo las precipitaciones pluviales, e incluya tolerancias por diferencia en los tipos de cultivos a realizar, los rendimientos y los costos de producción.

En caso de que los antecedentes disponibles no sean suficientes para indicar con bastante seguridad la productividad probable y los tipos de cultivo óptimos con riego, deberán establecerse estaciones piloto representativas para hacer tales determinaciones. El agua necesaria en esos experimentos se obtendría de pequeñas obras provisionales: pozos, pequeñas plantas para elevarla desde el río, etc. Si la producción responde en forma suficientemente favorable al riego como para garantizar la conveniencia de terminar las obras, esas estaciones experimentales podrían mantenerse en calidad de campos de demostración para estimular la adopción de las prácticas agrícolas más convenientes entre los colonos. En lugar de que al comienzo se desmonte completamente el área destinada a la agricultura, convendría limitar esa labor a la superficie mínima requerida para proporcionar a cada colono un razonable nivel de vida inicial. Posteriormente les correspondería a ellos despejar el resto de la tierra que se les asigne.

F. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la luz de los antecedentes examinados, se ha llegado a las conclusiones y recomendaciones siguientes:

a) el riego tiene enorme importancia en la agricultura de Bolivia como forma de compensar la escasa precipitación pluvial y su desigual distribución anual en el altiplano, los valles y los llanos;

b) es necesario determinar mediante experiencias directas las tasas unitarias del riego para evitar desperdicios de agua;

c) la Dirección de Riego se debe reorganizar ampliando considerablemente su presupuesto y la planta de su personal técnico a fin de que constituya un organismo superior con el poder necesario para programar y ejecutar un plan nacional de riego y habilitación de tierras;

d) la formulación del aludido plan de riego debería ejecutarse con la supervisión del Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos integrándolo en el Plan de Desarrollo Económico y Social y teniendo en cuenta la sustitución de importaciones y diversificación de exportaciones; toda obra prevista en el plan deberá basarse en sólidas justificaciones económicas;

e) solicitar a los organismos internacionales la asistencia técnica de un ingeniero especialista en riego, un experto en análisis y clasificación de suelos y un economista agrícola para colaborar en la reorganización de la Dirección, en la formulación del plan de riego y habilitación de tierras¹⁹ a partir de los proyectos que requieren decisiones inmediatas (Villamontes, península de Taraco, Huarina Peñas, Mairana, etc.) y en el asesoramiento, en la complementación mantenimiento y operación de los sistemas que se hallan en uso;

f) revisar las tarifas y cuotas de riego tanto para ajustarlas adecuadamente a los costos reales del servicio como para darles una estructura más conveniente, procurando sin embargo que el costo del agua no supere una proporción razonable del costo total de producción. En esos cálculos convendría: i) reajustar el valor del capital inmovilizado al valor actual de los bienes físicos (obras e instalaciones), y ii) reflejar en el interés al capital invertido el verdadero costo de oportunidad del dinero.

¹⁹ Véase el punto c) anterior.

Capítulo V

HIDROELECTRICIDAD

A. RECURSOS HIDROELECTRICOS

En el presente capítulo se examinan los recursos hidroeléctricos del país a base de la precaria información disponible. De acuerdo con los conceptos actuales sobre potencial hidroeléctrico, conviene distinguir entre potencial teórico, potencial técnicamente utilizable y potencial económicamente utilizable.¹

El potencial teórico considera toda el agua con la altura que dispone sobre el nivel del mar y con un rendimiento de 100 por ciento. Aun reconociendo que es sólo un límite superior inalcanzable, constituye un punto de referencia inamovible para medir los progresos que se logran en las evaluaciones a los otros niveles y en los aprovechamientos dentro de un país o región.

El potencial técnicamente utilizable es muy inferior al teórico; mide la magnitud de los recursos por los aprovechamientos existentes y los susceptibles de instalación, en un momento determinado, con los medios usuales de la técnica para este tipo de obras, sin sobrepasar un valor límite superior fijado previamente al costo del kW instalado.

El potencial económico es sólo una fracción del técnicamente utilizable limitado a la parte que se considera de aprovechamiento conveniente, a corto o mediano plazo, dentro del marco de desarrollo de la economía general del país respectivo. Por consiguiente, excluye los recursos que no puedan proporcionar energía a un costo igual o menor al que podría obtenerse de otras fuentes productoras de electricidad, o aquellos que en un análisis económico integral deben destinarse a otros usos del agua incompatibles con la generación eléctrica.

1. Estimación del potencial teórico superficial

Como en Bolivia hay muy poca información sobre el caudal de los ríos, sólo ha sido posible realizar estimación integral del potencial teórico superficial con las precipitaciones medias anuales, valiéndose de un mapa con líneas de nivel de 300 en 300 metros a escala 1:1 000 000, al que se trasladaron además las isoyetas anuales correspondientes al promedio 1945-59.

El cálculo se hizo de acuerdo con las recomendaciones del Seminario Latinoamericano de Energía Eléctrica (México, D. F., 31 de julio al 12 de agosto de 1961),² fraccionando cada cuenca en áreas elementales a las cuales podía aplicarse con propiedad la fórmula

$$P_s = \frac{V \times H}{367}$$

¹ Para más detalles véase "Los recursos hidroeléctricos en América Latina: su medición y aprovechamiento" (ST/ECLA/Conf.7/L.3.0), en *Estudios sobre la electricidad en América Latina* (E/CN.12/630), publicación de las Naciones Unidas (No. de venta: 63.II.G.3), vol. I, pp. 477-521.

² Véase en el informe correspondiente (ST/ECLA/Conf.7/L.1.8), *Estudios sobre la electricidad en América Latina, op. cit.*, vol. I, pp. 3 ss., y en "Los recursos hidroeléctricos en América Latina: su medición y aprovechamiento" (ST/ECLA/Conf.7/L.3.0), *ibidem*, vol. I, pp. 477 ss.

En ella P_s es el potencial teórico superficial en millones de kWh por año, V el volumen medio anual de las precipitaciones caídas en el área elemental respectiva, medido en millones de m³, y H es la elevación media en metros de esa área sobre el punto de cruce de la frontera por el río al que tributa.³

Para determinar en cada caso la potencia media en kW se dividió el correspondiente valor de P_s por 8 760, que corresponde al número de horas en el año. Los resultados aparecen en el cuadro 32, donde se ve que esa potencia se aproxima a 190 millones de kW, tomando como referencia para la cuenca cerrada del altiplano el punto más bajo en el interior de ella.

2. Potencial económico aprovechable

A base de las cifras anteriores que se refieren a un concepto abstracto, es posible estimar el orden de magnitud del potencial económicamente utilizable en toda Bolivia, que en definitiva es el que interesa. En efecto, suponiendo que el rendimiento hidroeléctrico en promedio para todas las cuencas del país (coeficiente de escurrimiento) esté comprendido entre 0.20 y 0.30 (alta evaporación en el altiplano y llanuras casi horizontales en el norte y el oriente) y que la relación entre el potencial económico actual y el teórico superficial de escurrimiento se aproxime a 0.20 —como resultó para ocho países examinados en Europa— cabría esperar que el potencial económico alcance a unos 10 millones de kW en todo el país.

En una publicación oficial de los Estados Unidos⁴ se estimaron los potenciales hidroeléctricos para los diversos países del mundo sobre dos bases diferentes: la primera que considera los "caudales mínimos ordinarios" (se aproximan a los gastos de duración de 95 por ciento del tiempo) y la segunda adopta los "caudales medios". Se reconoce en ella que las estimaciones para América del Sur —excepto el Brasil—, lo mismo que para el Asia y Africa, se basan prin-

³ Se adoptaron las siguientes cotas, sobre el nivel del mar, de los puntos de cruce de la frontera por los principales ríos:

	Metros
Confluencia del río Abuná con el río Madera (Manoa)	137
Confluencia del río Negro con el río Paraguay (Bolbrapa)	143
Confluencia del río Grande de Tarija con el río Bermejo (Juntas de San Antonio)	420
Río Pilcomayo en Esmeralda-Santa Victoria	270

Además, en relación con las cuencas sin desagüe al mar (endorreicas) se tomaron las siguientes cotas como las mínimas existentes en el interior de cada una de dichas cuencas:

Lagos Titicaca, Poopó, Coipasa	3 680
Salar de Uyuni	3 930

⁴ Véase Departamento del Interior "Developed and potential water power of the United States and other countries of the world", *Geological Survey Circular* 367, 1954 (reimpreso en 1958).

Cuadro 32

BOLIVIA: POTENCIAL TEORICO SUPERFICIAL CON EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES

Cuenca	Energía anual ($\times 10^9$ kWh)	Potencia media				
		De la cuenca ($\times 10^6$ kW)		Por km ² (kW)		
Beni	510.7	58.3			333	
Bermejo.	32.2	3.7			308	
Guaporé.	205.2	23.4			84	
Madera (entre Villa Bella y Manoa).	9.9	1.1			41	
Mamoré.	521.4	59.5			225	
Paraguay.	53.3	6.1			65	
Pilcomayo.	251.8	28.7			293	
Subtotal.	1 584.5	180.8			191	
Titicaca, Poopó, Coipasa ^a .	49.6 ^b	380.2 ^c	5.7 ^b	43.4 ^c	64 ^b	488 ^c
Salar de Uyuni	10.1 ^b	78.9 ^c	1.2 ^b	9.0 ^c	20 ^b	148 ^c
Total.	1 664.2 ^b	2 043.6 ^c	187.7 ^b	233.2 ^c	171 ^b	212 ^c

^a Sólo se ha considerado la cuenca tributaria dentro del territorio de Bolivia.

^b Con relación al punto más bajo dentro de la respectiva cuenca interior.

^c Con relación al cruce de la frontera por el río Pilcomayo.

principalmente en datos pluviométricos y topográficos y, en consecuencia, no son muy exactas. Bolivia figura con 2.65 y 22.08 millones de kW respectivamente. Si se considera que el concepto a que se refiere la segunda cantidad se aproxima mucho a la definición del potencial teórico lineal,⁵ se concluye que esta estimación es perfectamente compatible con la anteriormente presentada.

De esa investigación, que es la única realizada en escala mundial, cabe concluir que Bolivia, en promedio por km², tiene un potencial hidroeléctrico como un 20 por ciento superior al promedio del mundo y como un 20 por ciento inferior al correspondiente a toda América Latina.

La capacidad hidroeléctrica instalada en 1960 (poco más de 88 000 kW) es pequeñísima en relación con los recursos disponibles, y representa menos del uno por ciento de los 10 millones de kW estimados.

Aunque en la determinación del potencial teórico superficial no se examina la ubicación de los lugares de posible producción eléctrica, de la concentración de él por km² (última columna del cuadro 32), del análisis de las curvas de nivel y de las isoyetas respectivas pueden inferirse a grandes rasgos las principales localizaciones de potenciales hidroeléctricos, y, en consecuencia, orientar las investigaciones generales para su evaluación directa y la planificación de su aprovechamiento.

Una faja de ancho variable entre 150 y 50 km al este y norte de la poligonal, cuyos vértices son aproximadamente el Nudo de Apolobamba, los nevados del Illampu y Chachacomani, las poblaciones de La Paz, Sicasica, Cochabamba, Monte Puncu y Pojo, define la región más rica en recursos hidroeléctricos de todo el país. Probablemente encierre más de una cuarta parte del total de ellos, en una vigésima parte del territorio nacional. Desde luego allí se encuentran las centrales en operación y proyecto de la Bolivian Power Company, así como los numerosos anteproyectos y emplazamientos investigados por la Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Cochabamba y la Corporación Boliviana de Fo-

⁵ Una de las formas de evaluación integral recomendadas en el Seminario Latinoamericano de Electricidad para países y regiones que cuentan con amplia información hidrológica y topográfica disponibles. (Véanse nuevamente los citados documentos ST/ECLA/CONF.7/L.1.8 y L.30.0.)

mento cerca de esa ciudad, además del gran proyecto de objetivos múltiples, localizado en el Angosto del Bala, con 500 000 kW o más. Su ubicación es bastante favorable, pues ocupa la región centro-occidental del país, aunque un tanto desplazada hacia el norte con relación a las principales ciudades y centros de explotación minera. Está constituida por las cuencas altas del Beni y Mamoré, formando parte de los siguientes ríos y sus afluentes: Tuichi, Mapiri, Tipuani, Zongo, Bopi, de La Paz, Cotacajes, Santa Elena, Quiquibey, Altamachi, Chapare, Ibirizu, Lope-Mendoza, Chimoré, Ichilo y Yapacaní, en su descenso desde la cordillera Real y su prolongación en las cordilleras de Cocapata, del Tunari y de Tiraque. Las características de esos ríos condicionan centrales de caudales relativamente pequeños con alturas de caída grandes, es decir, muy económicas por kW instalado.

La investigación sistemática de esos recursos debería iniciarse de inmediato, a base de levantamientos aerofotogramétricos, para proseguir a continuación con la instalación de algunos fluviómetros y pluviómetros a fin de disponer de series estadísticas con 20 a 30 años de extensión en el momento de su utilización.

El enorme potencial hidroeléctrico y de riego que representa el lago Titicaca (condominio de Bolivia y el Perú) ha sido objeto de numerosos proyectos para su eventual aprovechamiento.⁶ Algunos de ellos consideran la desviación de sus aguas hacia el océano Pacífico, y otros hacia la cuenca del río Beni. Los primeros tienen la gran ventaja sobre los segundos de considerar el riego directo de unas 100 000 hectáreas de tierras áridas, aparte de las que podrían regarse por bombeo de agua subterránea.

La capacidad total a instalar, que difiere de uno a otro proyecto, sería más o menos de 1.5 millones de kW, la mitad de los cuales puede atribuirse en principio al inventario de los recursos hidroeléctricos de Bolivia, por el condominio que se reconoce al lago en la Comisión Mixta *ad hoc* Peruano-Boliviana.

Llama la atención que las cifras hidroeléctricas barajadas por distintos investigadores difieran grandemente, como

⁶ Situado a 3 180 metros sobre el nivel del mar, el lago tiene aproximadamente 160 km de largo y una superficie de 8 300 km², con profundidades superiores a 180 m.

Cuadro 33

BOLIVIA: BALANCE HIDROLOGICO DEL LAGO TITICACA

(Millones de metros cúbicos)

	Bucher	Rudolph	Forti	Monheim
<i>Ingresos:</i>				
Precipitaciones directas	4 528	5 337	5 000	5 062
Afluentes	11 997	6 274	15 230	7 718
Total	16 507	11 611	20 230	12 780
<i>Salidas:</i>				
Río Desaguadero . . .	1 416	1 724	4 403	630
Evaporación	15 091	9 350	15 827	12 150
Pérdidas subterráneas .		537		
Total	16 507	11 611	20 230	12 780

puede verse en el cuadro 33, donde sólo hay cierta uniformidad en la estimación del volumen de agua aportado por las precipitaciones directas al lago.

Parece indispensable subrayar la importancia que tiene para ambos países coordinar sus labores a fin de ampliar y perfeccionar de inmediato el acopio de informaciones técnicas y económicas en general, incluyendo investigaciones para estimar las alteraciones en el clima y la meteorología locales al disminuir apreciablemente la evaporación del lago Titicaca, por el aprovechamiento con fines múltiples de esa cuenca, y para Bolivia, además, similar y consecuentemente por modificaciones del régimen de los lagos Poopó y Coipasa.

La conciencia que existe en Bolivia sobre las enormes posibilidades de aprovechamiento de las aguas del Titicaca en materia de energía y riego, parece haber desalentado la investigación de las posibilidades que ofrece el Poopó, que si bien son inferiores a las de aquél, no dejan de ser importantes. Tiene como 2 600 km² de superficie y 5 000 millones de metros cúbicos de capacidad. Además posee características que podrían hacer viable su aprovechamiento con anterioridad al Titicaca.

En efecto, de acuerdo con las cifras del cuadro 33 no parece aventurado suponer que por el río Desaguadero recibe anualmente, en promedio, como 1 000 millones de metros cúbicos, y del orden de 500 millones más por las precipitaciones en su propia cuenca. Casi toda esa agua se pierde por evaporación principalmente y en parte tal vez por filtración subterránea, como parece indicarlo el curso del río Laca-jahuira.

Convendría que las autoridades dispusieran la iniciación de las investigaciones necesarias para utilizar en el futuro una parte al menos de esas aguas, por las siguientes razones:

- a) se trata de un recurso íntegramente boliviano;
- b) como sus márgenes son de muy baja pendiente (profundidad máxima del lago 4.0 m), las pequeñas reducciones de nivel traerán consigo apreciables disminuciones de superficie, con la consiguiente reducción de las pérdidas por evaporación;
- c) una depresión de sólo 0.50 m, representa como 1 000 millones de metros cúbicos de capacidad.

En consecuencia, sería fácil contar con un volumen de embalse suficiente como para evitar las inundaciones actuales de la pampa en torno a Oruro durante la época de lluvias.

Se debería indagar la posibilidad de derivar las aguas (unos 20 km) por bombeo y construcción de túneles, a las

cabeceras del río Pilcomayo. Por su pendiente⁷ ese río parece ofrecer emplazamientos convenientes para centrales eléctricas sucesivas y el aprovechamiento adicional en riego. En este sentido, pueden ayudar apreciablemente los trabajos aerofotogramétricos que se realizan en la región mediante la ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas, con fines de prospección mineralógica. Un punto básico a investigar sería el grado de salinidad actual de las aguas del lago Poopó, y la posibilidad de que desaparezca —o se reduzca apreciablemente— por lavado, ya que las aguas del Desaguadero son dulces.

Se cita este caso sólo como ejemplo de un recurso hidroeléctrico importante que parece no haberse investigado, no obstante presentar características que tal vez permitan clasificarlo como económicamente aprovechable junto a otros grandes proyectos. Sin duda que otros muchos importantes recursos potenciales de Bolivia permanecen ignorados en sus posibilidades. Tanto el río Grande como el Pilcomayo, en las últimas estribaciones de la cordillera antes de echarse en los Llanos, cuentan con buenos emplazamientos de posible aprovechamiento energético que han empezado a investigarse.

Por otra parte, sólo una reducida proporción de los ríos bolivianos son alimentados por glaciares. La mayoría sigue el régimen pluvial, que es muy irregular a lo largo del año, con grandes creces en un período corto (diciembre - marzo) seguido de un prolongado estiaje, cuyos mínimos caudales coinciden precisamente con la época de demandas máximas de energía en invierno (julio - septiembre). En consecuencia, un buen aprovechamiento de los potenciales hidroeléctricos en el país, requiere de embalses reguladores, no siempre fáciles y económicos de construir, precisamente por la pronunciada pendiente de los cursos altos de los ríos y el régimen torrencioso con gran arrastre de sólidos. Sin embargo, en las cabeceras de muchos de ellos, en las altas cordilleras, pueden aprovecharse pequeñas lagunas naturales para construir obras de regularización parcial en condiciones favorables.

En los llanos nororientales, los grandes ríos —Madre de Dios, Beni, Mamoré, etc. y sus afluentes— probablemente ofrecen también posibilidades hidroeléctricas aún no investigadas, pero de características económicas menos favorables que las señaladas. Se trata aquí de grandes caudales con alturas de caída pequeñas. Esta circunstancia, agregada a su alejamiento de los centros de consumo principales, hace que su aprovechamiento se considere remoto.

El cuadro 34 es una recopilación realizada por la Junta Nacional de Planeamiento de todos los proyectos y posibles emplazamientos hidroeléctricos de que se tiene noticia. La suma de las capacidades estimadas representa tan sólo un 20 por ciento del potencial económico apreciado.

Aunque se reconozca que los recursos hidroeléctricos con que cuenta Bolivia superarán por mucho tiempo sus necesidades, y no sea indispensable de momento realizar un estudio minucioso de todos los sitios potenciales existentes, se debe insistir en la necesidad de que se destinen los medios indispensables para la confección de un inventario de carácter general siguiendo un orden de prioridades (sin investigaciones de detalle de cada emplazamiento), pero lo más completo posible de los recursos hidráulicos del país y, sobre todo, el mejoramiento de sus mediciones de caudal.

Son indiscutibles las ventajas técnicas y económicas que se obtendrán de un conocimiento cabal de las características hidrológicas de las principales caídas de agua, con series

⁷ En promedio del orden de 6 por mil.

Cuadro 34

BOLIVIA: PROYECTOS Y POSIBLES EMPLAZAMIENTOS HIDROELECTRICOS CONOCIDOS, 1960

Zona y departamento	Nombre del proyecto o emplazamiento	Río	Capacidad estimada (kW)	Zonas de posible influencia
I Zona:				
La Paz	1 Chururaqui B.P.C°.	Zongo	16 800	Ciudad de La Paz
	2 Harca B.P.C°.	Zongo	14 500	Ciudad de La Paz
	3 Carabuco B.P.C°.	Miguilla	6 200	Ciudad de Oruro y Minas COMIBOL
	4 Laramcota COMIBOL	Sayaquira	2 500	Area Central COMIBOL
	5 Quime COMIBOL	Quime	2 200	Area Central COMIBOL
	6 Ampliación Central Rea-Rea	Sayaquira	6 000	Area Central COMIBOL
	8 s/nombre	Lago Titicaca	750 000	Mina Matilde COMIBOL y adyacentes
Oruro	9 Desaguadero	Desaguadero	(28 000)	Oruro
La Paz	10 Bala	Beni	550 000	Mina Matilde, La Paz, combinada con riego y navegación
	11 s/nombre	Yura	5 000	Coroico y adyacentes
	12 Puete Villa	Tamampaya	5 000	Coroico, Irupana, FF.CC. Beni
	13 San Cristóbal	San Cristóbal	4 500	Mina Matilde y adyacentes
	14 Hichucota	Hichucota	250	Huarina, Peñas, Pucarani
		<i>Subtotal</i>	<i>1 425 450</i>	
II Zona:				
Cochabamba	15 Corani I	Corani	16 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	16 Corani II	Corani	16 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	17 Santa Isabel	Corani	90 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	18 Locotal	Corani	40 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	19 Montepuncu	Ibirisu	60 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	20 Miscicuni	Miscicuni	50 000	Ciudad combinada con agua potable y riego
	21 Chapisirca	Chapisirca	3 000	Ciudad combinada con agua potable y riego
	23 Morochata	Altamachi	*	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	24 San Mateo	San Mateo	20 000	Ciudad de Cochabamba-Oruro
	25 Angosto del Ichilo	Ichilo	*	Ciudad de Cochabamba-Oruro
		<i>Subtotal</i>	<i>295 000</i>	
III Zona:				
Potosí	26 León Saltana COMIBOL	Yura	8 000	Area Sur COMIBOL
	27 El Saire y Talula	Alto Pilcomayo	18 000	Ciudades Sucre y Potosí
	28 Landara II	Visicsa	6 000	Area Sur COMIBOL
	29 Tarapaya	Laguna Tarapaya	1 000	Ciudad de Potosí
	30 Chiuta	Blanco y Colorado	50 000	Area Central COMIBOL
	31 Ampliación de las centrales del Tranque	El Tranque	4 000	Area Central COMIBOL
	32 Cayara (ampliac.)	Mutayo	1 600	
		<i>Subtotal</i>	<i>61 600</i>	
IV Zona:				
Tarija	33 San Jacinto I	San Jacinto	600	Ciudad de Tarija combinado
	34 San Jacinto II	San Jacinto	2 100	Ciudad con riego combinado
	35 Pto. Margarita	Pilcomayo	100 000	Ciudad de Tarija-Villamontes con riego
	36 s/nombre	Camblaya	2 000	Ciudad de Tarija
	37 San Luis	Tarija	4 400	Ciudad de Tarija
	38 Tomatas	Guadalquiviz	1 600	Ciudad de Tarija
	39 Angostura	Tarija	3 000	Ciudad de Tarija
	<i>Subtotal</i>	<i>113 700</i>		
V Zona:				
Santa Cruz	40 Yapacaní I	Alto Yapacaní	5 000	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	41 Yapacaní II	Alto Yapacaní	25 000	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	42 Terebinto	Alto Yapacaní	1 000	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	43 s/nombre	Ichilo	*	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	44 s/nombre*	Grande*	90 000	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	45 s/nombre	Parapeti	*	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	46 s/nombre	Pirai	*	Ciudad de Santa Cruz-adyacentes
	<i>Subtotal</i>	<i>121 000</i>		
VI Zona:				
Beni	47 s/nombre	Beni	*	Parte Oriental de Bolivia
	48 s/nombre	Mamoré	*	Grandes posibilidades de explotación energética
	49 s/nombre	San Miguel	*	
	50 s/nombre	Baures	*	
Pando	51 s/nombre	Madre de Dios	*	
	52	Orthon	*	
	<i>Total</i>	<i>2 039 750</i>		

* Combinado con riego, control de inundaciones, energía eléctrica y colonización.

**BOLIVIA: ANTECEDENTES HIDROLOGICOS DISPONIBLES ACTUALMENTE PARA
LOS EMPLAZAMIENTOS POTENCIALES CONSIDERADOS DE
APROVECHAMIENTO PROBABLE HASTA 1980^a**

1. *Proyecto Alto-Pilcomayo.* Existen solamente reconocimientos de dos angostos: El Saire, Acalea y Talula. Se estimó muy aproximadamente el escurrimiento.
Estadística fluviométrica: no existe para las zonas del embalse.
Estadística pluviométrica en:
Yocalla: Desde 1945 a 1959 con algunas interrupciones.
Podría obtenerse alguna información fluviométrica de la Central Hidroeléctrica Yocalla perteneciente a la Empresa Bolivia - Tin Corporation.
Condo: Desde 1946 a 1952. Con interrupciones.
Potosí: Ferrocarriles desde 1945 a la fecha. Servicio Meteorológico Boliviano 1946 a 1958.
Yotala: Desde 1946 a 1959.
Sucre: Servicio Meteorológico Boliviano. Desde 1945 a 1957. LAB 1957 a la fecha.
Ferrocarril Potosí-Sucre: Puente sobre río Pilcomayo. No se conoce el período de observaciones.
2. *Proyecto Santa Isabel.* Proyecto ubicado sobre el río Santa Isabel, afluente del río Paracti. Trabajaría en serie hidráulica con la Central Corani.
Estadística fluviométrica en: No existen en la zona de la Central. Se tienen tan sólo los aforos del río Corani (de 1953 a la fecha), que con la Central del mismo nombre en proyecto, descargará a la cuenca de los ríos Vinto-Santa Isabel.
Estadística pluviométrica en:
Pampa Tambo: Desde 1932 a la fecha, con algunas interrupciones.
Incachaca: Desde 1933 a 1953.
Locotal: Se efectúan lecturas desde marzo 1961 a la fecha.
Corani: Desde 1953 a la fecha.
3. *Proyecto Locotal.* Ubicado sobre el río Paracti. Utilizaría las aguas de los ríos Roncon y Paracti. El último formado a su vez por el Santa Isabel y el Málaga empleados previamente en la Central Santa Isabel el primero, y parcialmente en la Central-Incachaca el segundo.
Estadística fluviométrica: Se efectúan aforos de los ríos Paracti y Ronco solamente en la época de estiaje desde el año 1959.
Estadística pluviométrica: Se podrían utilizar las estadísticas de Incachaca y Corani.
4. *Proyecto San Mateo.* Ubicado en el Río de San Mateo. Existen sólo reconocimientos.
Estadística fluviométrica: No existe.
Estadística pluviométrica: Existen 2 años de estadísticas pluviométricas del lugar en los años 1951 y 1952.
5. *Proyectos Montepunco.* Ubicado sobre el río Ivirizu, con captación de los afluentes Paccha y Palca.
Estadística fluviométrica:
a) Río Ivirizu: enero de 1954 a octubre de 1956.
b) Río Paccha: mayo a octubre de 1956.
c) Río Palca: mayo a octubre de 1956.
Estadística pluviométrica:
Sehuencas: Mitad del año 1954 y todo el año 1955 y desde 1960 a la fecha.
Todosantos: Desde 1946 a la fecha con algunas interrupciones.
6. *Proyecto hidroeléctrico y de riego en río Grande.* Ubicado sobre el río Grande, aprovechamiento múltiple para riego, generación eléctrica, y control de inundaciones.
Estadística fluviométrica: Se dispone de aforos sobre río Grande en el puente del ferrocarril Yacuiba-Santa Cruz durante los años 1945 a 1954.
Hay una extensión de esa estadística (2 años más) por correlación con caudales en el río Pilcomayo.
Estadísticas pluviométricas en:
Vallegrande: Desde 1945 a 1958
Reducción: Desde 1945 a 1954. Con interrupciones
Río Grande F. C.: Desde 1945 a 1959
Abapó: Desde 1948 a 1949 y 1951
Comarapa: Desde 1952 a 1953
Aiquile: Desde 1945 a 1956
Mizque: Desde 1955 a 1959
Arani: Desde 1957 a 1959
Cliza: Desde 1945 a 1952 y 1958 a la fecha
Tarata: Desde 1958 a 1959
Capinota: Desde 1945 a la fecha. Con interrupciones
Cochabamba: Desde 1945 a la fecha
Sacaba: Desde 1945 a 1959. Con interrupciones
Anzaldo: Desde 1945 a 1952
7. *Proyecto Yapacaní.* Ubicado sobre el río Yapacaní cerca de Santa Cruz.
Estadística fluviométrica: No se dispone de ninguna.
Estadística pluviométrica: Se dispone de estadística en las siguientes estaciones:
Mairana: Desde 1948 a 1952
Comarapa: Desde 1952 a 1953
Pampa Grande: Desde 1953 a 1959

^a Se exceptúan Carabuco II, Corani Chapisirca que tiene mejores informaciones.

estadísticas extensas, cuando llegue el momento de aprovecharlas. Además, ello servirá también para eliminar algunas controversias existentes sobre la utilización más conveniente de ciertos proyectos alternativos.

Fuera de los proyectos hidroeléctricos de Coraní, Carabuco II y Chururaqui, que tienen estudios bastante completos, los otros emplazamientos potenciales que se citan en Bolivia como aprovechamientos posibles a corto y mediano plazo

B. GENERACION Y DEMANDA DE ELECTRICIDAD

Sólo ha sido posible reunir las estadísticas pertinentes para unos cuantos años, incluyendo uno anterior a la segunda guerra mundial, con el fin de analizar los rasgos más generales de la evolución del sector. (Véanse los cuadros 36 y 43.)

1. Generación de energía eléctrica

La producción total de electricidad en 1959 fue de 455 millones de kWh,⁸ que representó por habitante como la mitad del consumo promedio en América Latina. El cuadro 37, que en la última columna relaciona el consumo de electricidad con el producto bruto por habitante (1955-58), muestra sin embargo que Bolivia supera el consumo que le correspondería de acuerdo con el nivel de su producción nacional como consecuencia del elevado insumo de la actividad minera de exportación.

El lento desarrollo de la electricidad que se observó en los años cuarenta se ha agravado aún más en los últimos diez años. En efecto, mientras en el período 1938-49, la tasa de crecimiento acumulativa anual de la generación total fue de 5 por ciento, entre los años 1949-59 llegó sólo a 3.6 por ciento. Compárense estas cifras con las correspondientes al conjunto de los países de América Latina de 6.7 y 9.1 por ciento, respectivamente, considerando además que a los de menor desarrollo eléctrico les corresponden las tasas más altas.⁹

La tendencia declinante, que en los últimos años presenta síntomas de detenerse,¹⁰ refleja la evolución desfavorable de la economía del país sobre todo en la última década, y muy especialmente en los sectores de la minería y de las industrias manufactureras. (Véase el cuadro 38.)

Las relaciones de carácter general que en él se presentan entre el consumo de electricidad y el producto bruto merecen algunas observaciones, aparte de reconocer que el au-

⁸ Aunque se dispone de alguna información correspondiente a 1960 y 1961, se recurre frecuentemente al año 1959, por tenerse para ese año otras informaciones de la economía general del país que no se cuentan aún para años posteriores.

⁹ Por ejemplo, Nicaragua, 16.4 por ciento; El Salvador, 14.8 por ciento; Honduras, 13.9 por ciento, etc.

¹⁰ En el período 1955-60 la tasa anual fue de 4.3 por ciento.

Cuadro 36

BOLIVIA: GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA (Millones de kWh)

Año	Servicio público	Auto-generación	Total
1938	64	125	189
1949	165	156	321
1955	216	171	387
1959	286	169	455
1960	(339)	(140)	479

FUENTE: Junta Nacional de Planeamiento e informaciones varias elaboradas por la CEPAL.

—Alto Pilcomayo, Santa Isabel, Locotal, San Mateo, Montepunco, Río Grande y Yapacani— cuentan en general con escasísima información, principalmente en materia de hidrología. En el cuadro 35 se presenta un resumen de los antecedentes fluviométricos y pluviométricos disponibles para cada uno de ellos, que confirman la necesidad inmediata de iniciar mediciones hidroeléctricas sistemáticas, al menos en esos lugares.

Cuadro 37

AMERICA LATINA: RELACION ENTRE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD Y EL PRODUCTO BRUTO POR HABITANTE, PROMEDIO 1955-58

País	Producto bruto por habitante (dólares de 1950)	Generación de electricidad por habitante (kWh)	Relación generación producto (kWh/dólar)
Argentina	569	343	0.60
Bolivia	98	112	1.14
Brasil	232	226	0.97
Colombia	250	166	0.66
Chile	321	346	1.70
Ecuador	141	60	0.43
Paraguay	113	36	0.32
Perú	162	165	1.02
Uruguay	379	333	0.88
Venezuela	926	442	0.48
Costa Rica	250	276	1.10
Cuba	381	293	0.77
El Salvador	169	63	0.37
Guatemala	160	47	0.29
Haití	85	21	0.25
Honduras	157	36	0.23
República Dominicana	212	65	0.31
México	254	229	0.90
Nicaragua	183	97	0.53
Panamá	285	136	0.48
América Latina	285	245	0.86

FUENTE: Informaciones directas y publicaciones varias, elaboradas por la CEPAL.

mento más rápido del consumo de electricidad con relación a la producción es un fenómeno universal, determinado por la tendencia creciente al incremento de la electrificación de las economías.¹¹

El ligero aumento del consumo anual de electricidad en los procesos de extracción y concentración del estaño no obstante haber disminuido la producción neta total de éste, obedece a la reducción paulatina de las leyes de los minerales explotados en las principales minas. Tal reducción ha significado un aumento permanente de la energía requerida por tonelada de estaño fino producido, sin que se introdujeran modificaciones tecnológicas sustanciales en el tratamiento de los minerales. Así, mientras en 1956 se consumieron como promedio en las minas de COMIBOL 3 627 kWh/ton de estaño fino, en 1959 se elevaron a 5 157 kWh/tonelada.

En Bolivia, en relación con su población, los servicios eléctricos de carácter público figuran entre los menos desarrollados del continente. Su producción (1959), descontando el suministro de la Bolivian Power Company a las minas, fue sólo de 55 kWh/hab contra un promedio regio-

¹¹ El consumo eléctrico en el conjunto de los países de América Latina creció proporcionalmente al cubo de la producción y en Europa al cuadrado de ella durante la década de 1950.

Cuadro 38

BOLIVIA: EVOLUCION DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO
Y DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD
(1950 = 100)

	1950	1955	1957	1959
<i>Producto bruto interno</i> (a precios fijos):				
Total	100	104	96	104
Minería	100	98	91	71
Industrias manufactureras	100	115	75	87
<i>Consumo de electricidad</i> (kWh):				
Total	100	120	109	141
Minería ^a	100	107	100	107
Industrias manufactureras	100	113	90	97

FUENTE: CEPAL a base de informaciones básicas de la Junta Nacional de Planeamiento.

^a Se estimó y descontó el consumo de electricidad en los campamentos.

nal de 260 kWh/hab. Tan baja producción se debe en apreciable medida a la insuficiencia de las instalaciones generadoras y distribuidoras de energía, circunstancia que con frecuencia obliga a imponer drásticos racionamientos, especialmente en épocas de estiaje, además de rechazar solicitudes de nuevos abonados. Se estima que el déficit de energía sólo en los principales sistemas públicos de Cochabamba, Potosí, Sucre y Santa Cruz fue en 1959 de 25 millones de kWh, es decir, como un 27 por ciento de su producción real. Posteriormente, en 1960 y 1961, este déficit ha continuado aumentando. Esta situación común a casi todos los servicios públicos constituye un gravísimo obstáculo para el desarrollo económico del país.

2. Capacidad instalada y participación del recurso hidráulico

La capacidad instalada efectiva se estimó en 125.2 MW para toda Bolivia en 1959,¹² arrojando un promedio de más

¹² La suma de las capacidades de placa arrojó aproximadamente 130 MW de los cuales casi 5 MW son sólo nominales por haber

o menos 34 vatios por habitante, cifra muy baja si se tiene en cuenta que el promedio respectivo para toda América Latina fue de 84 vatios. Si sólo se consideran los servicios públicos, la capacidad por habitante se reduce a 22 vatios, contra 63 como promedio regional. Las cifras disponibles sobre 1960 arrojan en total 127 MW instalados, es decir, la situación es prácticamente la misma que imperaba en 1959.

Tomando en cuenta los racionamientos impuestos principalmente a las horas de máxima demanda, y las solicitudes de nuevos abonados que se mantenían pendientes, se calcula que el déficit de la capacidad instalada—incluyendo una prudente capacidad de reserva— se elevó en 1960 a 11 MW para el total de los sistemas públicos del país, exceptuando los atendidos por la Bolivian Power Company. En éstos, si bien la situación no era tan crítica, también se consideraba alarmante por la reducida capacidad de reserva con que contaban. El exceso de la capacidad disponible en el sistema de La Paz sobre la demanda máxima de ese año fue sólo de 4.7 MW, es decir, aproximadamente la mitad de la unidad más grande en operación, que es de 9.9 MW (central Sainani). En el de Oruro ese exceso fue de 3.3 MW, o sea también como la mitad de la unidad mayor, que es de 6.3 MW (central Carabuco). Es decir, que ya entonces esas máquinas no podían ser sacadas de servicio para someterlas a revisión o reparación, sin imponer restricciones en las horas de demanda máxima, y se preveía que aún con ellas en operación, ambos sistemas serían objeto de racionamientos cada vez más severos a partir del invierno de 1961. Más adelante se examinarán las causas mediatas que han llevado a la industria eléctrica del país a tan difícil situación.

En el desarrollo de la producción de electricidad en Bolivia han desempeñado siempre un papel muy importante los recursos hidráulicos, que con ligeras fluctuaciones temporales han cubierto entre el 80 y el 86 por ciento de la producción total del país. De los países de América Latina sólo en El Salvador, Costa Rica y Brasil la hidroelectricidad

cumplido en exceso su vida útil o porque la capacidad máxima de las obras hidráulicas correspondientes es inferior a la capacidad de placa. Estas cifras, según la Junta Nacional de Planeamiento, excluyen la capacidad instalada de la minería pequeña, así como la de algunas industrias autogeneradoras y servicios públicos menores.

Cuadro 39

BOLIVIA: CAPACIDAD ELECTRICA INSTALADA, 1959
(MW)

Des- tino	Zona	I	II	III	IV	V	VI	País
<i>Autoproducciones</i>								
Hidroeléctrica		8.7	0.4	12.4	—	—		21.5
Termoeléctrica		8.3	2.1	14.1	0.6	3.2	0.3	28.6
Total		17.0	2.5	26.5	0.6	3.2	0.3	50.1
<i>Servicios públicos</i>								
Hidroeléctrica		60.1	4.6	2.1	0.1	—	—	66.9
Termoeléctrica		0.6	4.1	1.6	0.6	1.0	0.3	8.2
Total		60.7	8.7	3.7	0.7	1.0	0.3	75.1
<i>Totales</i>								
Hidroeléctrica		68.8	5.0	14.5	0.1	—	—	88.4
Termoeléctrica		8.9	6.2	15.7	1.2	4.2	0.6	36.8
Total		77.7	11.2	30.2	1.3	4.2	0.6	125.2

Cuadro 40

BOLIVIA: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA, 1959

(Millones de kWh)

Destino	Zona	Zona						País
		I	II	III	IV	V	VI	
<i>Autoprodutores</i>								
	Hidroeléctrica	54	3	41				98
	Termoeléctrica	17	4	38	1.5	8.5	2	71
	Total	71	7	79	1.5	8.5	2	169
<i>Servicio público</i>								
	Hidroeléctrica	244.5	17	5	0.5			267
	Termoeléctrica	1.5	6.5	1.5	4	3.5	2	19
	Total	246	23.5	6.5	4.5	3.5	2	286
<i>Totales</i>								
	Hidroeléctrica	298.5	20	46	0.5			365
	Termoeléctrica	18.5	10.5	39.5	5.5	12	4	90
	Total	317	30.5	85.5	6	12	4	455

participa con una proporción tan alta para satisfacer el total de las necesidades eléctricas nacionales, pues en los últimos años descendió apreciablemente en el Perú y el Uruguay.

La importancia de los recursos hidráulicos es aún mayor en lo que respecta a los servicios de utilidad pública, ya que en los 20 años últimos han cubierto entre el 94 y el 98 por ciento de su producción. Sin embargo, en los últimos 5 años se observa una ligera declinación de la participación hidroeléctrica, como consecuencia principalmente de una falta de planificación de las instalaciones para cubrir las necesidades futuras. Por ejemplo, en ciudades como Cochabamba y Sucre se ha recurrido en repetidas ocasiones a la instalación de grupos diesel eléctricos con la sola justificación de un plazo mínimo para solucionar perentoriamente graves crisis eléctricas —como las que atraviesan actualmente casi todos los sistemas del país— en circunstancias en que se conocía ya la existencia de ventajosos recursos hidroeléctricos cercanos a ambos centros de consumo.

Naturalmente, la capacidad hidráulica instalada total de Bolivia ha crecido simultáneamente con ese tipo de producción, llegando en 1959 a 88MW, valor que se ha mantenido en 1960. En los sistemas de servicio público se elevó la capacidad hidroeléctrica de 17 MW en 1938 a 38 MW en 1949, a 52 MW en 1955 y a 67 MW en 1959, año en

que representaba 89 por ciento de la capacidad total de esos servicios. En 1960 se mantuvieron en ellos los 67 MW hidroeléctricos del año anterior.

Los cuadros 39, 40, 41 y 42 recogen las estadísticas de 1959 sobre la capacidad instalada, la producción de electricidad, la composición por productor y la respectiva participación hidráulica de cada una de las 6 zonas en que ha sido dividido el país para estos estudios.

La zona I, que comprende casi íntegramente los departamentos de La Paz y Oruro, abarcando la cuenca del río Beni y una parte apreciable de la cuenca formada por los lagos Titicaca, Poopó y Coipasa, es la más electrificada del país. Dispone del 62 por ciento de la capacidad instalada total y produjo casi el 70 por ciento de la electricidad de Bolivia en 1959. El 46 por ciento de esa producción fue consumida por la minería, que es a su vez propietaria de la mayor parte de la capacidad clasificada como autoprodutora. La hidroelectricidad representa el 88.5 por ciento de la capacidad y el 94 por ciento del total generado, porcentajes ambos que pasan del 99 por ciento en los servicios públicos. En esta zona hay 69 MW hidroeléctricos instalados que representan el 78 por ciento de la capacidad hidráulica del país. De ellos 60.8 MW pertenecen a la Bolivian Power Company, propietaria de los dos sistemas

Cuadro 41

BOLIVIA: COMPOSICION POR ZONAS DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD, 1959

(Porcientos)

Zona	Autoprodutores		Servicio público	
	Capacidad	Generación	Capacidad	Generación
I	21.9	22.4	78.1	77.6
II	22.3	22.9	77.7	77.1
III	87.7	92.4	12.3	7.6
IV	46.2	25.0	53.8	75.0
V	76.2	70.8	23.8	29.2
VI	50.0	50.0	50.0	50.0
Total	40.0	37.2	60.0	62.8

Cuadro 42

BOLIVIA: PARTICIPACION HIDRAULICA EN LA CAPACIDAD INSTALADA Y LA GENERACION POR TIPO DE SERVICIO, 1959

(Porcientos)

Zona	Autoprodutores		Servicio público		Total	
	Capacidad	Generación	Capacidad	Generación	Capacidad	Generación
I	50.8	76.1	99.1	99.4	88.5	94.1
II	19.1	42.8	52.8	72.4	44.6	65.6
III	46.8	51.9	56.8	76.9	47.7	53.8
IV	—	—	14.3	11.1	7.7	8.3
V	—	—	—	—	—	—
VI	—	—	—	—	—	—
Total	43.1	58.0	89.2	93.4	70.9	80.2

que alimentar a las ciudades de La Paz, Oruro, así como a parte de las minas de COMIBOL, también situadas en esta zona.

La zona II comprende la mayor parte del departamento de Cochabamba. Forma parte de la cuenca del río Mamoré a través de importantes afluentes como el Isiboro. El Chapare y el Ichilo, de la cuenca del río Grande, a través de sus afluentes Caine y Mizque, y de la cuenca del Alto Beni, a través de sus afluentes Cotacajes, Santa Elena y Altamachi. Tiene en total 11 MW instalados, siendo el 45 por ciento de ellos hidráulicos. Aunque limita con las zonas I y III —donde las minas son importantes productoras y consumidoras de electricidad— menos del 1 por ciento se destina a tal fin en esta zona. Fuera de la industria del petróleo, la autoproducción eléctrica está ligada principalmente a industrias de base agropecuaria: granos, frutas, carnes y cueros. De los 30.5 millones de kWh producidos en 1959 el 77 por ciento correspondieron a los servicios públicos, y el 66 por ciento fueron de generación hidroeléctrica. Se apreció que los sistemas de servicio público principales en la zona habrían requerido en 1960 unos 3.5 MW adicionales de capacidad para servir la demanda con un grado de seguridad adecuado.

La zona III abarca el departamento de Potosí y una fracción importante del de Chuquisaca. Forma parte de las cuencas de los ríos Grande y Pilcomayo y de la zona árida que drena al lago Poopó y al Salar de Uyuni. Se caracteriza porque la autoproducción eléctrica supera grandemente a la capacidad de los servicios públicos. En efecto, de 30 MW instalados sólo poco más del 12 por ciento corresponde a empresas de servicio público, perteneciendo el saldo principalmente a las empresas mineras, aunque en la subzona de Chuquisaca existen pequeñas plantas generadoras propias de otras industrias, cemento, petróleo, etc. Es la de mayor producción eléctrica después de la zona I. Con 85 millones de kWh generados en 1959, su participación sobre el total nacional se eleva a 19 por ciento. En esa producción la energía hidroeléctrica fue de casi 54 por ciento. Se estimó que en los sistemas de servicio público se habrían requerido unos 4.5 MW adicionales para servir convenientemente la demanda de la zona en 1960.

La zona IV comprende al departamento de Tarija y tributa a los ríos Pilcomayo y Bermejo. Su escaso desarrollo eléctrico registró sólo 6 millones de kWh en 1959, o sea poco más del 1 por ciento de la producción total del país. La hidroelectricidad participó apenas en un 8 por ciento. La autoproducción —térmica en su totalidad— está representada por la industria del petróleo. Se apreció que en el sistema público de la ciudad de Tarija se habrían requerido 800 kW adicionales sobre los 500 kW disponibles para servir adecuadamente la demanda en 1960.

La zona V comprende la mayor parte del departamento de Santa Cruz y una fracción del de Chuquisaca. Hidrológicamente tributa a las cuencas de tres ríos: Grande-Mamoré, Itenez y Paraguay. Su desarrollo eléctrico es reducido —en 1959 no llegó al 3 por ciento de la producción total— por su bajo desarrollo económico. Sin embargo, éste se ha incrementado apreciablemente en los últimos años con el establecimiento de tres importantes vías de comunicación para esta amplia zona agropecuaria: la carretera Cochabamba-Santa Cruz y los ferrocarriles internacionales al Brasil (Corumba-Santa Cruz) y a la Argentina (Yacuiba-Santa Cruz). Los ingenios azucareros y la industria petrolera son los principales consumidores y productores de electricidad. Representan más de las 3 cuartas partes de la capacidad productora, con equipos de reciente instalación, en tanto

que los servicios públicos, sin dinamismo, han quedado rezagados por insuficientes y obsoletos. No existe central hidroeléctrica alguna. Para esta región se estimó que los servicios públicos necesitaban como 1.5 MW de capacidad adicional para atender convenientemente la demanda en 1960.

Finalmente la zona VI, la más extensa de todas, es la de menor densidad de población y desarrollo. La atraviesan los ríos más caudalosos de Bolivia formando parte de sus respectivas cuencas el Mamoré (con su afluente el Itenez o Guaporé) y el Beni (con sus afluentes el Tahuamanu y el Madre de Dios) que forman el Madera, que a su vez recibe como afluente al Abuná. No tiene central hidroeléctrica alguna y las térmicas que existen son pequeñas, distribuidas en unas cuantas poblaciones y establecimientos industriales de base agropecuaria. Se apreció en unos 500 kW la capacidad adicional necesaria para atender convenientemente los pequeños servicios públicos de la zona.

El cuadro 43 resume las principales características de las centrales hidroeléctricas más importantes que se encontraban en operación en 1960. Puede advertirse que en promedio las alturas de caída son relativamente altas y con caudales pequeños. Esta circunstancia, agregada al hecho de que en las cabeceras de los ríos es factible la instalación de centrales en serie hidráulica, por no haber en general otros usos alternativos del agua, hace que sean muy pequeños los volúmenes anuales realmente comprometidos en la producción eléctrica. (Véase también el mapa 5.)

Por ejemplo, en el río Zongo, cada metro cúbico de agua embalsada en la presa del mismo nombre pasa por las centrales Zongo, Botijlaca, Cuticucho, Santa Rosa I y Sainani (con una caída total de 1 885 metros) y representa aproximadamente 4.2 kWh. Es así como para una producción media anual de 130 millones de kWh en el sistema de la Bolivian Power Company en La Paz, no se comprometen más de 50 millones de metros cúbicos de agua, vale decir que la altura promedio de caída aprovechada para generación eléctrica en ese sistema es actualmente de 1 170 metros más o menos. La central en proyecto de Chururaqui agregará su altura al empleo escalonado del río y hay aún otras muchas posibilidades de aprovechamientos sucesivos, pues la central de Sainani se encuentra aproximadamente a los 2 100 metros de altura sobre el nivel del mar.

Asimismo en el sistema de Oruro cada metro cúbico embalsado en la presa de Miguilla es aprovechado actualmente en forma sucesiva en la central del mismo nombre y luego en Choquetanga y Carabuco con una altura de caída combinada de 1 329 metros. Para una producción media anual en el sistema —que incluye además la central de Angostura— de 90 millones de kWh, se comprometen solamente unos 57 millones de metros cúbicos de agua, lo que significa que la altura promedio de caída aprovechada para generación eléctrica es —por metro cúbico— de 710 metros, actualmente. Aguas abajo, el río es susceptible de otros aprovechamientos ya que la última central construida (Carabuco) está a 2 873 metros sobre el nivel del mar.

Algo similar, pero con centrales mucho mayores, acontecerá en la cuenca alta del río Chapare con los proyectos de Corani, Santa Isabel y Locotal. En toda Bolivia puede estimarse que el volumen de agua anual comprometido en producción hidroeléctrica (1960) es superior a 300 millones de metros cúbicos.¹⁹

Si se compara por ejemplo con Chile —país dotado de buenos recursos hidroeléctricos y que realiza un acertado

¹⁹ Equivale aproximadamente a un caudal medio de 10 m³/seg.

Cuadro 43

BOLIVIA: CENTRALES HIDROELECTRICAS MAS IMPORTANTES, 1960

Central	Año instalación	Río	Tipo	Capacidad instalada (kW)	Producción 1959 (millones kWh)	Altura caída (metros)	Caudal medio (m ³ /seg)
<i>A. En explotación</i>							
<i>Zona I:</i>							
Achachicala	1909-53	Milluni	Embalse	4 600	12.94	449	0.50
Zongo	1929-48	Zongo	Embalse	4 800	6.79	384	0.13
Botijlaca	1938-41	Zongo	Pasada	3 600	17.17	382	0.37
Cuticucho	1942-55	Zongo	Pasada	8 700	36.35	662	0.32
Santa Rosa I	1952	Zongo	Pasada	2 800	46.81	183	0.83
Santa Rosa II	1955	Coscapa	Pasada	6 800		835	0.32
Sainani	1956	Zongo	Pasada	9 900	26.06	274	1.00
Miguilla	1931	Miguilla	Embalse	2 600	6.96	489	0.28
Angostura	1936	Miguilla	Embalse	3 900	17.45	533	0.68
Choquetanga	1939-44	Choquetanga	Pasada	6 700	37.25	488	1.55
Carabuco I	1958-	Carabuco	Pasada	6 400	39.07	352	1.79
Colpani	...	Colpani	Pasada	510		309	...
Tanapaca	...	Viloco	Pasada	510	4.80 ^a	438	...
Pongo	...	Caracoles	Pasada				
Calatranca	...	Caracoles	Pasada	1 000	5.90	...	...
Rea-Rea	...	Colquiri	Pasada	2 300	19.50 ^b	460	...
Lupi Lupi	...	El Tranque	Embalse	3 400	8.00 ^b	128	...
Chaquiri	...	Catavi	Embalse	970	3.30 ^b	39	...
Bolsa Negra	...		Pasada	600	1.10	411	0.07
<i>Zona II:</i>							
Incachaca	1914-49	Malaga	Pasada	2 160	8.70	188	0.80
Chocaya	1910	Chocaya	Pasada	120	0.38	88	0.07
Angostura	1954	Sulti	Embalse	2 120	0.44	58	1.20
Supayhuasi	...	Kami	Pasada	350	...	...	...
<i>Zona III:</i>							
Tullma	1922	Cachimayo	Pasada	380	...	22	1.50
Duraznillo	1915	Cachimayo	Pasada	100	...	8	0.60
Cayara	...		Embalse	1 600	2.99	110	0.29
Quilpani	...	Yura	Embalse	6 000	"	260	...
Punutuma	...	Yura	Pasada	2 500	"	102	...
Landara	...	Yura	Pasada	2 000	"	104	...
Yocalla	...	Pilcoyo		1 100	2.9 ^b	48	...
<i>Zona IV:</i>							
Angosto		Guadalquivir	Pasada	100			0.20
<i>B. En proyecto</i>							
<i>Zona I:</i>							
Chururaqui		Zongo	Embalse	20 000 ^d			
Carabuco II		Miguilla	Embalse	6 200			
<i>Zona II:</i>							
Corani		Corani	Embalse	32 000		620	2.40
Chapisirca		Titiri	Embalse	18 000		1 340	0.45

^a Promedio anual.^b 1958.^c La central estaba en reparación total en 1959.^d Según otras informaciones tiene sólo 16 800 kW.

aprovechamiento de ellos— se ve que en 1957 produjo 7 veces más electricidad de origen hidráulico que Bolivia, pero comprometiendo en ello 30 veces más cantidad de agua.

Solamente las centrales de Achachicala (La Paz) y la de Angostura (Cochabamba) representan casos en que el agua se utiliza de inmediato con otro fin adicional: la descarga de la primera alimenta al servicio de agua potable de la ciudad y la segunda trabaja supeditada a las necesidades de riego del sistema de Angostura, abastecido por

la presa del mismo nombre. En el proyecto de Chapisirca se prevé el suministro de agua potable y la producción de energía eléctrica para la ciudad de Cochabamba.

Por la escasez de antecedentes disponibles en materia de suelos y agua, y dada la utilización en reducida escala que se hace hoy de esos recursos, parece prematuro referirse a las interferencias o conflictos que plantearán en el futuro los aprovechamientos hidroeléctricos con relación al óptimo empleo del agua para la vida económica del país. Sin embargo, en términos generales puede señalarse que más

que interferencias se prevén, por el contrario, favorables condiciones de complementación.

Los pequeños embalses en la cordillera construidos para las necesidades de las centrales hidroeléctricas, y cuyo financiamiento es posible a través de la energía, disminuyen el efecto nocivo de las creces de los ríos y de la erosión de los suelos merced a su efecto regularizador en el escurrimiento del agua. Por otra parte favorecen notablemente la piscicultura, además de ser de utilidad para la recreación y la caza.

Si se considera que en la región alta del país (altiplano y valles) *a)* hay abundancia de recursos hidroeléctricos, y que esa energía es de aprovechamiento relativamente económico; *b)* que son escasas las tierras aptas para la agricultura, y a ello se agrega un régimen pluvial reducido y mal distribuido; y *c)* que vive cerca del 85 por ciento de la población del país y que el suministro municipal de agua,

cubriendo inclusive las necesidades de la industria, tiene gran importancia para la vida nacional, se desprende lógicamente que, en los casos en que la producción hidroeléctrica entre en conflicto con esos otros usos del agua, con- vendrá dar prioridad a los abastecimientos municipales y al riego.

Con relación a las necesidades en los llanos de los ríos Beni y Mamoré, obsérvese que no hay prácticamente necesidades de riego, dado el régimen pluvial imperante. Por el contrario, los problemas se tornan al control de inundaciones y al avenamiento, además del mejoramiento de las condiciones de navegabilidad de los principales afluentes. Las centrales eléctricas que se construyen en las cabeceras de ambas cuencas —que como se viera antes parecen muy ricas en recursos energéticos— favorecerán las condiciones del escurrimiento hidráulico a través de los correspondientes embalses regularizadores.

C. CARACTERISTICAS DEL CONSUMO Y SUS DISTORSIONES

La información más detallada de que se dispone en relación con la estructura del consumo de electricidad corresponde a La Paz, Cochabamba, Oruro, Sucre y Tarija, que representan en conjunto cerca del 95 por ciento del consumo urbano en todo el país.

El consumo doméstico en los centros indicados representó en conjunto aproximadamente el 57 por ciento del urbano (1960). La participación de los otros tipos de consumo fue: industrias, 20 por ciento; comercio, 17 por ciento, y alumbrado público —más algunos consumos de tipo oficial—, 6 por ciento. El cuadro 44 ofrece en forma aproximada la evolución del consumo de electricidad en los últimos años por tipo de consumidor.

Antes de examinar las proyecciones de la demanda y las necesidades de inversión, es necesario analizar algunos factores de distorsión que han contribuido en medida apreciable a desequilibrar la industria eléctrica, aparte de la falta de programación anticipada que se mencionó anteriormente. De su persistencia o de su remoción dependerá grandemente que la industria se recupere en el futuro y contribuya en una forma racional al desarrollo económico del país.

Los factores aludidos tienen el mismo origen: una inadecuada política energética que se refleja principalmente en la tarificación eléctrica. En efecto, al carecer el país de una legislación conveniente que establezca procedimientos y normas eficientes para la formulación de las tarifas, las municipalidades, actuando como autoridades reguladoras y

fiscalizadoras de los servicios públicos dentro de sus respectivas jurisdicciones, las han fijado —por lo menos en los últimos años— olvidando dos de las tres condiciones elementales que deben cumplir para contribuir al funcionamiento adecuado de los servicios eléctricos:

- i) que sean remuneradoras del servicio prestado;
- ii) que promuevan el empleo óptimo de los diversos recursos energéticos; y
- iii) que sean aceptables al consumidor.

Aparentemente sólo la última condición ha preocupado a las autoridades pertinentes, negando sistemáticamente todo aumento de tarifas, o autorizándolos sólo en proporción reducida, durante un proceso inflacionario intenso y generalizado. De este modo, Bolivia —fuera de Costa Rica¹⁴— es el país de América Latina en que la energía eléctrica se vende en promedio al precio más bajo: 16 milésimos de dólar por kWh contra más de 23 milésimos de promedio regional. (Véase el cuadro 45.)¹⁵

Tan bajo nivel de tarifas ha actuado en forma adversa y simultánea en dos sentidos: *a)* ha alentado, con grave detrimento para los intereses económicos del país, la demanda doméstica de electricidad, traspasando a esta forma de energía los procesos de calefacción que racionalmente podrían satisfacerse con los derivados del petróleo (kerosene, fuel-oil, etc.), en que Bolivia es autosuficiente y aun país exportador; y *b)* ha obstaculizado la ampliación de los sistemas, no sólo imposibilitando la retribución a los inversionistas en forma de atraer nuevos capitales,¹⁶ sino en muchos casos sin permitir ni siquiera una adecuada provisión para retiros y reemplazos de las instalaciones que existen, con la consiguiente descapitalización de las respectivas empresas.

Se ha entrabado así el financiamiento de la expansión

Cuadro 44

BOLIVIA: CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DEL SERVICIO PUBLICO

(Millones de kWh)

Año	Doméstico	Comercial	Industrial	Servicio público y oficial	Mine- ría	Total
1938	8.8	4.6	12.1	0.9	27.7	54.1
1949	44.9	16.6	36.8	3.5	40.0	141.8
1955	66.3	18.8	42.3	6.2	51.1	184.7
1956	70.7	20.3	44.2	6.6	43.0	184.8
1959	91.1	30.0	36.4	9.2	76.2	242.9

FUENTE: Informaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, elaboradas por la CEPAL.

¹⁴ En este país se dan en conjunto varias circunstancias favorables para obtener electricidad a bajo costo: lugares muy ventajosos de energía hidroeléctrica, líneas de transmisión cortas, intenso mercado de consumo y una eficiente organización de carácter nacional. El Instituto Costarricense de Electricidad opera el 40 por ciento de la capacidad instalada del país, con un patrimonio propio, amplio, otorgado por el mismo decreto de su creación, que le permite capitalizar el total de las utilidades obtenidas para el financiamiento del plan nacional de electrificación. Sin embargo, en mayo de 1960 se subieron las tarifas en un 35 por ciento aproximadamente.

¹⁵ En el cuadro puede comprobarse también la situación extrema que guarda Bolivia en relación con otras partes del mundo.

¹⁶ Con excepción tal vez de los atendidos por la Bolivian Power Company en algunos períodos.

Cuadro 45

PRECIO MEDIO DEL KWH EN AMERICA LATINA Y OTROS PAISES, 1959

País	Precio medio del kWh (milésimos de dólar)		
	Residen- cial	Indus- trial	Total
Argentina	39.6	45.0	40.0
Bolivia	11.6	21.6	16.2
Brasil	22.8	14.8	16.4
Colombia	21.5	15.4	16.6
Chile	21.5	17.1	18.3
Ecuador	29.7	28.6	32.4
Perú	20.4	14.1	19.7
Venezuela	75.0	34.1	36.6
México	28.5	12.2	16.3
Costa Rica ^a	11.8	13.7	13.0
Guatemala	57.3	29.2	44.6
El Salvador	23.7	23.4	26.1
Honduras	89.7	55.4	81.1
Nicaragua	44.8	31.1	43.0
Panamá	75.6	32.9	60.8
Estados Unidos			16.9
Austria			16.1
Bélgica			29.8
Francia			21.6
Italia			17.3 ^b
Países Bajos			21.4 ^b
República Federal de Alemania			23.1 ^b
Reino Unido			17.1 ^b
Suiza			15.0
Birmania			115.8
Ceilán			31.2
China			11.5 ^b
Federación de Malaya			28.4
Filipinas			32.4
India			14.9
Japón			14.7
Laos			153.0
República de Corea			49.1
Turquía			52.5

FUENTE: "Precios y costos en la industria de la energía eléctrica en América Latina", en *Estudios sobre la electricidad en América Latina*, vol. I (E/CN.12/630), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 63.II.G.3), pp. 378 ss., especialmente cuadro 1, y ST/ECAFE/SER.L/7.

^a En mayo de 1960 se subieron estas tarifas en un 35 por ciento aproximadamente.

^b Cifra de 1956.

eléctrica privada sin crear en el sector público ningún organismo o mecanismo estable con carácter nacional que se encargue de desarrollar la energía eléctrica, como ha sucedido en otros países de América Latina.

Algunos detalles permitirán ilustrar mejor la gravedad de las afirmaciones anteriores. Parece que en las minas nacionalizadas de COMIBOL no se cobra ni se limita el consumo de electricidad en los campamentos. De ahí que la demanda doméstica para fines de calefacción representara en 1959 un equivalente de 2 360 kWh por tonelada de estaño fino producido, es decir casi el 50 por ciento del consumo directo necesario a la extracción y concentración del mineral. Este crecimiento en los últimos años ha sido enorme, llegando a una tasa anual de 19 por ciento entre 1956 y 1959 (de 1 404 kWh a 2 363 kWh).¹⁷

Para el conjunto de los servicios de La Paz, Cochabam-

¹⁷ Véase Corporación Boliviana de Fomento, *Abastecimiento de energía eléctrica para la región de Cochabamba* (Montreal Engineering Company, Limited, 1961), p. 39.

ba y Oruro, investigaciones realizadas en mayo de 1961, a solicitud de la Misión de Recursos Hidráulicos, señalan que el 80 por ciento de los consumos domésticos y comerciales corresponden a la producción de calor —calefacción ambiental, planchas, calentadores de agua, etc.— y sólo el 20 por ciento a usos más nobles y adecuados al nivel energético de la electricidad: luz, radios, pequeños motores, lavadoras, lustradoras, etc. Dicho en otras palabras: más de la mitad del consumo eléctrico de los centros urbanos¹⁸ degrada la electricidad convirtiéndola en calor, y la sustrae así de los usos en que es realmente insustituible para la producción y los servicios.

Resulta contradictorio comprobar que, mientras la COMIBOL pagaba en 1959 a la Bolivian Power Company 15.3 milésimos de dólar por kWh en alta tensión del sistema de Miguilla, para el consumo en las minas nacionalizadas, con un factor de carga 0.65,¹⁹ se mantuviera el precio promedio para la ciudad de La Paz en 7.7 milésimos (Bs 92.8) —con un factor de carga de 0.50— en Cochabamba (donde la mitad de la generación es diesel y tiene pérdidas en la distribución del orden de 20 por ciento), en 16.9 milésimos (Bs 203), y en Tarija (donde predomina la generación diesel y las pérdidas del sistema son muy altas) en 10.4 milésimos (Bs 125), por citar sólo algunos ejemplos.

El enorme perjuicio que se ejerce en contra de la economía nacional, con la distorsión provocada en la estructura del consumo de energía, puede estimarse aproximadamente desde el punto de vista de las inversiones necesarias con los siguientes datos: la instalación de un kWh en Bolivia cuesta unos 400-500 dólares, incluyendo planta generadora, líneas de transmisión y redes de distribución, según las últimas obras realizadas con centrales hidroeléctricas y las que están en proyecto. Por otra parte, según la experiencia de América Latina para la producción, transporte, refinación y comercialización del petróleo y sus derivados, se requieren unos 120 dólares por metro cúbico de producción anual.²⁰ Luego, para la generación de un millón de kilocalorías anuales en ciudades, se requiere en los servicios públicos una inversión de unos 110 dólares en electricidad (factor de utilización 0.5), contra sólo unos 20 dólares en derivados del petróleo (suponiendo para ellos en la producción de calor doméstico un 65 por ciento de rendimiento), o sea que para ese empleo, el capital necesario en energía hidroeléctrica es 5.5 veces mayor que en combustibles minerales.²¹

Además de su bajo nivel, las tarifas carecen de la estructura, según los tipos de consumidores, adecuada a los intereses económicos del país. En efecto, el precio medio de kWh doméstico fue de 11 milésimos de dólar e igual a la mitad del precio del kWh industrial (1959), mientras que para el conjunto de América Latina el kWh doméstico llegó a 37 milésimos y superó en un 40 por ciento el precio medio del kWh industrial. (Véase nuevamente el cuadro 45.)

Así se explica, al menos en parte, que en las principales ciudades vaya disminuyendo cada vez más la participación de la electricidad como elemento de producción y aumen-

¹⁸ Los consumos doméstico y comercial suman el 74 por ciento del total de esas ciudades.

¹⁹ Su propia generación diesel la estimaba entonces en 20 milésimos de dólar.

²⁰ De acuerdo con la experiencia actual de YPF, que dispone de una capacidad en refinación y oleoductos superior a su producción, esa cifra índice es como un 50 por ciento más alta.

²¹ Considerando además los costos de los artefactos de consumo (inversión del usuario) la relación anterior puede bajar a 4.

tando la que corresponde al bien final de consumo. Las tasas de crecimiento acumulativo anual para el consumo industrial han sido aproximadamente las siguientes, en por-

ciento: 10.6 (1938-49), 1.7 (1949-55), y -2.5 (1955-1959). Nótese que en este último período ha ido disminuyendo este tipo de consumo.

D. PROYECCIONES DE LA DEMANDA

Resulta particularmente difícil en estos momentos, una proyección acertada de la demanda eléctrica en Bolivia, incluso a pocos años plazo. Tanto los métodos de simple extrapolación en el tiempo como aquellos en que la variación del consumo de electricidad se asocia a una o más variables macroeconómicas —además del tiempo— tiene que basarse en las condiciones que imperaron en los últimos años. Sin embargo, esas condiciones no pueden proporcionar una base sólida de partida tanto por las alteraciones profundas que acontecieron en la estructura económica y social del país, cuanto porque el consumo de electricidad ha sido en gran medida desfigurado por las limitaciones de los sistemas para atender la demanda, y por la desacertada política energética. En un documento preparado por un experto de la Administración de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas²² se hace una proyección de demandas, basada en su crecimiento en la última década —exceptuando los correspondientes a las minas—, cuando la economía del país sufrió una fuerte depresión. Se reconoce en el mismo documento que esas demandas son las mínimas que pueden esperarse y que en realidad serán mayores si la economía del país mejora, como probablemente suceda. (Véase el cuadro 46.)²³

Las previsiones para las minas se realizaron a base de un estudio confeccionado por COMIBOL, sobre su explotación futura considerando las reservas probadas y las condiciones económicas de su operación. El autor considera que variarán poco, cualesquiera que sean las modificaciones de la economía general del país.

²² Véase Ellery S. Fosdick, *Report on Electric Power Systems in Bolivia*.

²³ Las principales tasas de crecimiento acumulativo anual, adoptadas en cada ciudad, fueron: La Paz, 6 por ciento; Cochabamba, 9 por ciento; Oruro, 5 por ciento; Sucre, 6 por ciento; Potosí-Quechisla, 4.5 por ciento. Además se consideraron las demandas insatisfechas por restricciones en los servicios.

El mismo documento recomienda en forma acertada conectar entre sí los sistemas de Cochabamba, Oruro, Sucre y Potosí-Quechisla, con el fin de atender a la brevedad posible sus crecientes necesidades, desde las dos centrales hidroeléctricas que cuentan con estudios de ingeniería bastante avanzados: Corani y Carabuco II. En consecuencia, de aquí en adelante, los centros antes mencionados se consideran como constituyendo un sistema único mediante un conjunto de líneas de transmisión que conectarían las siguientes subestaciones y centrales: Corani, Cochabamba, Catavi, Central Pilcomayo, Sucre y Potosí. Ese sistema integrado estará a su vez conectado mediante las líneas existentes (o ampliadas) con Oruro y las centrales de la Bolivian Power Company en los ríos Miguilla-Choquetanga-Carabuco.

Obsérvese que de la información correspondiente al año 1960, proveniente de la Junta Nacional de Planeamiento, se desprende que la minería chica, las industrias autogeneradoras y las poblaciones menores —para las que no se han hecho proyecciones de demanda eléctrica—, representan aproximadamente un 25 por ciento de las que cuentan con proyecciones, y un 20 por ciento de las totales del país.²⁴

En el cuadro 47 aparecen las proyecciones realizadas para los servicios públicos principales y gran minería, de acuerdo con las metas del Plan General de Desarrollo.²⁵ (Véase también el gráfico IV.)

Las tasas de crecimiento adoptadas fueron diferentes para cada ciudad y se eligieron de modo que involucrasen una corrección progresiva de las distorsiones que existen

²⁴ Aunque parece sobreestimada la capacidad y la demanda de las instalaciones que estarían al margen de las previstas en las proyecciones de los cuadros, dado que no hay otros valores con carácter oficial para ellas, se mantiene en el resto de este informe el criterio de la Junta Nacional de Planeamiento.

²⁵ Véase *supra*, Introducción, sección B.

Cuadro 46

BOLIVIA: PROYECCIONES DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LOS SERVICIOS PUBLICOS PRINCIPALES Y GRAN MINERIA^a

(Mínimas previsibles según el informe Fosdick)

Sistema	Energía anual (millones de kWb)				Demanda máxima (miles de kW)			
	1960	1965	1970	1975	1960	1965	1970	1975
La Paz	128	171	230	310	37.5	50.0	67.3	90.0
Cochabamba-Oruro-Sucre- Potosí-Quechisla	231	337	391	452	40.2	58.3	70.0	84.5
Santa Cruz	15	21	28	38	3.1	4.2	5.6	7.5
Totales parciales	374	529	649	870	80.8	112.5	142.9	182.0
Tarija, Trinidad, Cobija ^b	7	9	12	16	0.7	3.1	4.1	5.2
Total del país	381	538	661	886	81.5	115.6	147.0	187.2

^a Según estimaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, representan el 80 por ciento de la demanda eléctrica total del país.

^b Estimaciones a base del *Plan de electrificación a corto y mediano plazo* de la Corporación Boliviana de Fomento.

Cuadro 47

BOLIVIA: PROYECCIONES DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LOS SERVICIOS PUBLICOS PRINCIPALES Y GRAN MINERIA^a SEGUN LAS METAS DEL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Sistema	Energía anual (millones de kWh)				Demanda máxima (miles de kW)			
	1960	1965	1970	1975	1960	1965	1970	1975
La Paz	128	183	261	374	37.5	49.5	68.0	94.8
Cochabamba-Oruro-Sucre- Potosí-Quechisla	233	442	540	637	43.7	80.5	98.2	124.5
Santa Cruz	15	22	33	48	5.0	7.3	11.0	16.1
Tarija, Trinidad, Cobija	7	11	15	20	0.7	3.8	5.0	6.5
Total del país	383	658	849	1 079	86.9	141.1	182.2	241.9

^a Según estimaciones de la Junta Nacional de Planeamiento, representan el 80 por ciento de la demanda eléctrica total del país.

en la actualidad en los consumos.²⁶ También se eligieron año con año factores de carga diferentes, considerando desde luego una rápida supresión de los racionamientos a las

²⁶ Las tasas acumulativas anuales elegidas fueron: La Paz, 7.4 por ciento; Cochabamba, 9.4 por ciento; Oruro, 6.9 por ciento; Potosí, 6.2 por ciento; Sucre, 6.4 por ciento. Para la minería grande y las industrias derivadas de ella se adoptaron los valores correspondientes a un estudio de COMIBOL más detallado y actualizado que el que dispuso el señor Fosdick.

horas de punta, que recortan la demanda máxima, y las perspectivas de mejoramiento de las curvas de carga a mayor plazo.

Las demandas máximas de la segunda proyección son mayores que las de la primera, variando desde un 6 por ciento en 1960 hasta 20 por ciento en 1975. La diferencia para 1960 radica principalmente en la estimación del déficit actual y del factor de carga en las ciudades en que hay restricciones fuertes a las horas de punta, de modo que las

Cuadro 48

BOLIVIA: PROGRAMA DE CENTRALES POR CONSTRUIR PARA SATISFACER LAS PROYECCIONES MINIMAS PREVISIBLES DE LA DEMANDA ELECTRICA

Sistema	Central	Capacidad total en MW		
		1965	1970	1975
I. Hidroeléctricas				
La Paz	Chururaquí	22	22	22
	Otras ^a		20	40
		22	42	62
Cochabamba-Oruro-Sucre- Potosí-Quechisla	Suma	22	42	62
	Carabuco II	6.2	6.2	6.2
	Corani	8.0	24.0 ^b	24.0
	Pilcomayo		18 ^b	18.0
		14.2	48.2	56.2
Santa Cruz	Yapacaní (I y II)	2.5	2.5	5.0
	No precisada			5.0
		2.5	2.5	10.0
Tarija, Trinidad y Cobija ^d	Suma		2.5	10.0
	No precisadas		1.0	2.0
II. Termoeléctricas				
Cochabamba-Oruro-Sucre- Potosí-Quechisla	Diesel móviles ^a	3.0		
Santa Cruz	Térmica (Montero ?)	5.0	5.0	5.0
Tarija, Trinidad y Cobija ^d	Centrales móviles	1.2	1.7	2.5

^a No se precisa su ubicación pero presumiblemente se trate del proyecto Jarka (22 MW) también en el río Zongo, aguas abajo de Chururaquí, y otra central en el mismo río.

^b En Corani se atrasa la instalación de una unidad de 8 000 kW y en Pilcomayo se considera toda la capacidad por razones de suministro de energía.

^c No precisada, pero hay varios anteproyectos de los que la primera etapa puede ser la señalada (Locotal, Chapisirca, Santa Isabel, etc.). Debe producir 60 000 MWh/año.

^d Véase Corporación Boliviana de Fomento, *Plan de electrificación a corto y mediano plazo*.

demandas correspondientes son muy inferiores a las que existirían de suprimirse aquéllas (Cochabamba, Potosí, Sucre y Santa Cruz).

En el documento antes citado²⁷ se presenta a grandes rasgos un programa preliminar de las principales obras que convendría realizar para encarar la situación eléctrica hasta 1975, de acuerdo con las correspondientes proyecciones. En el cuadro 48 aparece un resumen de ellas, en lo que se refiere a nuevas centrales. Se ha introducido una pequeña modificación con relación al programa original, por existir allí una apreciación exagerada de la generación media anual de la central Corani. En efecto, con un caudal regulado del orden de 2.5 m³/seg y 619 metros de caída, su producción será más o menos de 110 millones de kWh al año, en lugar de los 168 millones con que figuran en el estudio a que se hace referencia.²⁸

Esa modificación consiste en i) considerar en Corani solamente 24 MW instalados en los años 1970 y 1975, ya que falta energía pero sobra potencia; ii) adelantar a 1970 la capacidad instalada total de la central Pilcomayo que, según el autor, permite pasar de una generación de 46 millones de kWh a 95 millones, con lo que se salvaría la deficiencia de energía en 1970 y se reemplazaría la potencia postergada en Corani; y iii) prever para 1975 una primera etapa de otra central hidroeléctrica —que sustituya la potencia de la unidad aún pendiente en Corani—, con

una capacidad de generación anual de por lo menos 60 millones de kWh.²⁹

La modificación anterior no significa que sea la mejor solución alternativa y por otra parte no corresponde hacer tal análisis en este estudio. Se ha adoptado solamente por ser la que altera menos la concepción general del autor, y poder proseguir con el examen —también en términos muy generales—, del plan correspondiente de inversiones. Las autoridades técnicas de Bolivia, ahondando las investigaciones básicas, buscarán la solución más conveniente al problema señalado.

Obsérvese que 123.2 MW, o sea el 96 por ciento de la nueva capacidad de generación a instalar programada hasta 1975 para los principales sistemas públicos y gran minería, corresponden a centrales hidráulicas.³⁰ Como por

²⁹ Conviene puntualizar que al presentar aquí Corani sólo con 24 MW no significa en modo alguno que no convenga instalar allí una potencia superior. Por el contrario, se recomienda proyectarla para llegar a una capacidad total mayor, (32 ó 40 MW), cuando se cuente con otra central térmica o hidráulica que proporcione la energía de base necesaria. En este aspecto convendría examinar si una parte de la capacidad térmica que formará parte actualmente del sistema interconectado podría mantenerse algunos años, más allá de 1965, límite considerado en el programa original.

³⁰ El costo de generación en centrales termoeléctricas —equivalentes a las de los proyectos hidroeléctricos seleccionados— resultaría sobre un 20 por ciento más cara, habiendo supuesto en general en los estudios "condiciones de crédito razonables" y los precios del combustible vigentes en 1960. Sería necesario que se hicieran análisis más minuciosos investigando el verdadero costo de oportunidad del dinero y el precio de cuenta de los combustibles.

²⁷ Report on Electric Power Systems in Bolivia.

²⁸ Véase Source of Firm Energy, cuadro IV.

Cuadro 49

BOLIVIA: PROGRAMA DE CENTRALES POR CONSTRUIR PARA SATISFACER LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD SEGUN EL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Sistema	Central	Capacidad total en MW		
		1965	1970	1975
I. Hidroeléctricas				
La Paz	Chururaqui	22	22	22
	Otras		22	44
	<i>Suma</i>	22	44	66
Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla	Carabuco II	6.2	6.2	6.2
	Corani	32	32	32
	Pilcomayo		44	44
	<i>Suma</i>	38.2	82.2	100.2
Santa Cruz	Yapacani (I y II)		5	5
	Otra			6
Tarija, Trinidad y Cobija ^d		2.3	2.3	3.3
II. Termoeléctricas				
Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla ^e		4		
Santa Cruz		9	9	9
Tarija, Trinidad y Cobija		1.8	2.8	3.5

FUENTE: "Plan de desarrollo Económico y Social" e informaciones directas de la Junta Nacional de Planeamiento, y Ellery S. Fosdick, *Report on electric power systems in Bolivia*.

^a Los datos disponibles son muy precarios para pronunciarse sobre la generación anual de esta central y la forma en que convendrá que se opere.

^b Se supone que en las proximidades de Tarija se dispone de un proyecto hidroeléctrico (Angosto 7).

^c La central de 4 MW en el sistema Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla corresponde a la instalación de motores en Cochabamba, Sucre, y Potosí, antes de la construcción de las centrales Corani, Carabuco y la construcción de las líneas de interconexión.

otra parte se supone que para entonces la mayor parte (o el total) de la correspondiente capacidad diesel eléctrica actual se encontrará ya fuera de servicio, aproximadamente el 98 por ciento de la potencia disponible de aquéllos será hidroeléctrica.

Como contrapartida, la nueva capacidad generadora que requerirán la minería chica, las industrias autogeneradoras y las poblaciones menores para las que no se han hecho proyecciones de demanda, serán satisfechas casi en su integridad (a causa de la reducida magnitud de las instalaciones), por grupos diesel eléctricos.

Considerando que una parte apreciable de las industrias autogeneradoras se abastecerán eléctricamente de los servicios públicos cuando mejoren, es probable que la capacidad instalada adicional a la de 1960 para este conjunto sea sólo de unos 10 MW hasta 1970 y 15 MW hasta 1975.

En el cuadro 49 se presenta el resumen de un posible programa de nuevas centrales preparado por la Junta Nacional de Planeamiento, para hacer frente a las demandas previsibles en conformidad con el Plan General de Desarrollo Económico y Social. Las incertidumbres que supone este programa son aún mayores que las del anterior, y por lo tanto no puede atribuirsele más valor que el correspondiente a orientar las investigaciones a corto plazo de los recursos disponibles y sus posibilidades económicas, además de estimar el orden de magnitud de las inversiones necesarias, si se cumplen las hipótesis en que se fundan las respectivas proyecciones de la demanda. (Véase también el gráfico IV.)

Existen muchas alternativas que deben estudiarse simultáneamente, antes de decidir este programa. Por ejemplo, en el sistema Cochabamba, Oruro-Sucre-Potosí-Quechísala, después de las centrales hidroeléctricas indicadas en el primero (Corani, Carabuco II y Pilcomayo), convendría considerar —dada la importancia del sistema— la instalación de una central térmica del orden de unos 20 MW.

Las acentuadas irregularidades estacionales y anuales del régimen pluvial en el altiplano y los valles, que se producen simultáneamente en todo el país, agregadas a la baja regularización disponible en embalses —hay muchas centrales de pasada o con represas de reducida capacidad—, hacen necesario contar con apoyo térmico para lograr un aprovechamiento óptimo de los recursos hidroeléctricos correspondientes, sin sacrificar la seguridad de los servicios en años de estiaje extremo.

La ubicación de esa central y el tipo a elegir serían objeto de un acucioso análisis que tome en cuenta la proximidad

del combustible (petróleo o sus derivados), la disponibilidad de agua, la distancia al centro de gravedad de los consumos del sistema, etc.

A modo de comparación, conviene recordar lo que se hace en otros países bien dotados de recursos hidroeléctricos. La capacidad térmica llega al 21 por ciento del total en Suecia (1959) y en Italia y Portugal al 22 por ciento, en tanto que en el Canadá y Suiza alcanza sólo a 13 y 4 por ciento, respectivamente. En el sistema interconectado de Chile, que se extiende en una región rica en recursos hidroeléctricos, y en el que algunas centrales cuentan con grandes embalses y los regímenes pluviales y glaciares se complementan convenientemente, hay 19 por ciento de capacidad térmica instalada.

Este segundo programa contempla para 1975 180 MW hidroeléctricos adicionales sobre un total de 193 MW, es decir, un 93 por ciento de fuente hidráulica.

Aparte de las centrales Corani, Carabuco II y Chururaqui, que se supone serán las primeras centrales hidroeléctricas a construir, se sugiere el siguiente orden de prioridades en materia de investigaciones completas para la elaboración de proyectos documentados que permitan una evaluación acertada de su valor económico para confirmar o introducir ciertas modificaciones al programa antes señalado:

a) Alto Pilcomayo (Saire o Alcalea y Talula). Si este proyecto no resulta satisfactorio, convendría estudiar alternativamente las posibilidades de los ríos Blanco, Colorado y Chiuta, cerca de Coloquechaca, para alimentar el sistema interconectado con la zona central-sur;

b) Jarka, para el sistema de La Paz, después de Chururaqui;

c) Santa Isabel y Locotal, para definir las obras más convenientes y su orden de realización en el extremo norte del sistema interconectado;

d) Río Grande (proyecto de objetivos múltiples) y Yapacaní a fin de definir las obras más convenientes y su orden de realización para Santa Cruz y poblaciones vecinas. Además, eventualmente, en el caso del Río Grande, podría alimentar la zona central-sud del sistema interconectado. Deberá examinarse la posibilidad de un desarrollo gradual de este proyecto en sus aspectos de riego (colonización) e hidroelectricidad. Las investigaciones del arrastre de sólidos y la reducción del embalse correspondiente deben ser objeto de especial atención;

e) Río San Jacinto, para el suministro de Tarija, y

f) Monte Punco y San Mateo (al este de Cochabamba).

E. INVERSIONES NECESARIAS

En los cuadros 50 y 51 aparecen las inversiones estimadas para las instalaciones eléctricas (generación, transmisión y distribución) a base de los dos programas anteriores. Aquéllas totalizan hasta 1970: 44 y 52 millones de dólares y hasta 1975: 54 y 68 millones, respectivamente. Se estima que de esas sumas, algo menos de la mitad correspondían a gastos en moneda nacional.

Estos valores se refieren a los gastos necesarios para la ejecución de las obras, es decir, corresponden al concepto económico de formación bruta de capital. No se contempla en ellos la obtención de préstamos y créditos que permitan desplazar los pagos en el tiempo. Por eso, los gastos efectivos anuales que demanda el programa real de desarrollo eléctrico podrán diferir por este concepto con las sumas de las inversiones consignadas por trienios. Estas incluyen

un 8 por ciento de interés sobre el costo de cada obra, durante la mitad del tiempo de construcción correspondiente. En ambos programas, aproximadamente los $\frac{2}{3}$ del total de las inversiones se refieren a las centrales hidroeléctricas. Si se compara la inversión, equivalente a 52 millones de dólares, prevista para el período 1961-70 por la segunda proyección, con las inversiones brutas del país estimadas en el Plan General de desarrollo para el mismo período, se ve que aquélla representa el 4.2 por ciento de éstas.

Tal coeficiente sectorial de inversión parece bajo en relación con los de otros países de América Latina, previstos también para los próximos años. Por ejemplo, alcanza al 10 por ciento en Chile, cuya principal actividad de exportación —la minería— tiene, al igual que en Bolivia, un

Cuadro 50

BOLIVIA: INVERSIONES ESTIMADAS PARA EL PROGRAMA DE INSTALACIONES EXIGIDO POR LAS DEMANDAS MINIMAS DE ELECTRICIDAD PREVISIBLES, 1961-75

(Millones de dólares)

Sistema	1961-63	1964-66	1967-69	1970-72	1973-75	1961-75
La Paz	2.5	2.5	3.8	2.5	3.8	15.1
Cochabamba-Oruro-Sucre-Potosí-Quechisla	10.5	10.5	4.7	0.3	2.0	28.5
Santa Cruz	2.7		1.5	1.6		5.8
Tarija-Trinidad y Cobija.	0.2	0.1	0.6	0.2	0.1	1.2
Minería chica, industrias autogeneradoras y poblaciones menores	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	3.5
Total	16.7	13.9	11.4	5.2	6.4	54.1

FUENTE: Ellery S. Fosdick, *Report on electric power systems in Bolivia*; Corporación Boliviana de Fomento, *Plan de electrificación a corto y mediano plazo*, e informaciones directas de la Junta Nacional de Planeamiento.

alto consumo específico de electricidad y la generación hidroeléctrica supone una elevada participación en los programas de expansión. En Cuba, el Perú y el Uruguay llega a 7.5, 7.5 y 8.0 por ciento respectivamente. La observación realizada puede explicarse en parte *a*) porque los recursos hidroeléctricos que se aprovecharán en Bolivia en un futuro próximo tienen características económicas bastante favorables; *b*) porque en la reestructuración del consumo pueden limitarse algunos factores de demanda hoy hipertrofiados; y *c*) porque las redes de distribución en una gran mayoría serán del tipo aéreo, bastante económicas —y la correspondiente a La Paz el Plan no la ha incluido— y en parte también por las importantes inversiones de tipo social que consulta el Plan.

El problema más difícil para Bolivia consistirá en lograr el financiamiento de las obras respectivas. Los capitales privados han carecido por varios años de interés en esta actividad y, a menos que se modifiquen radicalmente las condiciones del ambiente en que se opera, el peso de las inversiones futuras de los servicios públicos recaerá sobre el estado.

A diferencia de lo sucedido en otros países de América Latina, el crédito público internacional no había concedido préstamo alguno para el desarrollo eléctrico de Bolivia hasta 1961, año en que la Corporación de Fomento trató de obtener uno con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por algo más de un millón de dólares, para instalar con carácter urgente cerca de 4 000 kW en unidades

Cuadro 51

BOLIVIA: INVERSIONES ESTIMADAS PARA CUBRIR LAS DEMANDAS DE ELECTRICIDAD AJUSTADAS AL PLAN GENERAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL, 1961-75

(Millones de dólares)

Sistema	1961-63	1964-66	1967-69	1970-72	1973-75	Total	1961-75 (porcientos)	
							Líneas de transmisión y subestaciones	Redes de distribución
La Paz	2.5	2.5	4.2	2.9	4.1	16.2	...	^a
Cochabamba-Oruro Sucre-Potosí-Quechisla ^b	11.5	12.2	6.8	5.2	4.2	39.9	27.7	6.6
Santa Cruz	2.7	0.5	1.8	1.9		6.9	36.0	11.6
Tarija, Trinidad y Cobija	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	1.5	...	10.7
Minería chica, industrias autogeneradoras y poblaciones menores	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	3.5	...	...
Total	17.8	16.6	13.8	10.8	9.0	68.0	...	...

FUENTE: CEPAL, a base de las informaciones citadas en el cuadro anterior.

^a No se han considerado.

^b Se consideran 2 millones de dólares más que en el *Plan de Desarrollo Económico y Social* para el período 1961-75 por concepto de ampliaciones y mejoras en las redes de distribución. (Véase *Report on electric power systems in Bolivia*, op. cit.)

diesel eléctricas en Cochabamba, introducir algunas mejoras en la red de distribución de esa ciudad, realizar los estudios definitivos del proyecto Corani y los preliminares de otras obras hidroeléctricas y líneas de transmisión.

El estudio y promulgación de una ley de servicios eléctricos similar a la que existe en otros países de América Latina —la Argentina, Chile, el Perú, etc.— constituiría la base indispensable para obtener el financiamiento de las

obras previstas. Esa ley debería prever, entre otras cosas, la creación de una organización nacional planificadora —y en caso necesario ejecutora y operadora de sistemas cuando no existan para ello otras entidades suficientemente capaces al margen del gobierno nacional— y una autoridad nacional fiscalizadora, junto con las normas pertinentes que aseguren a la industria eléctrica boliviana un clima jurídico y financiero propicios para su desarrollo.

F. RECOMENDACIONES

De lo dicho anteriormente surgen las siguientes recomendaciones principales:

1. Promulgar una ley completa de servicios eléctricos que estatuya la creación, las labores y el financiamiento pertinente a dos autoridades nacionales:

a) la planificadora del sector eléctrico y eventualmente ejecutora y operadora de las instalaciones previstas en el plan nacional de electrificación (trabajaría en contacto con las oficinas planificadoras de la energía en general y el Centro de Coordinación de Recursos Hidráulicos de la Junta Nacional de Planeamiento); y

b) la fiscalizadora, que vele por la buena calidad de los servicios públicos al precio más bajo posible, pero compatible con una sana economía de las empresas.³¹

2. Entre las labores más urgentes que debería encarar la primera autoridad se señalan:

a) perfeccionar, ampliar y actualizar periódicamente el plan nacional de desarrollo eléctrico sobre la base del esbozado por el experto de las Naciones Unidas señor Ellery R. Fosdick;

b) realizar un inventario amplio de los recursos hidroeléctricos —al menos en la zona del altiplano y los valles—,

así como la medición hidrológica sistemática de los que parezcan susceptibles de aprovechamiento a corto y mediano plazo, como mínimo; y

c) allanar el camino para que se inicien de inmediato y prosigan aceleradamente las construcciones de los proyectos Carabuco II y Corani.

3. Entre los trabajos más urgentes que competen a la segunda autoridad se indican:

a) reorientar la política nacional en materia de energía en general y de los servicios eléctricos en particular, así como propender a la formación de una conciencia pública sobre la magnitud del problema eléctrico y la necesidad de rectificar algunos procedimientos;

b) revisar los pliegos de tarifas eléctricas en todo el país para que cubran la totalidad de los gastos de explotación (incluyendo los correspondientes a depreciación de las obras en servicio, y una adecuada retribución a los capitales en juego) y tiendan a remodelar la estructura del consumo de energía dando prioridades a los usos más nobles de la electricidad como bien final y factor de producción;

c) redactar un reglamento que con fuerza legal normalice en todo el país las instalaciones eléctricas interiores (de propiedad del abonado) desde el empalme a la red del servicio público.

³¹ Después de la redacción de este informe se creó la Dirección Nacional de Electricidad.

Capítulo VI

NAVEGACION

A. PRINCIPALES SISTEMAS Y SITUACION ACTUAL

En Bolivia la red fluvial navegable en escala económica es bastante extensa. Hay estimaciones que le asignan hasta 10 000 kilómetros de desarrollo. Los tres sistemas principales son los correspondientes a los ríos Mamoré, Beni e Itenez, con unos 3 500 kilómetros de longitud navegable; pertenecen a la cuenca del Amazonas que cubre la parte norte del país y comprende casi la mitad de su superficie. (Véase el mapa 5.) En esa región no hay red de ferrocarriles ni un sistema de carreteras que merezca ese nombre.

En la región oriental, Bolivia tiene acceso al sistema navegable del río de La Plata por intermedio de su afluente el Paraguay.

Además de los sistemas fluviales citados, el lago Titicaca es ampliamente navegable y existe un servicio regular de pasajeros y carga entre los puertos de Guaqui, en Bolivia, y Puno, en el Perú.

1. Sistema Mamoré-Madeira

La vía troncal del Mamoré incluye el río Ichilo y se extiende desde Puerto Villarroel, situado al noroeste de Cochabamba, hasta la ciudad de Guayaramerín, en la frontera con el Brasil, con una distancia total de 1 250 kilómetros. Siete provincias y la ciudad de Trinidad se encuentran a lo largo de este curso de agua. La población estimada de esta zona era de 109 400 habitantes en 1960. Esta vía es utilizada desde hace cerca de 50 años, por botes de diferente tamaño.

El tráfico entre Puerto Villarroel y Trinidad —unos 500 kilómetros— es posible aun en el período de aguas bajas, con barcas hasta de unas 100 toneladas. Desde esta última ciudad hacia el norte, hay embarcaciones a vapor, con ruedas de paletas en la popa, y de capacidad poco mayor a la indicada, que mantienen un servicio regular hasta Guayaramerín. Sin embargo, la carga debe transportarse desde aquí por ferrocarril hasta Porto Belho, en el Brasil, a causa de los rápidos o cachuelas que existen en esta parte del río Madeira. En Porto Belho, la carga tiene que ser nuevamente transbordada a embarcaciones fluviales que la llevan por el Amazonas hasta el Atlántico. No obstante la complejidad de este sistema, constituye realmente una vía navegable para algunas exportaciones de Bolivia. Sin embargo, hay varios factores que conspiran contra su eficiencia: *a)* entre Puerto Villarroel y Trinidad el río queda parcialmente obstruido por troncos clavados, palizadas y bancos de arena, durante el período de aguas bajas, dificultando la navegación; *b)* las embarcaciones a vapor en operación están muy viejas y deterioradas en su mayoría, y *c)* el sistema de ferrocarriles que realiza el transporte en la zona de las "cachuelas" data del año 1904, es inadecuado y se halla en malas condiciones. La carga y descarga de las mercancías, el largo recorrido por ferrocarril y el tiempo que se pierde durante tales operaciones contribuyen a incrementar notablemente el costo del transporte en este sistema de navegación.

Si bien el sistema Ichilo-Mamoré ha sido estudiado en 1955 y 1957 por dos expertos de las Naciones Unidas que navegaron en sus aguas, no se han hecho aún —que se sepa— investigaciones hidroeléctricas efectivas de ellos. Según el informe de uno de ellos, el señor Krauss, son suficientemente navegables para las necesidades actuales de tráfico y por el momento no se justifican estudios muy extensos para preparar trabajos que permitan una navegación mucho más amplia. Se recomienda usar botes desmontables para deshacer las "empalizadas" y arrancar los troncos clavados que obstaculizan el recorrido.

Se ha comenzado la construcción de un camino para unir la localidad de Montepunco —ubicada sobre la carretera que comunica las ciudades de Cochabamba, Santa Cruz y Sucre— a Puerto Villarroel, sobre el río Ichilo. Cuando se complete esta obra, el sistema del Mamoré quedará conectado a través de Cochabamba y Sucre con las otras ciudades de Bolivia por medio de la actual red de caminos. También se encuentra avanzada la habilitación del camino Cochabamba a Puerto Chipiriri, sobre el río del mismo nombre que junto con los ríos Isiboro y Sécure es afluente del Mamoré. Se facilitará así el transporte de productos agrícolas, carne, maderas y otros, de la zona de influencia de este sistema fluvial hacia los centros más poblados del país. La mayoría de esos productos se transporta en la actualidad por vía aérea a elevado costo. Considerando la población actual que tiene fácil acceso a esta vía de navegación, y las actividades que despliega, se estima que cuando se concluyan los caminos señalados, sobre todo el primero, el tráfico fluvial ascenderá aproximadamente a 23 500 toneladas al año, con el siguiente desglose, también expresado en toneladas:

	Toneladas
i) Importaciones	
Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc.	5 000
Combustibles y lubricantes	750
ii) Exportaciones	
Ganado para los mercados del altiplano y valles	2 550
Castañas	1 000
Cuero, goma, etc.	1 500
iii) Comercio interno de la zona	
Alimentos y abastecimientos en general	10 000
iv) Total	23 500

2. Sistema Beni-Madre de Dios-Orton

El río Beni es navegable más de 800 kilómetros desde Puerto Salinas, cerca de Reyes, hasta Cachuelas Esperanza, donde es preciso transbordar, a causa de los obstáculos y rápidos de esa cachuela, que se extienden en unos 700 metros, y desde allí, hasta su unión con el río Madeira. La carga debe remontar por el Mamoré hasta Guayaramerín, para continuar por ferrocarril hasta Porto Belho (Brasil) y luego proseguir por vía fluvial rumbo al Atlántico.

En período de estiaje los calados admisibles son supe-

rios a 2 metros. A lo largo del tramo Puerto Salinas-Cachuela Esperanza hay cuatro provincias con una población estimada de 34 000 habitantes (1960). Un cálculo aproximado del tráfico actual arroja 14 000 toneladas al año, con el siguiente detalle:

	Toneladas
i) <i>Importaciones</i>	
Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc.	4 000
ii) <i>Exportaciones</i>	
Castañas	4 000
Goma	2 000
Cuero, cacao, quina, etc.	1 000
iii) <i>Comercio interno de la zona</i>	
Alimentos y abastecimientos en general	3 000
iv) <i>Total</i>	14 000

Del mismo modo, la navegación sobre el río Madre de Dios se realiza por medio de lanchas relativamente grandes, desde Maldonado (Perú) hasta la conjunción con el río Beni, abarcando unos 500 kilómetros de recorrido y comprometiendo en territorio boliviano a tres provincias. En períodos de estiaje el calado admisible se reduce apreciablemente (a unos 0.60 m) por los bancos de arena y palizadas que existen en el lecho.

La otra vía importante es la del río Orton, con su afluente, el Tahuamanu, que permite la navegación desde Porvenir hasta Riberalta, con una extensión aproximada de 350 kilómetros. El lecho del Orton parece admitir en estiaje calados hasta de 2 metros y sólo en contados lugares hay palos clavados que obstaculizan en parte la navegación. Prácticamente no tiene problemas de sedimentación. Hay tres provincias a lo largo de este curso de agua con una población estimada de 13 800 habitantes (1960). El tráfico se calcula en unas 7 300 toneladas, como sigue:

	Toneladas
i) <i>Importaciones</i>	
Materiales de construcción, equipos, vehículos, etc.	1 500
ii) <i>Exportaciones</i>	
Castañas, goma, etc.	4 500
iii) <i>Comercio interno de la zona</i>	
Alimentos y abastecimientos en general	1 300
iv) <i>Total</i>	7 300

Para comunicar el sistema navegable del Beni con La Paz, la Corporación Boliviana de Fomento está extendiendo la carretera de Caranavi hacia Santa Ana (en el Alto Beni). Posteriormente se piensa prolongarla hasta Puerto Salinas. Será así posible un transporte más económico que el actual, de los productos de la zona de influencia del río Beni a La Paz, y otras ciudades del país.

Como los ríos Orton y Madre de Dios son afluentes del

Beni antes que éste descienda Cachuela Esperanza, la navegación por ellos tiene iguales inconvenientes que los señalados para este último. En la actualidad se examina, aunque sólo en términos muy generales, la posibilidad y conveniencia de unir mediante un canal —o en caso contrario mediante un buen camino— la ciudad de Porvenir con Cobija. De este modo se podría desviar una parte apreciable del comercio de exportación del sistema Beni-Madre de Dios-Orton al río Acre, otro afluente navegable del Amazonas, que no tiene el inconveniente de las cachuelas.

3. Sistema Itenez o Guaporé

Este río constituye en una gran extensión la frontera del país con el Brasil. Antes de su unión con el Mamoré recibe del territorio boliviano afluentes navegables por embarcaciones pequeñas, tales como el Paraguá, el Baures y el Itonamas. Es un río de aguas claras, sin problemas de sedimentación. Sólo en pocos lugares hay pequeñas restricciones para la navegación por troncos clavados o afloramientos rocosos. Desde Puerto Villazón, en el extremo nororiental del país, hasta Guayaramerín (500 kilómetros aproximadamente), los calados que se indican como admisibles en períodos de aguas bajas son de 2 metros.

Como en el caso de los otros ríos, existe muy poca información sobre las condiciones de navegabilidad de este sistema y no se han hecho investigaciones hidrográficas importantes sobre él. Al parecer, la mayor parte del tráfico que se realiza corresponde a intereses brasileños.

4. Sistema del Paraguay

Bolivia tiene solamente un litoral de poco más de 40 kilómetros sobre este río en el corredor Man Césped, entre las fronteras con el Brasil y el Paraguay. Además, posee acceso a esta vía mediante los canales de las lagunas Uberaba, Gaiba, Mandioré y Cáceres, que las comunican con ese río.

Desde Puerto Suárez en el lago Cáceres (con acceso al ferrocarril internacional Corumbá-Santa Cruz) hasta Buenos Aires, el recorrido fluvial tiene unos 2 700 kilómetros aproximadamente. Se suele señalar como calado máximo admisible para la navegación hasta los puertos bolivianos (Quijarro, Isabel, Puerto Suárez y General Busch), en época de aguas bajas, 1.50 metros aproximadamente. Con algunas labores de dragado entre Laguna Cáceres y Puerto Coimbra, la navegación no parece tener obstáculos a la escala señalada.

Esta vía de navegación y el correspondiente costo de transporte hasta Buenos Aires, desempeñarán un papel decisivo en la economía de la explotación eventual del mineral de hierro de Mutún, al suroeste de Puerto Suárez.

B. ORGANIZACION Y ACCION FUTURA

Si bien es cierto que el transporte fluvial, por su reducida magnitud actual, no justifica de momento la ejecución de grandes proyectos, no es menos evidente la conveniencia económica de organizar el tráfico, y planear la ejecución paulatina de obras que mejoran las condiciones de navegación, ajustadas a un programa proporcionado a las posibilidades de desarrollo de las respectivas zonas de influencia y a la disponibilidad de los recursos financieros correspondientes.

En procura de ese objetivo se creó en diciembre de 1960 la "Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía" como autoridad máxima en esa materia, organismo que irá

ganando importancia por etapas. Constaría de dos secciones principales: la administrativa y la técnica.

La sección técnica correspondiente convendría que tuviera a su vez cinco divisiones diferentes: a) Transportes; b) Mantenimiento y mejoras; c) Astilleros; d) Puertos, y e) Hidrografía.

Por ahora el personal sería muy reducido y tendría obligaciones muy limitadas, hasta que el incremento de los transportes fluviales justifique económicamente el planeamiento y ejecución de obras mayores. Desde su creación se ocuparía de supervisar la navegación en el país y de estudiar el aumento del tráfico en los diversos sistemas. Así

BOLIVIA: RED FLUVIAL FUNDAMENTAL

<i>Vía fluvial</i>	<i>Puerto cabecera</i>	<i>Puerto final</i>	<i>Extensión aproximada (km)</i>	<i>Conexión con la red de caminos nacionales y las vías de países vecinos</i>
1. Beni-Orthon-Tahuamanu-Acre-Purús-Amazonas	Puerto Salinas	Porvenir	1 234	Río Beni-La Paz y Porvenir-Cobija, por carretera. Acre-Purús, por barco.
2. Beni-Madre de Dios	Puerto Salinas	Maldonado (Perú)	1 412	Río Beni-La Paz, por carretera. Maldonado-Mollendo (Perú), por carretera.
3. Beni Mamoré	Puerto Salinas	Villa Bella	874	Río Beni-La Paz, por carretera. Villa Mur-tinho-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril.
4. Chipiriri-Isiboro-Securé-Mamoré	Puerto Brañez	Guayaramerín	1 191	Río Chipiriri-Cochabamba, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril.
5. Chapare-Mamoré	Todosantos	Guayaramerín	1 304	Todosantos-Cochabamba, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril.
6. Ichilo-Mamoré	Puerto Villarroel	Guayaramerín	1 459	Por carretera en proyecto a Montepunco, Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril. Puerto Grether-Buena Vista-Portachuelo-Montero-Santa Cruz, carretera.
7. Ichilo-Mamoré	Puerto Grether	Guayaramerín	1 579	Guayaramerín-Porto Belho (Brasil) por ferrocarril.
8. Chipiriri-Mamoré-Iténez	Puerto Brañez	Puerto Vázquez	1 886	Chipiriri-Cochabamba, por carretera. Matto Grosso-San Luis de Cáceres (Brasil), por carretera. Luego Río Paraguay o ferrocarril a Santos.
9. Itonamas-Iténez-Mamoré	San Pablo	Guayaramerín	940	San Pablo-Ascensión-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril.
10. Blanco-Iténez-Mamoré	Urubichá	Guayaramerín	965	Urubichá-Ascensión-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín-Porto Belho (Brasil), por ferrocarril.
11. Paraguay-Iténez-Mamoré	Puerto Jesús	Guayaramerín	855	Puerto Jesús-San Ignacio-San José-Santa Cruz, por carretera. Guayaramerín a Porto Belho (Brasil), por ferrocarril.
12. Paraguay-Río de La Plata	Puerto Suárez	Puerto Busch	371	Puerto Suárez-Santa Cruz, por ferrocarril. Puerto Suárez-Corumbá-Canal Tamengo-Río Paraguay-Río de la Plata.

se preverían, con suficiente anticipación, las necesidades futuras del transporte para poder tomar las medidas necesarias y realizar las obras requeridas para su normal expansión. Se incluiría un pequeño grupo de investigaciones hidrográficas, que empiece a realizar el estudio sistemático de las principales vías, instalando medidores de nivel (se consideran necesarios unos 12), y registrando datos relativos a profundidades, anchos, alineaciones, velocidades de la corriente, períodos de navegabilidad para distintos calados, facilidades terminales, etc.

Para estas investigaciones se podrían emplear los planos disponibles, aerofotogramétricos y topográficos del Instituto Geográfico Militar. Cuadrillas equipadas con pequeños botes y "ecosondas" permitirían realizar económicamente los primeros estudios para establecer los perfiles longitudinales y transversales que sea aconsejable determinar en primera instancia. Estas actividades convendría complementarlas con mediciones de caudal y de sedimentación. Algunas informaciones provenientes de los trabajos hidrométricos que la Corporación Boliviana de Fomento piensa realizar, serían usadas ventajosamente por el grupo hidrográfico recomendado.

Anteriormente se vieron los efectos favorables que reportarán los caminos en construcción de Montepunco a Puerto Villarroel y de Caranavi a Santa Ana (en el Alto Beni), así como las que podrían derivarse del estableci-

miento de una vía adecuada de transporte —canal o camino— entre Cobija y Porvenir.

Al referirse más adelante¹ al control de inundaciones y conservación de suelos se señala en términos muy generales —como sólo es posible hacerlo ahora a base de los datos disponibles— que el proyecto del Bala, en el sistema del Beni, reduciría la inversión en varios caminos a desarrollarse en el futuro por la navegación en el correspondiente lago artificial. Además, esa obra permitirá aumentar el caudal del Beni en la época de aguas bajas, que coincide con la de mayores requerimientos de energía eléctrica, con las ventajas consiguientes para la navegación fluvial.

Del mismo modo, aunque sea reducida la escala de los proyectos hidroeléctricos que se prevén por ahora, los respectivos embalses en los valles y cabeceras de los ríos, al regular los caudales, influirán en un sentido favorable, tanto en la navegación fluvial en los llanos, aumentando el caudal en estiaje, cuanto en el control de sus inundaciones, disminuyendo la magnitud de las crecidas.

No obstante todo lo dicho anteriormente, en el planteamiento a largo plazo de los sistemas de navegación y en el estudio de obras de envergadura, convendrá tener presente que el bajo costo de operación del transporte fluvial se contrarresta a menudo por elevadas inversiones en esclusas,

¹ Véase *infra*, capítulo VII.

represas, canalizaciones, etc. Además, las vías fluviales son demasiado lentas para cierto tipo de tráfico. En consecuencia, a medida que se realice el desarrollo de los llanos, no deberá descartarse, sólo por la navegación, la posibilidad de construir algunos caminos para resolver los crecientes problemas de transporte. Además, dada la topografía de esas regiones, en las zonas libres de inundaciones, las carreteras probablemente demanden inversiones reducidas.

El Plan de Desarrollo Económico y Social 1962-71, considera la incorporación de los siguientes tramos navegables a la red troncal de vías de comunicación del país:

a) *En el sistema del Mamoré:* Puerto Villarroel-Guayamerín y también Puerto Chipiriri-Guayamerín;

b) *En el sistema Beni-Madre de Dios-Ortón:* Puerto Salinas-Cachuela Esperanza-Villa Bella-Villa Murinho; Puerto Porvenir hasta la desembocadura del Ortón en el Beni; y Puerto Heath-Riberalta.

c) *En el sistema del Itenez:* Puerto Villazón hasta la confluencia del río con el Mamoré.

En el cuadro 52 se presentan en detalle los principales recorridos fluviales, incluyendo las conexiones con la red de caminos nacionales y de países vecinos.

C. INVERSIONES PREVISTAS

El mismo Plan de Desarrollo considera inversiones de casi 2.5 millones de dólares para el período 1962-71 en instalaciones fijas, equipos de limpieza y material de transporte en los sistemas del Mamoré y Beni. (Véase el cuadro 53.) Obsérvese que de esas inversiones corresponde a las instalaciones fijas —incluyendo puertos y astilleros— cerca del

50 por ciento. Las obras portuarias incluirán no sólo los mecanismos y construcciones, sino también el abastecimiento adecuado de agua potable, combustibles y vituallas. La distribución de esas inversiones por quinquenio y el presupuesto de gastos corrientes, dividido en la misma forma, se ofrecen en el cuadro 54.

Cuadro 53

BOLIVIA: INVERSIONES EN MATERIAL, EQUIPO Y GASTOS CORRIENTES PARA LA INSTALACION Y EXPLOTACION DEL TRANSPORTE FLUVIAL

<i>Sistema fluvial</i>	<i>Clase de material y equipo</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor en dólares</i>
Beni y Mamoré	<i>A. Material y equipo para la limpieza de ríos:</i>		
	Barcos hidrográficos y equipos	2	83 580
	Snag Boat (Saca Palos)	2	394 400
	Remolcadores de servicio	2	29 000
	Juegos de boyas y accesorios	3	104 400
	<i>Subtotal</i>		611 380
	<i>B. Instalaciones fijas</i>		
	Pontones flotantes, básculas y artefactos para puertos	8	900 160
	Astilleros	2	232 000
	<i>Subtotal</i>		1 132 160
	<i>C. Material de transportes</i>		
	<i>1. Para el río Beni</i>		
	Empujador de 150 H.P.	1	69 600
	Barcazas para carga de 50 ton.	2	13 920
	Barcazas para 50 cabezas de ganado	2	11 600
	Barcos para pasajeros	1	52 200
	<i>Subtotal</i>		147 320
	<i>2. Para el río Mamoré</i>		
	Empujador de 270 H.P.	2	208 800
	Barcazas para carga de 100 ton.	2	55 680
	Barcazas para 100 cabezas de ganado	2	46 400
	Barcos de pasajeros	1	52 200
<i>Subtotal</i>		363 080	
<i>D. 10% para transporte e instalación de los materiales y equipos en sus respectivas bases de operación</i>			
		225 394	
<i>Total</i>		2 479 334	

Cuadro 54

BOLIVIA: MATERIAL, EQUIPO Y GASTOS CORRIENTES PARA LA INSTALACION
Y EXPLOTACION DEL TRANSPORTE FLUVIAL

(Dólares)

	<i>Primer quinquenio</i>	<i>Segundo quinquenio</i>	<i>Total general</i>
I. Inversiones:			
A. Material de limpieza de ríos	611 380	—	611 380
B. Material para instalaciones fijas:			
1. Para 2 astilleros	116 000	116 000	232 000
2. Para 8 puertos	675 120	225 040	900 160
C. Material de transportes:			
1. Para el río Beni	147 320	—	147 320
2. Para el río Mamoré	310 880	52 200	363 080
D. Inversiones para transporte e instalación de material y equipo	186 070	39 324	225 394
<i>Total</i>	2 046 770	432 564	2 479 334
II. Gastos corrientes:			
1. Personal de operación de reconocimiento	13 792	—	13 792
2. Personal para la limpieza de ríos	22 310	22 310	44 620
3. Personal para la operación de transportes	24 231	11 539	35 770
4. Personal permanente de astilleros	28 850	28 850	57 700
5. Combustibles y lubricantes para astilleros			
Mantenimiento de material y equipo:			
—De limpieza de ríos	305 690	305 690	611 380
—De astilleros	58 000	58 000	116 000
—De transportes	45 820	5 220	51 040
<i>Total</i>	505 908	438 824	944 732
<i>Total (I + II)</i>	2 552 678	871 388	3 424 066

Capítulo VII

CONTROL DE INUNDACIONES Y CONSERVACION DE SUELOS

A. SITUACION ACTUAL

En Bolivia hay dos regiones de importancia económica actual que registran periódicamente graves inundaciones: la zona de los Llanos, comprendida entre los ríos Beni, Mamoré e Itonamas (entre los paralelos 12° y 15° aproximadamente), y la del Altiplano cerca de Oruro, donde se desborda el río Desaguadero acrecentado por sus afluentes Mauri y Caranguillas. En la actualidad no existe en ninguna de esas zonas tipo de control alguno para reducir los daños inherentes.

Los ríos Beni y Mamoré inundan anualmente extensas regiones bajas de las provincias de Ballivian, Yacuma, Mamoré, Marbán y Cercado, del departamento del Beni. Sin embargo, en la actualidad, no se justifica económicamente realizar inversiones en grandes obras de control por diversas razones. La población que habita en estas zonas es reducida y la mayor parte de los daños causados por las inundaciones pueden aminorarse apreciablemente organizando un sistema de comunicaciones para anunciar con anticipación el peligro y facilitar su evacuación oportuna. La experiencia de años anteriores señala que las mayores pérdidas corresponden al ganado que se ahoga en el período de las creces de los ríos, daño que puede evitarse desplazándolo oportunamente a zonas un poco más altas. Mientras aumenta la colonización y crece la población de estas regiones, deben realizarse reconocimientos, levantamientos de planos y perfiles longitudinales de los ríos, aforos, investigaciones sobre calidades de suelos, etc. con el fin de acumular la información básica indispensable para estudiar adecuadamente el problema en sus aspectos técnicos y económicos. Es muy importante, y requiere tiempo, la determinación de las características del escurrimiento en los ríos y las correspondientes zonas de inundación para diferentes caudales.

Sólo con una información básica en varios aspectos se podrán delinear los métodos de control óptimos en cada lugar, incluyendo la reducción de los caudales máximos mediante embalses de regulación, y el confinamiento del escurrimiento a determinados cauces mediante mejoras y rectificaciones, diques, etc. Será posible así estudiar los costos de las distintas medidas que pueden adoptarse y seleccionar las soluciones —simples o combinadas— que resulten más económicas para lograr determinados objetivos: las zonas a proteger y el grado de seguridad de esas protecciones. Finalmente se podrán analizar los costos y beneficios de cada proyecto y determinar su conveniencia económica.

Simultáneamente con el control de las creces de los ríos debe abordarse el problema del avenamiento de las tierras llanas y, en algunos casos, de las más bajas.

El alto nivel de la napa freática en muchos lugares permitirá cubrir mediante bombeo las necesidades de agua, con diversos fines. La desecación de muchos pantanos interesa no sólo desde el punto de vista de habilitación de tierras para la agricultura y ganadería, sino también para el saneamiento —malaria, fiebre amarilla, etc.— de extensas regiones.

El proyecto del Bala para la producción de energía hidroeléctrica, el control de inundaciones y el mejoramiento de

navegación del río Beni, está en consideración desde hace varios años. Se trata de una obra de gran aliento para el futuro. La formación montañosa que atraviesa ese río al sur de Rurrenabaque presenta un sitio de características muy favorables para la construcción de un gran embalse, con un dique de 80 metros de alto y unos 150 metros de ancho. Por desgracia, ese control estaría relativamente cerca de las cabeceras del río y sólo una porción reducida de su cuenca imbrífera caería bajo la acción reguladora de él.¹

Este proyecto deberá estudiarse con las informaciones hidrológicas básicas, acumuladas como parte del programa nacional de investigación de los recursos hidráulicos. Cuando el área del río Beni esté muy desarrollada, ese río será de la mayor importancia económica por su influencia adicional en el suministro de energía y en la navegación. Se estima que su potencial hidroeléctrico económico superaría los 500 000 kW y que la reducción en la longitud de diversos caminos a construirse, representaría una economía grande pues esas vías serían sustituidas por la navegación en el lago artificial que se formaría de 60 kilómetros de longitud, a lo largo del río, y unos 1 800 kilómetros cuadrados de superficie.

Un proyecto de fines múltiples con mayores probabilidades de justificación económica inmediata es el destinado a controlar las inundaciones cerca de Oruro. Desde hace más de 50 años la vegetación arbustiva y de pajonales en las cabeceras del río Mauri se ha ido cortando indiscriminadamente y transportando en ferrocarril para emplearla como combustible. Como consecuencia de la eliminación de ese elemento protector del suelo, una extensa erosión castiga a la zona y el río transporta grandes cantidades de sedimentos que van a depositarse en la desembocadura del río Desaguadero en el lago Poopó, provocando las inundaciones correspondientes. El río Desaguadero, antes navegable en pequeña escala, ha perdido esa utilidad con el embancamiento de su curso inferior.

Se deberán investigar los medios para controlar la erosión en el río Mauri y evitar así el transporte y la sedimentación correspondiente, con sus perniciosas consecuencias. Posteriormente convendría estudiar el proyecto de embalse del Desaguadero, para el que existen diferentes soluciones, con fines de riego y producción de energía y determinar sus posibilidades económicas. Este proyecto sería una parte importante del posible desarrollo de esta zona del Altiplano.

La erosión presenta características muy graves en diversas regiones del país (Valles de Sucre, Tarija, Tupiza, Cotagaita, Vallegrande, Mizque, etc.). En relación con las prácticas agrícolas inadecuadas que se emplean en Bolivia, se

¹ En Bolivia se considera que cerca de un millón de hectáreas de tierras se beneficiarían con esta obra. Sin embargo, en términos generales, la experiencia en muchos lugares indica que por lo menos una tercera parte del área total de drenaje de una cuenca debe encontrarse bajo control de embalses, para lograr una reducción efectiva de sus creces.

han mencionado ya algunas excepcionalmente adversas y que favorecen la erosión: los cultivos en la laderas de las montañas, con surcos que se alejan apreciablemente de las líneas de nivel; el sobrepastoreo; la falta de rotación en los cultivos, y la destrucción de la vegetación natural en procura de combustibles.

En el altiplano es muy frecuente que la falta de obras de drenaje y de mejoramiento de los lechos de ríos y quebradas provoque que las aguas corran peligrosamente fuera de sus cauces normales, destruyendo terrenos de cultivo y caminos.

La erosión profunda de las capas superiores del suelo, más absorbentes, deja al descubierto las menos permeables del subsuelo, agravando los problemas relacionados con el escurrimiento incontrolado del agua, principalmente en cuanto a crecidas e inundaciones. Este proceso —que no ha logrado aún una acción práctica por parte de las autoridades correspondientes ni alterar la indiferencia de la gente del campo— es, por su propia naturaleza, de características adversas que con el tiempo han ido aumentando en intensidad y extensión.

Además del daño directo gravísimo que causa la erosión en las tierras de cultivo inutilizándolas, las aguas, cargadas con los materiales de arrastre correspondientes, crean otros problemas adicionales, pues es preciso purificarlas en mayor o menor grado para su empleo en el consumo doméstico, en las industrias, en la producción de energía eléctrica o en el riego. Se achica el volumen y se acorta la vida útil de los embalses para su embancamiento. La sedimentación en los mismos lechos de los ríos provoca la inestabilidad de sus recorridos, acrecienta el peligro de las inundaciones y reduce la capacidad de navegación.

Es penosísimo el espectáculo que presenta, por ejemplo, la cuenca alta del río Pilcomayo, por el estado avanzado en

que se encuentra la erosión. En las inmediaciones de la ciudad de Sucre es posible comprobar la gravísima influencia que tiene en ese proceso el sobrepastoreo de las laderas de las montañas, principalmente con rebaños de cabras. Impresiona en forma extraordinaria —incluso a los neófitos en materia de conservación de suelos— contemplar desde un avión el avanzado proceso de destrucción en que se encuentran las tierras cerca de la ciudad de Tarija. También el río Grande, en sus cuencas alta y media, muestra efectos similares de deterioro. En general los habitantes de los departamentos de Tarija, Chuquisaca y Cochabamba observan que el régimen hidrológico en los últimos años ha empeorado, produciéndose riadas más grandes y estiajes de mayor duración, fenómenos que se explican principalmente por el desbosque y sobrepastoreo de las cuencas altas, sumadas a las prácticas agrícolas antes mencionadas, que agravan la destrucción de los suelos.

Los lechos de algunos ríos torrentosos que atraviesan poblaciones importantes han sido canalizados mediante diques longitudinales, para fijar su curso y evitar inundaciones. Tal es el caso del Choqueyapu en La Paz, y el Rocha en Cochabamba. En el primero se ha entubado el río en algunos sectores céntricos de la ciudad. Además es frecuente encontrar en los valles principales defensas ribereñas, en ríos y quebradas, para evitar daños en épocas de crecida a campos de cultivo (Yotala), líneas de ferrocarril (Oruro-Cochabamba), caminos, etc.

Como la mayor parte de estas obras han sido construidas hace 20 ó más años, muchas realizadas por iniciativa privada y abarcan en tamaño una amplísima gama, no es posible tener una información fidedigna de las inversiones realizadas en esta materia. Sin embargo, una estimación rápida para fijar sólo un orden de magnitud arroja una cifra equivalente a 3 millones de dólares.

B. RECOMENDACIONES

De las consideraciones anteriores surgen las recomendaciones principales siguientes:

1. Dotar al gobierno de los recursos legales necesarios para racionalizar la explotación de pastos y bosques (pastoreo, extracción de maderas, etc.) y limitar en ciertos aspectos determinadas prácticas campesinas que van exterminando las reducidas tierras aptas para la agricultura, sobre todo en el altiplano y los valles;

2. Creación de un organismo dentro del Ministerio de Agricultura que se ocupe específicamente de la conservación de los suelos y corrección de torrentes, con los medios económicos y la autoridad suficientes para realizar obras de reforestación; obligar a la replantación de zonas taladas; clausurar determinadas zonas destinadas al pastoreo; limitar el número de animales que puedan pastar por hectárea y el período de pastoreo; fijar las zonas forestales que puedan

explotarse para extraer madera y los métodos de explotación, etc. A este fin será conveniente obtener la asistencia técnica necesaria de los organismos internacionales pertinentes;

3. Crear una conciencia nacional de que el recurso conjunto "tierra-agua", indispensable para la vida del país, se encuentra en avanzado proceso de destrucción por determinadas prácticas perniciosas de quienes lo explotan, y que es necesaria la cooperación del campesino con las autoridades, cumpliendo fielmente las indicaciones que de ellas emanen, para poner atajo inmediato a este empobrecimiento colectivo;

4. Organizar la obtención y recolección sistemática y continuada de las diversas informaciones necesarias para estudiar técnica y económicamente el problema de las inundaciones y el avenamiento de suelos en el altiplano (inmediaciones de Oruro) y en los llanos (principalmente en el departamento del Beni).

Capítulo VIII

ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

A. SITUACION ACTUAL

No existe en Bolivia 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. La organización administrativa del gobierno para el aprovechamiento del agua no es muy adecuada. En determinados aspectos hay duplicación de organismos con atribuciones no bien definidas que a veces superponen sus funciones. En otros, por el contrario, hay carencia de actividades. Como ejemplo del primer caso puede citarse el agua potable, actividad en la que tienen ingerencia el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (Departamento de Hidráulica y Electricidad), el Ministerio de Salud Pública (División de Saneamiento Ambiental), las municipalidades respectivas y, en algunos casos, las prefecturas departamentales e incluso "comités impulsores" especiales. Ejemplo opuesto es la falta de un organismo que se ocupe específicamente de las vías fluviales navegables. Aunque fue creada la Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía por un Decreto Supremo en diciembre de 1960, la organización de la misma estaba pendiente de llevar a cabo todavía cuando se redactó este informe.

Las reparticiones públicas principales que se ocupan de

una manera o de otra del aprovechamiento del agua son:¹

a) *Agua potable*: Departamento de Hidráulica y Electricidad (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones);² División de Saneamiento Ambiental (Ministerio de Salud Pública); Prefecturas Departamentales (Ministerio de Gobierno); Municipalidades; Servicio de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento; Ministerio de Defensa.

b) *Utilización en la industria y la minería*: Corporación Boliviana de Fomento (industrias dependientes de esta institución y el Servicio de Agua Subterránea); Yacimientos Petrolíferos Fiscales; Corporación Minera de Bolivia.

c) *Riego*: Dirección de Riego (Ministerio de Agricultura); Universidades.

d) *Hidroelectricidad*: Corporación Boliviana de Fomento; Municipalidades.

e) *Navegación*: Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía; Ministerio de Defensa.

¹ En las secciones sobre hidrometeorología e hidrología del capítulo I se citaron las que se encargan de las observaciones y mediciones correspondientes.

² Después de redactado este informe se creó la Dirección Nacional de Electricidad.

B. MEDIDAS SUGERIDAS

Sería muy conveniente realizar un estudio minucioso para racionalizar la organización actual de todas las dependencias públicas que tienen ingerencia en las investigaciones y manejo del agua, con el fin de conseguir una distribución más lógica de las labores y refundir o eliminar organismos que se ocupan de una misma función.

Para orientar la racionalización antes indicada parecen adecuadas las siguientes medidas:

a) Creación de un Comité Nacional de Meteorología e Hidrología;

b) Creación de un Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos en la Junta Nacional de Planeamiento;

c) Creación de un organismo nacional encargado de promover el desarrollo de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado;³

d) Organización de la Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía como autoridad máxima en materia de navegación fluvial y lacustre;

e) Especificar la autoridad nacional superior en materia de Planificación y, eventualmente, ejecución del plan de electrificación;

f) Delimitación de las funciones de cada organismo.

³ Después de la redacción de este informe se creó el organismo recomendado con el nombre de Administración Boliviana de Obras Sanitarias (ABOS), en virtud de la ley de 12 de enero de 1962.

1. *Comité Nacional de Meteorología e Hidrología*

En otro lugar de este informe se dan detalles de este organismo.⁴

2. *Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos*

Con responsabilidades ejecutivas en el campo del agua, distribuidas en varias reparticiones públicas dependientes a su vez de distintos ministerios, resulta imprescindible la coordinación de sus actividades. Con el fin de promover un desarrollo sistemático y eficiente de los recursos hidráulicos se recomienda la creación de un Centro coordinador a un nivel apropiado en la Junta Nacional de Planeamiento. (Véase el gráfico V.)

El Centro se ocuparía de definir la política general sobre los recursos hidráulicos; planificar, evaluar y financiar proyectos y programas; centralizar la información básica necesaria para formular proyectos y programas, etc.

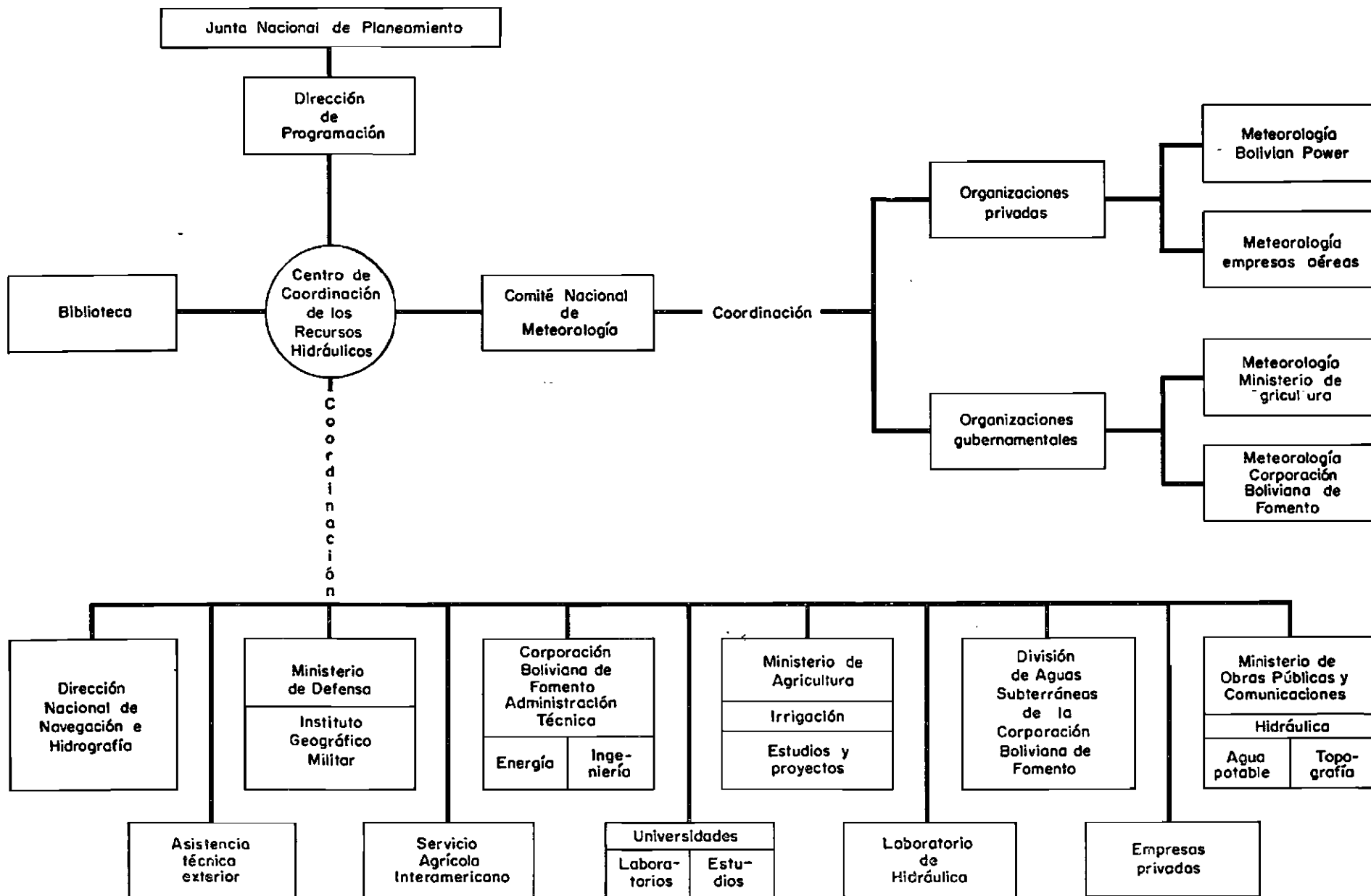
a) *Política general*

Los aspectos que requieren atención preferente en esta materia son:

⁴ Véase *supra*, capítulo I, sección D.

Gráfico V

BOLIVIA: ORGANOGRAMA DEL CENTRO DE COORDINACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS



i) División de responsabilidades para el desarrollo de los recursos entre los sectores público y privado de la economía y entre los distintos niveles gubernamentales;

ii) Determinación de prioridades y relaciones entre los distintos usos y consumidores de agua;

iii) La medida en la que el desarrollo de los recursos hidráulicos y las reglamentaciones pertinentes deberían usarse para promover otros objetivos de política nacional: tamaño de las fincas y consolidación de propiedades, colonización, reajustes en la distribución del ingreso y de la propiedad, etc.;

iv) El papel de los recursos hidráulicos para estimular el crecimiento económico nacional y promover los desarrollos regionales;

v) Distribución de la responsabilidad financiera entre los distintos beneficiarios de un proyecto;

vi) Incentivos *versus* reglamentaciones en el logro de los objetivos de un programa;

vii) Forma y medida de la participación de Bolivia en los programas de desarrollo de ríos y lagos internacionales.

b) *Planificación y evaluación de proyectos y programas*

La función planificadora incluiría la estimación de los recursos potenciales de desarrollo y la preparación de planes integrales de gran alcance de los recursos hidráulicos en todo el país, incluyendo:

i) Programas integrales para el desarrollo de los recursos hidráulicos por cuencas;

ii) Desarrollo equilibrado de obras destinadas a diversos fines: energía, riego, suministro de agua (potable e industrial), control de inundaciones y navegación, sea con proyectos de objetivo único u objetivos múltiples, de acuerdo con las necesidades nacionales y regionales;

iii) Establecimiento de normas técnicas y económicas y criterios para la formulación y evaluación de proyectos y programas;

iv) Revisión, modificación y asignación de grado de prioridad a proyectos propuestos por organismos operadores, a base de consideraciones tales como las necesidades, la calidad de los datos básicos disponibles, las posibilidades económicas y financieras, la compatibilidad con programas integrales de desarrollo hidráulico y las contribuciones al crecimiento económico regional y nacional.

v) Programación de la investigación de posibles proyectos con anticipación suficiente como para contar con las informaciones, técnicas y económicas, adecuadas a la formulación y evaluación del proyecto, cuando se llegue a la etapa de planeamiento en detalle.

c) *Otras funciones conexas*

Otras actividades del Centro incluirían:

i) El establecimiento y mantenimiento de un archivo o *cardex* que cubriera toda la información disponible en materia de agua, las actividades de todos los organismos relacionados con su medición y su uso, el estado en que se encuentran los proyectos y las obras en operación, los informes de comisiones, grupos de estudio y expertos, y otros asuntos pertinentes;

ii) La revisión, coordinación e iniciativas sobre solicitudes de asistencia técnica, programas de capacitación, y otras colaboraciones de organismos internacionales relacionados con el agua;

iii) Realización de paneles de especialistas provenientes de las oficinas operadoras y de otras dependencias de la Jun-

ta de Planeamiento para trabajar en problemas específicos de acuerdo con las necesidades.

El personal requerido inicialmente por el Centro de coordinación incluiría como mínimo: un economista en recursos hidráulicos, un ingeniero hidraulicista y un hidrometeorólogo general. Como se indica posteriormente, sería recomendable solicitar la asistencia técnica de un analista en recursos hidráulicos en general, para que trabaje dos o tres años con el Centro de Coordinación.

3. *Organismo nacional promotor de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado*

Para asegurar el planeamiento sistemático de los suministros de agua potable y servicios de alcantarillado en la nación, debe centrarse la responsabilidad sobre estos aspectos en un organismo nacional como el que se proyectó con el nombre de "Junta Autónoma Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado",⁵ con la cooperación directa de aquellas reparticiones encargadas también del suministro de agua, dependientes de los ministerios de Obras Públicas y de Salud Pública. La creación de este organismo contribuiría a la coordinación y planificación efectiva de todas las actividades relacionadas con el suministro de agua potable y alcantarillados.

4. *Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía*

La organización de esta dependencia especializada, responsable de la planificación y desarrollo de la navegación fluvial y lacustre, así como de las investigaciones hidrográficas, promoverá la ampliación ordenada de facilidades (navegabilidad, instalaciones, equipos, etc.), operación y administración de los sistemas fluviales y lacustres para el transporte de personas y mercancías.

5. *Organismo nacional planificador de los servicios eléctricos*

Dada la magnitud relativamente reducida de la programación inmediata de la energía eléctrica en todo el país, podrían encargarse al Departamento de Energía de la Corporación Boliviana de Fomento todas las labores de desarrollo en el ámbito de la actividad que competen a los capitales públicos, incluyendo la operación de algunos sistemas.

Esta situación se mantendría hasta que la expansión de las labores eléctricas en el país justifiquen la creación de una Autoridad Nacional de Energía Eléctrica, independiente de la Corporación Boliviana de Fomento, que eventualmente tendría las responsabilidades del desarrollo y operación de sistemas.

6. *Otras medidas*

Se sugieren a continuación otras medidas relacionadas con la distribución de responsabilidades y delimitación de funciones.

a) *Departamento Hidrológico de la Corporación Boliviana de Fomento*

Toda la información hidrológica convendrá coordinarla en este departamento, supeditado al control general del Centro de coordinación. Esto permitiría una clasificación

⁵ Véase *supra*, nota 3 de este capítulo.

adecuada de los datos técnicos relacionados con las mediciones hidrométricas y de sedimentos, extensiones de series estadísticas, etc. obtenidas de diferentes organizaciones, tanto privadas como gubernamentales. Esta información sería a su vez accesible a todos los ministerios y oficinas ligadas con la planificación, proyecto u operación de obras hidráulicas.

b) *División de Agua Subterránea de la Corporación Boliviana de Fomento*

Esta División, que necesita el refuerzo de una sección de investigación hidrogeológica (conviene solicitar asistencia técnica exterior), sería responsable de las operaciones en materia de agua subterránea y proporcionaría un servicio nacional sobre alumbramiento de agua para el suministro de población, riego, necesidades industriales, etc.

c) *Dirección de Riego del Ministerio de Agricultura*

A esta Dirección, reforzada por varios expertos —incluyendo asistencia técnica exterior: un economista, un especialista en suelos y un agrónomo— se le debe asignar la res-

ponsabilidad de toda la planificación del riego, el estudio de proyectos y la operación de sistemas. Debiera encargarse de ejecutar un programa nacional de riego bajo la guía general del "Centro de Coordinación". Sin embargo, la construcción propiamente dicha de los proyectos principales podría entregarse a una Corporación de Desarrollo (o a la Corporación Boliviana de Fomento), que dejaría a su vez la operación de los mismos a la Dirección de Riego a la terminación de las obras.

d) *Instituto Geográfico Militar*

Todo el trabajo de aerofotogrametría y confección de mapas debiera realizarse bajo la dirección general de este Instituto, que además se encargaría de coordinar las tareas pertinentes de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y de las compañías petroleras privadas, con el fin de conseguir una recopilación fidedigna y una clasificación completa de todos los trabajos cartográficos realizados en el país. Todo ese material técnico tendría que ser accesible a los diferentes organismos relacionados con el agua, para aprovechar así al máximo, en sus respectivas tareas, las fotografías aéreas disponibles.

Capítulo IX

ASISTENCIA TECNICA REQUERIDA

En varios capítulos de este informe se ha señalado la necesidad de obtener contribución técnica del exterior para organizar y fortalecer las instituciones públicas de Bolivia vinculadas a la investigación y aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Sería conveniente que el país estudiara la posibilidad de solicitar asistencia a las Naciones Unidas para contar temporalmente con la asesoría de un experto en cada una de las especialidades siguientes: a) legislación hidráulica y organización administrativa; b) meteorología e hidrología; c) hidrogeología; y d) análisis general de recursos hidráulicos. Finalmente, debiera contarse con un grupo de expertos para cooperar en la formulación de los proyectos de riego, un economista agrícola y un agrónomo especialista en análisis de suelos.

Las labores que realizaría cada uno serían:

Experto en legislación hidráulica y organización administrativa (3 a 6 meses)

Se ocuparía de preparar un código de aguas que haga posible el aprovechamiento óptimo de este recurso en relación con la economía nacional. Abarcaría: concesión de autoridad suficiente a los diversos organismos responsables para controlar y reglamentar el uso del agua; concesión de mercedes; derechos de propiedad; aspectos tarifarios, etc.

Trabajaría en estrecha colaboración con los organismos públicos existentes relacionados con el agua y, de preferencia, como agregado a la Junta Nacional de Planeamiento. Asesoraría además a las autoridades en la estructuración administrativa e institucional vinculada al agua.

Expertos en meteorología e hidrología (3 a 5 años)

Serían funciones de estos expertos en sus respectivos campos, las siguientes:

- a) Asesorar y supervisar las ampliaciones propuestas de las redes meteorológicas e hidrológicas;
- b) Realizar cursos par la formación de observadores y técnicos;
- c) Asesorar sobre tipos de instrumental a usarse;
- d) Asesorar sobre los asuntos técnicos e institucionales relativos a la coordinación de los diversos servicios;
- e) Sugerir la colaboración de expertos de menor jerarquía.

Atendiendo a las circunstancias relacionadas directamente con las posibilidades financieras del gobierno y la escasez de técnicos nacionales, algunas autoridades locales han pensado, a efectos de incrementar rápidamente sus redes meteorológica e hidrológica, que Bolivia podría requerir la asistencia del Fondo Especial de las Naciones Unidas, pues su solicitud cumpliría con los criterios para selección de proyectos de la organización.

Dada la situación geográfica en que se encuentra el país, es necesario destacar que el incremento de sus redes meteorológica e hidrológica, aunque contribuye directamente a su beneficio en esos campos, también contribuirá en alguna medida al conocimiento correspondiente en los países limítrofes.

Experto en hidrogeología (2 a 3 años)

Se encargaría de examinar toda la información disponible que hay en el país en materia de agua subterránea, así como de programar y dirigir un plan de investigaciones geofísicas con el objeto de localizar y evaluar ese recurso en las regiones que requieren de su aprovechamiento inmediato o a corto plazo. Zonas como el Altiplano y los Valles que, por su potencialidad agrícola, hacen especialmente atractivo el riego, debían ser consideradas con alta prioridad en estos estudios. Eventualmente, de acuerdo con el deseo expresado por algunas autoridades, podría solicitarse la colaboración del Fondo Especial de las Naciones Unidas en el programa de investigación y desarrollo de las aguas subterráneas.

Analista general de los recursos hidráulicos (2 a 3 años)

Trabajaría directamente en el Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos que se recomienda organizar dentro de la Junta Nacional de Planeamiento. Se ocuparía de su asesoramiento en materias de alto nivel: política general en materia de aguas, planeamiento y evaluación de proyectos y programas, coordinación de las actividades de los expertos de asistencia técnica en materias hidráulicas, promoción en la búsqueda de informaciones básicas, etc.

Por la labor que le competiría, necesitaría simultáneamente conocimientos de ingeniería y economía (de preferencia ingeniero con experiencia en aprovechamientos hidráulicos y análisis económicos). Le correspondería examinar las necesidades de agua para el suministro urbano, la minería, la industria, la agricultura, la generación eléctrica, etc. Atendería también problemas relacionados con el control de inundaciones, la contaminación de cursos de agua, la corrección de torrentes, etc. Le tocaría orientar decisiones sobre empleo de recursos con fines múltiples, prioridades en usos alternativos, elección de fuentes alternativas, etc.

Grupo de Expertos para cooperar en la formulación de proyectos de riego

Este grupo, que estaría constituido por un economista agrícola y un agrónomo especializado en análisis de suelos, trabajaría en estrecha colaboración con la Dirección de Riego y el Centro de Coordinación de los Recursos Hidráulicos. Se ocuparían primero de analizar detenidamente el valor agroeconómico de cada uno de los proyectos de riego, que la Dirección tiene en estudio (más de 40), incluyendo la orientación en la búsqueda de los datos básicos complementarios que sean necesarios. Posteriormente cooperaría en la formulación de un plan nacional de obras de riego integrado dentro del plan de desarrollo de los recursos hidráulicos y del económico general del país.

Su presencia sería necesaria sólo cuando se encare la reorganización y el fortalecimiento de la Dirección de Riego y esa oficina cuente con el personal nacional conveniente.

Anexo

PLAN DE AMPLIACION DE LAS REDES METEOROLOGICAS E HIDROLOGICAS DE BOLIVIA

I. RED METEOROLOGICA

A. Clasificación de las estaciones

Las nuevas estaciones meteorológicas deben quedar dentro de la clasificación siguiente, recomendada por la OMM. (Reglamento técnico, vol. I, OMM, N° 49, BD2, 1959.)

Estación sinóptica	(en este informe estación S.)
Estación climatológica	(en este informe estación C.)
Estación meteorológica agrícola	(en este informe estación A.)
Estación especial	(en este informe estación E.)

Debido a las grandes dificultades que se presentan en Bolivia para la organización eficaz de un servicio meteorológico, ya sea por la escasez de personal, las grandes regiones despobladas o las dificultades de acceso, las posibilidades de una estación deben servir a todas las ramas. Una estación sinóptica tiene automáticamente que entrar en las funciones de una estación climatológica, mientras que una estación agrometeorológica tiene que servir para observaciones climatológicas y en diversas regiones también sinópticas. Todas las estaciones tienen además funciones de hidrometeorología.

Para Bolivia, según lo explicado, se necesitaría un tipo de estación más general (uso múltiple).

Las estaciones sinópticas (S) que deben ser instaladas en Bolivia se pueden subdividir en dos grupos: estaciones terrestres básicas y estaciones terrestres suplementarias. En algunas de las primeras pueden instalarse estaciones de globos pilotos.

Las estaciones climatológicas (C) se subdividen en cuatro tipos, a saber: estación climatológica principal (CP), estación climatológica corriente (Cc), estación de observación de precipitación (R) y estación para fines especiales (E).

B. Programa de observaciones

El programa de observación de los diferentes tipos de estaciones indicadas comprende los siguientes elementos (OMM, N° 49, BD2), tomando en cuenta las condiciones especiales de Bolivia.

1. Estaciones sinópticas (estación terrestre básica):

- a) tiempo presente
- b) tiempo pasado
- c) dirección y velocidad del viento
- d) nubosidad
- e) tipo de nubes
- f) altitud de la base de las nubes
- g) visibilidad
- h) temperatura
- i) humedad
- j) presión atmosférica
- k) tendencia de la presión
- l) característica de la presión
- m) temperaturas extremas
- n) cantidad de precipitaciones
- o) estado del suelo
- p) dirección de las nubes
- q) fenómenos especiales

Para las condiciones especiales de Bolivia son recomendables las siguientes observaciones adicionales:

- r) insolación (heliofanía)
- s) evaporación
- t) intensidad de precipitación

2. Estación sinóptica terrestre suplementaria:

- a) tiempo presente
- b) tiempo pasado
- c) dirección y velocidad del viento
- d) nubosidad
- e) tipo de nubes
- f) visibilidad

En Bolivia sería recomendable además exigir las siguientes observaciones:

- g) temperatura
- h) temperaturas extremas
- i) humedad del aire
- j) cantidad de precipitaciones

3. Estación climatológica principal:

- a) tiempo
- b) viento
- c) nubosidad
- d) tipo de nubes
- e) visibilidad
- f) temperaturas (incluidas las temperaturas extremas)
- g) humedad
- h) presión atmosférica
- i) precipitación
- j) período solar
- k) temperatura del suelo

Además, en Bolivia sería recomendable añadir, sólo en lo que respecta a las observaciones agrometeorológicas, las observaciones siguientes:

- l) evaporación
- m) temperatura del suelo a diversas profundidades en:
 - i) el suelo desnudo
 - ii) el suelo recubierto de *mulch* o césped
- n) estado del suelo
- o) evaporación del suelo
- p) humedad del suelo
- q) observaciones fenológicas de los principales cultivos:
 - i) fecha de preparación del suelo
 - ii) fecha de siembra
 - iii) fecha de brote
 - iv) fecha de las principales floraciones
 - v) fecha de la caída de los botones floreados
 - vi) fecha de maduración
 - vii) fecha de la cosecha
 - viii) fecha de los principales tratamientos hechos a los cultivos.

Estas observaciones fenológicas pueden servir para el uso racional del agua de riego y a base de ellas hacer un asesoramiento agrícola completo.

4. Estación climatológica corriente (programa ampliado):

- a) temperatura del aire (seco y húmedo)
- b) temperaturas extremas del aire
- c) temperatura mínima del césped
- d) humedad del aire
- e) insolación (heliofanía)
- f) precipitación
- g) dirección y velocidad
- h) evaporación

Las estaciones climatológicas corrientes (ampliadas) ubicadas en regiones con proyecto de riego deben ser equipadas, además, con instrumentos para medir la humedad del suelo.

5. Estación de observación de precipitación

Las estaciones de observación de precipitación sólo observan la precipitación, pero los observadores deben dejar constancia además de todas las características del tiempo y del comienzo a fin de la precipitación.

C. Distribución de las nuevas estaciones

Debido a causas tales como la falta de personal y la dificultad de acceso, el número de las nuevas estaciones de observación deberá ser relativamente pequeño. No parece posible llegar a hacer comparable en poco tiempo el número de toda clase de estaciones meteorológicas en Bolivia con el nivel alcanzado en otros países cuya red de estaciones ha crecido en forma orgánica.

Por estas razones no se establecieron programas ni grados de prioridad. En efecto, a un aumento en el número de estaciones mencionadas debería corresponder un aumento proporcional de la organización interna del Servicio, el cual no sería posible con los medios existentes.

Fueron previstas:

- 1. 30 estaciones terrestres básicas (12 también para globos pilotos)
- 2 estaciones terrestres con observaciones adicionales
- 20 estaciones terrestres suplementarias (lugares todavía no definidos)

2. Estaciones climatológicas (C) y agrometeorológicas (A):

- 9 estaciones climatológicas principales (CP y A)
- 138 estaciones climatológicas corrientes (Cc)
- 376 estaciones de observación de precipitación (R)

3. Estaciones para fines especiales (E):

- 1 estación para investigación del microclima
- 1 estación para glaciología y radiación junto con el Observatorio de Chacaltaya de observaciones de rayos cósmicos.
- 5 estaciones volantes

Habría que añadir 25 pluviómetros que puedan servir para investigaciones especiales (por ejemplo, estudio de las hoyas hidrográficas para suministro de agua potable, etc.).

D. Instrumental necesario

1. Una estación sinóptica (estación terrestre básica) debe disponer del siguiente equipo:

- 1 barómetro de mercurio
- 1 barógrafo
- 1 psicrómetro de aspiración
- 2 termómetros de máxima
- 4 termómetros de mínima
- 1 anemocinógrafo
- 1 pluviógrafo
- 1 pluviómetro

- 1 heliofanógrafo
- 1 reloj de pared común con cuerda semanal

2. Para estaciones sinópticas terrestres suplementarias con observaciones adicionales:

- 1 veleta tipo Wild (dirección y fuerza del viento)
- 1 psicrómetro de aspiración completo
- 2 termómetros de máxima
- 2 termómetros de mínima
- 1 pluviómetro

3. Para servicio adicional con globos pilotos:

- 1 teodolito con trípode
- 1 generador de hidrógeno
- 1 tabla de evaluación, balones y productos químicos

El equipo de radiocomunicaciones, receptores y emisoras, generadores, etc., no se incluyen en esta lista.

4. Estaciones sinópticas terrestres suplementarias:

- 1 veleta tipo Wild (dirección y fuerza del viento)

5. Una estación climatológica principal debe tener el equipo siguiente:

- 1 barómetro de mercurio
- 1 barógrafo
- 1 psicrómetro de aspiración
- 2 termómetros de máxima
- 6 termómetros de mínima
- 1 termógrafo bimetalico (rotación semanal)
- 1 higrógrafo (rotación semanal)
- 1 heliofanógrafo
- 1 actinógrafo (rotación semanal)
- 1 anemocinógrafo (rotación diaria)
- 1 pluviógrafo (rotación diaria)
- 1 pluviómetro
- 1 rociógrafo (registro diario) o rocímetro
- 4 evaporímetros de Piche
- 1 evaporímetro de balanza
- 1 evaporímetro tipo "tanque A" U. S. Weather Bureau
- 2 termómetros de suelo de 2 cm con escala hasta 80° C
- 2 termómetros de suelo de 5 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 10 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 20 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 25 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 30 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 40 cm con escala hasta 60° C
- 2 termómetros de suelo de 50 cm con escala hasta 60° C
- 1 termómetro de suelo de 100 cm
- 2 lisímetros sistema Popoff
- 1 balanza para lisímetros
- 1 probador rápido de humedad
- 1 aspiradora Assman
- 1 reloj de pared común con cuerda semanal

6. Una estación climatológica corriente debe estar equipada en la siguiente forma:

- 1 psicrómetro de aspiración completo
- 1 termómetro de máxima
- 3 termómetros de mínima
- 1 termógrafo (rotación semanal)
- 1 higrógrafo (rotación semanal)
- 1 heliofanógrafo
- 1 veleta tipo Wild (dirección y fuerza del viento)
- 1 pluviógrafo (rotación diaria)
- 1 pluviómetro
- 1 evaporímetro tipo Piche
- 1 reloj de pared común con cuerda semanal

7. Una estación de observación de precipitación debe disponer de un pluviómetro.

E. Costo de los instrumentos

Sólo para dar una idea aproximada del costo de los instrumentos se dan las cifras siguientes:

	Costo unitario (dólares)	Total (dólares)
30 estaciones sinópticas básicas	1 300	39 000
12 equipos adicionales para observaciones con globos pilotos	800	9 600
2 estaciones terrestres suplementarias para observaciones adicionales	200	400
20 estaciones sinópticas suplementarias	20	400
9 estaciones climatológicas principales	2 650	23 850
138 estaciones climatológicas corrientes	500	69 000
376 estaciones de observación de precipitación	30	11 280
25 pluviómetros (proyectos especiales)	30	750
5 estaciones volantes	1 200	6 000
1 estación microclima	2 000	2 000
1 estación para glaciología y radiación	1 000	1 000
Total		163 280

Una estación de radiosondeo considerada en el plan anterior no se incluyó por estar ya en el país en operación. Tampoco se incluye el instrumental y equipo adicional, ni el de la oficina de calibración, taller de reparación, equipo para las oficinas, para radiotransmisión, para generación de energía eléctrica y vehículos para inspecciones.

Tomando en cuenta la fluctuación de los precios y las estimaciones algo bajas, se incluye un porcentaje alto de reserva (prácticamente un 25 por ciento), lo que da una cifra total aproximada de 200 000 dólares sólo para el instrumental. Esta suma no incluye el valor de las construcciones, ni el de las instalaciones, abrigos, etc.

La distribución de las estaciones tal como está dada en la lista adjunta comprende sólo —en los casos de estaciones sinópticas y climatológicas principales— una ubicación estratégica. No se puede decir lo mismo respecto de las estaciones de precipitación desde el punto de vista de la importancia hidrometeorológica de cada hoya hidrográfica. Las causas de ello son, principalmente, la escasa población y la situación topográfica desfavorable para dichos servicios.

F. Lista de las estaciones existentes y nuevas que deben ser equipadas

Estaciones sinópticas terrestres básicas (S)

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Apolo (S + C) | 16. Rurrenabaque (S + C) ^a |
| 2. Ascensión (S + C) | 17. San Borja (S + C) |
| 3. Camiri (S + C) | 18. San Ignacio M. (S + C) |
| 4. Cobija (S + C) ^a | 19. San Ignacio V. (S + C) |
| 5. Cochabamba (S) ^a | 20. San Javier (S + C) |
| 6. Concepción (S + C) | 21. San Joaquín (S + C) ^a |
| 7. Charaña (S) | 22. San José (S + C) ^a |
| 8. El Alto (S) | 23. Santa Ana (S + C) |
| 9. Guayaramerín (S + C) | 24. Santa Cruz (S + C) ^a |
| 10. Magdalena (S + C) | 25. Todos Santos (S + C) ^a |
| 11. Oruro (S + C) | 26. Trinidad (S) ^a |
| 12. Potosí (S + C) ^a | 27. Uyuni (S + C) |
| 13. Puerto Suárez (S) ^a | 28. Vallegrande (S + C) |
| 14. Riberalta (S) ^a | 29. Villamontes (S + C) |
| 15. Roboré (S + C) | 30. Yacuiba (S + C) ^a |

Estaciones terrestres suplementarias con observaciones adicionales

- | | |
|----------|-----------|
| 1. Sucre | 2. Tarija |
|----------|-----------|

^a Estaciones donde deben efectuarse observaciones con globos pilotos. Las estaciones con C deberán cumplir el programa de observaciones de estaciones climatológicas.

Estaciones climatológicas principales (C) y agrometeorológicas (A)

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1. Belén (Achacachi) (C + A) | 5. Riberalta (C + A) |
| 2. Cochabamba (C + A) | 6. Sucre (C) |
| 3. General Saavedra (S. Cruz) (C + A) | 7. Tarija (C + A) |
| 4. La Paz (C) | 8. Trinidad (C + A) |
| | 9. Yungas (C + A) |

Estaciones climatológicas corrientes (C_c)

Departamento de Beni

- | | | |
|-------------|--------------------|-----------------|
| 1. Bolma | 5. Piso Firme | 9. San Borja |
| 2. Espíritu | 6. Progreso | 10. San Rafael |
| 3. Loreto | 7. Puerto Ustáñez | 11. Villa Bella |
| 4. Mategua | 8. Puerto Villazón | |

Departamento de Chuquisaca

- | | | |
|-----------------|------------------|-------------------|
| 12. Camargo | 18. Padilla | 24. Tarabuquillo |
| 13. Culpina | 19. Palca Grande | 25. Tomina |
| 14. Lamboyo | 20. Puerto Azero | 26. Villa Serrano |
| 15. La Quemada | 21. Redención | 27. Zudáñez |
| 16. Monteagudo | 22. Rosal | |
| 17. Nancaroínza | 23. Tarabuco | |

Departamento de Cochabamba

- | | | |
|--------------------------------------------------|-------------------|------------------|
| 28. Arani | 33. Corani | 44. Sacabamba |
| 29. Camp. km. 125 (Camino Cochabamba-Santa Cruz) | 34. La Angostura | 45. Santa Isabel |
| | 35. La Barca | 46. Sarco |
| | 36. Mizque | 47. Sayarí |
| | 37. Morochata | 48. Schuencas |
| 30. Camp. km. 216 (Camino Cochabamba-Santa Cruz) | 38. Novillero | 49. Tarata |
| | 39. Parotaní | 50. Tiraque |
| | 40. Pocona | 51. Totora |
| 31. Capinota | 41. Puerto Mamoré | 52. Vila Vila |
| 32. Cliza | 42. Quillacollo | 53. Villa Tunari |
| | 43. Sacaba | |

Departamento de La Paz

- | | | |
|----------------|----------------|-------------------|
| 54. Asunta | 63. Coroico | 72. Puerto Acosta |
| 55. Ayo-Ayo | 64. Chulumani | 73. Santa Ana |
| 56. Benavides | 65. Chuma | 74. Sicasica |
| 57. Calacoto | 66. Churiaca | 75. Sorata |
| 58. Calamarca | 67. Laja | 76. Tipuani |
| 59. Carabuco | 68. Luribay | 77. Vilaque |
| 60. Caranavi | 69. Patacamaya | 78. Zongo |
| 61. Copacabana | 70. Peñas | |
| 62. Corocoro | 71. Pillapi | |

Departamento de Oruro

- | | | |
|----------------|----------------|-------------|
| 79. Cacachaca | 82. Eucaliptus | 85. Tacagua |
| 80. Challapata | 83. La Joya | |
| 81. Corque | 84. Pazña | |

Departamento de Pando

- | | | |
|----------------|-------------------|--------------------|
| 86. Bella Flor | 91. Manao | 96. San Pedro |
| 87. Carmen | 92. Puerto Rico | 97. Santa Rosa |
| 88. Chive | 93. San Francisco | 98. Santos Mercado |
| 89. Chorrillos | 94. San Lorenzo | |
| 90. Ingavi | 95. San Miguelito | |

Departamento de Potosí

- | | | |
|---------------|----------------|--------------|
| 99. Atocha | 103. Pocoata | 107. Tupiza |
| 100. Betanzos | 104. Quechisla | 108. Uncia |
| 101. Colcha | 105. Ravelo | 109. Yocalla |
| 102. Oploca | 106. Tumusla | |

Departamento de Santa Cruz

- | | | |
|-----------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| 110. Alegre | 115. Izozeg | 122. Puerto Grether |
| 111. Cabezas | 116. Lagunillas | 123. Saipina |
| 112. Camp. km 390
(Camino Cochabamba-Santa Cruz) | 117. Montero | 124. San Miguelito |
| 113. Charagua | 118. Motacusito | 125. Tusequis |
| 114. Choreti | 119. Puerto Abopó | 126. Yacuses |
| | 120. Puerto Camacho | 127. Yapacani |
| | 121. Puerto Frey | |

Departamento de Tarija

- | | | |
|---------------|-----------------|----------------|
| 128. Bernejo | 131. Chiquiaca | 134. Padcaya |
| 129. Caiza | 132. El Puente | 135. Pocitos |
| 130. Carapari | 133. Entre Ríos | 136. Sanandita |

Estaciones de observación de precipitación (R)

Departamento de Beni

- | | | |
|----------------------|----------------------|-------------|
| 1. Baurés | 5. Puerto Concepción | 8. Reyes |
| 2. Exaltación | 6. Puerto Márquez | 9. S. Ramón |
| 3. Huancaraje | 7. Puerto Rico | |
| 4. Puerto Calvimente | | |

Más 5 estaciones cuya ubicación no se ha determinado.

Departamento de Chuquisaca

- | | | |
|----------------|---------------|------------------|
| 10. Alcalá | 18. Machareti | 26. Tejar |
| 11. Azurduy | 19. Mojocola | 27. Tigüipa |
| 12. Carvajal | 20. Muyuquiri | 28. Vaca Guzmán |
| 13. Higuera | 21. Núcchu | 29. Villa Abecía |
| 14. Huacaya | 22. Pilcomayo | 30. Yamparáez |
| 15. Kocchis | 23. Poroma | 31. Yotala |
| 16. La Ciénaga | 24. Presto | |
| 17. La Loma | 25. San Lucas | |

Más 5 en las provincias N y S. Cinti.

Departamento de Cochabamba

- | | | |
|---------------------|--------------------|-----------------|
| 32. Aguas Calientes | 49. Independencia | 67. Sivingani |
| 33. Aiquile | 50. Irpa Irpa | 68. Suticollo |
| 34. Ansaldo | 51. Laguna | 69. Tablas |
| 35. Arpita | 52. Llamañacama | 70. Taquimbala |
| 36. Arque | 53. Lobo Rancho | 71. Thola Mayu |
| 37. Buen Retiro | 54. Locotal | 72. Toco |
| 38. Cadosa | 55. Mamanaca | 73. Tocopaya |
| 39. Cancani | 56. Mamata | 74. Tusani |
| 40. Canelas | 57. Mollini | 75. Ucureña |
| 41. Changolla | 58. Orcoma | 76. Uspha Uspha |
| 42. Charamoco | 59. Palmar | 77. Ventilla |
| 43. Chapírsica | 60. Pojo | 78. Vila Vila |
| 44. Chequemayu | 61. Puerto Patifio | 79. Vinto |
| 45. Colcha | 62. Puerto Tormo | 80. Yanacocha |
| 46. Cuevas Mayu | 63. Punata | |
| 47. Hermita | 64. Riegos | |
| 48. Higuera | 65. Román Calle | |
| | 66. San Francisco | |

Más 5 estaciones cuya ubicación no se ha determinado.

Departamento de la Paz

- | | | |
|----------------|----------------|---------------------|
| 81. Abaroa | 88. Chacoma | 95. Coripata |
| 82. Achiri | 89. Chigmuni | 96. Covendo |
| 83. Aigachi | 90. Chuspipata | 97. Curahura |
| 84. Anco Aque | 91. Colquiri | 98. Desaguadero |
| 85. Ancoraimas | 92. Comanche | 99. Gral. Ballivián |
| 86. Callapa | 93. Coniri | 100. Gral. Camacho |
| 87. Caquiaviri | 94. Contador | |

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| 101. General Campero | 112. La Cumbre | 123. Silencio |
| 102. General Pando | 113. La Rinconada | 124. Sopahaqui |
| 103. General Pérez | 114. Lomitas | 125. Tambillo |
| 104. Huallpacayo | 115. Mapiiri | 126. Tejada |
| 105. Huarina | 116. Nazacara | 127. Ulla Ulla |
| 106. Ilabaya | 117. Pelechuco | 128. Ulloma |
| 107. Ingaví | 118. Pongo | 129. Umala |
| 108. Inquisivi | 119. Puerto Pérez | 130. Urujaja |
| 109. Isla del Sol | 120. Pujata | 131. Viacha |
| 110. Italaque | 121. San José de Ch. | 132. Vilaque |
| 111. Kenko | 122. Santa Elena | 133. Villa G. Pérez |
| | | 134. Yaco |

Más 10 estaciones cuya ubicación no se ha determinado

Departamento de Oruro

- | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| 135. Andamarca | 147. Huancano | 158. Quilla |
| 136. Banderini | 148. Huanuni | 159. Sabaya |
| 137. Barrón | 149. Huari | 160. Sajama |
| 138. Callipampa | 150. La Cumbre | 161. Salinas de M. |
| 139. Challacollo | 151. Llanquera | 162. San Miguel |
| 140. Challapata | 152. Machacamarca | 163. Savarujó |
| 141. Choquecola | 153. Orinoca | 164. Soledad |
| 142. Condo | 154. Pampa Aullagas | 165. Todos Santos |
| 143. Coña Coña | 155. Papelpampa | 166. Tolapalca |
| 144. Cosapa | 156. Paria | 167. Toledo |
| 145. Curahura C. | 157. Poopo | 168. Turco |
| 146. Desvío Metabol | | |

Más 5 estaciones cuya ubicación no se ha determinado

Departamento de Pando

- | | | |
|----------------|-----------------|-------------|
| 169. Bolívar | 171. Filadelfia | 173. Moreno |
| 170. Conquista | 172. Humaitá | 174. Macebe |

Más 5 estaciones cuya ubicación no se ha determinado

Departamento de Potosí

- | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 175. Acacio | 197. Cuadrillas | 218. Río Grande |
| 176. Agua Castilla | 198. Desvío Velarde | 219. Río Márquez |
| 177. Agua Dulce | 199. Don Diego | 220. Río Mulato |
| 178. Arenales | 200. Durazos | 221. Rodero |
| 179. Ayoma | 201. Escoriani | 222. Sacaca |
| 180. Balcarse | 202. Frontera | 223. San Agustín |
| 181. Cantera | 203. Julaca | 224. San Juan |
| 182. Caripuyo | 204. Km 33 (ferrocarril Uyuni-Atocha) | 225. San Juan del Oro |
| 183. Carlos Machicado | | 226. San Pablo |
| 184. Cebadillas | 205. La Cumbre | 227. Tarapaya |
| 185. Cerdas | 206. Llica | 228. Tinguipaya |
| 186. Chancas | 207. Macha | 229. Toropalca |
| 187. Chayanta | 208. Mariaca | 230. Toro Toro |
| 188. Chiguana | 209. Medinacelli | 231. Tres Palcas |
| 189. Chita | 210. Mojo | 232. Uyuni |
| 190. Chocaya | 211. Moraya | 233. Vila Vila |
| 191. Colchani | 212. Ocuri | 234. Villazón |
| 192. Colquechaca | 213. Oro Ingenio | 235. Visicia |
| 193. Cóndor | 214. Peña Blanca | 236. Vitichi |
| 194. Condorini | 215. Proco | 237. Yonza |
| 195. Coroma | 216. Qehua | 238. Yura |
| 196. Cotagaita | 217. Quivi Quivi | |

Más 5 estaciones cuya ubicación no se ha determinado

Departamento de Santa Cruz

- | | | |
|----------------------|------------------|----------------|
| 239. Aguas Calientes | 243. Cañ. Larga | 248. Curiche |
| 240. Boca Chapare | 244. Cerrito | 249. El Carmen |
| 241. Boyuibe | 245. Copere | 250. El Puente |
| 242. Camarapa | 246. Cotoca | 251. El Tino |
| | 247. Cuatro Ojos | 252. F. Suárez |

253. Florida	269. Montero	284. Puerto	297. Santo Corazón	302. Tres Cruces	307. Uruguayito
254. Guabirá	270. Musuruquí	Quijarro	298. Soledad	303. Trigal	308. Warnes
255. Guarayito	271. Naranjos	285. Quimone	299. Tacuru	304. Tucavaca	309. Yaguarú
256. Gutiérrez	272. Palmito	286. Remanzo	300. Taperas	305. Tunas	310. Yotau
257. Hoyos	273. Palometas	287. Río Grande	301. Tayoy	306. Urubicha	
258. Imiri	274. Pampa Grande	288. San Carlos	Más 10 estaciones cuya ubicación no se ha determinado		
259. Ipias	275. Paurito	289. San Francisco			
260. Ivitiapi	276. Pensamiento	290. San Juan			
261. La Cal	277. Perseverancia	291. San Lorenzo			
262. La Esperanza	278. Piococa	292. San Matías			
263. La Guardia	279. Piriti	293. San Pablo			
264. Laguna	280. Portachuelos	294. Santa Ana			
265. La Mora	281. Portón	295. Santa Rosa de la R.			
266. Las Petas	282. Potrero de Abril	296. Santa Rosa del P.			
267. Limoncito	283. Pozo del Tigre				
268. Los Checos					

II. RED HIDROLOGICA

A. Número de estaciones

En colaboración con técnicos locales se han seleccionado 127 lugares en los que deben instalarse estaciones hidrológicas. En 6 de ellas únicamente se harán mediciones de alturas. También se ha considerado la posibilidad de instalar otras 5 en lugares aún no determinados.

Su distribución por departamentos es como sigue:

La Paz	29 (6 limnimétricas únicamente)
Cochabamba	18
Oruro	7
Potosí	14
Santa Cruz	17
Chuquisaca	12
Beni	14
Pando	7
Tarija	9
	127

Sus nombres y ubicación se indican más adelante, apartado F.

B. Instrumental

Se ha previsto que todas las estaciones tengan instaladas miras, en total 133. A fin de reducir los gastos de instrumental, sólo en 50 de ellas habría limnigrafos. Los lugares para ubicarlos se elegirían después de estudiar las condiciones hidrológicas de cada río y su ubicación.

Se deberá combinar con el amplio programa de estaciones de precipitación la colocación de pluviómetros en todas las instalaciones hidrológicas. Las estaciones meteorológicas a instalarse podrán proveer los datos adicionales que se requieran.

C. Instalación de las estaciones

Dada la extensión del país se ha considerado que la instalación de las estaciones, en la mayoría de los casos, podría llevarse a cabo por medio de cinco comisiones que se distribuyeran en otras tantas regiones.

Estas comisiones bien equipadas, con movilidad propia, realizarían su tarea en forma ágil y sin depender del organismo central, con el que estarían en comunicación por radio.

D. Realización de aforos y medición de material en suspensión

La tarea de realización de aforos podría ser realizada por 15 comisiones aforadoras, 5 de las cuales estarían provistas con toma muestras para la determinación de material en suspensión.

E. Costos principales en moneda extranjera

Para dar una idea aproximada de los principales gastos que se deben efectuar en moneda extranjera para la red propuesta se detalla a continuación una lista de ellos:

	Costo unitario (dólares)	Total (dólares)
133 miras metálicas de 5 metros (promedio)	20	2 660
50 limnigrafos	500	25 000
300 velocímetros	350	10 500
5 tomadores de muestra	500	2 500
30 cronómetros	14	420
500 rollos papel para limnigrafos	5	2 500
5 equipos para instalación estaciones aforos	2 000	10 000
5 vehículos pick-up	2 300	11 500
5 motores fuera de borda pequeños	300	1 500
5 motores fuera de borda grandes	500	2 500
5 equipos para efectuar instalaciones (herramientas, bombas, etc.)	2 000	10 000
5 transmisores y receptores	1 000	5 000
5 equipos de campaña (carpas, catres, etc.)	2 000	10 000
2 hornos secadores	200	400
útiles de oficina		3 000
Subtotal		97 480
Imprevistos y repuestos (10 por ciento)		9 748
Total		107 228

F. Lista de estaciones hidrológicas

Localidad o lugar	Provincia
<i>Departamento de La Paz</i>	
Estaciones medidoras de alturas	
1. Tiquina	Omasuyos
2. Huarina	Omasuyos
3. Aigachi	Los Andes
4. Guaqui	Ingavi
5. General Pérez	Pacajes
6. Guanaguas	Iturrealde
Estaciones medidoras de caudales	
7. Santa Ana	Sud Yungas
8. Sorata	Lacarecacha
9. Coroico	N. Yungas
10. Covendo	S. Yungas
11. San Miguel de Huachi	S. Yungas
12. Copacabana	M. Kapac
13. Palo Blanco	M. Yungas
14. Calacoto	Pacajes
15. Charaña	Pacajes
16. Pelechuco	Caupolicán
17. Inícuca	S. Yungas
18. Teoponte	Lacarecacha
19. Puerto Pando	Lacarecacha
20. Huanay	Lacarecacha
21. Miguilla	Inquisivi

Localidad o lugar	Provincia	Localidad o lugar	Provincia
22. Choquetanga	Inquisivi	74. Puerto Abapó	Cordillera
23. Quime	Inquisivi	75. Camiri	Cordillera
24. Puerto Heath	Iturrealde	76. Cuatro Ojos	Gutiérrez
25. Escoma	Camacho	77. Pampa Grande	Florida
26. Desaguadero	Ingavi	78. Fortín Suárez Arana	Cordillera
27. Ulloma	Pacajes	79. El Torno	Chiquitos
28. Coquiri	Inquisivi	80. Cajones	V. Grande
29. San José de Uchupiamonas	Iturrealde	81. Mairana	Florida
<i>Departamento de Cochabamba</i>		82. Puente Piray	Santisteban
Estaciones medidoras de caudales		83. Quimome	Chiquitos
30. Cochabamba	Cercado	84. Puerto Suárez	Chiquitos
31. Capinota	Capinota	85. Bobrapa	Chiquitos
32. Angostura	Tarata	<i>Departamento de Chuquisaca</i>	
33. Pocona	Carrasco	Estaciones medidoras de caudales	
34. Mizque	Mizque	86. Redención	Zudañez
35. Todos Santos	Aranibar	87. Padilla	Tomina
36. Sehuencas	Carrasco	88. Monteagudo	Siles
37. Totora	Carrasco	89. Camargo	Nor Cinti
38. Puerto Mamoré	Carrasco	90. Yairi	Siles
39. Misikuni	Aranibar	91. Villa Abecia	Nor Cinti
40. Villa Tunari	Aranibar	92. Nujcho	Oropeza
41. Aguada	Aranibar	93. Yotala	Oropeza
42. Santa Isabel PHC	Aranibar	94. Umaca	Oropeza
43. Locotal PHC	Aranibar	95. Puente Sucre	Oropeza
44. Incachaca PHC	Aranibar	96. Quilaquila	Oropeza
45. Candelaria	Aranibar	97. Las Carreras	Sud Cinti
46. Cara Orko PHC	Aranibar	<i>Departamento de Beni</i>	
47. Uspha Uspha	Cercado	Estaciones medidoras de caudales	
<i>Departamento de Oruro</i>		98. Riberalta	Vaca Diez
Estaciones medidoras de caudales		99. San Borja (Iténez)	Iténez
48. Sabaya	Sabaya	100. San Joaquín	Mamoré
49. Huachacalla	Sabaya	101. Magdalena	Iténez
50. Turco	Sajama	102. Mategua	Iténez
51. Todosantos	Sabaya	103. Santa Ana	Yacuma
52. Tolapalca	Cercado	104. Rurrenabaque	Ballivián
53. Morococala	Dalence	105. Trinidad	Cercado
54. Tacahua	Abaroa	106. Baures	Iténez
<i>Departamento de Potosí</i>		107. El Cafetal	Iténez
Estaciones medidoras de caudales		108. Misión Cavinás	Ballivián
55. Pocoata	Chayanta	109. San Román	Mamoré
56. Yocalla	Frías	110. Cachueta Esperanza	Vaca Diez
57. Quechisla	Nor Chichas	111. Puerto Siles	Mamoré
58. Oplaca	Sud Chichas	<i>Departamento de Pando</i>	
59. Tupiza	Sud Chichas	Estaciones medidoras de caudales	
60. Cotagaita	Nor Chichas	112. Cobija	N. Suárez
61. Yura	Quijarro	113. Manoa	Abuná
62. PHAP I	Saavedra	114. Puerto Rico	Manuripi
63. PHAP II	Saavedra	115. Bolpebra	N. Suárez
64. Ravelo	Chayanta	116. Filadelfia	Manuripi
65. Cóndor	Quijarro	117. Sena (Conquista)	Madre de Dios
66. Río Mulatos	Quijarro	118. Maguncia (San José)	Manuripi
67. Punutuma	Quijarro	<i>Departamento de Tarija</i>	
68. Landara	Quijarro	Estaciones medidoras de caudales	
<i>Departamento de Santa Cruz</i>		119. Bermejo	Arce
Estaciones medidoras de caudales		120. Entre Ríos	O'Connor
69. La Angostura (Piray)	Florida	121. Villa Montes	Gran Chaco
70. Puerto Frey	Velazco	122. San Jacinto	Avilés
71. PH Yapacani II	Ichilo	123. San Luis	Cercado
72. Yapacani I	Santisteban	124. San Mateo	Cercado
73. Puerto Grether	Ichilo	125. Esmeralda	Gran Chaco
		126. Fortín Campero	Arce
		127. Santa Ana	Cercado

Podrían instalarse otras 6 estaciones en lugares que se determinarían con posterioridad.

Esta lista se considera como la primera estimación de una ampliación de los servicios hidrológicos, ya que el corto tiempo de que dispuso la misión no permitió hacer recomendaciones definitivas previo el reconocimiento del terreno.

COLOMBIA

Introducción

PRINCIPALES CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y ECONOMICAS DE COLOMBIA

A. CONSIDERACIONES GENERALES

Colombia tiene una superficie aproximada de 1 136 000 km.² Presenta una gran variedad de regiones con características propias, debido principalmente a un complejo sistema orográfico y de factores edafológicos y meteorológicos.

Se pueden distinguir así cinco grandes regiones geográficas, a saber: la Llanura del Caribe, la Costa del Pacífico, la Orinoquia Colombiana, la Amazonia Colombiana y la Región Andina.

La Llanura del Caribe se extiende desde las costas del Caribe hasta los contrafuertes de las cordilleras andinas, presentando una amplia variedad de clima y vegetación. Luego de una zona costera baja, de pocas precipitaciones, que en la península de la Guajira representa la máxima aridez del país, se extiende una región más húmeda que se eleva ligeramente hacia el sur.

La Costa del Pacífico es una angosta franja limitada por el océano Pacífico y la cordillera Occidental y la serranía de Baudó. Es la región más lluviosa de Colombia y también una de las más lluviosas del mundo. Por su excesiva humedad posee una vegetación de tipo selvático que se extiende sobre las serranías y partes bajas de la cordillera Occidental.

La Orinoquia Colombiana comprende la parte norte del Oriente, desde el límite con Venezuela hasta el río Guaviare. Constituye una extensa sabana interrumpida por bosques galería. Su altura sobre el nivel del mar oscila entre 100 y 300 metros.

Una marcada división entre la Orinoquia Colombiana y la Amazonia Colombiana la constituye el río Guaviare. Al sur de este río se desarrolló la Amazonia que comprende hasta el extremo sur del Oriente. Está constituida por una selva tropical de tierra baja interrumpida por pequeñas sierras y mesetas.

La Región Andina abarca una importante zona del país. Sobre sus tres grandes cordilleras se desarrolla la mayor parte de la economía colombiana. Las variaciones de altura determinan variaciones en la temperatura y también modificaciones en la precipitación que forman regiones bioclimáticas distintas a cortas distancias.

Tanto las actividades económicas como la población de 15 millones de habitantes se encuentran muy desigualmente distribuidas. La parte principal está localizada en el noroeste y norte del territorio, donde una zona que se extiende desde sus costas hasta la cordillera Oriental, con el 40 por ciento de la superficie, tiene el 98 por ciento de la población.

La máxima concentración se observa en los niveles medios de la zona andina o piso térmico templado (de 1 000 a 2 000 metros sobre el nivel del mar). Allí, sobre el 9 por ciento de la superficie del país, vive el 37 por ciento de la población. La insalubridad de las zonas bajas determinó la afluencia hacia esos niveles, además del atractivo producido por la zona cafetera que se desarrolla en dicho piso térmico.

B. PAPEL DEL AGUA EN LA ECONOMIA

Colombia posee importantes recursos hidráulicos distribuidos a lo largo y a lo ancho de su extenso territorio. Muchos de ellos son muy poco conocidos aún y su grado de aprovechamiento es también precario (probablemente en conjunto sea del orden de un 5 por ciento). La economía colombiana reposa sobre una base esencialmente agrícola. Estos dos hechos combinados —la riqueza hídrica y la base agropecuaria de la economía— hacen que las actividades económicas y sociales colombianas dependan en alto grado del eficiente aprovechamiento de su potencial hidráulico.

Algunas cifras permitirán fijar las dimensiones y alcances del problema. En 1960, el 52 por ciento de la población vivía en el campo y no menos de otro 15 por ciento estaba radicado en pequeñas concentraciones demográficas fundamentalmente vinculadas con las actividades rurales. En el sector agropecuario se originaron ese mismo año el 34 por ciento del producto bruto interno y la mayor parte de las exportaciones. El café abarcó el 77 por ciento de estas últimas en la década 1950-59, correspondiéndole también una proporción considerable (45 por ciento) del producto del sector agrícola. Otros cultivos, principalmente de

consumo interno, están participando ahora con una cuota creciente, como consecuencia de los programas de desarrollo que se ha planteado el gobierno. Para 1964 se espera que tales cultivos constituyan el 60 por ciento del producto agrícola.

Puede apreciarse asimismo la creciente importancia que otros productos del campo —fuera del café— adquirirán sobre las exportaciones en el futuro próximo, estudiando las estimaciones del Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas Nacionales 1961-1964. En 1960, el café absorbía los dos tercios de dichas inversiones y los demás productos agropecuarios, menos de la décima parte. En 1970 se estima que las proporciones relativas serán, respectivamente, cerca de la mitad y la quinta parte.

Así, el Plan indica que el aumento de tierras bajo explotación agropecuaria será de 1 200 000 hectáreas en el período comprendido entre 1956-58 y 1964, lo que significa un 3.5 por ciento sobre la superficie actual. El aumento porcentual es mucho mayor —19 por ciento— si sólo se toman las tierras para cultivos agrícolas, llegando al 21 por ciento al excluir las dedicadas al café. Se estima que en el mismo lapso el aumento de la productividad me-

dia por hectárea, habría de elevarse respectivamente en 15 por ciento y 22 por ciento.

Estas cifras son muy elocuentes, máxime si se considera que los aumentos previstos parten de la base de que sólo una pequeña parte de la superficie nueva puesta bajo cultivo se hará gracias a la extensión del riego o de las obras de desecación. Es indudable que la productividad podría aumentar considerablemente, por encima del 15 por ciento indicado, si se mejoraran las condiciones de grandes extensiones de tierras aptas para el cultivo, mediante obras de regadío o drenaje. Sin embargo, conviene recordar que si bien esas obras permitirían aumentar considerablemente el rendimiento de las tierras que así se beneficiaran, ello no implicaría automáticamente un aumento similar en el rendimiento por hora-máquina u hora-hombre. En consecuencia, para lograr el máximo aprovechamiento del capital destinado a mejorar la producción agraria, será menester conjugar cuidadosamente los factores de inversión y de utilización —tanto de las obras hidráulicas como del equipo mecánico y su aprovechamiento— procurando obtener el coeficiente global benéfico-inversión más favorable.

En el mismo Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas Nacionales 1961-1964 se dan cifras respecto al aumento de la producción y las exportaciones de productos agrícolas en el cuatrienio. A juzgar por ellas, cabría esperar que, con respecto a 1956-58, en 1964 aumentarían la producción agrícola (excluido el café) en 100 por ciento y las exportaciones del mismo tipo en 47 por ciento. Se producirían principalmente más alimentos y más materiales intermedios industriales (por ejemplo, algodón, semillas oleaginosas, azúcar). El aumento del valor de las exportaciones agropecuarias en el período alcanzaría en valor absoluto a unos 330 millones de pesos de 1958.

Estas cifras son mucho menores en valor absoluto en el rubro de las importaciones, pero de un significado estructural más profundo. Así, en el lapso considerado, la importación de alimentos y materias primas alimenticias pasaría del 5.2 al 3.9 por ciento de la producción nacional, lo que representaría un aumento de sólo 1 por ciento en valor absoluto. En el sector ganadero ese aumento sería de 34 por ciento y en el conjunto de los alimentos agropecuarios, de 9 por ciento.

En el grupo de otros productos agrícolas, no alimenticios, la sustitución es notable: las importaciones, que en 1956-58 equivalían al 98 por ciento de la producción nacional, en 1964 se habrían reducido al 27 por ciento, denotando una disminución en valor absoluto de 58 por ciento.

El breve análisis que precede permite inferir que la política expansiva de la producción agraria, que podría intensificarse considerablemente si estuviera basada sobre un aprovechamiento más racional de los recursos hidráulicos, contribuye a aliviar el déficit en el balance de pagos. De ello derivaría un mejoramiento apreciable de los niveles de vida de la población.

Cabe anotar, además, que los pequeños aumentos en el valor de las importaciones de alimentos se verifican cuando el volumen de la población se acrecienta en 10 por ciento y el consumo de alimentos por habitante asciende también en un 10 por ciento debido a la mejora del nivel de nutrición.

Debe anotarse asimismo que el gran descenso de la importación de materiales agrícolas intermedios para industrias tiene lugar simultáneamente con un aumento de las actividades correspondientes, del orden del 40 por ciento en alimentos y bebidas y del 20 por ciento en textiles.

Además de jugar un papel descollante en la agricultura, el agua constituye el eje del proceso de urbanización. Sin servicios adecuados de abastecimiento de agua potable y red de alcantarillado no se concibe un rápido y equilibrado crecimiento urbano. Podrían citarse muchos casos en que ese crecimiento ha sido entorpecido o distorsionado por falta de fuentes de abastecimiento. El progreso de la concentración urbana se ha verificado en el decenio que termina con un ritmo algo superior al 5 por ciento anual y se estima que en los próximos diez años proseguirá con más de un 4 por ciento anual. Como resultado de ello, la población urbana, que en 1960 representó un 48 por ciento del total, pasaría al 52.5 en 1965 y al 56.5 por ciento en 1970, disminuyendo la población rural del 52 por ciento del total al 43.5 por ciento en los años extremos de la década. La población concentrada en ciudades con más de 100 000 habitantes acrecentaría su número, de 3.5 millones en 1960 a 4.5 millones en 1965, lo que equivale a un ascenso del 23 por ciento de la población total en 1960 al 27 por ciento en 1965. Para apreciar la magnitud del problema que supone el abastecimiento de agua potable y la eliminación de las aguas servidas, téngase en cuenta que el déficit actual de alcantarillado se ha estimado en 73 por ciento de la población. El 65 por ciento de ésta carece de servicios de agua potable y para otro 20 por ciento el consumo de agua es insuficiente y de calidad poco satisfactoria. En este punto, como ocurre siempre, la población urbana está mucho mejor servida que la rural. Así, hacia 1960, mientras un 90 por ciento de la población rural carecía del servicio de eliminación de aguas servidas, esa proporción era del orden del 49 por ciento en las ciudades. Las dos proporciones son similares en cuanto al aprovisionamiento de agua potable. El 84 por ciento de la población rural carece de dicho servicio y menos del 1 por ciento de la misma recibe agua completamente tratada. Para los centros poblados las cifras son más favorables: sólo una cuarta parte carece de agua potable, pero más del 60 por ciento recibe esos beneficios en forma de agua parcialmente tratada.

Para hacer frente rápidamente a este apremiante problema, el Plan Cuatrienal propone llevar a cabo un vigoroso programa de saneamiento, que incluye la construcción de múltiples obras para abastecimiento de agua y eliminación de residuos cloacales. El plan de acueductos y alcantarillados urbanos permitirá establecer esos servicios prácticamente en todos los centros de ese carácter, con lo cual quedaría atendida aproximadamente la mitad de la población. Por otra parte, se piensa construir acueductos rurales para abastecer de agua a unas 600 000 personas, lo que supondría un gran avance hacia la solución del problema en el campo.

Quedarían por resolver todavía otros aspectos del mismo problema, especialmente el de la dotación suficiente, el de la calidad del agua suministrada y el de los servicios sanitarios de evacuación de residuos. Ellos requerirán permanente atención y dedicación de recursos financieros para ir corrigiendo las múltiples situaciones deficitarias existentes.

No cabe duda de que la tarea de aliviar esa situación, con su secuela de males sociales, es de grandes proporciones y debe formar parte integral de una sana política de desarrollo hidráulico.

En materia de energía eléctrica, Colombia es ya hoy un país que se apoya principalmente en sus potenciales hídricos para proveerse de la energía necesaria. El 70 por

ciento de la capacidad instalada en servicio público y cerca del 80 por ciento de la energía generada y consumida en 1960 fue de ese origen. El Plan y otros estudios especiales proyectan una importante adición a la capacidad generadora en servicios públicos, que se estima en un millón de kW hasta 1965, lo que representa un ritmo ascendente anual de 13 por ciento sobre el nivel de 1959. De ese total, unas tres cuartas partes serán de origen hidráulico, en varios casos como resultado de un aprovechamiento múltiple de las posibilidades hídricas (por ejemplo, en el Valle del Cauca y en la región de Bogotá). Se mantendrán, pues, aproximadamente las relaciones anteriores de hidráulica/térmica, en la capacidad instalada y en la generación de electricidad.

Corresponde recordar también que Colombia posee abundante potencial hidroeléctrico, en gran parte de buenas condiciones de aprovechamiento y convenientemente localizado respecto a los mercados de consumo. Sin embargo, no se aprovecha ahora más que una insignificante fracción (el 1 ó el 2 por ciento) del que, dados los conocimientos actuales, podría desarrollarse económicamente.

La intensa utilización que se haga del potencial hidroeléctrico como fuente principal de abastecimiento de esa energía, combinada con el uso racional de las fuentes petrolíferas, del gas natural y, en casos aislados, de los yacimientos de carbón, permitirán configurar una política de desarrollo energético en consonancia con las necesidades del desarrollo general económico y social, como requisito previo fundamental y factor determinante de muchas de las metas que se plantean en el Plan.

La navegación fluvial, por último, aunque en aparente declinación por lo que toca al río Magdalena, puede adquirir niveles apreciables en un programa integrado de transportes y de desarrollos regionales, para el conjunto del país y principalmente para la región oriental. Esta materia, que podría desempeñar un papel estratégico en el desarrollo, requiere consideración acuciosa dentro del cuadro general de la utilización racional de los recursos del agua.

C. PLANEAMIENTO DEL SECTOR HIDRAULICO

Como en varias regiones de América Latina, el agua es escasa en algunas zonas de Colombia. La desigual distribución de la precipitación pluvial hace que se presenten regímenes fluviales irregulares, con caudales muy exigüos en algunas épocas del año y torrenciales en otras, causando grandes daños las inundaciones. Por consiguiente el agua constituye un factor limitativo serio para el desarrollo económico y el asentamiento de las poblaciones. De aquí que deba recibir la preferente atención de los planificadores del desarrollo en sus esfuerzos para estructurar las condiciones que consideren propicias al óptimo aprovechamiento de los recursos.

Como las obras de ingeniería para capacitación de aguas o defensa de ellas suelen requerir onerosas inversiones, es comprensible que, antes de decidirse a construirlas, deban someterse a cuidadoso análisis económico para lograr el máximo beneficio con el mínimo gasto. Para ello es importante tender a aprovechamientos múltiples, en los que las mismas obras puedan satisfacer diversas necesidades, tales como generación de energía hidroeléctrica, riego, abastecimiento de agua, etc.

A ese respecto conviene recordar que los usos del agua tienen características que permiten clasificarlos en dos grupos: consuntivo (riego, consumo para agua potable o in-

La arteria principal para el tráfico fluvial en la actualidad es el río Magdalena, que abarca el 90 por ciento de ese movimiento. Por diversas circunstancias, inclusive por la desviación del tráfico de cargas hacia otros medios de transporte, esos servicios no han progresado en períodos recientes, y se estima que han de declinar en los años inmediatos. El tráfico fluvial sólo representó el 1.5 por ciento del valor agregado correspondiente a todo el sector transportes en 1959, y porcentualmente bajaría a la mitad en 1964. En el mismo quinquenio el volumen de cargas disminuiría en 12 por ciento.

Cada uno de los usos indicados más arriba tiene su propia prioridad según el lugar y el momento en que se considere el aprovechamiento, pero sería un error irreparable considerarlos por separado. Sólo cuando se evalúa el conjunto, buscando las formas técnicas y económicas para un aprovechamiento múltiple y asignando a cada una su papel correspondiente, se logra el aprovechamiento más racional, efectivo y económico del agua en beneficio de todos los sectores.

Para programar racionalmente el uso del agua se tropieza a menudo con la falta de informaciones básicas, sobre todo en lo que respecta a las mediciones de la potencialidad y de las características del recurso (series muy cortas de observaciones, irregularidad y falta de continuidad en los registros, etc.), como se verá más adelante, Colombia no constituye una excepción a esa regla, aunque para algunos cursos de agua se cuenta ya con una base que permite realizar todas las estimaciones con un coeficiente de seguridad aceptable.

Lo mismo podría decirse acerca de la demanda. Hay incertidumbres en cuanto al volumen de las necesidades de agua y su distribución a lo largo del año, tanto en el sector agrícola como en el energético, en el consumo industrial y el de la población. Sólo una estrecha y permanente interconexión entre las modalidades del desarrollo económico y social y las demandas resultantes en el campo hidráulico, contribuiría a solucionar esas deficiencias.

dustrial) y no consuntivo (energía hidroeléctrica, navegación, pesca). Esta división no es rígida e inamovible, ya que por una parte la reserva del agua para un uso determinado puede significar su exclusión o limitación para otro uso y por otra parte hay empleos clasificados como consuntivos que pueden permitir recuperar el agua, al menos parcialmente.

Son distintas las características de cada zona —en realidad, de cada cuenca— en cuanto a disponibilidad y posibilidades de aprovechamiento del recurso hídrico con respecto a las necesidades, en el contexto económico general. Por consiguiente, cada caso deberá tratarse en particular con vistas al mejor aprovechamiento en relación con sus propias condiciones intrínsecas.

Por limitaciones de diversa índole, en este estudio no ha sido posible establecer balances integrales entre la demanda del agua y sus proyecciones futuras, y la disponibilidad del recurso en diferentes cuencas o regiones. De aquí que no se pudiera llegar a conclusiones o recomendaciones concretas acerca de las obras más recomendables en cada caso ni sobre la forma en que éstas debían administrarse para responder mejor en cada momento al complejo de las demandas, ya sean complementarias o conflictivas. Se estima que la realización de tales balances es una de las tareas

básicas que deben emprenderse cuanto antes a fin de planificar correctamente el aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

Los estudios pertinentes para el aprovechamiento del agua de una cuenca comprenderán las siguientes fases: evaluación de las demandas, evaluación del recurso hídrico mismo y el correspondiente cálculo financiero, reuniendo en fórmulas simples los costos que exige el conjunto de las obras proyectadas, su relación con la capitalización social y los beneficios que pueden derivarse de esas inversiones.

La evaluación de las demandas para el agua debe hacerse separadamente en cada uno de los sectores de consumo; energía, riego, agua potable, agua industrial, navegación. Casi en todos ellos existirán alternativas de uso —ya sea dentro del sector hidráulico mismo o en otros sustitutos— que darán volúmenes totales diferentes según sea el conjunto de proyectos que se adopte.

De ese modo la demanda final, agregación de todas las demandas parciales, en modo alguno será una cantidad fija e inmutable. Estará íntimamente relacionada con las características del uso en el conjunto de las actividades consumidoras y podrá ser mayor o menor según como se hubiera configurado ese conjunto. En la mayoría de los casos, deberá limitarse prácticamente a la disponibilidad del agua en la propia cuenca, por la dificultad que suelen entrañar las derivaciones desde otras cuencas.

La adopción de criterios económicos homogéneos que sirvan de base para la selección de proyectos o conjuntos integrados en el sector hidráulico, es de capital importancia para asegurar la economicidad de las obras por ejecutar.

D. EL FINANCIAMIENTO

Las características esenciales de las obras hidráulicas, que les prestan un cariz particular, pueden resumirse así:

a) Constituyen típicos "servicios económicos y sociales". Como tales, constituyen la espina dorsal y el requisito previo para un armónico desarrollo de los países.

b) Presentan un alto coeficiente de producto-capital como consecuencia de una elevada densidad de capital. Esta característica, bien conocida en servicios como el de electricidad, de transporte, de abastecimiento de agua (sea medido por habitante o por unidad de producto), también se manifiesta en la necesidad de costosas obras básicas para asegurar el riego, desecar zonas pantanosas, regular crecidas y disponer defensas contra inundaciones.

c) Son obras de lenta maduración, con largas etapas concatenadas de compilación de datos, realización de estudios, preparación de anteproyectos y proyectos y ejecución.

d) Muchos aprovechamientos son de carácter complementario y otros competitivos, circunstancia que exige la satisfacción simultánea de múltiples intereses en las obras correspondientes.

e) Ofrecen la posibilidad de varias soluciones alternativas para un mismo problema o con un mismo recurso hidráulico. Ello les da un carácter de flexibilidad relativa, para adecuarse a los requerimientos del desarrollo económico.

De lo anterior se desprende que las obras hidráulicas constituyen un ejemplo cabal de la necesidad de planificación integral incluyendo previsiones de demanda y de acción, simultáneamente, en varios sectores de actividad a largo plazo.

Además de las consideraciones generales respecto a la integración de la planificación de diversos sectores que realiza

Al evaluar la contribución de un determinado proyecto a la economía del país, deben tenerse en cuenta dos aspectos diferentes. El primero se refiere al aporte absoluto para el incremento del producto o de la ocupación, y sólo tiene valor como un índice. El segundo, que compara los diferentes beneficios netos en relación a las inversiones o costos de cada uno de los proyectos dentro de una serie de alternativas posibles, constituye un criterio válido para establecer una lista de prioridades y poder seleccionar así las obras que —dentro de un cuadro dado de supuestos de crecimiento futuro— resulten más convenientes para la economía nacional.

En general los beneficios que se obtengan con una inversión dada de capital serán mayores para un proyecto de aprovechamiento múltiple que si cada uno de los componentes se ejecutara separadamente. Ello no obsta para que cada una de las partes constitutivas (generación hidroeléctrica, riego, etc.), deba justificarse económicamente en función de los beneficios que de ellas se derivan.

Para justipreciar el segundo aspecto se suele calcular la relación entre el ingreso neto o beneficio promedio durante la vida del proyecto (producto bruto medio anual menos los gastos promedios anuales de funcionamiento) y las inversiones o, mejor todavía, los costos (o gastos) en que se incurre para realizar la prestación de los servicios. Para llegar a cifras fehacientes será necesario afectar esos cálculos de las correcciones correspondientes a la variación del índice de los precios, que —teniendo en cuenta la larga vida de los proyectos hidráulicos— pueden ser considerables, y convertir todo a valores "presentes" mediante la tasa de interés del capital.

el sector hidráulico y a la economía de las obras en su ejecución, lo que más interesa en esta breve introducción general, son las necesidades de capital o inversiones requeridas. En ese sentido, ¿cuál ha sido la experiencia en Colombia y cuáles son las metas que se propone el Plan Cuatrienal?

Un análisis somero de las cifras reunidas en dicho plan permite concluir que en 1959 las inversiones en los diferentes sectores componentes del aprovechamiento del recurso hidráulico representaron el 8 por ciento de las inversiones brutas en capital fijo total, y el 15 por ciento de las inversiones reales del sector público. Para el período 1961-64, esos coeficientes se elevarían al 10 por ciento y hasta el 25 por ciento respectivamente. (Véase el cuadro 1 para el detalle por subsectores.)

Cabe observar que en el mismo período la proporción de

Cuadro 1

COLOMBIA: INVERSIONES EN APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

(Proporción aproximada sobre la inversión bruta fija total)

	1959	1961-64
Riego y secado ^a	2	2
Hidroelectricidad	4	5.5
Acueductos y alcantarillados ^b	1.5	2.5
Puertos y vías fluviales	0.3	0.5

^a Ese rubro representa aproximadamente el 15 por ciento de las inversiones totales en el sector agropecuario en ambos períodos.

^b Esas inversiones representan el 7 por ciento en 1959 y el 9 por ciento en 1961-64 de las inversiones totales del sector público.

las inversiones del sector público pasará del 23 por ciento de la inversión bruta fija total en 1959 al 32 por ciento en el promedio anual de 1961-64. En general, las inversiones en aprovechamientos hídricos corresponden en buena parte al sector público, por tratarse de obras de infraestructura. En el caso colombiano esa tendencia se acentúa por la creciente preeminencia del gobierno en el campo eléctrico, quedando a cargo de la inversión privada apenas las obras complementarias de la red central de regadío, en los propios predios (canales terciarios, etc.).

Observando el cuadro detallado se ve que, pese a los aumentos absolutos y porcentuales de las inversiones en los campos concurrentes en el sector hidráulico, no es muy elevada la cuantía de los índices. En efecto, para sostener un ritmo acelerado de electrificación, sería seguramente preciso en años venideros elevar el coeficiente de inversión sectorial del 7-8 por ciento (para todo el campo eléctrico: hidráulico más térmico) a quizás alrededor del 10 por ciento, como lo demuestra la experiencia de otros países empeñados en establecer una amplia base energética para su economía. Por lo dicho al comienzo de esta introducción con respecto a las obras reducidas de riego y desecación que se plantean para el período inmediato, se verá también que tendrán que acrecentarse las sumas destinadas a esos fines, abultando proporcionalmente la participación de ese tipo de inversiones sobre el total. Finalmente, una política vigorosa de saneamiento y de extirpación de enfermedades asociadas a la falta de agua potable o de alcantarillado, junto con la oportuna habilitación de transportes fluviales, haría crecer considerablemente la cuota correspondiente a esas inversiones en el presupuesto total.

De esta suerte, es posible imaginar que, en el futuro

una proporción mayor, sobre la base de estudios y programas cuidadosamente elaborados, la participación de las inversiones asociadas al aprovechamiento del recurso hídrico eleven considerablemente su participación en el presupuesto de inversiones de Colombia. No sería excesivo suponer que podrían alcanzar una tercera parte o más de las inversiones reales del gobierno y más del 15 por ciento de las inversiones brutas totales.

Las conclusiones y recomendaciones contenidas en los capítulos que siguen van encaminadas, precisamente, a proveer la base para que puedan tomarse decisiones de ese tipo. En ellos se ha intentado, en forma breve y precisa, destacar los aspectos que más deben interesar al planificador económico y social, con objeto de que él disponga oportunamente de las informaciones requeridas para fundar decisiones de política económica y social y escoger entre alternativas.

Para terminar, no parece superfluo insistir en la importancia que tiene proveer una adecuada estructura administrativa, que asegure una cuidadosa programación del proceso en todas las fases y campos convergentes, a mediano y a largo plazo, y de la asistencia técnica internacional.

Esta materia adquiere especial relieve e importancia en vista de la compleja y multiforme organización administrativa existente y de la ausencia de un organismo central del tipo de un ministerio de recursos hidráulicos. Se comprueba que junto con una superposición de funciones, existen áreas de trabajo sin cubrir, por falta de una autoridad superior que fije los lineamientos generales en materia de desarrollo orgánico de los recursos hídricos, delimite las tareas respectivas y cuide de que se cumplan en cada plano específico con la máxima eficiencia.

Capítulo I

METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

A. CARACTERÍSTICAS NATURALES

1. Generalidades acerca del clima

Las características del país, ubicado en la zona ecuatorial y montañosa, originan gran variedad de climas y también grandes contrastes a pequeñas distancias, que van desde las zonas bajas calientes y húmedas hasta las cumbres nevadas. Es de señalar la variación diaria de los parámetros meteorológicos, ya que la variación anual es de poca importancia o no existe. Sin embargo, la precipitación acusa en el año un período más lluvioso o "invierno" y otro de precipitaciones mínimas o "verano".

Para describir rápidamente la distribución de temperatura en todo el país, se puede decir que el 72 por ciento de su superficie tiene una temperatura media anual superior a 25° C. Esa extensión comprende los Llanos Orientales, las planicies septentrionales, la península de la Guajira, la costa del Pacífico y las zonas bajas en las cuencas del Magdalena y del Cauca.

Sin entrar al análisis de zonas locales menores, es posible hacer una división climática primaria de Colombia, de acuerdo con la clasificación de Köppen, en tres climas básicos:

a) Clima tropical lluvioso. Temperatura superior a 18° C y lluvia superior a 750 mm. Es el 76.5 por ciento de la extensión total del país. Comprende los Llanos Orientales (a excepción de una zona sobre los Llanos del Orinoco que abarca parte de las cuencas de los ríos Tomo e Ichada), las planicies de la vertiente del Pacífico, las planicies septentrionales (a excepción de las zonas áridas costeras del Caribe), las zonas bajas en las cuencas del Magdalena y del Cauca y la parte norte del departamento de Norte de Santander.

b) Clima seco. Abarca el 7.6 por ciento de la superficie del país. Comprende la península de la Guajira, las zonas costeras del Caribe desde la península de la Guajira hasta la boca del Sinú, partes de las cuencas de los ríos Ariguani y César, partes de las cuencas de los ríos Tomo e Ichada, y zonas circundantes a las ciudades de Cúcuta y Naiva.

c) Clima de montaña tropical. Temperatura inferior a 18° C y por encima de los 1 800 m sobre el nivel del mar. Este clima ocupa el 15.9 por ciento de la superficie del país. Comprende, por razón de su altura, las tierras altas de las cordilleras Occidental, Central y Oriental y de la Sierra de Santa Marta. Es digno de mencionar que la principal causa meteorológica en la evolución del tiempo es el desplazamiento de la zona de convergencia intertropical que acompaña al sol en su movimiento anual y que, ayudada por la orografía, da formas definidas a los diferentes tipos de clima.

2. Hidrometeorología

a) Disponibilidad de datos

El análisis que aquí se hace de los datos de precipitación está basado en un censo de estaciones realizado en el año

1960/61 por el Comité Nacional de Meteorología e Hidrología y resulta limitado por no disponer de las cantidades de años observados ni de sus registros. El número de estaciones censadas alcanza a 668. Se observa una mayor densidad en las zonas más pobladas, destacándose notoriamente la escasez en las intendencias y comisarías, ya que en sus territorios —que representan el 48 por ciento del país— no hay más de 12 estaciones.

Haciendo un análisis de la distribución de estaciones por cuencas hidrológicas se obtiene una mayor densidad en la cuenca del Cauca con 2.19 pluviómetros por 1 000 km², siguiéndole la del Magdalena con 1.71 y luego la del Patía con 1.50 y Catatumbo con 1.23. Las demás cuencas tienen valores inferiores a 1. El detalle de todo el país se aprecia en el mapa 1 y en el cuadro 2.

En cuanto a la cantidad de aparatos registradores, su número (159) hace una relación de un pluviógrafo por cada 4.2 estaciones. Aunque esa proporción total es buena, debe tenerse en cuenta que 54 pluviómetros se encuentran ubicados en la zona de Bogotá y 35 en la de Medellín, o sea que el 56 por ciento del total está concentrado en dos regiones de 6 000 km² cada una. (Véase el cuadro 3.)

Se deduce de esto que la cantidad de estaciones es insuficiente para obtener una representación exacta de la precipitación, pero sí puede dar idea de la distribución geográfica anual, por lo menos de la parte noroccidental del país. Sin embargo, debe señalarse que en ciertas zonas el número de estaciones puede considerarse adecuado. Tal es el caso de la Sabana de Bogotá, de la zona de Medellín y de algunas regiones como el Valle del Cauca y el departamento de Tolima.

b) Características de la precipitación

Existen en Colombia zonas excesivamente húmedas (departamento de Chocó) con más de 8 000 mm anuales y zonas excesivamente secas (península de la Guajira) con 300 mm anuales. Además de presentar las precipitaciones formas locales muy marcadas, hay dos características dominantes en gran parte del país: la variación diaria y la variación anual.

La variación diaria presenta un máximo generalmente en las primeras horas de la tarde. Las condiciones de la circulación local pueden modificar ese máximo desplazándolo hacia horas más tarde e inclusive a horas de la noche y presentando distintas magnitudes los valores porcentuales horarios. En zonas con poca precipitación las lluvias en horas de la tarde conducen a una menor efectividad de las mismas para la agricultura, ya que la mayor temperatura y menor humedad relativa produce a esas horas mayor evaporación. El valor mínimo se presenta comúnmente en las primeras horas de la mañana, algo después de la salida del sol.

La variación anual se caracteriza por tener dos máximos

Cuadro 2

COLOMBIA: DISTRIBUCION Y DENSIDAD DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS POR VERTIENTES Y CUENCAS HIDROGRAFICAS PRINCIPALES

Vertiente	Cuenca	Superficie (km ²)	Estaciones pluviométricas	Densidad por 1 000 km ²
Caribe		400 528	576	1.44
	Magdalena ^a	220 299	376	1.71
	Cauca	64 000	140	2.19
	Atrato	47 747	6	0.12
	Sinú	18 894	18	0.95
	Sierra Nevada y Guajira	32 536	15	0.46
Pacífico	Catatumbo	17 052	21	1.23
		77 621	46	0.59
	Patía	21 963	33	1.50
	San Juan	16 370	8	0.49
	Mira	7 980	0	0
	Baudó	6 616	0	0
Atlántico	Ríos Menores	24 692	5	0.20
		658 012	45	0.07
	Amazonas	329 582	10	0.03
	Orinoco	328 436	35	0.11

^a Sin incluir el Cauca.

Cuadro 3

COLOMBIA: PLUVIOGRAFOS EXISTENTES DISTRIBUIDOS POR INSTITUCIONES

Instituciones	Cantidad
Departamento Administrativo de Aviación Civil . . .	1
Federación Nacional de Cafeteros	31
Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico	8
Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"	2
Ministerio de Agricultura	14
Banco de la República	7
Instituto Geofísico de los Andes	2
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	47
Empresas Públicas de Medellín	34
Corporación Regional del Cauca	9
Instituto Nacional de Fomento Tabacalero	2
Escuela Naval de Cartagena	1
Ministerio de Obras Públicas	1
<i>Total</i>	159

y dos mínimos en gran parte del país. Los máximos se producen de mayo a junio y de octubre a noviembre, y los mínimos de diciembre a marzo y de julio a septiembre. Podría considerarse como un amplio período lluvioso con dos máximos, uno en mayo-junio y otro en octubre-noviembre, y una época seca de diciembre a marzo. El máximo que se produce en los meses de octubre-noviembre suele ser mayor que el de mayo-junio.

Esta variación se debe al desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ITC).

c) Distribución geográfica de la precipitación

No es fácil la descripción regional de la precipitación en un país donde predominan los efectos locales y, por lo tanto, al considerar zonas más o menos amplias se pueden incluir lugares con marcadas diferencias.

La zona del alto Atrato y las nacientes del río San Juan es la más lluviosa de Colombia y también una de las más lluviosas del mundo. Sus promedios anuales superan en algunos lugares los 8 000 mm. En general la costa del Pacífico es muy lluviosa llegando sus valores mínimos a 2 000 mm anuales.

Los Llanos Orientales tienen, en general, precipitaciones variables entre 3 000 y 4 000 mm anuales, encontrándose valores mayores en la vertiente oriental de la cordillera Oriental. Hacia el norte de los Llanos se observa una disminución con valores próximos a 2 000 mm.

La costa del Caribe se caracteriza por ser una región de pocas precipitaciones que se producen en forma de aguaceros. La máxima aridez se encuentra en la península de la Guajira, con unos 300 mm anuales que aumentan a unos 600 mm en las zonas de Riobacha y Santa Marta. El período lluvioso se presenta de mayo a noviembre. La precipitación aumenta hacia el sur, en los relieves orográficos, excediendo los 2 000 mm. La zona del bajo Atrato, más lluviosa, alcanza a 4 000 mm.

En la gran cuenca del Magdalena hay varias subcuencas de características distintas. En las de los ríos Suárez y Chicamocha la precipitación media anual es 1 100 mm registrándose valores entre 800 y 1 700 mm. Más al sur, en la zona de los ríos Fusagasugá, Coello y Saldaña, la precipitación oscila alrededor de 1 600 mm anuales, siendo su época más seca de diciembre a marzo. La cuenca del río César, relativamente seca, tiene precipitaciones anuales de unos 1 000 mm, las que aumentan a 2 000 mm en las zonas montañosas.

En el valle del río Cauca se registran precipitaciones anuales entre 1 000 y 1 800 mm, aumentando en lugares como Chinchiná y Manizales a más de 2 000 mm. En la parte norte de Antioquia, en la misma cuenca, se observan valores de 2 500 y 3 000 mm anuales. La época de menores precipitaciones va de diciembre a marzo.

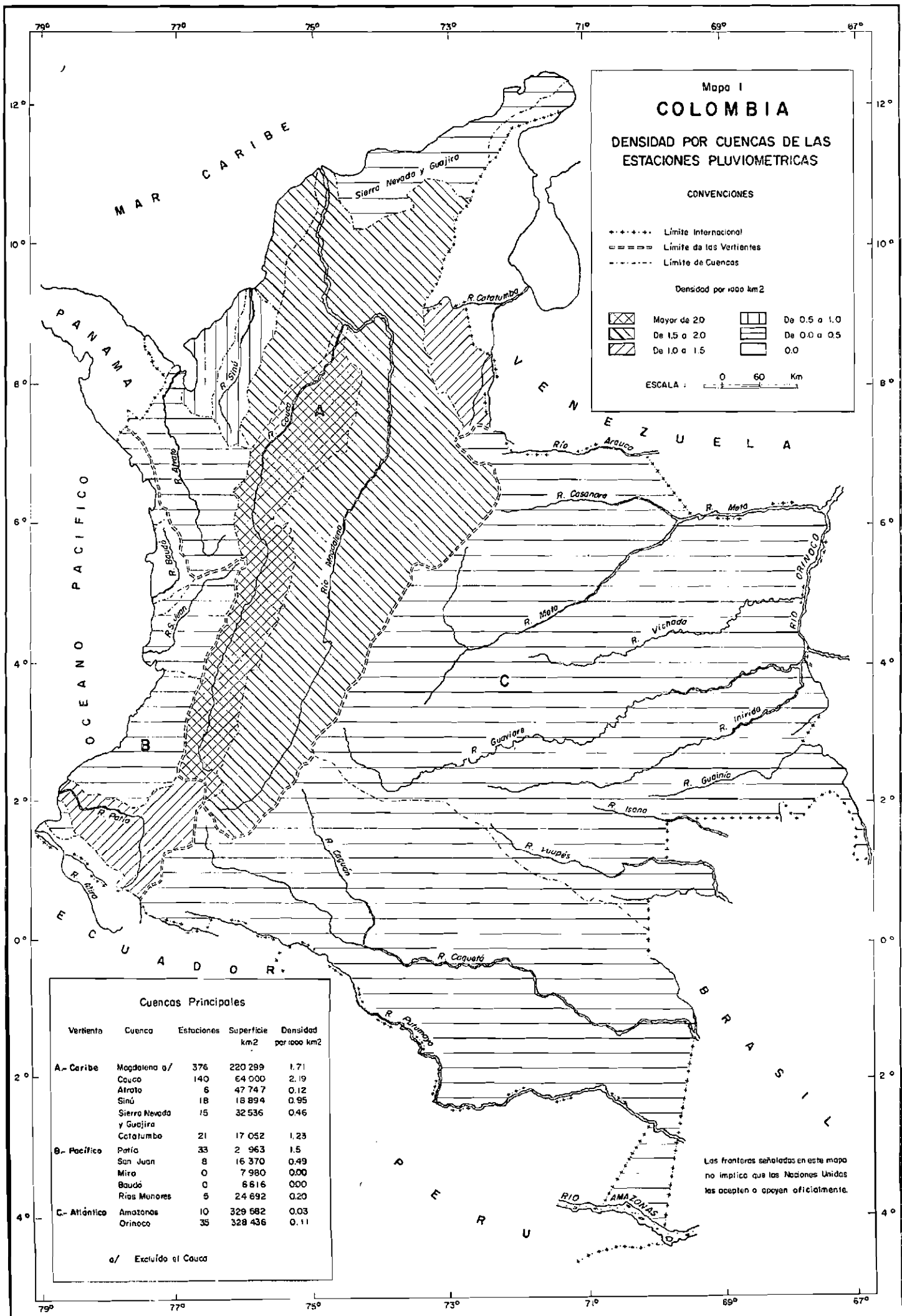
En el departamento Norte de Santander se observa un fuerte gradiente de la precipitación que va desde 700 mm en la región de Cúcuta hasta los 3 000 mm anuales en Tibú y La Petrolea. El período seco es de diciembre a marzo.

3. Hidrología

a) Vertientes y regímenes hidrológicos

Tres grandes vertientes pueden ser reconocidas en el sistema hidrográfico del país, a saber:

i) Vertiente del Caribe, con un área de 400 528 m² (el 35.3 por ciento de la superficie del país). Es la de mayor



Mapa I
COLOMBIA
DENSIDAD POR CUENCAS DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

CONVENCIONES

- - - - - Límite Internacional
 - - - - - Límite de las Vertientes
 - - - - - Límite de Cuencas

Densidad por 1000 km²

Mayor de 2.0 De 1.5 a 2.0 De 1.0 a 1.5	De 0.5 a 1.0 De 0.0 a 0.5 0.0
----------------------------------------------	-------------------------------------

ESCALA : 0 60 Km

Cuencas Principales				
Vertiente	Cuenca	Estaciones	Superficie km ²	Densidad por 1000 km ²
A.- Caribe	Magdalena a/	376	220 289	1.71
	Cauca	140	64 000	2.19
	Atrato	6	47 747	0.12
	Sinú	18	18 894	0.95
	Sierra Nevada y Guajira	15	32 536	0.46
B.- Pacífico	Catatumbo	21	17 052	1.23
	Patía	33	2 963	1.5
	San Juan	8	16 370	0.49
	Mira	0	7 980	0.00
	Baudó	0	6 616	0.00
C.- Atlántico	Ríos Menores	9	24 692	0.20
	Amazonas	10	329 682	0.03
	Orinoco	35	328 436	0.11

a/ Excluido el Cauca

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

Cuadro 4

COLOMBIA: CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE ALGUNOS RÍOS

Río	Número de la estación	Nombre de la estación	Años tomados en consideración	Gasto medio mensual (millones de m ³)	Gasto medio anual (millones de m ³)	Coefficiente aproximado de irregularidad ^a
I. Cuenca del Magdalena						
Chicamocha	3-101	Termopaipa	3	13.6	163.6	0.169
Tuta	3-102R	Tuta	4	6.2	73.9	0.262
Fonce	3-103R	San Gil	3	159.0	1 907.7	0.092
Lebrija	3-104R	Rocas	2	52.1	625.0	0.069
Negro	3-109	Colorados	4	293.5	3 522.1	0.117
Sogamoso	3-117	El Tablazo	1	874.1	10 489.0	0.245
Nevado	3-122R	Puente Güicán	3	11.6	139.7	0.148
Sumapaz	4-101R	San Bartolo	2	90.6	1 086.9	0.131
Coello	4-125	Chicoral	5	113.4	1 362.1	0.151
Lagunilla	4-132	El Bosque	3	6.9	83.2	0.099
Prado	4-135	Puente Casabianca	4	105.3	1 263.8	0.098
<i>Promedio</i>						0.143
II. Cuenca del Cauca						
Sonson	5-106	El Bosque	2	15.6	186.9	0.108
Amalme	6-101	Ingenio Manuelita	8	24.0	287.8	0.038
Bugalagrande	6-103	Bugalagrande	10	46.8	561.9	0.107
Cali	6-104	Acueducto	13	10.7	128.3	0.083
Cauca	6-106	Juanchito	25	734.3	8 811.1	0.133
Cauca	6-107	La Balsa	13	522.1	6 265.2	0.132
Cauca	6-108	La Virginia	12	1 478.4	17 741.1	0.116
Cauca	6-109R	Suárez	12	370.9	4 451.3	0.121
Frailé	6-111	El Peñón	7	14.4	172.5	0.060
Guabas	6-113	Puentepiedra	11	12.2	146.2	0.138
Jamundi	6-115	Planta Eléctrica	12	13.6	163.6	0.177
La Paila	6-118	Hacienda El Medio	11	12.8	154.0	0.133
La Vieja	6-120	Caicedonia	12	166.8	2 001.6	0.088
La Vieja	6-121	Cartago	13	263.3	3 159.4	0.131
Lili	6-122	Lili	5	2.1	25.0	0.122
Mondomo	6-125	Puente Carretera	5	17.8	213.4	0.160
Palo	6-126	Arriba	13	48.3	579.6	0.077
Palo	6-127	Puerto Tejada	3	65.1	781.7	0.092
Pescador	6-128	Bolívar	12	3.5	41.6	0.076
Quilichao	6-129	Santander de Quilichao	10	1.6	19.2	0.214
Rioclaro	6-130	Rioclaro	13	18.7	223.9	0.132
Riofrío	6-131	Riofrío	13	42.9	514.8	0.104
Risaralda	6-133	La Suiza	3	72.3	868.2	0.082
Timba	6-134	Timba	11	66.7	800.5	0.139
Tuluá	6-135	Mateguadua	13	38.8	465.3	0.073
Cauca	6-138	Cocunuco	3	25.6	307.1	0.169
Consota	6-803	Pereira	8	8.3	99.7	0.096
<i>Promedio</i>						0.115
III. Cuenca del Pacífico						
Calima	10-101R	Madroñal	10	29.7	356.5	0.104
Bravo	10-105	La Esperanza	3	10.3	124.0	0.092
Anchicayá	12-102R	Central Hidroeléctrica	12	233.4	2 801.1	0.101
Sajandi	12-103	Planta Hidroeléctrica	5	29.0	347.6	0.164
Blanco	12-105	Carlosana	3	13.7	163.9	0.144
Chiguacos	12-107	San Pedro	3	4.6	55.8	0.132
Guabo	12-108	Ricaurte	3	72.0	864.1	0.163
Mayo	12-114	San Pablo	3	21.9	262.7	0.044
Patía	12-115	El Bordo	4	214.8	2 577.4	0.277
Pasto	12-116	Pandiaco	3	8.7	104.9	0.053
Sapuyes	12-117	Puente Carretera	3	9.0	108.3	0.117
<i>Promedio</i>						0.126
IV. Cuenca del Orinoco						
Chitaga	14-101R	Chorro Colorado	4	105.1	1 261.3	0.199
Bata	15-101R	Santa María	4	178.7	2 144.4	0.439
Garagoa	15-102	Las Juntas	4	87.0	1 044.4	0.393
Somondoco	15-103	Las Juntas	3	51.0	611.5	0.358
Macheta	15-104	Tibirita	2	31.7	380.5	0.321
Teatinos	15-106	Planta Municipal	3	4.3	51.1	0.287
<i>Promedio</i>						0.333
V. Cuenca del Amazonas						
Balsayaco	12-104	San Andrés	3	73.6	883.1	0.207
VI. Vertiente Sierra Nevada de Santa Marta						
Tucorinca	2-105	El Trébol	1	33.8	405.1	0.192
VII. Vertiente del lago de Maracaibo						
Zulia	13-802	Puente Ospina Pérez	2	145.8	1 750.2	0.171

^a Calculado con el año hidrológico medio y aplicando las medias mensuales.

importancia, ya que sobre sus ríos Magdalena y Cauca se desarrolla la mayor parte de la vida colombiana.

ii) Vertiente del Pacífico, con un área de 77 621 km² (el 6.8 por ciento de la superficie del país). Es la más pequeña de las tres y se caracteriza por tener ríos de corta longitud que corren normalmente a la costa.

iii) Vertiente del Atlántico, con un área de 658 018 km² (el 57.9 por ciento de la superficie del país). Comprende un territorio casi completamente virgen, cuya topografía contrasta con el resto por tratarse en general de terrenos llanos bajos, interrumpidos por escasas serranías.

Los regímenes de los ríos son eminentemente pluviales, por lo que reflejan las mismas características de la precipitación acuosa. La precipitación nivosa no se produce más que en unas pocas cumbres y la existencia de glaciares es escasa. Estos factores, en consecuencia, sólo pueden afectar a un número muy reducido de ríos y en pequeña escala.

Examinando los valores de los caudales medios mensuales, se observa que en el curso del año hay dos máximos y por consiguiente dos mínimos para la gran mayoría de ríos.

En la zona del Alto Cauca los máximos se producen en mayo y noviembre y los mínimos en febrero y septiembre. En el Magdalena los mínimos ocurren en los mismos meses pero los máximos, en mayo y octubre.

En la cuenca del Pacífico los mínimos se presentan también en los mismos meses y aunque un máximo ocurre en mayo, el otro se produce desde octubre a enero.

En la zona de la Sabana de Bogotá los mínimos se mantienen también en febrero y septiembre, pero los máximos parecen dividirse. En efecto, se producen máximos en mayo, julio y octubre. En las otras cuencas, aunque es posible realizar un análisis, éste no se considera definitivo por disponer de pocos datos.

b) Irregularidad del régimen de los ríos colombianos

Se ha estimado la irregularidad de los ríos colombianos calculando el grado homónimo a base del año hidrológico medio y aplicando medias mensuales.

En la cuenca del Magdalena el promedio de los grados de irregularidad de 11 ríos dio 0.143. Para el Cauca un promedio de 27 ríos dio 0.115.

Once ríos considerados en la cuenca del Pacífico dieron un promedio de 0.126. Las pocas estaciones de la cuenca del Orinoco arrojaron un promedio mayor, 0.333. (Véase el cuadro 4.)

Los bajos grados de irregularidad por lo menos en las cuencas del Magdalena, Cauca y Pacífico, producidos por regímenes hidrológicos con dos máximos y dos mínimos anuales, tienen gran importancia económica porque suponen una menor inversión en las obras de regulación de caudales, con relación a los ríos con mayor coeficiente de irregularidad.

c) Cobertura de las mediciones hidrológicas

Para apreciar conjuntamente la densidad de estaciones y la extensión de los registros se usa como indicador el producto de la cantidad de estaciones existentes cada 1 000 km², por el promedio de años de observación (índice de cobertura.)

Aunque las mediciones más antiguas datan de hace 32 años, la gran mayoría de las actuales estaciones son recientes. Para apreciar la longitud promedio de años de observación en el cuadro 5 se aprecian las estaciones distribuidas por organismos y el promedio de años de observación.

El promedio (6.2) es bajo y la zona de Bogotá es la que posee registros más largos. La densidad por 1 000 km² es

Cuadro 5

COLOMBIA: NUMERO DE ESTACIONES HIDROLOGICAS Y PROMEDIOS DE AÑOS DE OBSERVACION POR ORGANISMOS Y EN EL PAIS

Organismo	Número de estaciones	Promedio de años de observación
Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico	117	6.5
Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá	36	9.5
Empresas Públicas de Medellín	35	6.0
Corporación Autónoma Regional del Cauca	21	3.5
Cía. Colombiana de Electricidad	18	1.6
<i>Total</i>	227	6.2

0.2, valor que no representa la verdadera densidad del país. En efecto, debe tenerse en cuenta que las estaciones de la Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá y las Empresas Públicas de Medellín están concentradas en los alrededores de las dos ciudades citadas y considerar, además, que en toda la parte de los Llanos Orientales no hay estaciones hidrológicas. De ello resulta que el índice de cobertura es 1.2, valor muy bajo por comparación con otros países sudamericanos. (Véase el cuadro 6.)

Las características locales predominantes de las precipitaciones en Colombia hacen que en los ríos eminentemente pluviales sea problemático en general extender los registros hidrológicos a base de los más extensos de la precipitación.

Una investigación cautelosa es necesaria en cada caso. Sin embargo, la ampliación de las observaciones hidrológicas es imperiosa, ya que, salvo pocas excepciones —Sabana de Bogotá, zona de Medellín, algunas zonas bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cauca y una zona amplia del departamento de Tolima, donde se consideran adecuadas—, son escasas en gran parte del país y hay zonas en donde no existen.

Es de notar la extremada escasez de observaciones de agua subterránea, de la que parece hacerse muy poco uso.

4. Agrometeorología

La distribución de la precipitación a lo largo del año presenta en general irregularidades que en muchos casos influyen sobre el ciclo vegetativo de las plantas. Aunque a primera vista el valor pareciera suficiente para determinado cultivo, su distribución anual la puede hacer insuficiente y hasta no aprovechable si no coincide con la época de desarrollo.

Cuadro 6

NUMERO DE ESTACIONES HIDROLOGICAS Y COBERTURA DE LAS MEDICIONES EN ALGUNOS PAISES SUDAMERICANOS

País	Habitantes por km ²	Número de estaciones	Densidad por 1 000 km ²	Promedio de años de observación	Índice de cobertura
Colombia	13	227	0.2	6.2	1.2
Argentina	8	537	0.2	25	5.0
Chile	10	260	0.3	12	3.6
Ecuador	16	18	0.1	3	0.3
Venezuela	8	248	0.3	7	2.1

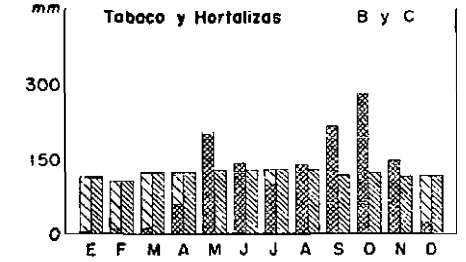
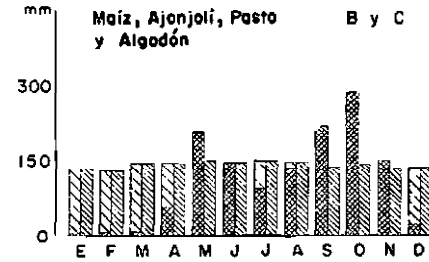
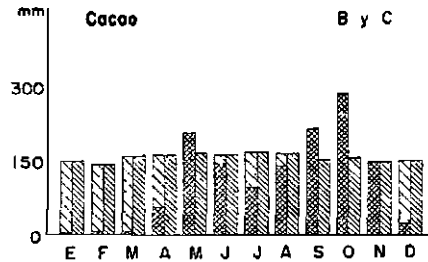
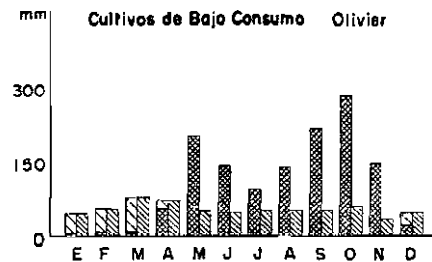
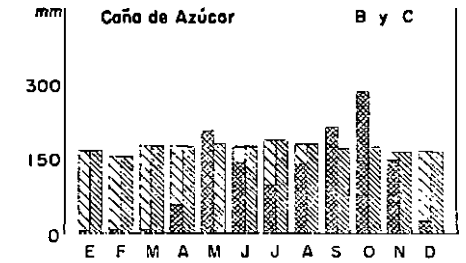
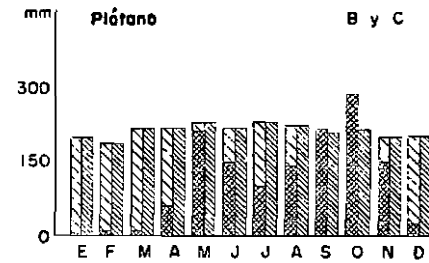
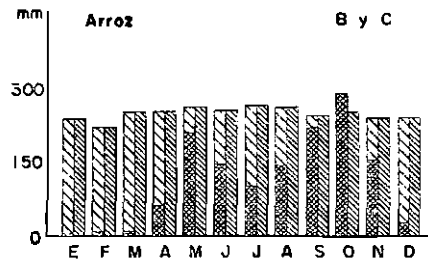
Gráfico I

COLOMBIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDAD DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS
(Según las fórmulas de Olivier y Blaney-Criddle)

Estación : ARACATACA

Latitud : 10° 35' Longitud : 74° 11'
Altura : 28 mts
Precipitación anual : 1337 mm

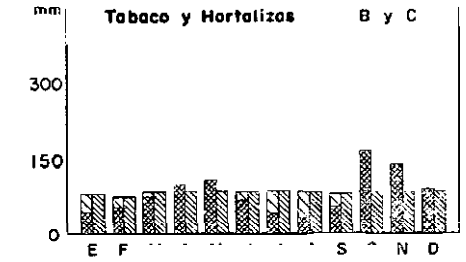
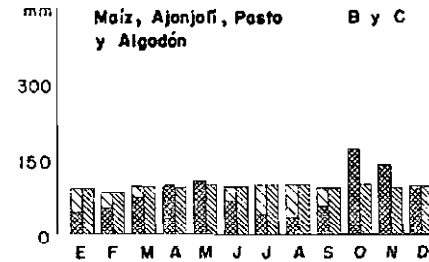
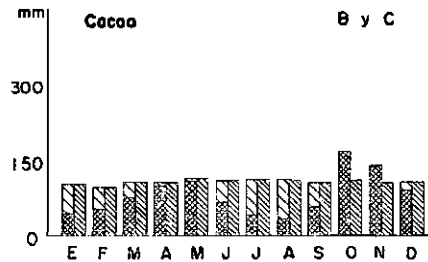
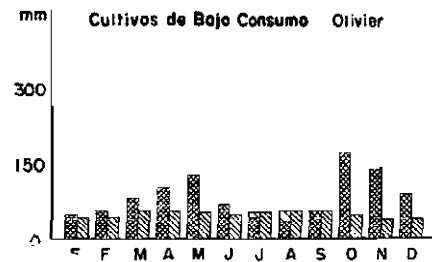
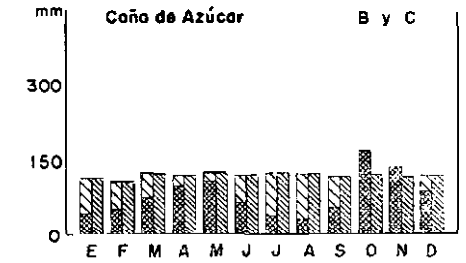
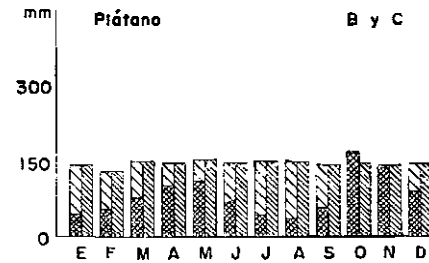
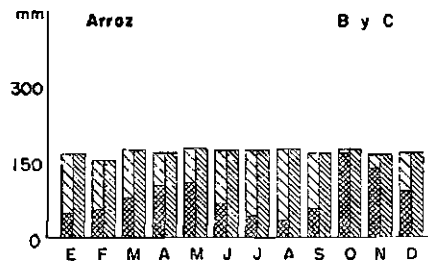
■ Precipitación ▨ Riego
▩ Agua de Consumo



Estación : BOGOTA

Latitud : 4° 38' Longitud : 74° 05'
Altura : 2560 mts
Precipitación anual : 986 mm

■ Precipitación ▨ Riego
▩ Agua de Consumo



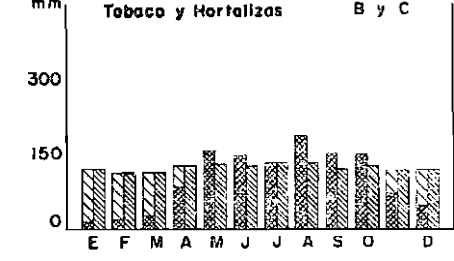
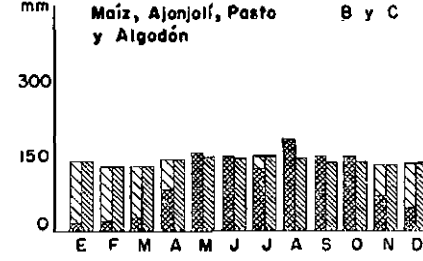
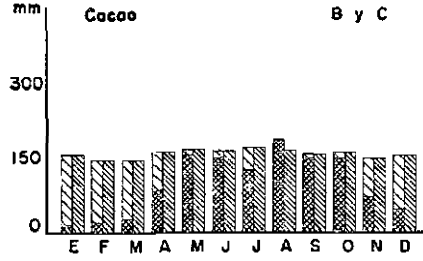
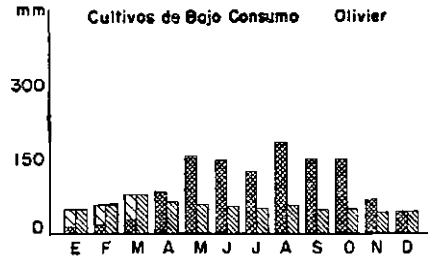
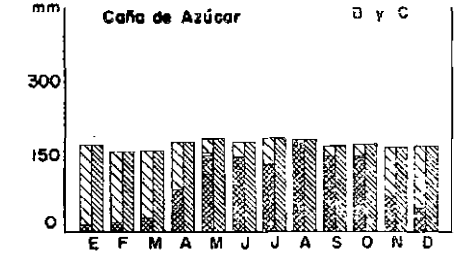
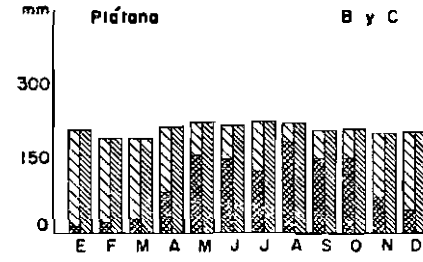
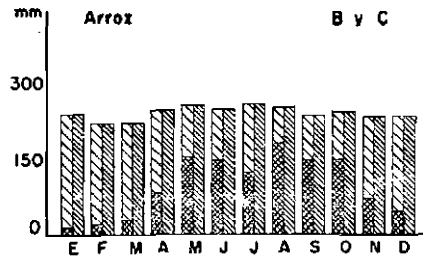
Estación: **MONTERIA**

Latitud : 8° 46' Longitud : 75° 52'

Altura :

Precipitación anual : 1155 mm

■ Precipitación ▨ Riego
▩ Agua de Consumo



Estación: **PALMIRA**

Latitud : 3° 31' Longitud : 76° 19'

Altura : 1006 mts

Precipitación anual : 1270 mm

■ Precipitación ▨ Riego
▩ Agua de Consumo

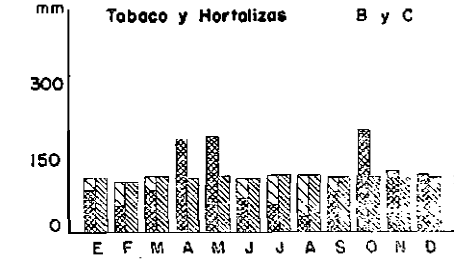
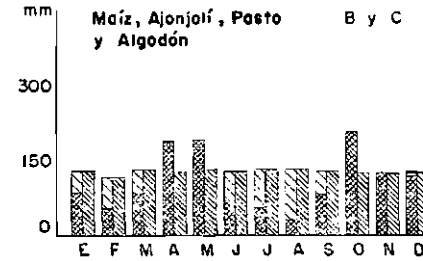
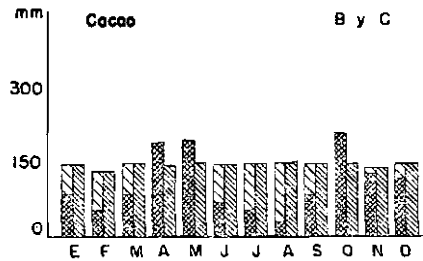
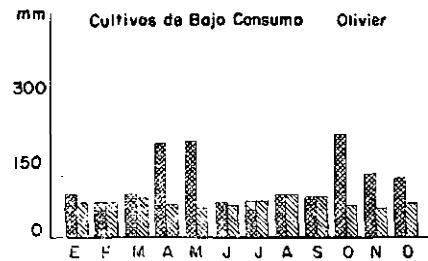
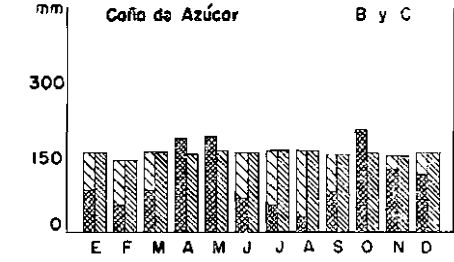
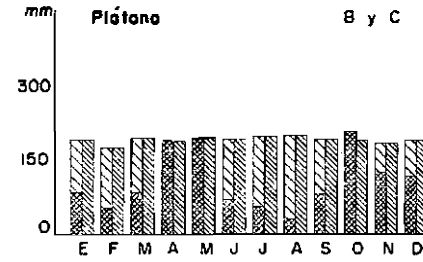
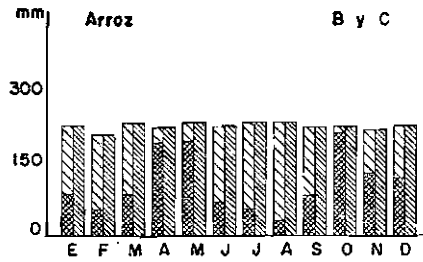


Gráfico I (Continuación)

COLOMBIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDAD DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS
(Según las fórmulas de Olivier y Blaney-Criddle)

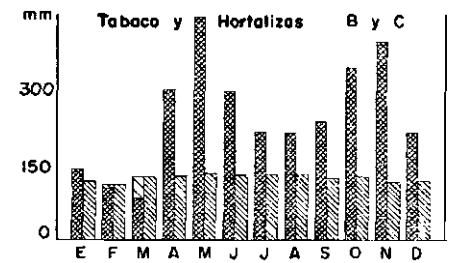
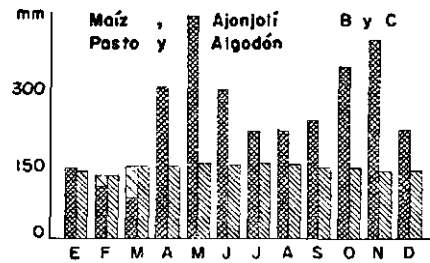
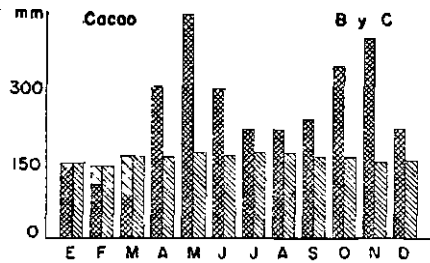
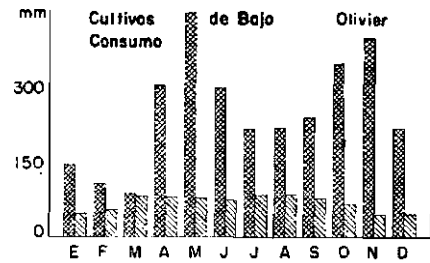
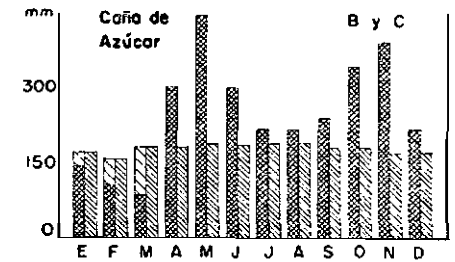
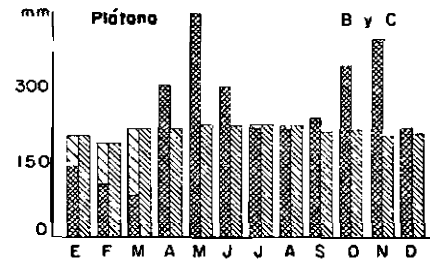
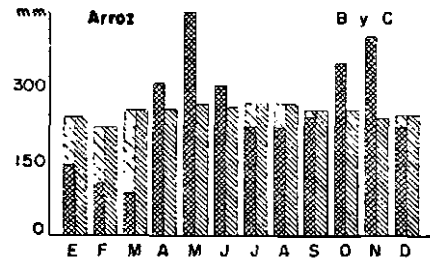
Estacion: TIBU

Latitud : 8° 38' Longitud : 72° 39'

Altura : 56 mts

Precipitación anual : 2964 mm

Precipitación
 Riego
 Agua de Consumo



COLOMBIA: EPOCAS APROXIMADAS DE SIEMBRA (S) Y RECOLECCION (R) DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS AGRICOLAS

Departamento	Maíz	Papa	Arroz	Trigo	Frijol	Cebada	Tabaco	Algodón	Ajonjolí
Antioquia	S. Feb. a Abr. Sept. Oct. R. Ene. Febr. Jul. Agto.	S. Ene. Febr. Dic. R. Jul. Agto.	S. Ene. a Abr. Sept. Oct. R. Mar. Jul. Agto.	o	S. Feb. a Abr. R. Jun. a Agto.	o	S. Abr. Mayo Oct. Nov. R. Feb. Mar. Agto. Sept.	S. Mayo Jun. Oct. Nov. R. Ene. Febr. Dic.	o
Atlántico	S. Abr. Sept. R. Jul. Dic.	o	o	o	S. Abr. Sept. R. Jul. Dic.	o	o	S. Abr. Mayo Sept. R. Ene. Febr. Dic.	S. Abr. Mayo Sept. R. Ene. Febr. Dic.
Bolívar	S. Abr. Mayo Agto. Sept. R. Ene. Agto. Dic.	o	S. Jun. a Agto. R. Nov. Dic.	o	o	o	S. Mar. Abr. R. Sept. Oct.	S. Sept. Oct. R. Ene. Febr.	S. Febr. Mar. R. Agto. Sept.
Boyacá	S. Mar. a Ma- yo R. Nov. Dic.	S. Ene. a Mar. Jun. Jul. Dic. R. Jun. a Oct.	o	S. Mar. a Mayo R. Agto. a Dic.	S. Feb. a Abr. R. Nov. Dic.	S. Ene. Febr. Jul. a Sept. Dic. R. Ene. Febr. Jul. Agto.	S. Mayo Agto. R. Febr. Oct.	S. Mar. a Mayo R. Ene. Dic.	o
Caldas	S. Mar. Sept. R. Febr. Mar. Agto. Sept.	S. Ene. Febr. Jul. Agto. R. Ene. Agto. Sept. Nov. Dic.	o	o	S. Mar. Sept. R. Ene. Febr. Jun. a Agto. Dic.	o	o	S. Febr. Mar. R. Jul. Agto.	S. Agto. Sept. R. Ene. Febr.
Cauca	S. Ene. Febr. Oct. R. May. Agto.	S. Ene. Febr. R. Agto. Oct.	S. Sept. Oct. R. Ene. Febr. Agto.	S. Ene. Febr. Jul. R. Jul. Agto. Dic.	S. Ene. Oct. R. Ene. Mayo	S. Ene. Jul. R. Jul. Dic.	o	o	o
Cundinamarca	S. Ene. a Abr. Sept. R. Ene. Febr. Jul. Agto. Nov. Dic.	S. Ene. a Mar. Jun. a Sept. R. Ene. Febr. Jul. a Dic.	S. Mar. a Mayo R. Jun. Agto.	S. Febr. a Abr. R. Ene. Sept. Oct. Dic.	S. Febr. Mar. Sept. Oct. R. Febr. Mar. Jul. Agto. Dic.	S. Mar. Abr. Jul. a Sept. Dic. R. Ene. Jul. a Sept. Dic.	o	S. Mar. Abr. Agto. Sept. R. Ene. Febr. Agto. a Oct.	S. Mar. Abr. Agto. Sept. R. Ene. Febr.
Chocó	o	o	S. Mar. R. Agto. Sept.	o	o	o	o	o	o
Huila	S. Febr. Sept. Oct. R. Ene. Mayo Dic.	S. Febr. Mar. R. Agto. Sept.	S. Ene. Febr. Jul. Agto. R. Ene. Mayo Jun. Nov.	o	S. Febr. Sept. R. Ene. Mayo Dic.	o	S. Nov. Dic. R. Febr. a Mayo	S. Febr. Sept. R. Ene. Jun.	S. Febr. Sept. R. Ene. Jun.
Magdalena	S. Abr. Mayo Agto. Sept. R. Ene. Febr. Agto. Sept.	o	S. Mar. Abr. Agto. a Oct. R. Ene. Febr. Agto. Sept.	o	o	o	o	S. Agto. Sept. R. Ene. Febr. Dic.	S. Jul. a Sept. R. Ene. Febr. Dic.
Nariño	S. Sept. a Dic. R. Mar. Abr. Jul. a Sept.	S. Ene. Abr. a Jul. Oct. a Dic. R. Ene. a Jul. Sept. a Nov.	o	S. Ene. Febr. Dic. R. Agto. a Oct.	o	S. Ene. Febr. Dic. R. Jun. a Agto.	S. Abr. a Jun. R. Ene. Oct.	o	o
Norte de San- tander	S. Mar. Abr. Sept. Oct. R. Mar. Abr. Oct. a Dic.	S. Febr. a Abr. Nov. R. Jun. Sept. a Nov.	S. Ene. a Abr. Jul. a Oct. R. Ene. a Mar. Mayo Jun. Agto. Sept. Dic.	S. Abr. R. Sept. Oct.	S. Mar. Abr. Oct. R. Ene. Sept. a Nov.	S. Mar. a Mayo Jul. Sept. Oct. R. Febr. Mar. Agto. a Oct. Dic.	S. Abr. Sept. Oct. R. Julio Dic.	o	o
Santander	S. Ene. a Abr. Jul. a Sept. Dic. R. Jun. a Sept. Nov. Dic.	S. Ene. a Mar. Jun. Sept. Oct. R. Ene. Febr. May. a Agto. Dic.	S. Mar. Abr. Jun. Jul. R. Ene. Agto. Sept. Dic.	S. Mar. Abr. R. Sept. Oct.	o	o	S. Mar. Abr. Agto. Sept. R. Mar. a Mayo Agto. a Nov.	S. Mayo Jun. R. Ene. Dic.	o
Tolima	S. Febr. Mar. Agto. Sept. R. Ene. Febr. Jul. Agto.	S. Ene. Febr. May a Oct. R. Ene. Jun. a Dic.	S. Ene. a Oct. R. Ene. a Dic.	S. Ene. Febr. Dic. R. Jul. a Oct.	S. Febr. Mar. Sept. R. Ene. Jul.	o	S. Mar. Abr. Agto. Sept. R. Mar. a Mayo Agto. a Nov.	S. Febr. Mar. R. Jul. Agto.	S. Agto. Sept. R. Ene. Febr. Dic.
V. del Cauca	S. Mar. Abr. Jun. a Sept. R. Ene. a Mar. Jul. Agto. Nov. Dic.	S. Abr. Mayo Sept. Oct. R. Ene. Febr. Jul. Agto.	S. Febr. a Abr. Oct. R. Febr. Mar. Jul. a Sept.	S. Abr. Mayo Oct. Nov. R. Febr. Mar. Agto. Sept.	S. Mar. Abr. Oct. Nov. R. Febr. Mar. Jul. Agto.	o	S. Mar. Abr. Sept. Oct. R. Ene. Jun. Jul. Dic.	o	o

NOTA: El círculo indica que en el respectivo departamento el artículo señalado no es objeto de cultivo en escala considerable.

Para determinar las necesidades de agua de diversos cultivos y establecer su comparación con la precipitación real se han usado dos métodos: el del Dr. Henry Olivier¹ y el de H. F. Blaney y W. D. Criddle.² El primero determina con carácter general las necesidades de agua válidas para un tipo de cultivo sin gran exigencia de agua. Las necesidades mensuales se calculan multiplicando la diferencia entre las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo por un coeficiente, que depende de la latitud geográfica y la declinación del sol, y por los días del mes. En el método de H. F. Blaney y W. D. Criddle, el agua de consumo mensual de un cultivo, en pulgadas, está expresado por la ecuación $u = Kf$, siendo K un coeficiente determinado experimentalmente para cada cultivo y f el producto de la temperatura media mensual en grados Fahrenheit por el porcentaje mensual de horas anuales diurnas dividido por 100:

$$f = \frac{t \times p}{100}$$

El cálculo de necesidades de agua se ha efectuado para siete lugares de los cuales ha sido posible obtener los datos correspondientes. (Véanse los anexos I y II.) La diferencia entre estos valores y la precipitación mensual promedia indica los meses en que será necesario el riego para satisfacer las necesidades de los cultivos. (Véase el gráfico I.)

A fin de calcular los valores reales de riego se ha supuesto una eficiencia del 60 por ciento en el sistema de riego. Los valores resultantes en milímetros por mes y en litros por segundo y por hectárea se presentan en el anexo III. Para no suponer una determinada distribución de siembra, se ha procedido independientemente respecto a cada cultivo, suponiendo que cada uno fuera sembrado el 100 por ciento. También se ha considerado, para simplificar el cálculo, como si se cosechara durante todo el año.

En el cuadro 7 se pueden apreciar, para los principales productos agrícolas y para casi todos los departamentos, las diferentes épocas de siembra y de cosecha. Se observa que los períodos son amplios y algunos cultivos se pueden producir prácticamente durante todo el año, dependiendo los ciclos vegetativos sólo de la variación anual de precipitación.

En los requerimientos de agua para los cultivos intervienen otros factores que en este estudio no se han tenido en cuenta, a saber: tipos y métodos de cultivos, clases de suelo, altura de la napa freática, cantidad de nieblas, horas de concurrencia de la precipitación, cantidad de rocío especialmente en los climas áridos, etc. Sus influencias variables requieren en cada caso un examen particular.

¹ Charles G. Hawes, *Report on Water Resources in Ecuador* (CEPAL, 1959).

² H. F. Blaney y W. D. Criddle, *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data* (Soil Conservation Service, USDA-SCS-TP-96).

Según el método del Dr. Olivier, los lugares y meses que requerirían riego son menos que los aconsejables conforme al método de Blaney y Criddle. Ocurre así porque, como se anticipó, el primer método establece las necesidades de agua para un tipo de cultivo sin gran exigencia de riego. Por el método de Olivier se aprecia que Bogotá requiere menos riego que Montería y Aracataca, a pesar de ser menor su precipitación anual. Aracataca, a su vez, necesita más riego que Montería aunque es bastante mayor su precipitación anual.

Al comparar Chinchiná con Tibú, según el método de Olivier ninguna de las dos requiere riego. Sin embargo, de acuerdo al método de Blaney y Criddle la primera requiere menos riego que la segunda, a pesar de ser menor su precipitación anual.

Como el cálculo se ha basado en precipitaciones medias mensuales, es fácil apreciar que la variabilidad de las lluvias en sus épocas de ocurrencia —retrasando o adelantando sus períodos secos y lluviosos— y su variabilidad en cantidad obligan a considerar las necesidades de riego en períodos más amplios que los indicados en los cuadros. Sólo así se podría tener la seguridad de las cosechas, en lo que a agua concierne, y llegar a la producción de cosechas adicionales.

Es interesante aplicar el método de Blaney y Criddle a fin de determinar las zonas más económicas para determinados cultivos a base de la demanda de agua.

Dada la amplia variedad de climas y el papel importantísimo que desempeña la agricultura, pocos son los trabajos realizados sobre los rendimientos de los cultivos con relación a los tipos de climas y especialmente a la precipitación. Tales trabajos permitirían determinar las regiones óptimas para cada cultivo, así como establecer las zonas en las que el riego tenga una justificación económica y su orden de prioridad.

Es necesario, además, estudiar sistemáticamente las necesidades de agua de consumo para los distintos tipos de productos agrícolas, en diferentes clases de suelos y climas y con distintos métodos de cultivo. En este aspecto deben destacarse los estudios especiales sobre el café que realiza la Federación Nacional de Cafeteros. Igualmente se debe mencionar la labor que sobre varios cultivos adelantan las granjas de experimentación agrícola del Ministerio de Agricultura. En la de Palmira, por ejemplo, se realizan interesantes trabajos sobre evapotranspiración. Cabe señalar, no obstante, que no hay noticias sobre investigaciones en Colombia de las necesidades de agua y de las características ideales del riego artificial sobre el cultivo del café.

También es necesario realizar estudios sobre predicción de cosechas a base de elementos climáticos, por las importantes consecuencias que habrían de tener en el campo económico.

B. LOS SERVICIOS METEOROLOGICOS E HIDROLOGICOS

1. Meteorología

Instituciones estatales, semiestatales y privadas se dedican en Colombia al estudio de la meteorología, tanto en el aspecto observacional como en el de investigación. Dos servicios meteorológicos destacan por su importancia y amplitud nacional: el de la Federación Nacional de Cafeteros y el que pertenece al Departamento Administrativo de Aviación Civil y a la Empresa Colombiana de Aeródromos.

La Federación Nacional de Cafeteros posee un servicio bien organizado compuesto por 12 estaciones de primer

orden, 14 de segundo orden, 5 de tercer orden y 110 estaciones pluviométricas. La red es inspeccionada periódicamente bajo el control de su Sección de Estadística e Investigación y las observaciones se ajustan a las normas de la Organización Meteorológica Mundial y son publicadas periódicamente.

El Departamento Administrativo de Aviación Civil y la Empresa Colombiana de Aeródromos comparten un servicio en el que esta última es propietaria del instrumental y se ocupa de su conservación y aquél realiza la parte observacional y de protección aeronáutica. Posee 46 estaciones

Cuadro 8

COLOMBIA: DISTRIBUCION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS POR ORGANISMOS

Organismo	Número de estaciones
Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil y Empresa Colombiana de Aeródromos	46
Federación Nacional de Cafeteros	141
Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"	2
Ministerio de Agricultura	17
Instituto de Aprovechamiento de Agua y Fomento Eléctrico	259
Banco de la República	5
Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá	54
Instituto Geofísico de los Andes	2
Instituto de Fomento Algodonero	60
Empresas Públicas de Medellín	60
Corporación Autónoma Regional del Cauca	9
Instituto Nacional de Fomento Tabacalero	2
Compañía Colombiana de Tabaco	14
Compañía Frutera de Sevilla	29
Varios	sin determinar

sinópticas ubicadas en aeródromos, pero la exposición del instrumental no se ajusta a las normas de la Organización Meteorológica Mundial. Su objeto primordial es atender las necesidades aeronáuticas, para lo cual tiene una oficina central en el aeropuerto "El Dorado", de Bogotá.

Operan servicios menores el Ministerio de Agricultura, el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá, el Banco de la República, Empresas Públicas de Medellín, etc.

Para presentar un rápido panorama de los distintos servicios, en el cuadro 8 se presentan todas las estaciones (sinópticas, climatológicas, pluviométricas, etc.), distribuidas por organismos.

Todos estos servicios puede decirse que han surgido como necesidades individuales de cada organización y que fueron creados para cumplir funciones específicas. Por tal razón no han desarrollado en conjunto una actividad de carácter general nacional ni han seguido un plan orgánico en su formación.

La falta de un Servicio Meteorológico Nacional organizado y eficiente ha sido la causa de esta proliferación de servicios meteorológicos individuales, creados para satisfacer necesidades que debió cumplir un servicio oficial. Muchos han sido, por eso, los esfuerzos realizados y que actualmente se realizan en tareas meteorológicas pero es evidente la falta de una efectiva coordinación y planificación.

Reuniones y simposios de especialistas y representantes de diversos organismos han abordado estos problemas sin que sus resultados hayan sido muy efectivos.

2. Comité Nacional de Meteorología e Hidrología

Estas tareas debieron ser realizadas por el Comité Nacional de Meteorología e Hidrología, creado por decreto 1030 de 8 de abril de 1959. Su formación fue el reconocimiento de la necesidad de cooperación y coordinación entre los diversos servicios meteorológicos e hidrológicos. Lo forman delegados de los siguientes organismos: Ministerios de Agricultura, Obras Públicas y Guerra; Institutos de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, Geográfico "Agustín Codazzi", Geofísico de los Andes, Nacional de Fomento

Municipal y de Fomento Algodonero; Federación Nacional de Cafeteros; Departamentos de Planeación y Servicios Públicos y Administrativo de Aviación Civil; Empresas de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá y Colombiana de Aeródromos; Sociedad de Agricultores de Colombia y Caja de Crédito Agrario Industrial y Minero.

En su organización interna, el Comité Nacional ha creado cinco comisiones permanentes, a saber: a) Estadística e información; b) Meteorología sinóptica; c) Climatología; d) Hidrología y e) Instrumentos. Posteriormente creó los Comités Seccionales de Meteorología e Hidrología, que en su organización son similares al Comité Nacional. Esta organización deberá ajustarse a medida que se incrementen las labores meteorológicas e hidrológicas y necesitará una acción más ejecutiva de carácter nacional en ambas actividades.

Desde el punto de vista técnico, no parece aceptable que en un país como Colombia haya varias instituciones que se dediquen a actividades meteorológicas paralelas. Tampoco lo es desde el punto de vista económico, pues el costo de mantenimiento de varios servicios debe ser superior al del servicio unificado. Menos aún se justifica la existencia de pequeños grupos de estaciones que tienen algunas instituciones estatales y privadas y cuya coordinación, por no depender directa y jerárquicamente de un organismo central, resulta difícil o no lo suficientemente estrecha.

Falta, pues, un organismo que con interés nacional lleve el peso de las labores meteorológicas y pueda, además, satisfacer las necesidades particulares, combinándolas con las nacionales. Este organismo sería el llamado a fortalecer la actual red que cubre el 40 por ciento del territorio colombiano (con excepción de tres estaciones) y establecer la nueva red sobre el 60 por ciento restante, que comprende gran parte de los departamentos de Boyacá y Meta, las intendencias de Arauca y Caquetá y las comisarías de Amazonas, Vaupés, Vichada y Putumayo.

3. Hidrología

Salvo contadas excepciones, los registros hidrológicos en Colombia son de pocos años de observación y en líneas generales su cantidad es reducida. Es de lamentar que observaciones iniciadas años atrás fueran suspendidas. Por ello se encuentran registros cortos cuyo valor hidrológico es relativo.

Esta escasez es reconocida por los técnicos y queda registrada en los informes de numerosos proyectos en los que al analizar los datos existentes se comprueba su insuficiencia. Son muchos los proyectos de aprovechamiento hidráulico cuya realización se ve demorada por ese motivo. Encarar el plan de observaciones solamente al iniciar un estudio significa atrasarlo varios años. De ahí que deba iniciarse lo antes posible la instalación de estaciones de observación.

De los diversos organismos que realizan observaciones hidrológicas, sólo el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico lo hace sin restringirse a un área determinada, como es el caso de las distintas corporaciones y compañías de electricidad, que limitan su acción a una cuenca, zona o río. (Véase el mapa 2.) Sin embargo, aunque su acción es importante, hay lagunas en su plan observacional, que se encuentra más centralizado en las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca. (Véase el cuadro 9.)

Se destaca el valor máximo de una estación de aforos cada 4 200 km² para la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca. El valor siguiente es el del río Sinú, con una estación cada 6 300 km². Las densidades calculadas dan valores bajos aun para el máximo.

Cuadro 9

COLOMBIA: ESTACIONES HIDROLOGICAS PERTENECIENTES AL INSTITUTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO ELECTRICO

Cuenca	Superficie	Porcentaje de la superficie del país	Estación de alturas	Estación de aforos	Estación de aforos (km ²)
Amazonas	329 582	29.0	1	1	1/329 582
Orinoco	328 436	28.9	1	5	1/ 65 800
Pacífico	77 621	6.8	4	10	1/ 7 762
Catatumbo	17 052	1.5	0	1	1/ 17 052
Atrato	47 747	4.2	0	3	1/ 15 920
Sierra Nevada y Guajira	32 536	2.9	0	5	1/ 6 500
Sinú	18 894	1.7	5	3	1/ 6 300
Magdalena y Cauca . .	284 299	25.0	Magd. 10 } Cauca 0 }	41 } 27 }	1/ 4 200
<i>Total</i>	<i>1 136 153</i>	<i>100.0</i>	<i>21</i>	<i>96</i>	

Sin embargo, la actividad hidrológica del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico es sumamente importante, así como su interés por satisfacer, cada día más, las necesidades del país. Determina alturas de agua en 117 estaciones; en 96 de ellas mide caudales. Doce estaciones están equipadas con limnigrafos y otras doce con registradores de niveles máximos. Los limnímetros son observados tres veces al día. Las mediciones de material en suspensión se efectúan en forma ocasional en 49 estaciones. Realiza pocas observaciones de evaporación.

Para poder llevar a cabo sus observaciones, el Instituto tiene cuatro Comisiones de Hidrología, estando cada una de ellas a cargo de un ingeniero jefe, que cubren todo el país. El Instituto publica boletines que contienen los datos hidrológicos y pluviométricos observados.

También deben ser mencionados dos organismos, no porque sus tareas tengan amplitud nacional, sino por la jerarquía con que realizan tareas hidrológicas en sus zonas de influencia: la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá y las Empresas Públicas de Medellín. La primera efectúa mediciones de caudal en 36 estaciones dentro de una zona de 6 000 km² ubicada en las cuencas de los ríos Bogotá y Suárez. Efectúa mediciones de material en suspensión y de evaporación y publica sus observaciones. La segunda observa en zonas vecinas a la ciudad de Medellín, que abarcan unos 6 000 km². Tiene 35 estaciones medidoras de caudal y realiza mediciones de material en suspensión. (Véase de nuevo el mapa 2.)

Con carácter también regional, la Corporación Autónoma Regional del Cauca efectúa mediciones de caudal en 9 estaciones sobre los ríos Cauca y otros y tiene colocadas 21 miras en la cuenca del primero y en la vertiente del Pacífico, como se indica en el mapa 2. Sólo ocasionalmente efectúa mediciones de material en suspensión.

De época relativamente reciente son las mediciones de caudal efectuadas por la Compañía Colombiana de Electricidad en 12 estaciones instaladas en los departamentos de Magdalena, Cundinamarca, Valle y Atlántico.

Es imprescindible planificar la actividad hidrológica en un país donde alrededor del 67 por ciento de la energía eléctrica generada es de origen hidráulico (1958) y donde el riego adquiere mayor importancia cada día. Es necesaria la investigación y observación en lugares donde el aprovechamiento o regulación se producirá años más tarde y donde en la actualidad podría parecer prematuro a quien no tuviera una visión cabal sobre la necesidad de planificar anticipadamente el aprovechamiento de este recurso básico con vistas a satisfacer las necesidades del rápido desarrollo de Colombia. Es oportuno recordar que si para obtener un caudal medio de un río pueden ser suficientes 15 años de observación, se requieren muchos más para determinar sus valores extremos.

Aparte de las mediciones de aguas superficiales, se hace necesaria la observación sistemática de las aguas subterráneas a fin de conocer el recurso y estudiar su posible aprovechamiento.

C. RECOMENDACIONES

1. Creación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

Dadas las condiciones anteriormente expuestas, sugiérese la formación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de acuerdo a la organización y funciones que se aconsejan. (Véase el anexo IV.)

Se ha considerado conveniente que en una primera etapa el Servicio funcione como una dependencia del Instituto "Agustín Codazzi". Podría hacerse así con arreglo al decreto 0622 de 10 de abril de 1958, estableciendo la organización del Instituto, que en su artículo 2º, inciso c), autoriza a "establecer operar y coordinar los servicios de meteorología e hidrología". Los servicios auxiliares del Instituto, ya existentes, facilitarían la organización.

Con el transcurso del tiempo y cuando el Servicio haya adquirido la importancia y magnitud que un país como Colombia necesita, podrá ser una organización independiente.

Este Servicio debe crearse no sólo con miras a la constitución de ese nuevo organismo, sino simultáneamente como integración de los servicios existentes, en especial de todos los estatales y de los privados y semiestatales que deseen incorporarse. La integración se haría gradualmente, a medida que el Servicio Nacional pudiera hacerse cargo de ellos sin interferir ni interrumpir sus funciones, formando cada parte de la organización propuesta en el anexo IV con las correspondientes de cada servicio que se incorpore.

Para satisfacer todas las necesidades nacionales —aeronáuticas, agrícolas, hidrológicas, industriales, etc.—, la nue-

va organización deberá subsanar deficiencias observadas en algunos de los actuales servicios, tales como:

- a) Incorrecta exposición del instrumental;
 - b) Gran variedad del instrumental en marcas y modelos;
 - c) Incumplimiento de las resoluciones 2, 11, 23, 25 y 26 de la Segunda Sesión de la Asociación Regional III de la Organización Meteorológica Mundial;
 - d) Incumplimiento de los requisitos meteorológicos especificados por la Organización de la Aviación Civil Internacional;
 - e) Personal no dedicado exclusivamente a meteorología en estaciones importantes;
 - f) Traslados innecesarios o suspensiones de estaciones meteorológicas e hidrológicas;
 - g) Muy escasas observaciones de evaporación;
 - h) Escasas mediciones de material en suspensión y de arrastre, en un país donde la erosión constituye un problema que merece especial atención;
 - i) Muy escasas mediciones regulares de agua subterránea.
- Además deberá realizar otras tareas originadas por la integración de servicios, como las siguientes:

- a) Crear una red básica, que cubra toda la superficie del país, con algunas de las estaciones existentes, para que sirvan simultáneamente a varios fines (sinóptico-climatológicos, climatológico-hidrológicos, hidrológico-agrometeorológicos, etc.);
- b) Planificar con las autoridades de la Empresa Colombiana de Aeródromos el lugar, construcción y comunicaciones necesarias para la instalación de futuras estaciones en cada aeropuerto;
- c) Fijación de niveles mínimos en los sueldos, para cada categoría del personal, a fin de evitar el éxodo del ya especializado;
- d) Aunque las cumbres nevadas de Colombia son pocas, es necesario determinar su influencia hidrológica mediante el estudio correspondiente.
- e) Formación de cursos para la preparación de observadores, inspectores, técnicos, pronosticadores, aferadores, etc.;
- f) En el aspecto hidrológico colaborará con el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, a fin de ampliar la red de estaciones en forma que satisfaga no sólo las necesidades de los proyectos hidroeléctricos, de riego, drenaje, defensa contra las crecidas, etc., que se encuentran en estudio o que vayan a emprenderse en un futuro cercano, sino también las necesidades requeridas para una evaluación general de los recursos hídricos del país con fines de planificación.

Es de singular valor la investigación hidrológica porque las condiciones locales de la precipitación pueden conducir a estudiar proyectos de utilización combinando ríos cercanos con años hidrológicos complementarios.

También se debe señalar que por razones operativas es aconsejable que en el caso de empresas o corporaciones cuyas zonas de acción son pequeñas, la responsabilidad total de la parte hidrológica recaiga sobre ellas en las áreas de su jurisdicción. Tal sería el caso, por ejemplo, de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá y de las Empresas Públicas de Medellín.

2. *Modificaciones al Comité Nacional de Meteorología e Hidrología*

El Comité Nacional de Meteorología e Hidrología debe ser el organismo coordinador de esas actividades en el país. En él deben estar representados los organismos de importancia que en sus tareas necesiten de esas disciplinas.

Debe aumentarse el número de miembros del Comité incorporando a él los delegados de entidades cuyas actividades, aunque de carácter regional, tienen importancia nacional. Tal es el caso de Empresas Públicas de Medellín, la Corporación Autónoma Regional del Cauca y la Corporación Autónoma Regional de los valles del Magdalena y del Sinú. Estas entidades podrán rápidamente hacer saber sus necesidades y al mismo tiempo conocer las directivas de orden nacional, a las cuales habrán aportado sus puntos de vista.

Además, de las funciones y atribuciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología propuesto en el anexo IV se desprende que éste debe hacerse cargo de algunas de las funciones de la Secretaría General del Comité Nacional y de los Comités Seccionales.

En el aspecto financiero convendría que el Comité tuviera su propio presupuesto con fondos asignados directamente por el Poder Ejecutivo, sin depender del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, entidad a la que se encuentra adscrito según el artículo 4º del decreto 1030.

Siendo de interés nacional las observaciones meteorológicas e hidrológicas, deben darse al Comité Nacional las facultades necesarias y los medios para que sus decisiones sean acatadas en todo el país, tanto por las entidades gubernamentales como privadas. Entre las medidas fundamentales que el Comité debería adoptar de inmediato para encauzar actividades básicas, se encuentran las siguientes:

- a) Fijación de horas de observación, para hacer coincidir las de los distintos servicios con las horas internacionales aconsejadas por la Organización Meteorológica Mundial;
- b) Unificación de formularios o libretas de observación, a fin de trasladarlas cómodamente, en un futuro cercano, a fichas perforadas de tabulación mecánica;
- c) Solicitar de los distintos organismos la instalación de estaciones en los Llanos Orientales, no sólo para el estudio local de esa zona, sino también para llegar a determinar las influencias o interrelaciones con otras zonas de Colombia y también con objeto de estudiar los factores meteorológicos que influyen en el planeamiento hidrológico;
- d) Realizar un estudio integral de las estaciones meteorológicas e hidrológicas existentes, con vistas al planeamiento de futuras instalaciones que mejor satisfaga a la coordinación de ambas actividades.

3. *Expertos en meteorología e hidrología*

La labor meteorológica e hidrológica indicada en el apartado anterior es grande y el tiempo necesario para ejecutarla puede ser estimado en varios años, posiblemente en no menos de tres. Esa tarea es doblemente difícil ya que al aspecto técnico se suma el aspecto institucional, de por sí complejo.

La reorganización y acrecentamiento de los servicios meteorológicos e hidrológicos debe efectuarse con celeridad, pues además de contribuir al conocimiento más profundo del país, el no hacerlo obstaculiza en buena medida su desarrollo económico.

Ante tales circunstancias, es conveniente recabar, para esta labor, la asistencia de dos expertos de las Naciones Unidas, uno en meteorología y otro en hidrología, el primero por un período de tres años y el segundo por dos. Serían funciones de estos expertos, en sus respectivos campos, las siguientes:

- a) Asesorar y supervisar la instalación de nuevas estaciones;

b) Realizar cursos para el entrenamiento de observadores;

c) Realizar cursos, con la colaboración de expertos locales, para lograr la formación de técnicos de jerarquía intermedia;

d) Asesorar sobre los tipos de instrumental más convenientes;

e) Asesorar a las autoridades colombianas sobre los asuntos técnicos e institucionales relativos a la integración y coordinación de los diversos servicios.

Capítulo II

RIEGO

1. Situación actual

De las 113.8 millones de hectáreas que comprende la superficie total del país, 33 millones están incorporadas a actividades agropecuarias. Sólo el 9 por ciento de éstas últimas (2.5 por ciento del territorio colombiano) están ocupadas con cultivos anuales o permanentes. Los índices más altos de aprovechamiento agrícola del territorio corresponden a los departamentos de Caldas, Cundinamarca y Valle.

Más del 50 por ciento de la superficie cultivada corresponde al café y al maíz. Los otros cultivos que siguen en importancia son el trigo, el arroz, la caña de azúcar, el plátano, las papas, etc. A ninguno de ellos, sin embargo, se le dedica más de un 6 por ciento de la superficie cultivada.

La necesidad de intensificar la producción agropecuaria se pone en evidencia si se considera que el 15 por ciento de las importaciones totales del país corresponde a productos agrícolas que Colombia, por la disponibilidad de sus recursos naturales, es capaz de producir. (Véase el cuadro 10.)

Los principales productos importados de origen agropecuario, en 1959, fueron trigo, lanas peinadas, cacao crudo, materias primas para aceites y grasas comestibles, malta, aceites y grasas vegetales comestibles, algodón, ¹ etc. El índice de la producción agropecuaria por habitante (excluido el café), si en el período 1947-49 se considera igual a 100, bajó a 92 en los años de 1953-55 y desde entonces subió lentamente para llegar a 98 en 1958-59.

Se estima que en toda Colombia hay unas 220 000 hectáreas regadas y 30 000 desecadas, es decir, en conjunto sólo un 8.5 por ciento del área cultivada. (Véase el cuadro 11.)

Los regadíos más antiguos —zona tabacalera de Santander, azucarera del Valle y bananera del Magdalena— se han debido a la iniciativa privada. Las obras más recientes y de mayor significación se deben a la iniciativa estatal, incluyendo las destinadas a desecación de suelos.

El Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico tuvo la responsabilidad nacional en materia de riego hasta 1949, año en que fue transferida a la Caja de Crédito Agrario la autoridad para la administración de un préstamo del Banco de Exportaciones e Importaciones de los Estados Unidos, para desarrollar las 30 000 hectá-

reas de los proyectos "Coello" y "Saldaña" en el Departamento de Tolima. Más tarde, la Caja quedó como encargada principal de los desarrollos agrícolas que ejecuta el estado.

En extensas regiones de las cuencas del Magdalena, Cauca y César por ejemplo, las precipitaciones son reducidas en términos absolutos y además presentan en su distribución anual uno o dos trimestres bastante secos. Cultivos como el del arroz, el plátano, la caña de azúcar, el cacao, el maíz, etc., necesitan riego en ellas, en años de precipitaciones normales, entre diciembre y marzo, y a veces también entre junio y agosto. (Véase de nuevo el gráfico I.) Además, como la distribución pluvial es bastante variable de un año a otro, hay zonas muy mal aprovechadas por el riesgo que corre la agricultura al depender exclusivamente de la lluvia para cubrir sus necesidades de agua.

Las superficies susceptibles de habilitación mediante obras hidráulicas (riego, control de inundaciones, avenamiento, etc.) son importantes, sobre todo para mejorar las condiciones de campos subutilizados que podrían dedicarse a cultivos intensivos, multiplicando varias veces su producción actual.

Cálculos sobre posibilidades conocidas de las tierras que podrían beneficiarse con riego arrojan superficies de aproximadamente un millón de hectáreas, es decir, unas cinco veces el área regada en la actualidad y como un tercio de las cultivadas en total. En esta estimación no se incluyen los Llanos Orientales por no disponerse de antecedentes con el mismo detalle que para el resto del país, aunque en términos generales se sabe que allí el riego estacional sería necesario para ciertos cultivos con los que se aprovecharían adecuadamente extensas zonas atravesadas por importantes ríos. En la estimación señalada hay proyectos que simultáneamente con las obras que suministrarían el agua, requieren las complementarias de drenaje y avenamiento. Existen otras posibilidades de incorporar importantes extensiones al cultivo (cerca de 500 000 hectáreas), mediante el control de inundaciones y la desecación de pantanos.

A juzgar por la extensión de las áreas susceptibles de aprovechamiento o sustancial mejora, los departamentos que resultarían más favorecidos son Córdoba, Valle, Tolima, Bolívar, Norte de Santander y Boyacá.

El cuadro 12 da una idea de la distribución en el país y la magnitud de los principales proyectos que actualmente

¹ En 1960 Colombia exportó casi 10 millones de dólares de algodón en bruto.

Cuadro 10

COLOMBIA: IMPORTACIONES AGROPECUARIAS EN RELACION CON LAS IMPORTACIONES TOTALES, 1950-59

(Millones de dólares)

Rubro	1950	1952	1954	1956	1958	1959
1. Importaciones de origen agropecuario	65.8	58.4	94	86.2	66	56.9
2. Total de importaciones	433.7	414.2	654.1	402.9	399.9	414.3
3. Relación 1/2 (porcientos)	15.2	14.1	14.4	14.3	16.5	13.7

Cuadro 11

COLOMBIA: AREAS REGADAS Y DESECADAS

(Miles de hectáreas)

Departamento	Suelos regados	Suelos desecados
Huila	10.0	—
Tolima	90.0	—
Valle	50.0	—
Cundinamarca	15.0	16.6
Boyacá	3.2	9.2
Norte de Santander	7.0	—
Santander	12.0	—
Magdalena	15.0	—
Cauca	1.2	—
Atlántico	1.0	—
Varios	15.6	4.2
Total	220.0	30.0

se consideran factibles y de conveniencia económica inmediata. En el mapa 3 se indica la localización de dichos proyectos.

La Caja iniciará en 1962 los trabajos de los proyectos Ponedera-Candelaria y Venado-Cabrera, y en 1963 los correspondientes a Río Palo y Montería-Cereté en el valle del Sinú (65 000 hectáreas), departamentos de Cauca y Córdoba respectivamente.

El gobierno va asumiendo asimismo labores de gran envergadura en materia de riego, desecación y control de inundaciones a través de las siguientes corporaciones regionales: Valle del Cauca, Sabana de Bogotá y Valle del Magdalena.

Las obras que la Corporación del Valle del Cauca terminaba en 1961 permitirán recuperar aproximadamente 17 000 hectáreas en Agua Blanca (Cali), Roldanillo-La Unión-

Toro, y Párraga (Candelaria). Tiene además otros proyectos de recuperación de suelos que suman 20 000 hectáreas. El costo medio de estas obras (diques de defensa contra inundaciones y drenes para avenamiento) es aproximadamente de 250 dólares por hectárea.² Según los estudios, la relación anual de beneficio adicional-costos, alcanzaría valores en algunos casos de aproximadamente 4 (terminadas las obras y estimando los beneficios indirectos, el coeficiente anterior llegará a 6) con las siguientes bases: vida útil de las obras 50 años (0.65 por ciento anual para fondo de depreciación), intereses sobre empréstitos extranjeros de 4.75 por ciento (20 años de amortización) e intereses de 6 por ciento sobre préstamos locales.

En términos generales, todos los proyectos de riego y desecamiento en Colombia consignan aumentos sustanciales en los rendimientos del suelo y elevada rentabilidad de las inversiones correspondientes.

Sin desconocer que cada proyecto tiene características propias y que en cada caso el análisis de beneficios y costos demostrará la conveniencia económica de su realización, conviene examinar someramente, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos en la operación de las obras del río Saldaña, que beneficiaron 10 500 hectáreas entre los ríos Saldaña y Chenche.

Anteriormente estas tierras se dedicaban a una explotación extensiva que producía ingresos promedios por hectárea entre 40 y 60 pesos. El arroz se cultivaba en pequeña escala y con bajos rendimientos. En la actualidad, se cultivan unas 6 500 hectáreas con arroz, que rinden dos cosechas al año, por la seguridad del riego y empleando especies adecuadas

² Según el Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas Nacionales (1961-64), la recuperación de las 47 000 hectáreas señaladas demandaría una inversión total de 62.7 millones de pesos, de los cuales 28.8 millones se habían invertido hasta fines de 1960, es decir, como el 90 por ciento del costo de las obras indicadas en primer término.

Cuadro 12

COLOMBIA: ALGUNOS PROYECTOS DE RIEGO, DESECACION Y CONTROL DE INUNDACIONES

Proyecto	Departamento	Superficie beneficiada (miles de hectáreas)	Finalidad
Ponedera-Candelaria	Atlántico	20	Riego
Sogamoso, Leiva y Chiquinquirá	Boyacá	50	...
Isla de Nompós-Tamalameque	Bolívar	85	Desecación y control de inundaciones
Zona Cauca-San Jorge	Bolívar	125	Control de inundaciones
Simiti-Regidor	Bolívar	60	Control de inundaciones y desecación
Canal del Dique	Bolívar	40	Riego y Desecación
Zona Codazzi (Guatapuri-Badillo)	Magdalena	26	Riego
Valle del César (Las Lajas)	Magdalena	130	Riego
Valle del Arigasú	Magdalena	10	Riego
Río Zulia	Norte de Santander	35	Riego y control de inundaciones
Valle del Sinú (Desarrollo integral)	Córdoba	310	Desecación y control de inundaciones
Sardinata	Norte de Santander	10	Riego y control de inundaciones
Río Bogotá	Cundinamarca	45	Riego
Río Prado	Tolima	8	Riego
Río Coello y Saldaña	Tolima	60	Riego-Ampliación de obras
CVC (R. Palo)	Canea	45 ^a	Riego
CVC (R. Risaralda)	Caldas	11 ^a	Riego
CVC	Valle	234 ^a	Riego
Venado-Cabrera	Huila	9	Riego
Betania	Huila	20	Riego

FUENTES: Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas Nacionales 1961-64; *Análisis y proyecciones del desarrollo económico: III. El desarrollo económico de Colombia* (E/CN.12/365/Rev.1), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 57.II.G.3); *Programa de Desarrollo Económico del Valle del Magdalena y Norte de Colombia*, por la Misión Currie; *Aumento del caudal del río Coello*, estudio preliminar de la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero.

^a La superficie neta de riego en los tres departamentos es de 290 000 hectáreas. Con las superficies ocupadas por ciudades, canales y drenajes, el total asciende a 395 000 hectáreas.

nomía colombiana, es de la mayor importancia elaborar y ejecutar un programa de desarrollo del riego y recuperación de tierras basado en sólidas justificaciones económicas. Además, todas las investigaciones y estudios básicos deberían conducirse de modo que se obtenga de las inversiones el máximo provecho posible.

Luego de examinar la situación general, la organización actual y los métodos de operación, se ha llegado a las conclusiones y recomendaciones que se resumen a continuación:

a) Establecer la autoridad nacional superior en materia de riego y recuperación de tierras, como un departamento del Ministerio de Agricultura o una entidad autárquica especial. (Véase *infra*, capítulo VII).

b) La autoridad indicada en el punto anterior, bajo la supervisión del Centro de Coordinación y Planeamiento, debe formular un sólido plan nacional de riego e integrarlo tanto con el Plan General de Desarrollo de los Recursos Hidráulicos como con el Plan General de Desarrollo Agrícola. El plan nacional de riego debería tomar en consideración la posibilidad de producir aquellos productos agropecuarios que permitan sustituir importaciones y diversificar

las exportaciones. En cuanto a los programas de las organizaciones regionales (CVC, CAR, CVM, etc.), deberían incorporarse al plan nacional de riego en los departamentos correspondientes.

e) Solicitar de los organismos internacionales la asistencia técnica de un ingeniero especialista en riego, un economista agrícola y un experto en administración, para orientar en las labores iniciales y organizar debidamente los cuadros técnicos de la autoridad nacional en materia de riego propugnada en el apartado a).

d) Revisar las tarifas de riego, ajustándolas adecuadamente a los costos reales del servicio. En los cálculos, el interés sobre el capital invertido debería reflejar el verdadero costo de oportunidad del dinero, en el ámbito nacional, para las inversiones del sector público. Podría estudiarse además la conveniencia de cargar a los agricultores favorecidos directamente con las grandes plusvalías originadas en el conjunto de las obras de riego y recuperación de tierras (en la medida en que sus utilidades lo permitan) una tasa especial destinada a crear un fondo de fomento de ese tipo de obras.

Capítulo III

HIDROELECTRICIDAD

La generación de energía eléctrica constituye una de las principales utilidades de los recursos hidráulicos de un país. En otros capítulos de este estudio se examina el uso del agua para riego, agua potable, etc. En el presente se trata de la energía, subrayando que los datos que se consignan a continuación no tienen en cuenta los estudios realizados en 1961 por Electricité de France, que pueden modificar algunos aspectos de este análisis.

1. Recursos hidroeléctricos

En lo que respecta a los recursos hidroeléctricos disponibles, Colombia presenta una situación privilegiada con relación a la mayor parte de los países del mundo, incluidos los de América Latina. Aunque las estimaciones son muy precarias y no se han efectuado suficientes estudios hidrológicos ni de aforo de los sitios potenciales disponibles, cabe afirmar que Colombia dispone de un amplio potencial hidroeléctrico de buen aprovechamiento que supera no sólo las necesidades actuales, sino también las que se presentarán en un plazo bastante largo.

Como idea muy general y provisional de la magnitud de ese recurso, puede citarse que en el plan de electrificación nacional elaborado en 1954 por Gibbs & Hill Inc. y Electricité de France se estima que en todo el país existe un potencial de 40 millones de kilovatios aprovechables económicamente

(medido según potencia de las unidades generadoras y con un factor de planta anual de 0.57). Por su parte, el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico ha apreciado que la suma de algunos sitios conocidos de aprovechamiento económico alcanza a 7.6 millones de kilovatios de posible potencia de las unidades generadoras (Q 50 por ciento, y rendimiento de 85 por ciento). (Véase el cuadro 17.)

La situación privilegiada de Colombia queda de manifiesto, si se considera que su potencial hidroeléctrico por habitante y por kilómetro cuadrado, disponible en aprovechamientos económicos —35.2 kW por km² y 2 940 W por habitante—, sólo es superado en el primer caso por El Salvador y en el segundo por Venezuela. (Véase el cuadro 18).¹

La capacidad hidroeléctrica actualmente instalada en Colombia es pequeñísima en relación con los recursos disponibles, pues representa alrededor del 1.5 por ciento de los 40 millones de kW que podrían aprovecharse económicamente. Asimismo, el potencial disponible supera ampliamente las necesidades estimadas para 1970 de acuerdo con un buen desarrollo eléctrico del país, ya que en dicho año

¹ Para más detalles, véase 'Los recursos hidroeléctricos en América Latina: su medición y aprovechamiento', en *Estudios sobre la electricidad en América Latina* (E/CN.12/630), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 63.II.G.3), vol. I, pp. 477-55.

Cuadro 17

COLOMBIA: POTENCIAL DISPONIBLE EN ALGUNOS SITIOS HIDROPOTENCIALES

Río	Sitio	Departamento	Potencial en MW
Cauca	Valdivia	Atioquia	400
Nare		Antioquia	500
Mínero	Salto del Mono	Boyacá	200
Batá	Las Juntas	Boyacá	500
Guavio	Tunja	Boyacá	1 000
Cusiana	Sogamoso	Boyacá	300
Cauca	La Virginia	Caldas	100
Patía y otros		Cauca	150
Atrato		Chocó	40
Sinú	Urrá	Córdoba	120
Bogotá	Varios	Cundinamarca	200
Sumapaz	Nacimiento	Cundinamarca	200
Magdalena	Betania	Huila	40
Ríos en la Sierra			
Nevada	Sierra Nevada	Magdalena	25
Negro	Villavicencio	Meta	100
Mayo y otros		Nariño	120
Bata y otros		Norte de Santander	150
Sogamoso	El Tablazo	Santander	350
Fonce	San Gil	Santander	25
Prado y otros		Tolima	100
Cauca-Dagua y otros		Valle	1 600
Caquetá	Araracuara	Int. Caquetá	700
Otros			700
Total			7 620

FUENTE: Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico, "Informe sobre Hidrología y Recursos Hidroeléctricos Nacionales". (Bogotá, julio de 1960).

Cuadro 18

AMERICA LATINA: POTENCIAL HIDROELECTRICO, 1960

(Estimaciones de aprovechamientos económicos)^a

País	Millones de kW	Recursos por habitante y por km ²	
		W/habitante	kW/km ²
Argentina	12.5	615	4.5
Bolivia	2.7	814	2.5
Brasil	30.0	477	3.5
Colombia	40.0	2 940	35.2
Chile	21.0	2 910	28.3
Ecuador	2.0	498	7.4
Paraguay	3.1	1 850	7.6
Perú	6.5	647	5.1
Uruguay	1.2	438	6.5
Venezuela	16.0	2 990	20.6
Costa Rica	1.5	1 430	29.5
Cuba	—	—	—
El Salvador	0.9	373	45.0
Guatemala	0.2	56	1.9
Haití . . . . .	...	...	...
Honduras	0.4	220	3.6
México	15.0	460	7.6
Nicaragua	0.4	292	2.7
Panamá ^b	0.9	856	11.8
República Dominicana . . . . .	...	...	...
Guayana Británica . . . . .	...	...	...
Indias Occidentales . . . . .	...	...	...
Surinam	1.5	6 200	10.5
Total ^c	155.8	835	7.8

FUENTE: CEPAL, a base de informaciones directas y de Naciones Unidas, *Statistical Yearbook 1958*, para superficies territoriales.^a Realizadas por cada país. Corresponden a la suma de las capacidades de centrales ya instaladas y a las que con carácter económico se pueden instalar en lugares o sitios conocidos.^b Incluye la Zona del Canal.^c Corresponde sólo a los países con información.

estas últimas sólo representarán el 5.7 por ciento. Sin embargo, con relación a los recursos hasta ahora inventariados por Electraguas los dos porcentajes citados serían 6.5 y 30.0 respectivamente.

Colombia cuenta con la ventaja adicional de que por lo general sus recursos hidroeléctricos están muy bien ubicados con respecto a los principales núcleos donde se con-

Cuadro 19

COLOMBIA: CAPACIDAD ELECTRICA INSTALADA DE SERVICIO PUBLICO, 1958

(Miles de kW)

Departamento	Hidráulica	Total
Antioquia	151.1	152.0
Caldas	42.5	44.2
Cauca	9.3	9.7
Cundinamarca	123.3	146.3
Nariño	8.4	9.3
Santander	14.5	19.2
Tolima	10.1	14.0
Valle	82.9	115.6
Subtotal	442.1	510.3
Porcentaje de hidráulica		86.5
Otros	10.4	119.3
Total	452.5	629.6
Porcentaje de hidráulica		71.8

centra la población y la actividad económica. Así, el potencial hidroeléctrico disponible se encuentra principalmente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño, Santander, Tolima y Valle, que en 1958 concentraban el 81 por ciento de la capacidad eléctrica de servicio público total del país, de la cual el 86.5 por ciento era hidráulico. (Véase el cuadro 19.) Solamente escapan a esta regla los departamentos de Bolívar y Atlántico en el Norte de Colombia, que tienen una actividad económica de alta importancia relativa y no disponen de recursos hidroeléctricos, excepto los existentes en el Macizo de Santa Marta que pueden proveer hidroelectricidad a buena parte de las necesidades de Barranquilla.

Aunque los recursos naturales con que cuenta Colombia superarán por largo plazo las necesidades de hidroelectricidad y no es indispensable realizar estudios minuciosos de todos los sitios potenciales existentes, se debe insistir en la necesidad de destinar los medios indispensables para la confección de un inventario, lo más completo posible, de los recursos hidráulicos del país y para el mejoramiento de su medición. El hecho de que hacia 1970 se tenga que utilizar el 30 por ciento del total de los recursos inventariados por Electraguas debe llamar la atención sobre la necesidad de una enérgica labor de prospección de los recursos. Por otra parte, no hay duda de las ventajas técnicas y económicas que se derivarían de un mayor conocimiento de las características hidrológicas de las principales caídas de agua, y de disponer de series estadísticas lo más largas posibles para cuando llegue el momento de aprovecharlas. Ello contribuiría también a eliminar algunas controversias que existen sobre la utilización más conveniente de ciertos recursos alternativos.

Otro problema al que hay que prestar atención es la escasez de agua para electricidad que otros usos de más alta prioridad pueden plantear para algunas regiones en el futuro. Tal caso, por ejemplo, podría presentarse a mediano plazo en el aprovechamiento del río Bogotá, cuyo caudal se utiliza para agua potable y para riego. Es probable que por ello haya que alejar de allí las futuras plantas hidroeléctricas.

2. Generación y demanda de electricidad

La capacidad instalada total del país alcanzaba a fines de 1958 los 858 000 kW, de los cuales 630 000 correspondían al servicio público y 280 000 al servicio privado o autogeneración. La generación total alcanzó a 3 050 millones de kWh, siendo de 2 450 millones la del servicio público y de 603 millones la autogeneración. La capacidad hidroeléctrica total era de 490 000 kWh y la producción del mismo origen de 2 030 millones de kWh. (Véase el cuadro 20.) A base de datos parciales puede indicarse que la capacidad total del servicio público aumentó en el año 1959 en alrededor de 27 300 kW, o sea 4.3 por ciento sobre la del año 1958. La producción total, también de servicio público, creció en 12.6 por ciento en 1959 y 15.2 por ciento en 1960.

La situación de Colombia en materia eléctrica, de acuerdo con el nivel de su producto bruto y de su ingreso por habitante, puede considerarse más bien buena en comparación con la de los demás países latinoamericanos. Su capacidad instalada total por habitante (63 vatios) excedía en 1958 en 17 por ciento a la que le correspondería según el promedio ponderado de los países latinoamericanos. Por otra parte, su producción pública por habitante (181 kWh) es superior en 40 por ciento a la correspondiente al nivel de

Cuadro 20

COLOMBIA: CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA, 1958

	Capacidad instalada (miles de kW)	Producción ^a (millones de kWh)
I. Servicio público	629.6	2 450
Hidráulica	452.5	1 930
Térmica	177.1	520
Porcentaje de hidráulica	71.9	78.7
II. Servicio privado o autogeneración	227.8	603
Hidráulica	36.9	98
Térmica	190.9	505
Porcentaje de hidráulica	16.2	20
III. Total	857.4	3 053
Hidráulica	489.4	2 028
Térmica	368.0	1 025
Porcentaje de hidráulica	57.1	66.6

FUENTE: Instituto de Fomento Eléctrico. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Encuesta Especial.

^a Cifras estimadas para el servicio público y para la distribución de termo e hidroelectricidad.

ingreso también por habitante. A esta situación ha llegado Colombia mediante uno de los más fuertes crecimientos de la producción de electricidad que se encuentra entre los países latinoamericanos. Tanto es así que la tasa geométrica anual de 11.7 por ciento que se tuvo en el período 1949-58 y la de 10.8 por ciento en 1934-1954 sólo son superadas por las del Ecuador, Cuba y Venezuela.

No obstante la buena posición indicada con respecto al término medio de los demás países latinoamericanos, puede decirse que en Colombia hay todavía margen para aumentar su electrificación relativa, ya que su capacidad instalada por habitante es superada ampliamente por la que existe en el Brasil, México y Costa Rica, cuyo producto bruto por habitante es similar y no son países en que la estructura de su producción exija más energía eléctrica que en Colombia. Además, en 1958 se presentaban evidentes síntomas —que continuaron en 1959, 1960 y 1961— de que la capacidad instalada existente era ya escasa y se hacía indispensable

pensar seriamente en nuevos planes de electrificación. A fines de 1959 la capacidad total efectiva de servicio público excedía en menos de 10 por ciento a la demanda máxima de carga; es decir, que la reserva existente en promedio para el país era inferior al crecimiento anual de la demanda. Esta situación es más grave aún en varios de los principales centros consumidores, ya que existía demanda insatisfecha en Bogotá, Cali, Medellín y Manizales. Por otra parte, la generación propia de los establecimientos industriales ha tenido que crecer al mismo ritmo que la de servicio público, lo que a grandes rasgos significa que esta última no ha llegado a tener capacidad suficiente para abastecer el desarrollo industrial.

Con fines ilustrativos y con los datos básicos disponibles se han estimado las series de producción total de electricidad que muestra el cuadro 21. En forma concreta estos datos permiten decir que la participación de la generación pública en el total ha permanecido constante en poco más del 80 por ciento y que la hidroelectricidad de servicio público aumentó de 76.5 a 78.6 por ciento entre 1949 y 1958. En la autogeneración, en cambio, ha predominado siempre la termolectricidad. El alto crecimiento de la producción ha significado un amplio mejoramiento de la generación de energía eléctrica por unidad de producto bruto, de manera que la respectiva relación creció a razón de 6.9 por ciento anual entre 1949 y 1958. Por su parte, el consumo de energía eléctrica presenta la alta elasticidad de 2.4 con respecto al producto bruto, en la estrecha correlación que existe entre ambas variables.

Como es lógico, la situación media del conjunto del país varía según los diferentes departamentos y sistemas eléctricos.

La capacidad total instalada es máxima en el departamento de Antioquia (207 800 kW) y mínima en el Chocó (4 900 kW). Sólo tres departamentos —Antioquia, Cundinamarca y Valle— superan los 100 000 kW instalados. Siete departamentos y el conjunto de las intendencias y comisarías disponen de menos de 15 000 kW cada uno. (Véase el cuadro 22 y el mapa 3.)

De los 38 000 kW instalados en Boyacá, 28 900 corresponden a la autogeneración, de los cuales 27 500 son de la Siderúrgica de Paz del Río. En Santander, 29 300 kW de los 48 500 kW instalados corresponden casi en su totalidad a la actividad petrolera. En Antioquia, Cundinamarca y Valle hay también importante autogeneración debido a

Cuadro 21

COLOMBIA: PRODUCCION TOTAL DE ENERGIA ELECTRICA, 1949-58

(Millones de kWh)

Año	Servicio público			Servicio privado			Total		
	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
1949	710	220	930	50	150	200	760	370	1 130
1950	810	240	1 050	50	170	220	860	410	1 270
1951	860	250	1 110	50	200	250	910	450	1 360
1952	960	290	1 250	60	220	280	1 020	510	1 530
1953	1 100	350	1 450	60	240	300	1 160	590	1 750
1954	1 240	390	1 630	70	300	370	1 310	690	2 000
1955	1 400	420	1 820	80	350	430	1 480	770	2 250
1956	1 650	460	2 110	80	420	500	1 730	880	2 610
1957	1 730	490	2 240	90	460	550	1 840	950	2 790
1958	1 930	520	2 450	100	500	600	2 030	1 020	3 050

FUENTE: Estimación sobre la base de los datos parciales de las fuentes indicadas en el cuadro 20 y de los censos industriales.

Cuadro 22

COLOMBIA: CAPACIDAD ELECTRICA INSTALADA, 1958

(Miles de kW)

Departamento	Servicio público			Servicio privado			Total		
	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
Antioquia	151.1	0.9	152.0	18.3	37.5	55.8	169.4	38.4	207.8
Atlántico	—	52.8	52.8	—	2.7	2.7	—	55.5	55.5
Bolívar	—	17.9	17.9	—	8.9	8.9	—	26.8	26.8
Boyacá	3.3	6.6	9.9	—	28.9	28.9	3.3	35.5	38.8
Caldas	42.5	1.7	44.2	—	4.8	4.8	42.5	6.5	49.0
Cauca	9.3	0.4	9.7	—	0.6	0.6	9.3	1.0	10.3
Córdoba	—	6.4	6.4	—	0.3	0.3	—	6.7	6.7
Cundinamarca	123.3	23.0	146.3	14.6	23.7	38.3	137.9	46.7	184.6
Chocó	—	0.9	0.9	4.0	—	4.0	4.0	0.9	4.9
Huila	4.2	1.7	5.9	—	1.0	1.0	4.2	2.7	6.9
Magdalena	0.8	10.7	11.5	—	2.1	2.1	0.8	12.8	13.6
Nariño	8.4	0.9	9.3	—	1.6	1.6	8.4	2.5	10.9
Norte de Santander	1.4	9.4	10.8	—	3.7	3.7	1.4	13.1	14.5
Santander	14.5	4.7	19.2	—	29.3	29.3	14.5	34.0	48.5
Tolima	10.1	3.9	14.0	—	3.1	3.1	10.1	7.0	17.1
Valle	82.9	32.7	115.6	—	41.0	41.0	82.9	73.7	156.6
Intendencia y comisarías	0.7	2.5	3.2	—	1.7	1.7	0.7	4.2	4.9
Total	452.5	177.1	629.6	36.9	190.9	227.8	489.4	368.0	857.4

FUENTE: Instituto de Fomento Eléctrico, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Encuesta Especial. Puede considerarse que los datos cubren todas las centrales existentes en el país.

las grandes industrias con plantas propias que existen en Medellín, Bogotá y Cali. Conviene hacer notar que en general, salvo en grandes y especiales explotaciones mineras e industriales, la autogeneración no es una buena solución económica para el aprovisionamiento de energía eléctrica, sobre todo en un país que posee grandes recursos hidro-

eléctricos susceptibles de ser aprovechados en mejores condiciones si los sistemas de servicio público abastecen adecuadamente a la industria.

La participación del servicio público en la capacidad total, que en promedio es el 73.4 por ciento para todo el país, supera al 90 por ciento en Atlántico, Caldas, Cauca,

Cuadro 23

COLOMBIA: PRODUCCION Y CONSUMO DE ELECTRICIDAD, 1958

(Millones de kWh)

Departamento	Servicio público			Autogeneración (producción) ^a	Total	
	Producción	Consumo	Porcentaje de pérdidas		Producción	Consumo ^b
Antioquia	672.6	429.1	36.2	163.7	836.3	592.8
Atlántico	224.1	207.5	7.4	0.8	224.9	208.3
Bolívar	76.1	64.5	15.2	4.0	80.1	68.5
Boyacá	—	—	—	48.7	48.7	33.5
Caldas	178.4	163.8	8.2	1.8	180.2	165.6
Cauca	20.3	15.0	26.1	0.4	20.7	15.4
Córdoba	5.2	3.4	34.6	0.3	5.5	3.7
Cundinamarca	605.5	515.5	14.9	140.3	745.8	655.8
Chocó	2.6	1.8	30.8	—	2.6	1.8
Huila	19.3	16.6	14.0	1.2	20.5	17.8
Magdalena	23.6	17.4	26.3	3.3	26.9	20.7
Nariño	26.5	21.4	19.2	3.1	29.6	24.5
Norte de Santander	38.0	23.8	37.4	1.6	39.6	25.4
Santander	43.9	21.1	51.9	151.4	195.3	172.5
Tolima	45.2	37.6	16.8	3.0	48.2	40.6
Valle del Cauca	404.9	342.8	15.3	77.6	482.5	420.4
Intendencia y comisarías	1.4	0.4	71.4	1.4	2.8	1.8
Total	2 387.5 ^c	1 866.2	21.8	602.6	2 990.1	2 468.8

FUENTE: Instituto de Fomento Eléctrico, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

^a Corresponde a 1957 del Registro de la Sección Industrias del DANE. Electraguas aceptó igual dato para 1958.

^b El consumo de la autogeneración se supuso igual a la producción.

^c Este total no incluye la producción de plantas pequeñas sin medidores. La producción total, incluyendo estas plantas, se estima en 2 450 kWh.

Córdoba y Cundinamarca y es mínima en Boyacá y Santander por las razones ya anotadas.

El mayor o menor aprovechamiento hidroeléctrico en los distintos departamentos está en relación con las fuentes hidráulicas que poseen. Es nulo en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Córdoba y mínimo en Boyacá, Magdalena y el Norte de Santander. En el futuro es probable que en Atlántico y Magdalena se comience a utilizar hidroelectricidad proveniente de las caídas de agua del macizo de Santa Marta. En beneficio de Colombia, los departamentos de mayor desarrollo económico son los que poseen recursos hidráulicos en abundancia y en casi todos ellos la capacidad hidroeléctrica supera el 80 por ciento.

En lo que se refiere a generación, la posición relativa de los diferentes departamentos y la cuantía del servicio público y la autogeneración guardan un orden parecido al ya visto para la capacidad instalada, aunque influyen en él la utilización de las centrales y las pérdidas en la transmisión y distribución de energía eléctrica.

Los porcentajes de pérdidas en la generación, transmisión y distribución de la electricidad son normales en los principales sistemas del país. No obstante, en algunos casos son altos y podrían mejorarse. La pérdida total promedio de los principales sistemas de servicio público es de alrededor de 14 por ciento, mientras que en algunos de los sistemas pequeños excede el 50 por ciento, lo que revela las malas condiciones técnicas del servicio. (Véase el cuadro 23.)

Sobre la distribución del consumo según los distintos sectores económicos, sólo existen datos completos para 1956. (Véase el cuadro 24.)

Colombia es uno de los países latinoamericanos que dedica la menor parte de la producción de energía eléctrica a fines productivos y ello sucede no sólo en la energía total sino también en la de servicios públicos. En éstos, del total de la electricidad consumida en el país, sólo el 26.3 por ciento se emplea con fines industriales, destinándose muy poca energía a transportes. El departamento del Atlántico,

Cuadro 24

COLOMBIA: DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA POR LAS EMPRESAS DE SERVICIO PUBLICO, 1956

(Porcientos)

Departamento	Residencial	Industrial	Comercial	Otros
Antioquia	62.5	23.0	11.2	3.3
Atlántico	28.1	46.4	15.6	9.9
Bolívar	56.1	21.5	16.5	5.9
Boyacá	69.2	10.5	20.3	—
Caldas	63.5	13.1	17.3	6.1
Cauca	70.4	14.3	15.3	—
Córdoba	70.0	13.3	16.7	—
Cundinamarca	30.6	29.5	30.9	9.0
Chocó	60.0	—	20.0	20.0
Huila	55.0	2.8	34.0	8.2
Magdalena	57.2	6.5	24.9	11.4
Nariño	68.3	12.2	17.1	2.4
Norte de Santander	70.7	11.2	18.1	—
Santander	59.3	16.7	19.9	5.1
Tolima	66.6	13.0	19.5	0.9
Valle	41.7	36.7	14.8	6.8
Intendencias y comisarías	82.0	3.6	12.5	1.9
Total	49.4	26.3	18.2	6.1

FUENTE: Instituto de Fomento Eléctrico, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Encuesta Especial. Puede considerarse que los datos cubren todas las centrales existentes en el país.

bajo la influencia de Barranquilla, es el que presenta la mayor producción de consumo industrial (46 por ciento), seguido por el Valle del Cauca (37 por ciento) y Cundinamarca (30 por ciento). Los demás departamentos del país tienen una proporción de consumo industrial inferior al promedio nacional y sólo Antioquia y Bolívar superan el 20 por ciento.

La mitad de la energía de servicio público de Colombia se destina al bienestar directo de la población a través del consumo residencial. En los departamentos menos desarrollados industrialmente es aún mayor la proporción, sobrepasando las dos terceras partes en seis departamentos. En cambio, en Atlántico y Cundinamarca el consumo residencial no alcanza a la tercera parte.

Poco menos de la cuarta parte de la energía del país se destina a usos comerciales de alumbrado público y otros de menor importancia.

No se dispone de datos completos para analizar la evolución histórica de la distribución del consumo. No obstante, datos parciales permiten formarse una idea bastante precisa para los principales centros consumidores y para el país en su conjunto.

En todo el país, si bien el consumo industrial de energía de servicio público ha crecido a razón de 11.4 por ciento anual, su participación dentro del consumo total ha ido perdiendo terreno. En efecto, de 34 por ciento en 1949 descendió a 30 por ciento en 1958. Este proceso se presentó principalmente entre 1954 y 1958.

Si no se tuviera en cuenta el consumo industrial del Valle, que ha crecido fuertemente, la disminución en el resto del país ha sido mucho más pronunciada, habiendo pasado la participación de la industria de 35 por ciento en 1949 a 28 por ciento en 1958. Mientras el suministro de energía pública a las industrias se incrementó sólo en 42 por ciento entre 1953 y 1956, en los establecimientos manufactureros la autogeneración creció 96 por ciento y el consumo, 76 por ciento. Por ello la participación de la energía comprada dentro del consumo total de la industria bajó de 56 a 52 por ciento. Es de lamentar que no haya datos industriales para años posteriores, pero probablemente continuó este proceso, ya que en los principales centros industriales como Cundinamarca, Cali y Medellín no ha habido un suministro holgado de energía de servicio público.

Dentro de los distintos departamentos es interesante destacar los casos de Cundinamarca y del Valle. Cundinamarca es el departamento donde está más agudizado el problema que se comenta. La participación del suministro público a la industria bajó en 75 por ciento entre 1953 y 1956. La participación de ventas a la industria por las empresas de servicio público bajó de 32 a 30 por ciento entre 1954 y 1958, lo que indica que el proceso debe haberse agravado después de 1956.

Sin embargo, la tasa geométrica anual de crecimiento del suministro público a la industria fue de 11.4 por ciento entre 1949 y 1958, lo que es un índice evidente de que en regiones o países con fuerte crecimiento industrial no son exageradas las tasas anuales de crecimiento de la demanda superiores al 12 por ciento. En el Valle, en cambio, el fuerte aumento que significó para el servicio público la central de Anchicayá permitió en los primeros años un suministro holgado de energía a la industria. Tan así es que la participación de la electricidad pública dentro del consumo industrial creció de 22 a 48 por ciento entre 1953 y 1958 y el consumo industrial aumentó de 31 a 37 por ciento dentro del consumo público total. Además, el fuerte aumento del suministro de energía permitió que el consumo

industrial de servicio público creciera entre 1948 y 1958 en forma tal que significa una tasa geométrica anual de 25 por ciento. Sin embargo, en el año de 1958 ya se había casi copado la capacidad disponible y tenía que restringirse la demanda potencial existente.

No se dispone en Colombia de series largas y fehacientes para analizar la evolución del consumo total de electricidad como factor de producción y como bien final. En forma aproximada se puede decir que el consumo de energía como bien de producción industrial ha crecido con mayor rapidez que la electricidad destinada a bien de consumo de la población desde la última guerra mundial, pues la participación de ésta en el consumo total fue 36 por ciento en 1945, 34 por ciento en 1953 y 38 por ciento en 1956. Sin embargo, como se ha dicho, ello ha sido conseguido aumentando la autogeneración más allá de lo debido.

3. Necesidades futuras de generación y capacidad instalada

De acuerdo con el estudio sobre crecimiento de la demanda y según diversas consideraciones,² es posible calcular las necesidades a mediano plazo de generación de energía eléctrica y de la capacidad instalada indispensable para producirla.

A fin de proyectar la producción total de electricidad del país que se debería disponer en 1965 y 1970 abastecer un crecimiento razonable del consumo, se han adoptado en primer lugar los datos de las empresas que han hecho estimaciones (producción para Bogotá y la CVC y demanda máxima para la Colombiana de Electricidad y Medellín, suponiendo para estos últimos un factor de carga constante), y luego se ha aplicado una tasa de crecimiento anual al resto de la producción de servicio público en 1958 y a la autogeneración. (Véase de nuevo el cuadro 9.) Las tasas de 12 por ciento para 1958-65 y 11 por ciento para 1965-70, fijadas para las restantes empresas de servicio público, no se consideran exageradas y parecen razonables si se considera que son menores que las del conjunto de los otros sistemas.

La producción de energía eléctrica total del país, que fue de 3 050 millones de kWh en 1958, debería crecer a una tasa acumulativa anual de 13.1 por ciento entre 1958 y 1965, para llegar en este último año a 7 220 millones de

kWh. En 1970 se requeriría una producción de 11 900 millones de kWh, siendo de 10.4 por ciento la tasa anual en el período 1965-70. (Véase el cuadro 25.)

Las necesidades establecidas para 1965 coinciden ajustadamente con las que derivan del aumento anual de 5½ por ciento del producto bruto, establecido en la hipótesis general de desarrollo económico de Colombia. En la estrecha correlación existente entre la producción de electricidad total y el producto bruto interno, a la producción de 7 220 millones de kWh corresponde una elasticidad de 2.41, cuando la del período 1950-59 fue de 2.42. La menor tasa de crecimiento adoptada para el período 1965-70 lleva a que la elasticidad baje a 1.87. Parece lógico, como ya se ha dicho, que a medida que el país se vaya electrificando desciendan los porcentajes anuales de crecimiento de la producción de electricidad y su elasticidad con respecto al producto bruto interno. Sin embargo, quizá sea posible que la cifra de la producción de electricidad proyectada para 1970 sea demasiado baja. Ello podría subsanarse utilizando más intensamente los equipos existentes en esa fecha o reajustando los programas.

La capacidad total instalada del país, que en 1958 fue de 857 400 kW, debería aumentar a 1 960 000 en 1965 y a 3 150 000 kW en 1970. La capacidad hidroeléctrica pasaría aproximadamente de 490 000 kW en 1958, a 1 246 000 kW en 1965 y a 2 271 000 kW en 1970, y la termoeléctrica de 368 000 kW en 1958, a 715 000 kW en 1965 y a 880 000 kW en 1970. Es indudable que conforme a la conveniencia que establezcan los proyectos concretos en las distintas regiones del país, puede variar la cuantía relativa de las instalaciones hidro y termoeléctricas pero se considera que las estimaciones anteriores corresponden a órdenes de magnitud bastante probables.

4. Programas de desarrollo eléctrico

Corresponde ahora analizar los programas de desarrollo eléctrico existentes en Colombia, con sus obras en ejecución y sus proyectos, para ver en qué forma satisfacen las necesidades anotadas y para establecer las necesidades suplementarias que habría que encarar para que en 1965 y 1970 las distintas regiones del país no carezcan de un adecuado suministro de energía eléctrica.

Las más importantes empresas colombianas —Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, Empresas Públicas de Medellín, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Elec-

² Véase *La energía eléctrica en Colombia*, informe inédito del Grupo Asesor CEPAL/DOAT/FAO (julio de 1961).

Cuadro 25

COLOMBIA: PROYECCIONES DE LA PRODUCCION DE HIDRO Y TERMOELECTRICIDAD

(Millones de kWh)

	1958			1965			1970		
	Termo-electricidad	Hidro-electricidad	% de hidro-electricidad sobre el total	Termo-electricidad	Hidro-electricidad	% de hidro-electricidad sobre el total	Termo-electricidad	Hidro-electricidad	% de hidro-electricidad sobre el total
Sistemas de Bogotá, del CVC, de la Cia. Colombiana de Electricidad y de Medellín . . .	341	1 446	81.0	800	3 780	82.3	730	6 800	90.2
Otros sistemas públicos	179	484	73.2	420	1 050	71.7	620	1 860	75.0
Autogeneración	500	100	16.7	880	290	25.0	1 230	660	35.0
<i>Total</i>	<i>1 020</i>	<i>2 030</i>	<i>67.3</i>	<i>2 100</i>	<i>5 120</i>	<i>70.8</i>	<i>2 580</i>	<i>9 320</i>	<i>78.3</i>

FUENTE: Planes de ampliación de las empresas y estimaciones.

traguas, etc.— han elaborado programas de desarrollo eléctrico a mediano plazo y están construyendo centrales que, en general, cubren satisfactoriamente las necesidades requeridas en el primer período considerado y también la mayor parte de las estimadas hasta 1970. La situación es más difícil y aleatoria en lo que respecta a los pequeños sistemas aislados y también los sistemas de la Compañía Colombiana de Electricidad.

En 1960 existían en Colombia 464.8 MW en construcción o por iniciar su construcción, que equivalían al 40 por ciento de las necesidades de capacidad adicional a instalar en el período 1959-65. De ellos, 139.5 MW son térmicos y 325.3 MW hidráulicos. (Véanse el cuadro 26 y el mapa 3.) Las empresas también tenían en estudio diferentes proyectos cuya construcción no estaba aún decidida pero que indudablemente significan sitios hidropotenciales de probable aprovechamiento. Conviene aclarar que se han consignado aquí todos los proyectos existentes y conocidos sin entrar a juzgar acerca de la conveniencia relativa de sus prioridades. Es sabido, en efecto, que existe controversia en relación con algunos proyectos que constituyen soluciones alternativas de otros aprovechamientos. Tal es, por ejemplo, el caso de los aprovechamientos de los ríos Nare y Sogamoso. Que aquí se haya adoptado un aprovechamiento

en lugar de otro o los dos, no significa abrir juicio sobre su conveniencia, sino meramente que se utilizan datos completos disponibles, ya que el presente estudio sólo tiene por objeto establecer órdenes de magnitud de las necesidades de energía eléctrica y de las inversiones que requieren. Conviene insistir en que uno de los principales problemas que las autoridades colombianas deben afrontar es establecer la prioridad relativa de los aprovechamientos alternativos. De más está decir que las decisiones deben basarse en consideraciones técnico-económicas y que es indispensable realizar lo antes posible los estudios que las fundamenten.

En el cuadro 27 se consignan el detalle completo de las centrales eléctricas en construcción o en proyecto, clasificadas según las distintas regiones eléctricas en que se ha dividido el país y consignando los respectivos años de entrada en servicio. Aunque la ejecución de los proyectos con que cuenta la Compañía Colombiana de Electricidad está supeditada al traspaso de dicha compañía a Electragua, se los ha consignado aquí como si ello hubiera sucedido a comienzos de 1960, por lo que deben modificarse los años de entrada en servicio según sea el atraso en la iniciación de las construcciones respectivas. Es necesario tener en cuenta también que se han adoptado los planes de distintas empresas tal como fueron elaborados y que es habitual que se

Cuadro 26

COLOMBIA: CAPACIDAD ELECTRICA ADICIONAL POR INSTALAR, 1959-70

(Miles de kW)

	1959-65			1966-70		
	Hidráulica	Térmica	Total	Hidráulica	Térmica	Total
A. En construcción:						
Empresas de Energía y Filiales de Electraguas ^a	325.3	139.5	464.8	—	—	—
B. Proyectada:						
1. Empresas de Energía ^b	298.2	—	298.2	696.9	—	696.9
2. Compañía Colombiana de Electricidad ^b	9.0	40.5	49.5	38.0	5.3	43.3
3. Filiales de Electraguas ^c	71.6	37.0	108.6	80.0	—	80.0
Total	378.8	77.5	456.3	814.9	5.3	820.2
C. Sin proyectos:						
Servicio público ^d	45.0 ^e	23.4 ^f	68.4	140.0 ^g	50.0	190.0
Autogeneración	53.1	106.1 ^h	159.2	90.0	110.0	200.0
Total	98.1	129.5	226.0	230.0	160.0	390.0
D. Total	802.2	346.5	1 148.7	1 044.9	165.3	1 210.2

FUENTE: Cuadros anteriores y estimaciones.

^a Incluye 5 500 kW de Charquito I, que se retiran del servicio.

^b La ampliación de El Morro 1 500 kW térmicos y Guadalajara 3 000 kW hidráulicos se han considerado en la Colombiana.

^c Los proyectos de Electraguas no alcanzan a cubrir para 1959-65 el crecimiento del 12% anual o lo alcanzan justo, excepto el de Termo-Paipa que da un sobrante de 23 000 kW y el Río Prado de 40 000 kW.

^d Incluye la capacidad faltante en los sistemas de Electraguas y el total de los servicios públicos no contemplados en los otros sistemas.

^e Se ha aumentado en 40 000 kW, ya que el sobrante del Río-Prado no puede ser trasladado a otros sistemas.

^f Se ha aumentado en 23 000 kW debido al sobrante de Termo-Paipa.

^g Se ha aumentado en 20 000 kW que excede el proyecto de Río Prado.

^h Se han reducido las necesidades en 23 000 kW por suponer que los 23 000 de Termo-Paipa se destinarán a Paz del Río.

produzcan atrasos en la ejecución con respecto a las fechas previstas. Por ello es indispensable aquí, como en todo plan, una tarea de ajuste permanente para que las cifras respondan plenamente a la realidad presente.

Si se comparan las centrales en construcción y proyectadas con la necesidad de aumento anteriormente estimada, se ve que esta última sería satisfecha en los sistemas de Bogotá, la Corporación Autónoma Regional del Cauca y Medellín. Las centrales en construcción y las proyectadas por el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico no suelen alcanzar o alcanzan estrechamente a cubrir hasta 1965 la demanda de los sistemas a los cuales serían conectadas, suponiendo un crecimiento de 12 por ciento anual, que no es exagerado por las condiciones ya analizadas. La Central de Termo-Paipa supera las necesidades de la zona de Paipa y Belencito y es posible que en 1965 permita disponer de un sobrante de aproximadamente 23 000 kW. Este sobrante puede ser absorbido por la ampliación de actividades de la Siderúrgica de Paz del Río y en caso necesario también puede servir para el consumo de Bogotá. En el sistema de la CHEC, la Central de la Esmeralda quedaría copada antes de 1965 y la ampliación del sistema con la Central de San Francisco, (de 80 000 kW) cubriría ajustadamente la demanda prevista para 1970, si es que crece a razón del 12 por ciento anual hasta 1965 y del 11 por ciento anual en el período 1965-70. La capacidad adicional que la Esmeralda proporcionará al sistema de la CHEC será copada de inmediato y probablemente habrá un déficit entre 1963 y 1966, año en que se darán al servicio público los primeros 28 000 kW de la Central de San Francisco. La construcción de esta central, por otra parte, es conveniente porque con ella se aprovechan las inversiones en las obras hidráulicas ya ejecutadas para la Central La Esmeralda.

En el sistema del río Mayo (Paste-Popayán) quedaría en 1965 un sobrante de alrededor de 3 000 kW, que permitirá disponer de capacidad para los años subsiguientes. No obstante, tanto en este sistema como en los demás, es posible que la conexión de pueblos que actualmente son servidos por pequeñas plantas diesel cope la capacidad de las centrales proyectadas antes de lo previsto. En el sistema de Tibú se estimaba que 8 000 de los 12 000 kW de la central de gas que debió comenzar a operar en 1961, serían utilizados inmediatamente y otra vez habría déficit cuando entrase en servicio en 1965, la nueva ampliación. Los primeros 10 000 kW en construcción de la Central de Cospique, en Cartagena, sólo alcanzarán a satisfacer la demanda hasta 1963. Por ello se ha previsto una ampliación para fines de dicho año o comienzos de 1964. Para abaratar los costos y debido a la posible demanda industrial, la ampliación proyectada será de alrededor de 20 000 kW, posiblemente con dos grupos de 12 250 kW cada uno. Con los 10 000 kW de la Central de Tucurín se piensa comenzar el aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos de la Sierra Nevada de Santa Marta y suministrar energía a la región sur de la zona bananera. La Central de Río Prado se ha proyectado para servir la zona central del departamento del Tolima y la zona norte del departamento del Huila, que incluye a la ciudad de Neiva. En la zona central del Tolima figuran como principales núcleos las ciudades de Ibagué y Girardot y todas las poblaciones menores. La potencia instalada a fines de 1961 debió ser de unos 18 000 kW. De acuerdo con los estudios de demanda del plan nacional de electrificación para esta zona, será necesario instalar una potencia de 77 400 kW hacia 1965. La zona de Neiva —que para fines de 1961, según el mismo estudio, tenía una po-

tencia instalada de 5 600 kW— necesitaba una potencia instalada de 11 000 kW. La planta de río Prado, por ser una planta con embalse de regulación, servirá para formar toda la energía de los sistemas hidráulicos de generación del Tolima así como los de la zona de Neiva. Se trata de un proyecto mixto con riego.

Ya antes se vio que la proyección de la capacidad instalada correspondiente al plan de desarrollo económico establecido entonces por el gobierno indicaba la necesidad de que los sistemas de las filiales de Electraguas y otros sistemas públicos, excepto el de las cuatro grandes empresas, aumentarían su capacidad en 260 000 kW en 1959-65. Contando con los 5 950 kW que entraron en servicio de 1959 y los 16 890 kW incorporados durante 1960, en el período 1959-65 Electraguas había puesto en servicio público 252 440 kW.

La similitud de las cifras constituye un justificativo de orden global a las obras proyectadas por el Instituto. Conviene aclarar, sin embargo, que como parte de esa capacidad quedará en calidad de sobrante en algunos sistemas, otros, especialmente los de poblaciones pequeñas, no alcanzarán a ver satisfechos adecuadamente los crecimientos potenciales de su demanda. Tal situación podría resolverse en parte con el traslado de los pequeños equipos diesel que quedarán disponibles en algunas poblaciones cuando entren en servicio centrales de importancia.

En los sistemas de Barranquilla-Santa Marta-Ciénaga, de Girardot, de Honda-Mariquita, de Palmira-Buga y de Buenaventura, de la Compañía Colombiana de Electricidad, pueden producirse déficit de consideración si se dilata la ejecución de los aumentos de capacidad proyectados.

Ahora es posible resumir la capacidad adicional a instalar para el conjunto del país. (Véase el cuadro 28 y otra vez el cuadro 26.) Durante 1959-65 sería necesario instalar una capacidad adicional de 1 148 700 kW para cubrir los necesarios aumentos de capacidad instalados, el reemplazo de Charquito I y los excesos existentes en las centrales de Electraguas que no se pueden derivar hacia otros sistemas o hacia la industria. De esa cifra, 464 800 kW se hallan en construcción y 456 300 en proyecto. Son necesarios, además, 226 000 kW correspondientes a las empresas públicas más pequeñas, que son innumerables, para los cuales no se conocen proyectos.

En el período 1965-70 se requeriría la instalación de 1 210 200 kW adicionales para satisfacer los aumentos de la demanda estimada. Como es lógico, no hay ninguna central en construcción para entrar en servicio en ese período, aunque sí existen 820 200 kW proyectados. Restan 390 000 kW sin proyecto, de los cuales 190 000 corresponden a empresas de servicios públicos, incluso Electraguas, y 200 000 kW a las necesidades de los servicios privados que existían en 1958.

La distribución de la capacidad adicional en termo o hidroelectricidad responde, como puede verse, a la disponibilidad de recursos hidráulicos de las distintas regiones. Así, la hidroelectricidad es casi total en la región oeste (Antioquia, Caldas y Chocó), predomina ampliamente en las regiones centro y sur, es menor que la térmica en la región noroeste (Santander y Norte de Santander) y es mínima en la región norte. En esta última la hidroelectricidad se acentuará a partir de 1965 debido a la posible utilización de los recursos hidráulicos del macizo de Santa Marta.

Dignos de preocupación son los necesarios aumentos de capacidad que se encuentran actualmente sin ningún proyecto y cuya atención corresponderá a Electraguas y a las autoridades locales. La capacidad adicional sin proyecto re-

COLOMBIA: CENTRALES ELECTRICAS EN CONSTRUCCION Y PROYECTO, POR REGIONES ELECTRICAS, 1959-70
(Miles de kW)

Regiones eléctricas ^a y centrales	Empresa	Tipo de gene- ración	Año de entrada en servicio											
			1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
I. Centro:														
a) En construcción														
Central de Laguneta IV Unid.	E. E. de Bogotá	H	0.45	19.20	43.00	99.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Villavicencio	Electraguas	D	—	18.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Río Reolo y Ventana	Electraguas	H	0.45	—	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Zipaquirá	E. E. de Bogotá	V	—	—	33.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Salto II	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	66.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Termo-Paipa	Electraguas	V	—	—	—	33.00	—	—	—	—	—	—	—	—
b) En proyecto														
Planta de Gualí - Honda	Cía. Colombiana de Electricidad	D	—	1.00	1.00	10.00	19.00	98.00	62.00	62.00	3.30	106.50	—	—
Planta de Girardot	Cía. Colombiana de Electricidad	D	—	1.00	—	—	—	—	—	—	—	1.00	—	—
Central de Río Negro	Electraguas	H	—	—	—	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Charquito II	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	—	16.00	—	—	—	—	—	—	—
Central Río Salsipuedes	Cía. Colombiana de Electricidad	H	—	—	—	—	3.00	3.00	—	—	—	—	—	—
Central del Río Neusa	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	—	—	25.00	—	—	—	—	—	—
Central de Canoas	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	—	—	24.00	—	—	—	—	—	—
Central del Río Prado	Electraguas	H	—	—	—	—	—	45.00	—	—	—	—	—	—
Central No. 5	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	—	—	—	62.00	62.00	—	—	—	—
Central a vapor de Girardot	Cía. Colombiana de Electricidad	V	—	—	—	—	—	—	—	—	3.30	—	—	—
Central No. 6	E. E. de Bogotá	H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105.50	—	—
<i>Total región Centro</i>			0.45	20.20	44.00	109.00	19.00	98.00	62.00	62.00	3.30	106.50	—	—
II. Sur:														
a) En construcción														
Central de Sajandí	Electraguas	H	3.34	13.10	37.30	62.40	20.00	—	—	—	—	—	—	—
Planta de Silvia	Electraguas	H	2.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central del Sandoná	Electraguas	H	0.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Río Mayo	Electraguas	H	0.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central del Río Iquirá I y II	Electraguas	H	0.60	—	—	—	20.00	—	—	—	—	—	—	—
Central del Río Palo	Electraguas	H	—	1.80	—	2.40	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta Diesel de Neiva	Electraguas	D	—	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta Térmica de Yumbo	Corp. Autónoma región del Cauca	D	—	1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta Térmica de Yumbo III	Corp. Autónoma región del Cauca	V	—	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta del Río Calima I (1a.)	Corp. Autónoma región del Cauca	H	—	—	33.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Garzón	Electraguas	H	—	—	—	60.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Río Bobo	Electraguas	H	—	—	0.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central Tumaco	Electraguas	D	—	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			—	—	0.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b) En proyecto														
Planta Diesel del Morro	Cía. Colombiana de Electricidad	D	—	—	2.50	3.00	60.00	—	1.00	60.00	40.00	1.00	—	—
Planta El Tabor	Cía. Colombiana de Electricidad	D	—	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta Río Guadalajara	Cía. Colombiana de Electricidad	H	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	1.00	—	—
Planta Río Calima I (2a.)	Corp. Autónoma región del Cauca	H	—	—	—	3.00	—	—	—	—	—	—	—	—
Planta del Río Timba	Corp. Autónoma región del Cauca	H	—	—	—	—	60.00	—	—	—	—	—	—	—
Planta Río Calima II (1a.)	Corp. Autónoma región del Cauca	H	—	—	—	—	—	—	—	60.00	—	—	—	—
<i>Total región Sur</i>			3.34	13.10	39.90	65.40	80.00	—	1.00	60.00	40.00	1.00	—	—

III. Oeste:

a) En construcción			0.80	40.83	66.60	21.75	—	—	—	—	—	—	—	
Central de Caracolí	Electraguas	H	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Central de Guadalupe III (1a.)	E. Públicas de Medellín	H	—	40.00	40.00	—	—	—	—	—	—	—	—	
Central de Chocó	Electraguas	D	—	0.83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Central La Esmeralda	Electraguas	H	—	—	26.60	—	—	—	—	—	—	—	—	
Central de Troneras	E. Públicas de Medellín	H	—	—	—	18.00	—	—	—	—	—	—	—	
Central de Sonsón	Electraguas	H	—	—	—	3.75	—	—	—	—	—	—	—	
b) En proyecto			—	—	—	—	—	37.00	77.75	117.00	80.00	37.00	37.00	74.00
Central de Guatapé (1a.)	E. Públicas de Medellín	H	—	—	—	—	—	37.00	74.00	37.00	—	—	—	—
Central de Sonsón	Electraguas	H	—	—	—	—	—	—	3.75	—	—	—	—	—
Central de San Francisco	Electraguas	H	—	—	—	—	—	—	—	80.00	—	—	—	—
Central de Guadalupe III (2a.)	E. Públicas de Medellín	H	—	—	—	—	—	—	—	—	80.00	—	—	—
Central de Guatapé (2a.)	E. Públicas de Medellín	H	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37.00	37.00	74.00
Total región Oeste			0.80	40.83	66.60	21.75	—	37.00	77.75	117.00	80.00	37.00	37.00	74.00

IV. Norte:

a) En construcción			0.91	11.76	1.85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electrif. de Magdalena	Electraguas	D	0.41	0.21	1.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Electrif. de Córdoba (varias)	Electraguas	D	0.50	0.55	0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Cospique	Electraguas	V	—	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Magangué	Electraguas	D	—	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b) En proyecto			—	1.00	—	18.90	20.00	21.50	10.00	—	19.00	19.00	—	—
Central de El Pueblito	Cía. Colombiana de Electricidad	D	—	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de El Río	Cía. Colombiana de Electricidad	V	—	—	—	16.50	—	16.50	—	16.50	—	—	—	—
Central del Río Guatapurí	Electraguas	H	—	—	—	2.40	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Cospique II	Electraguas	V	—	—	—	—	20.00	—	—	—	—	—	—	—
Central del Río Tucurínca	Cía. Colombiana de Electricidad	H	—	—	—	—	—	—	10.00	—	19.00	19.00	—	—
Central Regional de Córdoba	Electraguas	V	—	—	—	—	—	5.00	—	—	—	—	—	—
Total región Norte			0.91	12.76	1.85	18.90	20.00	21.50	10.00	—	19.00	19.00	—	—

V. Noroeste:

a) En construcción			0.45	—	22.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de La Cómoda	Electraguas	H	0.45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central del Río Lebrija	Electraguas	H	—	—	9.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central de Tibú	Electraguas	G	—	—	12.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Central La Cascada	Electraguas	H	—	—	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b) En proyecto			—	—	—	—	—	—	12.00	—	—	—	—	—
Central de Tibú	Electraguas	G	—	—	—	—	—	—	12.00	—	—	—	—	—
Total región Noroeste			0.45	—	22.00	—	—	—	12.00	—	—	—	—	—

Total del país			5.95	86.89	174.25	215.05	119.00	156.50	162.75	239.00	142.30	163.50	37.00	74.00
En construcción			5.95	84.89	170.75	183.15	20.00	—	—	—	—	—	—	—
En proyecto			—	2.00	3.50	31.90	99.00	156.50	162.75	239.00	142.30	163.50	37.00	74.00

FUENTE: Planes de desarrollo de las empresas.

^a Regiones eléctricas:

Región centro: Cundinamarca, Boyacá (Llanos).

Región oeste: Antioquia, Caldas, Chocó.

Región noroeste: Santander y Norte de Santander.

Región sur: Valle, Nariño, Cauca, Huila.

Región norte: Magdalena, Atlántico, Bolívar, Córdoba.

Cuadro 28

COLOMBIA: CAPACIDAD ELECTRICA DE SERVICIO PUBLICO POR INSTALAR, POR REGIONES ELECTRICAS, 1959-70

(Miles de kW)

Región eléctrica	1959-65				1966-70		
	En construcción	Con proyecto	Sin proyecto	Total	Con proyecto	Sin proyecto	Total
I. Centro . .	161.6	191.7	20.1	373.4	171.8	143.0	214.8
Térmica . .	67.2	3.0	10.0	80.2	4.3	11.0	15.3
Hidráulica .	94.4	188.7	10.1	293.2	167.5	132.0 ^a	199.5
II. Sur . . .	136.1	66.5	10.9	213.5	101.0	127.4	228.4
Térmica . .	44.9	3.5	4.2	52.6	1.0	4.0	5.0
Hidráulica .	91.2	63.0	6.7	160.9	100.0	123.4 ^b	223.4
III. Oeste . .	130.0	114.7	30.6	275.3	345.0	16.3	361.3
Térmica . .	0.8	—	4.4	5.2	—	2.7	2.7
Hidráulica .	129.2	114.7	26.2	270.1	345.0	13.6	358.6
IV. Norte . .	14.6	71.4	0.8	86.8	38.0	28.0	66.0
Térmica . .	14.6	59.0	0.8	74.4	—	22.0	22.0
Hidráulica .	—	12.4	—	12.4	38.0	6.0	44.0
V. Noroeste .	22.5	12.0	6.0	40.5	—	39.7	39.7
Térmica . .	12.0	12.0	4.0	28.0	—	10.3	10.3
Hidráulica .	10.5	—	2.0	12.5	—	29.4	29.4
Total del país .	464.8	456.3	68.4	989.5	655.8	354.4	1 010.2
Térmica . .	139.5	77.5	23.4	240.4	5.3	50.0	55.3
Hidráulica .	325.3	378.8	45.0	749.1	650.5	304.4	954.9

FUENTE: Cuadros anteriores.

^a Incluye 91 000 kW del aumento del sistema de Bogotá en 1969 y 1970.^b Incluye 73 400 kW del aumento del sistema del CVC en 1969 y 1970.

presenta el 7 por ciento de la capacidad total a instalar en el período 1959-65, pero alcanzará al 35 por ciento en 1966-70, si se incluye la capacidad adicional necesaria en 1959-70 de los sistemas de Bogotá y de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

La importancia de los recursos hidráulicos en el proceso de electrificación de Colombia se pone en evidencia al considerar que de los 1 149 MW de nueva capacidad que deberían instalarse en el período 1959-65, aproximadamente el 70 por ciento será a base de centrales hidroeléctricas, y de los 1 210 MW previstos para 1966-70, un 85 por ciento serán hidroeléctricos. Tan alta proporción de fuente hidráulica es consecuencia de la abundancia y condiciones favorables de ese recurso en el país, que en muchos casos lo sitúan en una posición económica ventajosa sobre el petróleo y el carbón con respecto a la producción de electricidad.

5. Inversiones necesarias y su financiamiento

Conocida la capacidad generadora de energía eléctrica que será necesario instalar en los próximos años, procede estimar la inversión, tanto interna como en divisas, que demandarían las construcciones requeridas para que dicha capacidad pueda obtenerse en las fechas previstas.

Para calcular aproximadamente las inversiones necesarias se han respetado y adoptado las inversiones indicadas por las empresas siempre que se pudo contar con datos. Cuando no se dispuso del dato directo se procedió a estimar la distribución de las inversiones en moneda local y en dólares, aplicando porcentajes promedios derivados de la propia

realidad colombiana y utilizando los tipos de cambio empleados por las propias empresas o bien el de 7 pesos por dólar de no existir otra información.

Antes de entrar a analizar el detalle de las inversiones, conviene hacer algunas aclaraciones para que se interpreten correctamente las cifras que se consignan. Las inversiones se refieren aquí a las reales y necesarias para la ejecución de las obras, es decir, corresponden al concepto económico de formación bruta de capital. En este cálculo de las inversiones no se ha entrado a considerar la posibilidad de que la obtención de préstamos o financiamientos para la adquisición de equipos y materiales pueda desplazar los pagos en el tiempo. Por ello, los gastos efectivos anuales que demande el programa de desarrollo eléctrico y el monto de las inversiones que aquí se consignan pueden divergir. Además y hasta donde ha sido posible, no se han computado los intereses correspondientes a la financiación de los programas.

Para llevar a cabo las obras necesarias a fin de que todo el país pueda contar con buen suministro de energía eléctrica, sería necesario invertir en los años 1959 a 1965 aproximadamente 1 330 millones de pesos³ y 247 millones de dólares. (Véase el cuadro 29.) Si de estas cifras se descuenta lo ya invertido en 1959 y 1960, se tendría para el período 1961-65 un total de 1 100 millones de pesos y 201 millones de dólares.

De realizarse oportunamente estas inversiones, en los cin-

³ Aquí y en lo que sigue se trata de pesos de 1959. Por consiguiente, si, debido al proceso inflacionario, disminuye el poder adquisitivo de la moneda colombiana, será necesario corregir estos valores por las modificaciones relativas del índice de precios.

Cuadro 29

COLOMBIA: INVERSIONES PROYECTADAS POR LAS COMPAÑÍAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, 1959-70

(Valores en millones)

Empresas	1959-65		1966-70		1959-70	
	Pesos de 1959	Dólares	Pesos de 1959	Dólares	Pesos de 1959	Dólares
I. Empresas de Energía Eléctrica de Bogotá . . .	314.8	59.1	228.0	45.3	542.8	104.4
En construcción	83.3	17.6	—	—	83.3	17.6
En proyecto	231.5	41.5	130.5	26.0	361.0	67.5
Sin proyecto ^a	—	—	97.5	19.3	97.5	19.3
II. Compañía Colombiana de Electricidad ^b . . .	66.5	18.7	23.2	5.8	89.7	24.5
Sistema Barranquilla-Santa Marta-Ciénaga . .	36.5	12.7	6.5	1.6	43.0	14.3
Sistema Girardot	9.9	1.5	2.5	0.7	12.4	2.2
Sistema Honda-Mariquita	1.8	0.6	0.9	0.3	2.7	0.9
Sistema de Buenaventura	1.8	0.6	0.9	0.3	2.7	0.9
Sistema Palmira-Buga ^c	6.3	0.9	—	—	6.3	0.9
Distribución y misceláneos ^d	10.2	2.4	12.4	2.9	22.6	5.3
III. Empresas públicas de Medellín	210.0	26.9	62.5	24.1	272.5	51.0
En construcción	80.0	10.0	—	—	80.0	10.0
En proyecto	130.0	16.9	62.5	24.1	192.5	41.0
IV. CVC ^e	125.5	43.6	49.8	20.6	175.3	64.2
En construcción	81.3	26.0	—	—	81.3	26.0
En proyecto	44.2	17.6	23.8	10.8	68.0	28.4
Sin proyecto ^f	—	—	26.0	9.8	26.0	9.8
V. Electraguas ^g	460.8	49.8	104.0	20.8	564.8	70.6
En construcción	280.8	32.8	—	—	280.8	32.8
En proyecto	180.0	17.0	104.0	20.8	284.0	37.8
VI. Otras empresas de servicio público ^h	77.0	20.6	222.0	55.4	299.0	76.0
VII. Autogeneración ⁱ	71.6	28.3	93.5	34.6	165.1	62.9
Total del país	1 326.2	247.0	783.0	206.6	2 109.2	453.6

FUENTE: Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá: "Development Program-Report 43-10 June 1959", OLAP. CVC: "The CVC Power Program 1960-70 Anexo December 1, 1959".

Compañía Colombiana de Electricidad: informaciones directas de la empresa.

Empresas Públicas de Medellín: informaciones directas de la empresa.

Electraguas: informaciones directas de Electraguas.

^a Se aplican inversiones unitarias iguales al promedio en kW de las centrales en construcción y en proyecto.

^b Todos sin proyectos. La distribución de las inversiones en los dos períodos es aproximada, pues los datos de la Cía. sólo consignaban las inversiones totales.

^c Corresponde a las Centrales de "El Morro" y "Guadalajara", luego recibirá energía del CVC.

^d Corresponde a todos los sistemas: como el dato se consignaba en pesos, se tomó 60% en divisas y cambio de 6.50.

^e No incluye las inversiones de los 10 000 kW de Yumbo II.

^f Para los 73 400 kW faltantes sin proyecto se estimó que los 40 000 kW adicionales de Calima II sólo requerían inversión en generación y para los 33 400 kW adicionales se adoptó una inversión de 400 dólares por kW en generación, transmisión y distribución con 70% en divisas.

^g Los datos de Electraguas se tomaron del plan cuatrienal de inversiones 1961-64. Se estimaron las inversiones de 1965 y de 1966-70 y la distribución en obras en construcción y proyecto.

^h Sin proyecto. Incluye las restantes empresas de servicio público y la capacidad sin proyecto de Electraguas.

ⁱ Sin proyecto.

co años siguientes, de 1966 a 1970, se precisarían cantidades algo menores: 783 millones de pesos y alrededor de 207 millones de dólares. Es indudable que por retrasos de los programas o por no contarse con fondos y créditos suficientes para realizar oportunamente las inversiones, puede desplazarse la necesidad aumentando la de los años posteriores. Si no es así, Colombia no podrá contar con la energía eléctrica indispensable para su desarrollo económico.

De los totales para el período completo 1959-70, aproximadamente un 20 por ciento (525 millones de pesos y 86.4 millones de dólares) corresponden a las obras que las empresas de servicio público tienen en construcción o cuya construcción está ya decidida y que en general cuentan con

una adecuada financiación. Para que pueda cumplirse la ejecución de los restantes aumentos de capacidad instalada de servicio público proyectados, será necesario prever la financiación en el curso de los próximos 10 años de unos 996 millones de pesos y 199 millones de dólares. Como un buen programa de desarrollo eléctrico no puede dejar de contemplar la ampliación de los sistemas de servicio público que no cuentan con proyectos conocidos y también de la autogeneración, debe preverse además una inversión adicional de alrededor de 588 millones de pesos y 168 millones de dólares.

Por último, para las centrales de servicio público que no cuentan con proyectos se debería invertir en 1960-65 un

Cuadro 30

COLOMBIA: PROYECCION DE LAS INVERSIONES POR TIPOS DE CENTRAL ELECTRICA^a, 1959-70

(Millones)

	1959-65			1966-70			1959-70		
	Pesos	Dólares	Total dólares	Pesos	Dólares	Total dólares	Pesos	Dólares	Total dólares
I. Centrales en construcción y proyecto . . .	1 178.4	198.1	379.3	467.5	116.6	188.5	1 645.9	314.7	567.9
Hidroeléctricas	918.6	147.0	288.3	460.3	114.8	185.6	1 378.9	261.8	473.9
Térmicas	259.8	51.1	91.0	7.2	1.8	2.9	267.0	52.9	94.0
Por ciento hidroeléctricas	78.0	74.2	76.0	98.5	98.5	98.5	83.8	83.2	83.4
II. Centrales sin proyecto de servicio público y autogeneración	148.6	48.9	71.8	315.5	90.0	138.5	464.1	138.9	210.3
Hidroeléctricas	87.1	19.0	32.4	231.5	49.0	84.6	318.6	68.0	117.0
Térmicas	61.5	29.9	39.4	84.0	41.0	53.9	145.5	70.9	93.3
Por ciento hidroeléctricas	58.6	38.9	45.1	73.4	54.4	61.1	68.6	49.0	55.6
III. Total del país	1 327.0	247.0	451.1	783.0	206.6	327.0	2 110.0	453.6	778.2
Hidroeléctricas	1 005.7	166.0	320.7	691.8	163.8	270.2	1 697.5	329.8	590.9
Térmicas	321.3	81.0	130.4	91.2	42.8	56.8	412.5	123.8	187.3
Por ciento hidroeléctricas	75.8	67.2	71.1	88.4	79.3	82.6	80.4	72.7	75.9

FUENTE: Informaciones oficiales elaboradas por la CEPAL.

^a El tipo de cambio considerado es de 6.5 pesos por dólar.

Cuadro 31

COLOMBIA: INVERSIONES ANUALES EN ENERGIA ELECTRICA, 1959-65

Empresa	Total	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
I. Empresa Energía Eléctrica de Bogotá:								
Millones de pesos de 1959	314.8	3.5	38.6	39.1	41.2	69.7	69.1	53.6
Millones de dólares	59.1	1.6	6.2	10.1	8.2	10.2	11.4	11.4
II. Compañía Colombiana de Electricidad:								
Millones de pesos de 1959	66.5	—	9.5	14.0	10.2	12.7	11.1	9.0
Millones de dólares	18.7	—	2.8	3.6	2.8	4.1	3.0	2.4
III. Empresas públicas de Medellín:								
Millones de pesos de 1959	210.0	7.6	27.0	49.2	48.7	35.0	34.5	8.0
Millones de dólares	26.9	2.2	4.0	2.8	3.3	4.0	6.4	4.2
IV. Corporación Autónoma Regional del Cauca:								
Millones de pesos de 1959	125.5	—	23.2	24.6	24.0	10.2	23.3	20.2
Millones de dólares	43.6	—	7.7	7.7	8.2	3.9	8.4	7.7
V. Electraguas y filiales:								
Millones de pesos de 1959	460.8	38.0	56.7	81.6	75.4	74.4	67.2	67.5
Millones de dólares	49.8	6.8	5.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
VI. Otras empresas de servicio público^a:								
Millones de pesos de 1959	77.0	—	12.8	12.8	12.8	12.8	12.9	12.9
Millones de dólares	20.6	—	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5
VII. Autogeneración:								
Millones de pesos de 1959	71.6	—	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0
Millones de dólares	28.3	—	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8
Total del país:								
Millones de pesos de 1959	1 326.2	49.1	179.7	233.2	224.2	226.7	230.1	184.0
Millones de dólares	247.0	10.6	34.3	39.8	38.2	37.9	44.9	41.5

FUENTE: Información de las empresas y estimaciones.

^a Incluye las restantes empresas de servicio público y las sin proyecto conocido de Electraguas.

total de 77 millones de pesos y alrededor de 21 millones de dólares y en 1966-70 la suma de 345 millones de pesos y 84.5 millones de dólares. En conjunto, las obras sin proyecto requieren el 16 por ciento de las inversiones totales en 1959-65 y el 57 por ciento en el período subsiguiente.

El cuadro 30 muestra la estimación de las inversiones según el tipo de central hidráulica o térmica. Las hidroeléctricas requieren un total equivalente a 321 y 591 millones de dólares (2 250 y 4 150 millones de pesos al cambio de 7 pesos por dólar), en los períodos 1959-65 y 1959-70, respectivamente, lo que en promedio representa las tres cuartas partes del total.

Para terminar con la proyección de las inversiones en energía eléctrica es importante estimar los montos anuales de las mismas para los próximos años, hasta 1965. (Véase el cuadro 31.) Para ello se ha contado con datos completos anuales para los sistemas de Bogotá, Medellín, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Electraguas, y se ha distribuido por años en forma aproximada las inversiones de los demás sistemas, teniendo en cuenta las fechas de entrada en servicio de las centrales y los probables lapsos de su construcción.

En cuanto al financiamiento de las inversiones necesarias, conviene recordar que están aseguradas cerca de la mitad de las correspondientes al período 1959-65. Casi dos tercios de las divisas respectivas se obtienen mediante préstamos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento por un total de 62 millones de dólares para la instalación de 404 600 kW. (Véase el cuadro 32.)

La situación de Electraguas requiere una atención especial por tratarse de la única institución de carácter nacional que se ocupa de los problemas de la energía eléctrica.

Electraguas, para su actividad general y para la financiación de las inversiones en la ampliación de los sistemas de sus filiales, cuenta con los aportes del gobierno nacional, con el impuesto específico a los destilados, con los recursos de explotación de los sistemas, con un pequeño aporte de los departamentos y municipios, con financiamiento y préstamos externos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (otorgado para la ampliación del sistema de la CHEC y del río Lebrija) y de los constructores de equipo, y con préstamos internos (que incluyen los de la Federación de Cafeteros a través de operaciones de trueque).

La adecuada y oportuna financiación futura de Electraguas es de suma importancia, ya que esta institución deberá atender el suministro de electricidad de la mayoría de los sistemas eléctricos del país, exceptuadas las cuatro grandes empresas. Además tiene a su cargo las tareas de orden nacional en materia de programación eléctrica, estudios hidrológicos, estadísticos, etc., y las técnicas de asesoramiento al gobierno.

Para responder a sus obras en ejecución y en proyecto en el período 1961-64, Electraguas deberá hacer frente a una inversión de 298 millones de pesos y 30 millones de dólares.

En el cuadro 33 se detallan los recursos de que se dispondrá para financiar las inversiones requeridas por el plan cuatrienal. Los recursos en moneda nacional alcanzan a 297.3 millones de pesos, incluidos 233.3 de aporte del presupuesto nacional y del impuesto a los destilados, 50 millones de posibles aportes de los departamentos y municipios y 14 millones de aportes especiales (CIAVE). Los recursos en moneda extranjera llegan a 8 millones de dólares, incluidos 4.5 millones de préstamos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento a la CHEC y 3.5 millones de crédito otorgados por la Federación de Cafeteros para la

Cuadro 32

COLOMBIA: PRESTAMOS DEL BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCION Y FOMENTO PARA DESARROLLO DE LA ENERGIA ELECTRICA, ESTADO AL 30 DE JUNIO DE 1960

(Dólares)

Empresa	Fecha de contrato	Período de vencimiento	Porcentaje de interés incluyendo comisiones	Valor del préstamo	Entregado del préstamo	Abonos	Capacidad a instalar (kW)
Central Hidroeléctrica del río Anchicayá Ltda.	2 nov. 1950	1954-1970	4	3 530 000	3 530 000	894 000	74 000
Central Hidroeléctrica del río Anchicayá Ltda.	24 mar. 1955	1959-1975	4 3/4	4 500 000	4 500 000	91 000	10 000
Central Hidroeléctrica del río Anchicayá Ltda.	15 dic. 1958	1961-1979	5 3/4	2 800 000	280	—	20 600
Central Hidroeléctrica de Caldas Ltda.	28 dic. 1950	1952-1971	4	2 600 000	2 600 000	739 000	26 600
Central Hidroeléctrica de Caldas Ltda.	30 jun. 1959	1962-1979	5 3/4	4 600 000	531 377	—	9 000
Central Hidroeléctrica de Lebrija Ltda.	31 nov. 1951	1954-1972	4 1/2	2 400 000	2 400 000	574 000	98 000
Empresas Públicas de Medellín	20 mayo 1959	1963-1984	6	12 000 000	100	—	117 000
Empresa de Energía de Bogotá	30 ene. 1960	1963-1989	6	17 600 000	—	—	153 000
Corporación Autónoma Regional del Cauca	—	—	—	25 000 000	—	—	—

FUENTE: Revista del Banco Internacional.

Cuadro 33

COLOMBIA: RECURSOS DEL INSTITUTO DE
APROVECHAMIENTO DE AGUAS Y FOMENTO
ELECTRICO (Electraguas)

1. Pesos (millones)	297.3
a) Del presupuesto nacional	233.3
Año de 1961	48.0
Año de 1962	52.3
Año de 1963	62.0
Año de 1964	71.0
b) Posibles aportes de los departamentos y municipios.	50.0
c) CIAVE	14.0
2. Dólares (millones)	30.0
De los dólares, se encuentran asegurados hoy.	8.0
a) Del BIRF	4.5
b) De la Federación de Cafeteros	2.5
c) De la Federación de Cafeteros	1.0
Por financiar	22.0

FUENTE: Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas.

adquisición de equipos, sobre la base de los convenios de trueque.

El cálculo de recursos es muy prudente. De los 50 millones de pesos asignados a posibles aportes de los departamentos y municipios, se contaba con 24.6 millones para 1961. Sin embargo, hay que advertir que este dinero no estaba asegurado y que debido a las dificultades económicas por las que pasaban la mayoría de los departamentos y municipios, algunos de los cuales se encontraban retrasados en sus compromisos con el Instituto, esa partida debía considerarse con reserva. También es posible, por otro lado, que la iniciación de obras en algunos departamentos los mueva a hacer aportes mayores que los previstos. Asimismo puede ocurrir que a medida que vaya avanzando el plan sea posible obtener recursos de la reinversión de utilidades de las filiales, que por prudencia no se han tenido en cuenta en este plan para que puedan ser destinados a los servicios financieros de los créditos obtenidos.

En cuanto a los recursos en dólares, sólo se consideraron los que ya se encuentran asegurados. Es posible que puedan obtenerse nuevos créditos, sea de las casas proveedoras de equipo, de la Federación de Cafeteros o de las entidades internacionales. No obstante, es opinión del Instituto que los créditos futuros deben ser objeto de mucha prudencia para que sus servicios financieros no excedan las posibilidades de pago con que se cuenta.

Aunque no deja de ser del mayor interés el incremento del aporte del presupuesto nacional, es indudable que debe proveerse de recursos estables a Electraguas. Sólo así podría afrontar la financiación del aumento de sus filiales y mejorar, hasta llevarla a buen nivel, la acción que le compete como institución nacional.

Además, cuando el gobierno absorba los sistemas de la Compañía Colombiana, Electraguas deberá tomar a su car-

go los planes de ampliación y la financiación de la adquisición de las instalaciones y de las ampliaciones necesarias. En 1960 se ha dictado la ley 81, en cuyo artículo 101 se prevé que una parte del impuesto adicional a la renta gravable que se orientaba a la financiación de las Acerías de Paz del Río S. A., se destina a Electraguas. Con ello se ha concretado una de las medidas que permitirán obtener otros fondos para los planes de fomento y desarrollo eléctrico de dicha institución.

6. Tarifas eléctricas

A la par con el elevado número de empresas de servicio eléctrico que existen en Colombia, hay gran cantidad de sistemas tarifarios y los precios medios del kWh varían entre límites muy amplios. Esta última circunstancia que afecta a todas las actividades económicas del país introduciendo indeseables factores de distorsión, no responde a una política adecuada en la materia.

Existen casos en que los niveles tarifarios no permiten el pago conveniente de los costos del servicio, con las consecuencias inherentes a la ampliación y conservación de las instalaciones correspondientes. Mientras no exista una tarificación que retribuya adecuadamente los costos, será difícil obtener nuevos aportes de capitales y créditos para esta industria. Convendría, pues, que el gobierno de Colombia analizara la situación imperante al respecto y adoptara las medidas necesarias, teniendo en cuenta las recomendaciones de las misiones internacionales que han sido realizadas en esta materia.

La asistencia técnica recomendada en tarificación general, para colaborar con el experto en legislación de aguas y organización administrativa (véase *infra*, capítulo VIII), coordinaría las atribuciones y funciones que se asignen a las distintas autoridades nacionales en los campos hidráulico y eléctrico, así como las respectivas normas que se establezcan en materia de retribuciones por prestación de servicios, distribución de cargas financieras en obras de objetivos múltiples, etc.

7. Recomendaciones

Del análisis realizado sobre la situación de la industria eléctrica en Colombia y de la base jurídica que la sustenta, surgen las recomendaciones generales siguientes:

a) Se precisa una legislación completa en materia de servicios eléctricos que establezca, entre otras cosas, la organización institucional pertinente (autoridad nacional planificadora y autoridad nacional fiscalizadora) y las normas reguladoras necesarias que aseguren a la industria, en el ámbito nacional, una estabilidad jurídica y financiera adecuada a su rápido desarrollo.

b) El Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (Electraguas), ampliando su acción, debería hacerse cargo con suficiente anticipación de planificar, proyectar y en caso dado instalar las ampliaciones referentes a las empresas públicas pequeñas que no tienen proyectos o que no tienen la posibilidad de realizarlos conforme a las necesidades del desarrollo nacional previsto para los próximos años.

Capítulo IV

AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

1. Situación actual

El Instituto Nacional de Fomento Municipal se ocupa de los servicios de agua potable y alcantarillado de todo el país, excepto las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Bucaramanga, Barranquilla y Cartagena, que cuentan con empresas propias. Estas ciudades tienen casi 3 millones de habitantes, o sea el 20 por ciento de la población total y el 42 por ciento de su población urbana.

No obstante las crecientes inversiones realizadas en los últimos años (en 1959 representaron como el 10 por ciento de las inversiones totales del gobierno nacional¹), los servicios de agua potable existentes sólo atienden a 5.3 millones de personas (35 por ciento de la población total del país y 71 por ciento de la población urbana). En otras palabras, hay 2.2 millones de personas en las ciudades y 9.7 millones en todo el país que carecen de agua potable.

Comparada esta situación con la de los otros países de América Latina, puede considerarse poco favorable, ya que en el conjunto de la región el 47.5 por ciento de la población total cuenta con servicio público de agua. (Véase el cuadro 34.)

La distribución de la población urbana que no cuenta con servicio de agua potable es bastante irregular según el tamaño de los centros urbanos. La dispersión de las ciudades pequeñas dificulta de modo especial la construcción de las obras correspondientes. Podría estimarse más o me-

nos en un 70 por ciento la población urbana sin servicio en las localidades con menos de 5 000 habitantes. Hay 22 ciudades (141 000 habitantes) entre 5 000 y 10 000 habitantes y 5 ciudades (63 000 habitantes) entre 10 000 y 20 000 habitantes que no disponen de servicio público. En cambio, en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, por ejemplo, la población sin servicio público es inferior al 20 por ciento.

Sin embargo, también en estos grandes centros urbanos hay serios problemas, debido a su rápido crecimiento demográfico. Así, Bogotá y Cali tienen tasas de crecimiento de población superiores a 6 por ciento anual, lo que constituye un serio desafío a la capacidad de los servicios públicos respectivos. Sólo en Bogotá existen barrios sin acueductos en donde viven más de 10 000 personas. Otras ciudades con importantes déficit son Bucaramanga, Cartago, Pasto, Girardot, Ibaqué, donde faltarían más de 80 litros diarios por habitante, y Ciénaga, donde el déficit llega a 150 litros diarios por habitante.

El cuadro 35 muestra la distribución de casas urbanas y la proporción de ellas con conexiones a acueductos, por departamentos y para las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Aunque esa proporción no es exactamente igual, difiere muy poco de la proporción de habitantes urbanos con servicio de agua.

Por otra parte, dentro de la población que dispone de conexiones a redes públicas, hay servicios poco eficientes, sea por la calidad del agua, sea por la cantidad o la regularidad del suministro. Así, por ejemplo, millón y medio de personas de las que cuentan con agua potable son servi-

¹ Sólo las del Instituto Nacional de Fomento Municipal pasaron de 3.98 a 49.7 millones de pesos entre 1951 y 1959.

Cuadro 34

AMERICA LATINA: POBLACION QUE DISPONE DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUA

País	Población (millones)			Porcentaje de la población total con servicios
	Total	Con servicios	Sin servicios	
Argentina	18.5	10.5	8.0	55.6
Bolivia	3.7	0.8	2.9	22.0
Brasil	55.7	24.3	31.4	43.6
Chile	7.2	3.2	4.0	44.5
Colombia	15.0	5.3	9.7	35.0
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	6.5	2.5	4.0	38.5
Subtotal	122.2	55.4	66.8	45.3
Otros	58.4	30.1	28.3	51.5
Total	180.6	85.5	95.1	47.4

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), y misiones CEPAL/DOAT/OMM. Salvo en el caso de Chile (1959), Bolivia (1960), Colombia (1960) y Venezuela (1960) las cifras sólo llegan a 1956.

Cuadro 35

COLOMBIA: NUMERO DE CASAS URBANAS Y DE CONEXIONES A REDES DE AGUA, 1960

Departamento	Número de habitantes urbanos (miles)	Número de casas (miles)	Número de conexiones de agua (miles)	Porcentaje de casas con conexiones de agua
Antioquia	1 095	159.7	129.3	61.0
Atlántico	595	61.4	40.9	66.6
Bolívar	410	63.2	18.7	29.5
Boyacá	180	29.1	19.0	65.5
Caldas	664	98.9	79.6	81.0
Cauca	160	24.2	11.2	46.2
Córdoba	135	20.8	7.1	34.2
Cundinamarca	1 482	160.3	139.5	87.0
Chocó	38	7.4	3.3	46.1
Huila	149	26.1	17.2	66.0
Magdalena	293	49.2	19.3	39.2
Meta	61	9.4	4.7	50.0
Nariño	189	31.8	17.2	54.0
Norte de Santander	209	32.9	26.2	79.8
Santander	391	56.3	43.8	77.7
Tolima	302	45.9	30.7	66.0
Valle	1 062	134.3	97.4	72.6
Intendencias y comisarías	101	16.2	7.2	44.2
<i>Total</i>	<i>7 518</i>	<i>1 027.1</i>	<i>712.4</i>	<i>69.4</i>
Excluyendo:				
Bogotá	1 166	115.6	104.9	90.7
Medellín	562	75.0	60.1	80.0
Cali	501	51.0	40.8	80.0
Barranquilla	431	408.0	31.4	79.3
<i>Subtotal</i>	<i>2 660</i>	<i>282.4</i>	<i>237.2</i>	<i>82.5</i>
<i>Saldo</i>	<i>4 858</i>	<i>744.7</i>	<i>475.2</i>	<i>64.2</i>

FUENTE: Instituto Nacional de Fomento Municipal.

das desde acueductos que no disponen de ningún elemento de tratamiento ni desinfección. Otras 250 000 personas reciben el agua desinfectada, pero ningún otro tipo de tratamiento. Esta circunstancia determina, al menos en ciertas épocas del año, que se excedan los límites normalmente admitidos para ciertas condiciones, principalmente físicas, como la turbiedad. Si se considera además de la situación del suministro de agua, que los servicios de alcantarillado y eliminación de excretas, como sucede generalmente, está menos desarrollado aún, ya que sólo 4 millones de personas (el 55 por ciento de la población urbana y el 27 por ciento de la población total del país) disponen de facilidades para la eliminación higiénica de las aguas servidas, no puede sorprender que la primera causa de muerte, en general, sean las diarreas y enteritis. De más de un millón de personas afectadas por enfermedades transmisibles que registran anualmente los servicios sanitarios, cerca del 70 por ciento son de origen gastrointestinal (enteritis, disenterías amebianas y bacilares, anquilostomiasis, fiebre tifoidea, etc.).² Se estima que en 1959 las pérdidas para la economía nacional por este tipo de enfermedades (morbilidad y mortalidad) costaron más de 500 millones de pesos. El cuadro 36 da una visión de conjunto sobre la disponibilidad de los servicios de alcantarillado.

² Véase Consejo Nacional de Política Económica y Planeación, *Plan general de desarrollo económico y social*, Parte I, p. 368.

Cuadro 36

COLOMBIA: NUMERO DE CONEXIONES A REDES DE ALCANTARILLADO, 1960

Departamento	Número de conexiones de alcantarillados (miles)	Porcentaje de casas urbanas con conexiones de alcantarillado
Antioquia	100.1	62.7
Atlántico	15.9	38.8
Bolívar	10.6	16.7
Boyacá	14.7	50.6
Caldas	67.5	68.2
Cauca	8.5	35.3
Córdoba	2.2	10.8
Cundinamarca	126.8	79.1
Chocó	2.7	36.7
Huila	6.9	26.3
Magdalena	2.9	5.8
Meta	4.1	43.0
Nariño	10.3	32.4
Norte de Santander	15.9	48.5
Santander	33.2	59.0
Tolima	19.8	43.1
Valle	84.1	62.6
Intendencias y comisarías	1.0	6.1
<i>Total</i>	<i>527.2</i>	<i>51.3</i>
Excluyendo:		
Bogotá	101.0	87.4
Medellín	50.0	66.7
Cali	40.8	80.0
Barranquilla	15.0	36.7
<i>Subtotal</i>	<i>206.8</i>	<i>72.0</i>
<i>Saldo</i>	<i>320.4</i>	<i>43.3</i>

FUENTE: Instituto Nacional de Fomento Municipal.

2. Demanda y abastecimiento futuros

Las proyecciones de la población total de Colombia prevén un ritmo anual de crecimiento de 2.8 por ciento para los próximos 10 a 15 años, y para la población urbana consideran aproximadamente un incremento del 3.9 por ciento anual. Así, los habitantes urbanos llegarían a 11 millones en 1970 y a 13.8 millones en 1975.

Sólo respecto a las principales ciudades, la información disponible muestra que la dotación media actual por día y por habitante urbano es aproximadamente de 250 litros. Esta circunstancia permite suponer que para toda la población urbana del país la dotación efectiva, en promedio, probablemente no se alejará mucho de los 150 litros.

El Instituto Nacional de Fomento Municipal, en sus planes para atender las necesidades urbanas hasta 1975, adopta para cada centro demográfico una determinada dotación según diversas consideraciones (desarrollo económico, industrial, urbanístico, clima, etc.). Los valores varían entre 250 y 150 litros diarios por habitante, lo que representaría

Cuadro 37

COLOMBIA: CONSUMO ACTUAL Y PROYECTADO DE AGUA POTABLE DE LOS SERVICIOS PUBLICOS, POR HABITANTE Y TOTAL

	1960	1970	1975
Consumo diario por habitante (litros)	150	195	220
Consumo total al año (millones de m ³)	410	850	1 220

Cuadro 38

COLOMBIA: CONSUMO ESTIMADO DE AGUA POTABLE DE LOS SERVICIOS PUBLICOS, POR DEPARTAMENTOS, 1975

Departamento	Millones de m ³
Antioquia	171
Atlántico	180
Bolívar	34
Boyacá	17
Caldas	99
Cauca	17
Córdoba	16
Cundinamarca	254
Chocó	4
Huila	16
Magdalena	30
Meta	5
Nariño	17
Norte de Santander	26
Santander	61
Tolima	39
Valle	227
Intendencias y comisarías	7
<i>Total</i>	<i>1 220</i>

FUENTE: CEPAL, a base de informaciones básicas del Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

en promedio un aumento aproximado de 30 por ciento con respecto a la situación actual.³

El cuadro 37 proporciona una estimación del consumo actual de agua potable y de los volúmenes que se requerirán en 1970 y 1975 para tal fin, y en el cuadro 38 se dan las necesidades de agua potable para 1975 por departamentos.

3. Inversiones necesarias

El Instituto Nacional de Fomento Municipal, después de una encuesta de alcance nacional que abarcó 841 cabeceras municipales y 422 corregimientos importantes (7.5 millones de habitantes), confeccionó el Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados para el período 1961-70. En dicho

³ En Chile, considerando el aumento de los ingresos y del nivel de vida, que puede revestir la forma de más instalaciones de calefacción central y aire acondicionado, mejores jardines, casas más confortables para obreros, mayor progreso urbano, etc. (parquets, lavado de calles y alcantarillas, etc.), se estima que esa dotación subirá hasta 350 litros diarios por habitante urbano. En las ciudades de los Estados Unidos la dotación media actual pasa de 500 litros, y en los proyectos para las ciudades principales de Venezuela se contemplan valores iguales o superiores a 350 litros diarios por habitante.

Cuadro 39

COLOMBIA: GASTOS EN REDES PUBLICAS DE AGUA POTABLE PREVISTOS PARA EL PERIODO 1961-70^a

Item	Millones de pesos
Ampliaciones y reparaciones	269.3
Para desinfección	16.5
Suma para suministrar agua clarificada y desinfectada en los sistemas existentes	285.8
Nuevos acueductos	200.7
Nuevas plantas de tratamiento y medidores	451.7
<i>Total</i>	<i>937.6</i>

^a Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

Cuadro 40

COLOMBIA: INVERSIONES EN AGUA POTABLE, SEGUN EL TAMAÑO DE LAS POBLACIONES, PARA EL PERIODO 1961-70

Localidades de (habitantes)	Número	Habitantes (miles)	Inversión (millones de pesos)	Inversión habitante (pesos)
1 000 a 5 000	650	1 387.2	272.0	196
5 000 a 10 000	120	829.4	111.1	134
10 000 a 20 000	42	582.4	79.9	137
20 000 a 50 000	18	544.6	70.7	130
Más de 50 000	19	3 974.0	354.1	90
<i>Total</i>	<i>832</i>	<i>7 345.1</i>	<i>887.8</i>	<i>121</i>

FUENTE: CEPAL, a base de informaciones del Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

Plan se examinan los posibles costos no sólo para absorber los déficit actuales, sino también para abastecer a la población hasta 1975 con agua convenientemente tratada.

Para el análisis del problema, se realizó la siguiente clasificación de los abastecimientos públicos de agua:

- con planta de tratamiento completa (mezcla, sedimentación, filtración y desinfección);
- con planta de tratamiento incompleta (mezcla, sedimentación y desinfección);
- con desinfección únicamente;
- carentes de todo tratamiento.

En cuanto a dotaciones, como se indicó ya, se adoptaron valores entre 250 y 150 litros diarios por habitante, con un promedio nacional urbano de 220 litros.

El valor estimado de las inversiones asciende a 937.6 millones de pesos. El cuadro 39 muestra las principales partidas que conforman esa cantidad. El cuadro 40 presenta las inversiones según el tamaño de los centros urbanos y el costo correspondiente por habitante.

Puede observarse la gran incidencia de las ciudades de más de 50 000 habitantes en las inversiones totales (40 por ciento), y el hecho de que la inversión por habitante es mínima (90 pesos). Nótese que las inversiones por persona (última columna del cuadro) sólo se refieren a los gastos adicionales que deben realizarse para ampliar y mejorar las instalaciones existentes. Esta observación vale principalmente para las grandes poblaciones. Al contrario, en las poblaciones de 5 000 habitantes, como actualmente son relativamente pocas las dotadas con estos servicios, la inversión por habitante refleja aproximadamente (por defecto) el costo para el abastecimiento de agua. En este caso predominan las dotaciones menores (150 y 200 litros diarios por habitante). En cambio, no existen en este caso las econo-

Cuadro 41

COLOMBIA: GASTOS EN ALCANTARILLADO PUBLICO PREVISTOS PARA EL PERIODO 1961-70^a

Item	Millones de pesos
Ampliaciones y reparaciones de los sistemas existentes	357.5
Nuevos alcantarillados	185.1
<i>Subtotal</i>	<i>542.6</i>
Plantas de tratamiento	133.6
<i>Total</i>	<i>676.2</i>

^a Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

Cuadro 42

COLOMBIA: GASTOS PREVISTOS EN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, POR DEPARTAMENTOS, 1961-70

Departamento	Habitantes urbanos (miles)	Millones de pesos		
		Agua potable	Alcantarillado	Total
Antioquia	1 095.5	132.3	88.8	221.1
Atlántico	595.1	44.3	37.8	82.1
Bolívar	410.0	76.8	74.0	150.8
Boyacá	179.6	41.0	17.6	58.6
Caldas	664.4	97.3	14.6	111.9
Cauca	160.1	24.7	10.4	37.1
Córdoba	134.8	14.4	22.8	37.2
Cundinamarca	1 481.8	202.8	166.1	368.9
Chocó	38.5	5.4	3.1	8.5
Huila	149.0	24.2	13.0	37.2
Magdalena	293.0	40.3	49.7	90.0
Meta	61.3	9.6	4.0	13.6
Nariño	188.9	28.9	20.0	48.9
Norte de Santander	209.3	14.0	6.5	20.5
Santander	391.3	52.1	41.6	93.7
Tolima	302.4	43.9	19.3	63.2
Valle	1 062.5	66.2	73.1	139.3
Intendencias y comisarías	100.6	19.4	13.8	33.2
<i>Total</i>	7 517.9	937.6	676.2	1 613.8
Excluyendo:				
Bogotá	1 166.0	143.0	135.0	278.0
Medellín	562.5	30.0	47.2	77.2
Cali	500.6	15.0	45.0	60.0
Barranquilla	431.2	26.0	15.0	41.0
<i>Subtotal</i>	2 660.3	214.0	242.2	456.2
<i>Saldo</i>	4 857.6	723.6	434.0	1 157.6
Más administración y otros 10 por ciento	485.8	72.4	43.4	115.8
<i>Total</i>	5 343.4	796.0	477.4	1 273.4

FUENTE: Instituto Nacional de Fomento Municipal.

mías de escala que pueden obtenerse en las instalaciones grandes. Su equivalente (28 dólares) es comparable al costo promedio por habitante del suministro del servicio de agua en el Ecuador, que es de 30 dólares.⁴

Las inversiones proyectadas para el mismo período 1961-

⁴ En la zona central de Chile este costo medio se eleva a 40

Cuadro 43

COLOMBIA: DETALLE DE LAS INVERSIONES PARA AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, 1961-70

Año	Millones de pesos		
	Agua potable	Alcantarillado	Total
1961	36.6	15.9	52.5
1962	41.9	18.3	60.2
1963	54.4	23.7	78.1
1964	69.0	29.4	98.4
1965	80.0	39.8	119.8
1966	90.0	49.1	139.1
1967	100.0	59.4	159.4
1968	104.0	69.7	173.7
1969	108.0	80.0	188.0
1970	112.1	92.1	204.2
<i>Total</i>	796.0	477.4	1 273.4

FUENTE: Instituto Nacional de Fomento Municipal.

70, en redes de alcantarillado para servir las necesidades urbanas hasta 1975, se resumen en el cuadro 41.

Las plantas de tratamiento sólo se han programado donde se estiman indispensables. En la mayoría de los casos la eliminación se obtiene por dilución.

Las inversiones unitarias correspondientes son 658.3 pesos por vivienda y 89.9 pesos por habitante.

En el cuadro 42 aparece la distribución de las inversiones, tanto para agua potable como para alcantarillado, por departamentos. También se incluyen en él las inversiones que corresponden a Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, ciudades que cuentan con empresas propias. La distribución de esos gastos a lo largo del período aparece en el cuadro 43.

Con relación a las inversiones totales del gobierno nacional, previstas en el Plan General de Desarrollo Económico y Social,⁵ las inversiones en agua potable y alcantarillado representarán el 3.1 por ciento en 1961, el 4.4 por ciento en 1964 y el 6.1 por ciento en 1970.

4. Recomendaciones

En términos generales, el Plan Nacional de Acueductos y Alcantarillados parece bien encaminado. Las observaciones que surgen en esta materia pueden resumirse así:

dólares y en Venezuela a 100. En los Estados Unidos se espera gastar de 250 a 300 dólares por habitante urbano en los próximos años, pero con una dotación tres veces superior.

⁵ *Op. cit.*, p. 767.

a) Es necesario que el Consejo de Planeación coordine este plan con otros programas de aprovechamiento y usos del agua, como parte del Plan Nacional de Desarrollo de los Recursos Hidráulicos de Colombia que está siendo llevado a cabo;

b) Debería darse más importancia al suministro de agua en ciertas áreas en las que pueden desarrollarse industrias

que requieren primordialmente un abastecimiento regular y estable;

c) Las tarifas para el suministro de agua y utilización de los alcantarillados deben estudiarse y determinarse sobre amplias bases, de tal modo que cubran por completo los respectivos costos de los servicios y que promuevan simultáneamente su desarrollo.

Capítulo V

NAVEGACION FLUVIAL

Aunque son muchos los ríos colombianos que pueden considerarse navegables —Magdalena, San Jorge, Amazonas, Sinú, Atrato, San Juan, Baudó, Putumayo, Patía, Mira, Cauca, Arauca, Orteguzza, Meta, Guaviare—, en la actualidad sólo el río Magdalena moviliza más del 90 por ciento del tráfico fluvial. En términos absolutos, este tipo de transporte permaneció estable en los últimos diez años (entre 700 y 800 millones de toneladas-kilómetro anuales), pero su participación en el transporte general decreció apreciablemente desde 33.4 por ciento en 1950 hasta 18.9 por ciento en 1960, excluido el transporte por oleoductos. (Véase el cuadro 44.)

El tráfico principal en el río Magdalena se realiza en una extensión aproximada de 900 km, entre Honda (al noroeste de Bogotá) y Bocas de Ceniza en el Atlántico (al norte de Barranquilla). Los puertos de mayor actividad son Barranquilla, Barranca Bermeja, Puerto Berrío, Puerto Wilches, Ciénaga y Cartagena, a través del canal del Dique.

Los productos manufacturados (1.5 millones de toneladas anuales) representan como el 80 por ciento de la carga transportada. Los productos agrícolas y mineros figuran en las estadísticas con el 10 y el 5 por ciento, respectivamente. El movimiento de pasajeros, que pasó de 350 000 en los años 1956 y 1957, ha ido decreciendo hasta registrar sólo poco más de 200 000 en 1959.

Contribuyen a encarecer el transporte por el río los elevados gastos de dragado que deben realizarse en extensas zonas y en Bocas de Ceniza,¹ para mantener la navegabilidad, junto a otros factores desfavorables como altos costos de estibación, sistemas de prioridades en los barcos, dificultades en la navegación entre Gamarra y Barranca Bermeja durante cuatro meses del año, etc.

Un grupo de expertos del Banco Internacional, recomendó la construcción de un ferrocarril (paralelo al río en unos 400 km) entre Puerto Salgar, cerca de Bogotá, y el puerto de Santa Marta, en el Atlántico. La construcción del Ferrocarril del Atlántico comenzó en 1952 y terminó en julio de 1961, con un costo aproximado de 100 millones

de pesos. Con la complementación de éste se ha integrado el sistema de ferrocarriles que une los principales centros comerciales e industriales del interior del país con los puertos del Atlántico y el Pacífico, normalmente empleados por el tráfico internacional de exportación e importación. Una tonelada transportada de Santa Marta a Bogotá costaría 12.50 pesos por ferrocarril y 15 pesos por el río.

La competencia que soportará la navegación fluvial por parte del ferrocarril y de las carreteras que existen, hace difícil predecir el futuro de aquélla. El Plan General de Desarrollo Económico y Social realizó una primera proyección hasta 1964 que acusa la disminución del transporte en términos absolutos. (Véase de nuevo el cuadro 44.)

Una misión está estudiando actualmente el sistema de transporte en Colombia. Deberían realizarse nuevos estudios económicos, comparativos, entre el tráfico por el río Magdalena y el Ferrocarril del Atlántico, considerando los posibles métodos que podrían emplearse para abastecer el primero. Sólo una investigación exhaustiva permitirá establecer si el transporte por el río se justifica aún con los gastos de mantenimiento que exige, o si, en caso contrario, sólo debería seguirse utilizando hasta amortizar totalmente el considerable equipo que existe en la actualidad.

El parque disponible en 1959 estaba constituido por 166 remolcadores diesel con una potencia total de 45 000 HP, evaluado en 49 millones de pesos, además de algunos botes a vapor y gasolina. La capacidad de carga de los 720 planchones ascendía en total a 211 000 toneladas y se evaluaba en 115 millones de pesos. La capacidad de los mayores es de unas 1 000 toneladas.

Siempre que el transporte fluvial pueda abaratare de algún modo, es posible que resulte conveniente una solución intermedia: la carga liviana más delicada y la de urgente transporte iría por vía férrea; la voluminosa a granel se transportaría por barco, empleando las unidades más eficientes cuando no la afecte la lentitud del transporte. Debería procurarse una división equitativa de la carga y una competencia que repercuta en la eficiencia de los servicios, pero sin caer en una guerra de tarifas que podría terminar con la navegación fluvial, que viene a resultar la organización más débil.

Cuadro 44

COLOMBIA: PROYECCION DEL TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y FLUVIAL, 1959-64

	Millones de ton-km					
	1959	1960	1961	1962	1963	1964
1. Fluvial.	724	874	709	670	657	637
2. Total sin oleoductos	4 390	4 625	4 960	5 317	5 689	6 092
3. Total con oleoductos	7 121	7 667	8 220	8 815	9 450	10 130
Relación $\frac{1}{2}$ (porciento)	16.5	18.9	14.3	12.6	11.5	10.5
Relación $\frac{1}{3}$ (porciento)	10.2	11.4	8.6	7.6	7.0	6.3

FUENTE: Datos básicos del Plan General de Desarrollo Económico y Social.

La Compañía Nacional de Navegación S. A. (NAVENAL) ha estado realizando una intensa labor de transporte desde su creación (1945) en la cuenca del Amazonas (Putumayo, Ortegua, Caguán y Caquetá) y en la del Orinoco (Meta). Moviliza cada año aproximadamente 2.5 millones de toneladas-kilómetro por el Amazonas y 40 000 toneladas-kilómetro por el Orinoco.

Por otra parte, para el desarrollo de las zonas del Orinoco y el Amazonas deberían investigarse las posibilidades de los ríos Arauca, Vichada, y Guaviare como vías de transporte. A estos ríos orientales y al Atrato, en el Chocó, podrían trasladarse una parte de los planchones y remolcadores que en el Magdalena quedarán subutilizados por la competencia del Ferrocarril del Atlántico.

Capítulo VI

PROGRAMAS INTEGRADOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

A. NECESIDAD Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN ALGUNAS CUENCAS

El desarrollo integrado de las cuencas hidrográficas es la ordenación lógica de todos sus recursos hidráulicos para satisfacer las diversas necesidades del bienestar humano. La necesidad de desarrollar íntegramente las cuencas nació de la relación existente entre la cantidad de agua disponible y los distintos usos que se le pueden dar en las diversas zonas del área tributaria.

El crecimiento demográfico y el mayor número de empleos del agua que el progreso económico y social trae consigo han hecho que este elemento sea ya un factor limitante del desarrollo en muchas partes del mundo. De ahí que se reconozca universalmente la necesidad de obtener de los recursos hidráulicos de cada hoyo hidrográfica el máximo de beneficios para la población, y de ahí también la conveniencia de planificar y construir las obras pertinentes coordinada y armoniosamente teniendo en cuenta todas las posibilidades razonables que se ofrecen dentro de ella.

También en Colombia lo entienden así desde hace años las autoridades respectivas y han ido creando organismos o "corporaciones" similares a la Autoridad del Valle del Tennessee en los Estados Unidos (TVA), con la responsabilidad de desarrollar integralmente determinadas cuencas. La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca fue la primera y le siguieron la del Valle del Magdalena y la de la Sabana de Bogotá. En la actualidad hay intenciones de crear otras más, como la del Valle del Zulia, por ejemplo.

1. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)

a) Generalidades y proyectos

La CVC fue creada por decreto-ley de 22 de octubre de 1954 a consecuencia de las recomendaciones que D. E. Lilienthal hizo en junio del mismo año en su informe a la Presidencia de la República. Sus estatutos definen como zona de interés para la Corporación la hoyo hidrográfica del Alto Cauca, la vertiente adyacente del Pacífico, y los demás territorios que puedan tener relación con sus actividades o en los que éstas puedan influir sustancialmente.

Para las actividades generales de la Corporación distintas de los desarrollos de recursos hidráulicos, el área de interés incluye 11 410 km² del departamento de Cauca (38 por ciento de él); todo el departamento de Valle, que tiene 20 940 km², y 4 670 km² del departamento de Caldas (35 por ciento de éste).

En conjunto contiene algunas de las más ricas y populosas áreas de Colombia. Su producción de café representa más de la mitad de la de todo el país, de cuya exportación depende principalmente la disponibilidad nacional de divisas. Las posibilidades de aprovechamiento de las planas y fértiles tierras del valle del río Cauca son muy grandes.

Se estima que la población actual en la región de la CVC

sobrepasa los 3.6 millones (casi el 25 por ciento de toda Colombia), con un nivel de ingreso por habitante del orden de 15 por ciento superior al promedio para todo el país, que fue de 1 400 pesos en 1958. La región de que se trata contribuyó con más del 25 por ciento a la producción industrial del país, siendo Cali, Buga, Cartago y Palmira sus centros más importantes. Los principales productos manufacturados son textiles, cemento, productos metálicos, papel y cartón, llantas, azúcar, ron, productos lácteos, alcoholes, productos químicos, etc. Cerca de Cali hay también una planta lavadora de carbón. La agricultura de la región representa aproximadamente un tercio de la de todo el país y produce principalmente café, azúcar y arroz. La ganadería es asimismo muy importante, pues los productos de ella representan más del 25 por ciento de los correspondientes al país entero.

Un estudio sobre el desarrollo coordinado de la energía y los demás usos del agua fue realizado por compañías asociadas de ingenieros consultores de los Estados Unidos y de Colombia. El informe correspondiente, publicado en enero de 1956,¹ contiene recomendaciones precisas sobre los proyectos principales que debían ejecutarse durante el período 1956-61, así como el esbozo de un programa de labores para los diez años subsiguientes y otro más amplio que contempla proyectos para el control de inundaciones, drenajes, riego y energía que abarca 30 años (1956-85).

1) *Energía*. En el sistema eléctrico de CHIDRAL, que sirve a Cali, se recomienda el aumento de la capacidad instalada con dos unidades de 20 MW en la central Anchicayá, más 25 MW en la termoeléctrica de Yumbo y después el aprovechamiento de 120 MW en Madroñal, sobre el río Calima. Asimismo se recomiendan las líneas de transmisión de Calima a Buga y a Cali, de Cali a Santander y Popayán y de la Paila a Sevilla, para la distribución de la energía correspondiente. Para satisfacer la mayor demanda de energía hacia 1962 se presentaban dos posibilidades prácticas: los proyectos de Salvajina y Timba, los únicos aprovechamientos grandes con propósitos múltiples. Mientras el primero es productor de energía y control de inundaciones, el segundo satisface además objetivos de riego. Para ambos el costo estimado del kWh resulta inferior al generado térmicamente. Se preferiría en primer término la construcción del proyecto Timba porque los beneficios que se derivarían de él en control de inundaciones y riego exceden ampliamente los de Salvajina. En efecto, no se puede avanzar apreciablemente en el programa de recuperación de tierras, en aquella parte del valle, sin la terminación del embalse Timba.

Un análisis económico demuestra que el máximo beneficio total se obtendrá operando los dos embalses de modo que la generación eléctrica tenga prioridad sobre los otros

¹ OLAP, G & H, KTAM, *El desarrollo coordinado de energía y recursos hidráulicos en el Valle del Cauca* (Bogotá, 1956). La información que sigue resume aproximadamente los objetivos de la CVC y procede de ese documento.

usos, pero sólo hasta donde sea necesario para obtener la máxima cantidad posible de energía firme y permitiendo simultáneamente un control razonable de las crecidas. Así se sacrificará cierta cantidad de energía secundaria, para obtener el máximo control de avenidas compatible con el consumo de energía firme. De este modo, la utilización de las instalaciones resultará de 6 100 horas al año (240 000 kW y 1 470 millones de kWh al año), circunstancia que explica que al atribuir el 80 por ciento del total de las inversiones en Timba y Salvajina a la producción eléctrica, el costo del kilovatio instalado sea de 400 dólares (al cambio de 2.5 pesos por dólar) y se estime el costo del kilovatio-hora generado sólo en 3 milésimos de dólar.

A modo de conclusión se recomienda un programa de desarrollo escalonado: la obra de Timba, seguida por Salvajina y una gran central térmica, que permitiría reducir paulatinamente el costo de la energía entregada en los centros de consumo hasta llegar aproximadamente a $\frac{2}{3}$ del vigente en 1956. El programa, por lo tanto, asegura el suministro eléctrico a un costo moderado hasta 1970-71. Para más adelante, se sugiere iniciar las investigaciones de los siguientes desarrollos hidroeléctricos: 1) en el Valle del Calima, aguas abajo del proyecto recomendado; 2) desviaciones de agua hacia el embalse del Calima, desde el norte; 3) desviación del Cauca, hacia el Dagua y aprovechamientos escalonados en este valle; 4) proyecto múltiple (electricidad y riego) en el río La Vieja y 5) otros ríos (Yarumanguí, Naya, Micay, etc.) en el departamento del Cauca, que por sus características parecen similares al Calima, Dagua, Archicayá, etc.

ii) *Control de inundaciones.* El control de inundaciones que proporcionarían los embalses de Timba y Salvajina, junto con la rectificación del cauce del río Cauca, protegerán 84 000 hectáreas de tierra contra las inundaciones durante las crecientes de magnitud similar a la de 1950, en la que más que se triplicaron los caudales medios (en Juanchito, 880 m³/seg). Crecidas de esa magnitud se estima que ocurren con una frecuencia probable de una vez cada diez años. Los trabajos de rectificación del cauce comprenden canalizaciones que acortarán la longitud del río en un 30 por ciento, y cerca de 100 km de diques de hasta 2 m de alto. Como no hay sitios adecuados para construir embalses en los afluentes del Cauca, la protección de las tierras ribereñas está prevista mediante la ampliación del cauce y la construcción de diques. Se prevén otras medidas para el control de grandes crecidas y la conservación del suelo, como la repoblación forestal, los cultivos a lo largo de curvas de nivel, el pastoreo controlado, la prevención de incendios en los bosques, etc.

iii) *Drenaje.* Al reducir la frecuencia de las inundaciones será factible el drenaje artificial de las tierras inundables. Otras tierras que también deberían ser avenadas artificialmente son aquéllas que por el alto nivel de la napa freática (frecuentemente por uso indebido del riego), producen un bajo rendimiento agrícola.

Al cumplirse el programa de riego, las 395 000 hectáreas planas del valle requerirán drenaje artificial. Se estima que de ese total, 85 000 hectáreas necesitarán drenaje con bombeo. En esta área se incluyen 12 000 hectáreas de lagos y pantanos que no tienen hoy valor práctico.

iv) *Riego.* De las 395 000 hectáreas aptas para fines agrícolas, sólo 290 000 se consideran como área neta de riego. El saldo será ocupado por canales de riego y drenaje, caminos, zonas urbanas, etc.

Los canales de riego derivados del canal de descarga de la central de Timba abastecerán unas 79 000 hectáreas de tie-

rras bajas en ambas orillas del río. Del saldo (211 000 hectáreas), 34 000 hectáreas se regarán con bombas desde el canal de Timba de la margen derecha, 59 000 también con bombas desde el lecho del Cauca y 118 000 por gravedad y bombeo desde los afluentes y pozos profundos. Con todas las obras terminadas, se estima que la producción agrícola se multiplicará dos veces y media y el ingreso rural neto, cinco veces y media.

En enero de 1956,² todas las obras correspondientes al control de inundaciones, riego y drenaje se presupuestaron en 348 millones de pesos, incluyendo 52 millones estimados como la participación de estos fines (20 por ciento) en el costo de los embalses de Timba y Salvajina³.

Ese valor representaba una inversión de 1 200 pesos por hectárea en las 290 000 útiles, destinadas a cultivos intensivos. El costo anual correspondiente (intereses del capital invertido, depreciación de obras y gastos directos de operación) se calculó entonces en 140 pesos por hectárea, contra un beneficio adicional de 560 pesos también por hectárea. Por consiguiente, la relación beneficio-costos será de 4.0 y la de beneficio-inversión total, 0.47.

v) *Abastecimiento de agua para servicio público y usos industriales.* Con la disponibilidad de energía eléctrica segura y barata en toda la región de la CVC, los pueblos pequeños podrán contar con bombeo económico para elevar el agua desde las fuentes más convenientes a su aprovisionamiento, siendo de esperar que así se aprovechen las aguas subterráneas en mayor escala que ahora.

Además, los embalses de Timba y Salvajina y la regularización del cauce del Cauca estabilizarán la posición del río, aumentarán su caudal mínimo a partir de La Balsa y reducirán el contenido de materiales en suspensión (limo) y arrastre. Se espera que en épocas de estiaje la temperatura del agua será más baja. Todas estas circunstancias favorecerán al abastecimiento de agua y muchas industrias que requieren grandes volúmenes de este elemento en sus procesos tecnológicos serán atraídas para establecerse a lo largo del río. La salubridad también se verá favorecida en general y muy especialmente por la posibilidad de construir alcantarillados en las ciudades y pueblos pequeños.

El abastecimiento de agua potable para Cali, que por el rápido crecimiento demográfico de la ciudad era insuficiente desde sus fuentes primitivas (pozos profundos y río Cali), se va ampliando con una captación desde el río Cauca, que en la fase final prevista satisfará las necesidades para una población hasta de 800 000 habitantes. La red de distribución se extenderá considerablemente, ya que en 1960 había más de 10 000 casas (20 por ciento del total) sin conexión al servicio público.⁴

vi) *Infición de las aguas.* Con excepción del río Cañavealejo, que recibe una parte de las aguas negras sin tratamiento de la ciudad de Cali, no parecen existir de inmediato problemas de infición en el Cauca y sus afluentes, debido sobre todo a las grandes diluciones que en el río sufren los caudales contaminadores.

El Instituto Nacional de Fomento Municipal y la CVC, deberán, no obstante, controlar las instalaciones y procedimientos de tratamiento y purificación de las aguas servidas, municipales e industriales, con el fin de evitar la

² Los cambios vigentes entonces eran: oficial 2.51 y libre 4.16 pesos por dólar.

³ El 80 por ciento restante se atribuye a la producción de electricidad.

⁴ En abril de 1962, el Banco Interamericano de Desarrollo concedió un préstamo de aproximadamente 2.5 millones de dólares para la ampliación y mejora de los servicios de agua potable.

contaminación. Esta tenderá a aumentar en el futuro como consecuencia del crecimiento demográfico en la cuenca y de la mayor descarga de residuos industriales de las fábricas que, precisamente por las ventajas señaladas anteriormente, serán atraídas a la región.

Además, el drenaje en gran escala contribuirá a erradicar los zancudos portadores de la malaria.

vii) *Navegación*. Como ya existen carreteras y ferrocarriles paralelos al río, no parece que se justifiquen gastos directos cuantiosos en la canalización del cauce con fines de navegación más allá de las necesidades impuestas por el control de crecientes, drenaje, producción de electricidad y riego. De todos modos, la mejoría que experimentará indirectamente la muy limitada navegabilidad del río será relativamente apreciable, con la consiguiente ventaja económica para el transporte de mercaderías voluminosas como ganado, carbón y granos que actualmente es muy pequeño, sobre todo fuera de la zona plana. Se espera que con el conjunto de obras, la profundidad mínima del Cauca será del orden de un metro.

Los factores que incidirán más favorablemente en este aspecto son: *a*) reducción de la frecuencia y severidad de las crecientes; *b*) aumento del caudal mínimo (en La Balsa, por ejemplo, subirá de 45 a 100 m³/seg), y *c*) reducción de la longitud recorrida (entre La Balsa y Cartago la longitud del río se acortará de 373 a 258 km).

viii) *Recreo*. Los embalses de Salvajina, Timba y Calima, así como el río en su trayecto, harán posibles la pesca y los deportes acuáticos en general.

ix) *Proyectos piloto de extensión agrícola*. Se han seleccionado tres proyectos piloto: Candelaria, Risaralda y Padilla, uno en cada departamento, con la intención de demostrar a los agricultores los métodos más adecuados de recuperación, conservación y trabajo de las tierras. En ellos se llevarán a cabo experimentos para determinar las prácticas más apropiadas de riego, la adaptabilidad y el rendimiento de diferentes cultivos, todo orientado con el propósito de inducir al empleo de los métodos más modernos de producción intensiva.

b) Realizaciones

En 1961, después de seis años de vida, además de los estudios e investigaciones que permitieron configurar los objetivos y planes de acción antes indicados, la Corporación ha ejecutado las siguientes obras:

i) *Energía eléctrica*. Con préstamos del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) (2.8 millones en 1958 y 25 millones en 1960), se amplió la central de Anchicayá en 20 MW y se instaló una unidad adicional en Yumbo de 33 MW, que se esperaba entrara a operar en 1962. Además se iniciaron las obras de Calima (120 MW), y para 1963 estaba previsto el ingreso al servicio de la primera unidad. Estas ampliaciones de la capacidad instalada deben hacer frente a un crecimiento de la demanda que en los últimos cinco años llegó al 16 por ciento anual. La línea de transmisión principal Yumbo-Cartago estaba ya en servicio en 1961 y en el tramo Yumbo-Tulúa, esperándose terminarla totalmente en 1962, inclusive las respectivas subestaciones. Además hay ramales a menor voltaje en operación a Dagua, Trujillo y Roldanillo, y estaba en construcción la de Yumbo a Restrepo y Darién. En colaboración con las autoridades municipales, se han construido o perfeccionado sistemas de distribución en baja tensión en varias poblaciones (Caicedonia, Trujillo, Vijes, La Cumbre, Roldanillo, etc.) y se ejecutan otros (Argelia, El Cairo, Jamundí, Flo-

rida y Dagua). Mediante convenios especiales con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento se proyectaba colaborar en el mismo aspecto con las empresas municipales de las ciudades de Cali y Cartago. Para atender al servicio en pequeños municipios alejados del sistema general, donde por ahora no sería económicamente justificable la extensión de las correspondientes líneas de transmisión, se construyen algunas plantas locales. Tal es el caso de la hidroeléctrica de Patumá (1 000 kW) para el suministro a Versailles y El Dovio, y las diesel eléctricas para Argelia, El Cairo y El Aguila.

Esta labor de electrificación, que llega a las pequeñas poblaciones y a algunas zonas rurales, contribuirá a un progreso más uniforme de toda la región. También ayudará a limitar en cierta medida la afluencia de la población a los principales centros como Cali, donde se han creado serios problemas de desempleo y escasez de viviendas.

ii) *Recuperación de tierras*. Con este fin se realizan trabajos que habilitan 17 000 hectáreas. La ciudad de Cali sólo podía expandirse longitudinalmente (con el consiguiente encarecimiento de los servicios públicos), por encontrarse limitada, de un lado por la cordillera y del otro por las inundaciones. Las obras de Aguablanca entregaron 9 000 plazas de terrenos regados y protegidos contra las avenidas (6 400 hectáreas en la parte baja), permitiendo además una solución adecuada al alcantarillado. En Roldanillo-La Unión-Toro, los trabajos que se ejecutan para avenamiento, riego y defensa contra inundaciones afectan la mayor parte de la rica zona plana de esos municipios. Ya hay allí tierras dedicadas al cultivo que antes estaban cubiertas por ciénagas.

En 1961, los gastos de la CVC fueron algo superiores a 100 millones de pesos. Dicha suma equivale a un 6 por ciento del total de las inversiones contempladas para ese año por el Plan Cuatrienal 1961-54. Esta comparación da idea de la magnitud de las obras de la Corporación, la que, dicho sea de paso, no se incluye en el Plan mencionado.

c) Balance anual del agua

La falta de algunas informaciones no permite realizar un balance anual completo y detallado entre la disponibilidad de agua en la zona de la CVC y los distintos usos de ella. Sin embargo, un análisis general del problema induce a pensar que por lo menos en los próximos 20 ó 30 años, la demanda de agua, para un empleo racional en los distintos usos, será satisfecha sobradamente por la disponibilidad del recurso en la cuenca.

En efecto, la precipitación pluvial media en la zona plana del Valle del Cauca es de poco más de 1 100 mm por año, lo que sería suficiente para la mayoría de los cultivos (exceptuados el arroz y la caña de azúcar). Además, en las laderas del Valle, dentro de la cuenca hidrográfica, hay extensas zonas donde la precipitación media anual es de 2 000 y hasta de 2 500 mm.⁵

Por otra parte, las pérdidas de agua en la hoya hidrográfica son bajas. Así, por ejemplo, en La Balsa el coeficiente de escorrentía es superior a 0.6, en Juanchito superior a 0.5 y en La Virginia (sin el Risaralda) llega a 0.47. Es decir, el agua recuperable en el río es aproximadamente la

⁵ Dentro del área de actividades de la CVC, en la cuenca del Pacífico —proyectos hidroeléctricos del Calima, Anchicayá, Dagua, etc., para enviar energía al Valle del Cauca— está, como ya se dijo, la zona más lluviosa de Colombia y una de las más lluviosas del mundo. Hay lugares donde se registran 7 000 y más milímetros de precipitación media anual.

mitad de la precipitada. Además, las prospecciones realizadas en materia de agua subterránea, aunque poco numerosas, permiten contar con apreciables disponibilidades de agua en determinadas zonas.

El problema básico del agua, en la cuenca, radica en la desigual distribución estacional de las precipitaciones y caudales en el año (los meses de junio a septiembre y enero a marzo suelen ser relativamente secos) y en las variaciones apreciables que se producen de un año a otro. Con una probabilidad de una vez cada 10 años, las precipitaciones se reducen a sólo poco más del 65 por ciento de las correspondientes a un año medio, o las crecidas inundan el 20 por ciento de las tierras planas.

Existen estudios⁶ referidos a los meses en que la situación es menos ventajosa. Se encuentran en tal caso julio, por ser aquel en que se necesita mayor cantidad de agua para riego, y septiembre, que es el más crítico en cuanto al caudal de los tributarios, con excepción del Risaralda. En ambos meses el caudal que se extraería del embalse de Timba, con este fin, sería de 58 m³/seg. El saldo del agua necesaria la proporcionarían los tributarios, el flujo de retorno al Cauca y la napa subterránea.

Concluidos los embalses de Salvajina y Timba (el caudal regulado llegará a 100 m³/seg en julio y a 130 m³/seg en septiembre), se estima que será posible entre Yumbo y Vijes una desviación hasta de 100 m³/seg a la cuenca del Dagua (Pacífico) para un desarrollo hidroeléctrico de gran magnitud (aproximadamente de un millón de kilovatios) en los meses en que este desvío no afecte las necesidades de consumo en la cuenca, los que parecen presentarse con mucha frecuencia.

Es cierto que la precedente estimación sólo tiene carácter provisional y que sobre este proyecto deberá realizarse un estudio muy completo y detallado a fin de no lesionar la demanda futura de agua en la cuenca del Cauca, en relación a toda su zona de influencia. Sin embargo, este antecedente confirma la amplia disponibilidad del recurso en la región.

2. Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR)

Así como en la región de la CVC el análisis somero de las disponibilidades y necesidades de agua conduce a un balance favorable por la riqueza hídrica de sus cuencas, en la región de la CAR se concluye fácilmente que la disponibilidad de las fuentes de agua es muy reducida para atender las crecientes necesidades del consumo.

La Corporación es de creación reciente (enero de 1961) y cuando se redactó el presente estudio se encontraba en la fase de organización. Sus funciones son muy amplias. La ley constitutiva le da poderes para planear, promover, ejecutar y administrar obras destinadas a la regularización de las fuentes de agua, control de inundaciones, irrigación, recuperación de tierras, aprovechamiento de aguas subterráneas, generación y transmisión de energía eléctrica, etc., así como para coordinar con sus propias empresas eléctricas las existentes o que se construyan por otras entidades y personas dentro de su jurisdicción y en los departamentos limítrofes. Contará para ello, entre otros recursos, con un impuesto especial del 2 por mil sobre el monto de los avalúos catastrales de los inmuebles situados dentro de su territorio.

Es posible que la CAR deba apoyarse en las empresas

que ya existen para alcanzar la mayor parte de los objetivos señalados por la ley citada.

El área de su jurisdicción es pequeña, pues sólo tiene unos 6 000 kilómetros cuadrados, es decir, como la octava parte de la correspondiente a la CVC. Abarca las altas cuencas de los ríos Bogotá y Suárez (4 250 y 1 750 km² respectivamente), cubriendo una parte de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. La población que alberga es de aproximadamente 1.4 millones de habitantes (9 por ciento de la de todo el país), que en promedio disfrutan el más alto nivel de vida de la nación.

Descontando la superficie que en un futuro previsible ocuparán las ciudades, los embalses que se construirán, las áreas que se deberán reforestar (150 000 hectáreas), las zonas rocosas y los lagos, se estima que unas 260 000 hectáreas de tierras adecuadas quedarán útiles para las actividades agropecuarias en ambos valles. Las más favorables para el desarrollo son las planicies ubicadas entre los 2 500 y 2 600 metros sobre el nivel del mar, que abarcan más o menos 190 000 hectáreas. Tienen una temperatura media de 16 grados centígrados, lluvia media anual de 850 mm (aunque con valores extremos de 400 y 2 000 mm para puntos relativamente cercanos) y vientos moderados. Se las considera muy convenientes para la agricultura mecanizada, y en ellas se prevén algunas obras urbanas. Sin embargo, como en su mayoría son de origen lacustre, resultan difíciles de drenar por las reducidas pendientes que tienen. Sus suelos, además, parecen presentar una alta compresibilidad que se traduce en la necesidad de emplear procedimientos de consolidación para las construcciones generales. Por otra parte, los procedimientos de explotación inadecuados que se conservan de tiempos remotos, al extinguir los bosques, han provocado graves procesos de erosión. La concentración humana e industrial, con elevado ritmo de crecimiento, ha originado problemas de contaminación en los cursos de agua próximos, que dificultarán la labor del aprovechamiento integrado de este recurso.

Las estadísticas de caudales en el río Bogotá y sus principales afluentes (con 30 años o más de duración), permiten conocer con bastante aproximación el agua disponible en la Sabana y por correlaciones estimar la de los valles de Ubaté y Chiquinquirá.

Las características del río Bogotá para la generación hidroeléctrica son muy favorables. La cuenca superior tiene sitios adecuados para embalses reguladores, algunos ya aprovechados, como los del Sisga, el Neusa, el Muña y La Regadera, y otros en proyecto, como el Tominé. El río tiene una caída de 1 800 m en 24 km de recorrido (incluyendo el salto de Tequendama), y a continuación otra zona de menor pendiente pero también muy favorable para la producción de energía. El desnivel combinado total es de 2 200 metros en 76 km de desarrollo. El caudal medio de Alicachín, al comienzo de la zona de caída, es de 25 m³/seg, que con los embalses indicados representará 21 m³/seg regulados (con regulación de 85 por ciento). La capacidad instalable según proyectos alcanza a 940 000 kW.

El problema del agua, según los primeros estudios de la Corporación, se podría plantear en los siguientes términos generales. La disponibilidad del recurso en los años muy lluviosos llega en la Sabana a 1 300 millones de metros cúbicos y en el Valle de Fúquene probablemente a 600 millones, mientras que en años muy secos esas cantidades se reducen a sólo 400 y 190 millones de metros cúbicos, respectivamente. La necesidad de establecer una amplia regulación con embalses no sólo es evidente a fin de aumentar el mínimo de caudal disponible para atender las demandas

⁶ El desarrollo coordinado de energía y recursos hidráulicos en el Valle del Cauca, documento citado antes.

del consumo, sino también para reducir apreciablemente la frecuencia y los efectos de las inundaciones. Se ha estimado que con la regulación indicada, del orden del 85 por ciento, se podría disponer en cualquier época aproximadamente de los siguientes volúmenes anuales en metros cúbicos: en el Valle de la Sabana 700 millones y en el de Fúquene 325 millones, lo que da un total de 1 025 millones para el conjunto (32.5 m³/seg). Las apreciaciones sobre el crecimiento probable de la población asignan a los dos valles 3.3 millones de habitantes en 1985, con una tasa acumulativa anual de 3.5 por ciento. Suponiendo una evolución del nivel de vida apenas regular, el consumo doméstico, industrial, comercial y público en conjunto pasará de 360 millones de metros cúbicos en ese año.

Por otra parte, considerando la elevada demanda de alimentos que la región tendrá para entonces y la calidad de los suelos de la Sabana y de Fúquene, aptos para aprovechamientos agropecuarios, convendría que se trabajaran intensivamente en su totalidad. Teniendo en cuenta el promedio de lluvias y la temperatura de la cuenca alta del río Bogotá, el riego óptimo requeriría unos 5 000 m³ por año y por hectárea. Aplicada esa tasa a las 260 000 hectáreas aptas para el cultivo, el volumen necesario por este concepto sería de 1 300 millones de metros cúbicos al año. Sumando esta cantidad a la que se vio antes como demanda en las redes de servicio público, se llega a un consumo total del orden de los 1 700 millones de metros cúbicos en 1985 sin considerar las necesidades propias de la generación hidroeléctrica, que en determinados momentos puede entrar en conflicto con los otros usos.

Mientras las demandas urbana e industrial de agua, y de electricidad, son bastante uniformes a lo largo del año, la agricultura requiere un riego variable con caudales mayores en los meses secos (enero a marzo y junio a septiembre).

La conclusión, en términos generales, es evidente: aun recuperando las aguas de retorno del riego y aprovechando las aguas servidas, antes de 20 años se presentarán conflictos en el uso del agua superficial. Este hecho aconseja planificar desde ahora el mejor empleo de los recursos conocidos y emprender las investigaciones conducentes a derivar o aprovechar otras fuentes no explotadas aún.

Entre las líneas de acción inmediata que considera la Corporación, las más recomendables serían las siguientes:

- a) investigar los recursos de agua subterránea;
- b) examinar la posibilidad de desviar a estas cuencas el agua desde otras donde el recurso sobra;
- c) reducir la erosión mediante obras de reforestación, con miras a disminuir tanto la irregularidad del escurrimiento en las nacientes de los ríos y quebradas como el material en suspensión y arrastre que sedimenta en los embalses restándole capacidad útil;
- d) examinar previamente todas las obras ligadas al empleo del agua que vayan a realizarse en el futuro desde el punto de vista del problema global —aprovechamientos con fines múltiples y consumos alternativos del elemento—, con objeto de obtener de ellas los beneficios máximos para la colectividad;
- e) en materia de riego, investigar las calidades de los suelos y determinar experimentalmente las tasas óptimas para cada zona y tipo de cultivo, con el fin de establecer órdenes de prelación y limitar el malbaratamiento del agua;
- f) evitar que en la región se establezcan industrias que en sus procesos requieran gran consumo de agua, y las que degraden con sus desagües las fuentes del elemento, a menos que se les imponga tratamientos previos adecuados.
- g) determinar los aprovechamientos óptimos de las aguas

servidas en cada población con el tratamiento adecuado correspondiente.

3. La Corporación Autónoma Regional de los Valles del Magdalena y del Sinú (CVM)

Fue creada el 18 de julio de 1960, con el fin de impulsar el desarrollo económico de la zona que se menciona, de acuerdo con las recomendaciones formuladas en ese sentido por la Misión que durante el año 1959 efectuó estudios socioeconómicos del Valle Medio del Magdalena y de las Llanuras de la Costa Atlántica, bajo el patrocinio del Ministerio de Obras Públicas, los Ferrocarriles Nacionales de Colombia y la Empresa Colombiana de Petróleos.⁷ La jurisdicción que se asignó abarca la cuenca del río Magdalena, al norte de su confluencia con el río Negro, que forma parte de los departamentos de Antioquia, Boyacá y Santander; además, la parte del departamento de Antioquia situada dentro de las cuencas de los ríos Hechí y Cauca, al norte del paralelo 7, y los departamentos completos del Atlántico, Bolívar, Córdoba y Magdalena, con una extensión aproximada de 100 000 kilómetros cuadrados. Esta superficie es el doble que la de la CVC y casi 17 veces mayor que la de la CAR, comparación que hace ostensible la magnitud de la tarea encomendada a la CVM.

Características muy diversas de la hidrografía, de la calidad de los suelos y de la topografía, singularizan los problemas de cada zona dentro de la región, aunque el clima tropical es el factor común dominante en todas ellas. Las precipitaciones fluviales varían desde 600 mm al año en la costa del departamento de Magdalena hasta unos 3 200 mm en El Centro (cerca de Barranca Bermeja). Esta circunstancia determina una diversidad climatológica que va desde las zonas semiáridas hasta las que quedan inundadas cinco meses al año, y desde lugares exentos de toda vegetación hasta los bosques de la más densa floresta tropical. Por otra parte, a menos de 10 km de distancia del río Magdalena pueden encontrarse amplias llanuras y terrenos quebrados; aluviales ricos y terrenos terciarios relativamente estériles.

El enorme esfuerzo nacional que ha representado la construcción de las carreteras que corren en dirección norte-sur, uniendo las ciudades de la Costa y Montería con el interior del país, así como la del Ferrocarril del Magdalena (La Dorada-Fundación) ha sido el incentivo que despertó la inquietud por incorporar a la actividad económica del país esta enorme región, rica en recursos naturales.

Su población alcanza a unos 2.3 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente 650 000 viven en las ciudades de Barranquilla, Cartagena, Santa Marta y Montería. La CVM, que en 1961 estaba aún en etapa de organización contaba como punto de partida para iniciar sus labores con la estructura general de los programas que ofrece el informe citado anteriormente. Este, además de inventariar los recursos de la región, consolida en cierto modo las principales investigaciones y los proyectos de las obras más importantes, concebidos para el aprovechamiento de dichos recursos. Fruto de un detenido análisis de los antecedentes disponibles son las conclusiones y recomendaciones para la formulación de una política de desarrollo.

En relación directa con el agua, los problemas son multi-formes y de gran magnitud: desde el que plantean las zonas semidesérticas del norte, hasta el que corresponde al Bajo

⁷ Del Programa de desarrollo económico del Valle del Magdalena y Norte de Colombia se han extraído principalmente los datos que siguen.

Cauca y parte del Sinú, con frecuentes inundaciones e insuficiente drenaje, incluyendo en algunas zonas la distribución muy irregular de las precipitaciones. Puede decirse que a los problemas hidráulicos y a la poca accesibilidad de la región se debe que en la actualidad sólo se cultive una parte muy reducida de los 4 millones de hectáreas de buenos suelos aluviales que posee.

Reconociendo que la elaboración definitiva de la mayoría de los proyectos requiere compilaciones de datos pluviométricos e hidrológicos que pueden demorar hasta decenas de años, en los casos en los que no se han iniciado o se acaban de iniciar las observaciones sistemáticas, sólo unos pocos cuentan ya con antecedentes suficientes para su evaluación económica y aun para los diseños de la construcción, como ocurre con el proyecto Ponedera-Candelaria.

En materia de riego, el cuadro 45 resume los proyectos más conocidos e importantes por su magnitud. Las cifras que indican el área beneficiada en cada caso, deben considerarse sólo como una primera aproximación, porque hay proyectos con alternativas que varían apreciablemente (por ejemplo, en el Canal del Dique desde 30 000 hasta 117 000 hectáreas). Por otra parte, es probable que algunos de los proyectos indicados se excluyan parcialmente por interferencia del agua empleada (riego) o por superposición parcial de áreas habilitadas; tal vez se encuentre en este caso el proyecto del valle del Ariguani con relación a los de Las Lajas o Guatapurí-Barillo. De todos modos, serían más de 800 000 las hectáreas de tierra que se beneficiarían con obras de tipo hidráulico, de las que se tiene ya conocimiento y sobre las que se han realizado algunas investigaciones.⁸

⁸ El Banco Interamericano de Desarrollo aprobó en mayo de 1962 un préstamo de asistencia técnica equivalente a 754 000 dólares, para ayudar a financiar estudios en el valle del Sinú, estimados en 910 000 dólares o su equivalente.

En materia de energía eléctrica, la zona de la CVM tenía instalados 142 MW en 1958, de los cuales 118 MW correspondían a la capacidad de los servicios públicos (56 MW en Barranquilla y 11.5 MW en Cartagena) y el resto a instalaciones de autogeneración. Del total, solamente 7 MW eran de centrales hidroeléctricas y el resto (135 MW) se dividía así: 62 por ciento en centrales a vapor y 38 por ciento con motores de combustión interna.

La generación total alcanzaba a 515 millones de kilovatios-hora en 1958, dando un promedio aproximado de 225 kWh por habitante. Si se prescindiera de la generación de las compañías petroleras, el promedio desciende a 170 kWh por habitante, es decir, al 87 por ciento del promedio nacional de los servicios públicos.

Siguiendo la tendencia actual en todo el mundo, existen proyectos para concentrar la producción eléctrica en dos o tres centrales grandes interconectadas en la costa del Atlántico, las que, mediante líneas de transmisión, servirían a varias poblaciones menores, hoy atendidas deficientemente y a alto costo por pequeñas plantas locales. En la cuenca media del Magdalena, la producción eléctrica y su desarrollo futuro están muy ligados con las actividades de la industria petrolífera. Existen proyectos industriales como el de los fertilizantes y el papel, que a su vez demandarán bastante electricidad.

Es de lamentar que esta región no parezca tener la riqueza hidroeléctrica de otras zonas de Colombia; aquí el potencial económico conocido no llega a 500 MW, lo que en promedio da menos de 5 MW por kilómetro cuadrado, contra 35 de promedio para todo el país.⁹ (Véase el cuadro

⁹ Véase "Los recursos hidroeléctricos de América Latina, su medición y aprovechamiento", en *Estudios sobre la electricidad en América Latina* (E/CN.12/630), publicación de las Naciones Unidas citada antes, vol. I, pp. 477 ss., y *supra*, cap. III.

Cuadro 45

COLOMBIA: PROYECTOS HIDRAULICOS CONTEMPLADOS EN LA ZONA DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL MAGDALENA (CVM) PARA HABILITAR TIERRAS CULTIVABLES

Proyecto	Tipo de obra	Área beneficiada (miles de hectáreas)	Observaciones
Ponedera-Candelaria	Riego con bombeo	20	Existen suficientes datos
Mompós-Tamalameque	Protección de inundaciones	85	Sólo el 55 por ciento de las tierras altas se consideran beneficiadas
Cauca-San Jorge	Protección de inundaciones	125	Existen pocos datos
Embalse en el río César (Guatapurí-Badillo)	Riego	26	Riego zona Codazzi
Las Lajas	Riego	130	Riego al este del río Ariguani
Río Sinú	Objetivos múltiples	310	Hay diversas alternativas y etapas. Pocos antecedentes
Regidor-Simití	Control de inundaciones y desecación	60	Informaciones incompletas
Valle del Ariguani	Riego	10	Hay varias alternativas
Canal del Dique	Riego y desecación	40	Hay anteproyectos que consideran hasta 117 mil hectáreas

FUENTE: CEPAL, a base del Programa de Desarrollo del Valle del Magdalena y Norte de Colombia (Misión Currie), Plan Cuatrienal de Inversiones Públicas Nacionales (1961-64) y *Análisis y proyecciones del desarrollo económico*; III. *El desarrollo económico de Colombia* (E/CN.12/365/Rev. 1), publicación de las Naciones Unidas (Nº de venta: 57.II.G.3).

COLOMBIA: POTENCIAL HIDROELECTRICO ECONOMICO EN LA ZONA DE LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL MAGDALENA (CVM) CORRESPONDIENTE A LUGARES RECONOCIDOS

Río	Capacidad instalable (MW)
Tucurínca y Sevilla (Sierra de Santa Marta)	80
Guatapurí	3
Negro	10
Sogamose	80
Nare	160
Sinú	120

FUENTE: CEPAL, a base del Programa de Desarrollo Económico del Valle del Magdalena y Norte de Colombia (Misión Currie).

46.) Además, los emplazamientos señalados no tienen las características naturales favorables de los que existen en otras zonas y están ubicados lejos de los centros de consumo. Esta circunstancia, agregada al empleo de unidades generadoras pequeñas (bajos rendimientos) y a la falta de interconexiones (bajos factores de utilización), incide apreciablemente en el costo de la electricidad en la región. El empleo del gas natural como combustible de centrales termoeléctricas grandes de alto rendimiento e interconectadas es una alternativa que debe considerar el planeamiento

B. OBSERVACIONES GENERALES

El desarrollo regional no puede considerarse como un fin en sí mismo, sino como un paso hacia el desarrollo general del país que debe tener la orientación dada por el gobierno de la nación. En algunos casos el aprovechamiento de una región puede tener por finalidad satisfacer necesidades de otras zonas.

En materia de energía eléctrica deberá prepararse un plan nacional de electrificación y el gobierno nacional tendrá que tomar medidas para asegurar su cumplimiento. Del mismo modo, en riego la autoridad nacional del ramo deberá preparar un plan nacional con la supervisión del Consejo de Planeación. (Véase el capítulo VII.) Planes similares se ejecutarían para los otros usos funcionales del agua.

Esos planes, que pueden abarcar aproximadamente una década, necesitarán revisiones periódicas para ajustarse mejor a nuevas proyecciones sobre las necesidades y a investigaciones más recientes sobre los recursos, así como a las modificaciones que pueda experimentar el plan general de desarrollo económico y social.

La existencia de varias corporaciones regionales autónomas podría dar lugar a los siguientes defectos en el marco nacional:

energético de la CVM, junto a la posibilidad de tender hacia la costa un gasoducto.

En navegación, el problema hidráulico que más preocupa a las autoridades es el de Bocas de Ceniza, que se refiere a la profundidad del agua sobre los bancos en la desembocadura del río Magdalena, al norte de Barranquilla. Después de efectuar estudios con modelos hidráulicos (en Francia), la solución aceptada consiste en angostar la entrada de Bocas de Ceniza y mantener un dragado permanente.

El análisis general de las investigaciones sobre recursos hidráulicos y sus presuntos aprovechamientos pone de manifiesto que hasta ahora se ha hecho muy poco en esta materia en la región. Sólo hay aproximadamente 0.5 estaciones pluviométricas, en promedio, por cada 1 000 km², situación que —comparada, por ejemplo, con las de los departamentos de Cundinamarca o Tolima (4.8 y 3.4, respectivamente)— confirma la aseveración anterior. Mucho más grave aún es el problema relacionado con la medición de caudales pues exceptuando un par de estaciones permanentes de aforo en la cuenca del río César y algunas mediciones ocasionales en unos cuantos cursos de agua, puede afirmarse que la región carece de mediciones de caudal. Se ve, en consecuencia, que es prematuro, por falta de antecedentes, intentar ningún balance de agua para la zona.

De ahí que una de las primeras labores de la Corporación, entre otras tareas de investigaciones básicas, deba ser la planificación, con otros organismos nacionales, de un sistema de redes pluviométricas y fluviométricas que cubra toda el área de su jurisdicción.

a) dispersión inconveniente de los recursos financieros y técnicos;

b) alteración en el orden lógico de prelación, en cuanto a las obras que se ejecutan;

c) alteraciones en la localización de importantes actividades y desequilibrios derivados de ellas, etc.

Por eso se insiste para Colombia en las labores superiores del Consejo Nacional de Política Económica y Planeación y de la División Coordinadora de los Recursos Hidráulicos, tal como se indica en el capítulo VII del presente informe. Por lo demás, la labor que en líneas generales va realizando la CVC y el problema hidráulico planteado, que tendrá que encarar la CAR, son ejemplos positivos de la forma natural en que debe abordarse el desarrollo regional tomando como base la disponibilidad y las necesidades presentes y futuras del agua, que como recurso es limitado y como elemento de consumo o factor de producción es universal e insustituible. Conviene recordar al respecto que el ámbito elemental lógico para analizar el consumo y la disponibilidad de agua es la cuenca hidrográfica. De ahí que convenga enmarcar los planes de desarrollo regionales con las cuencas, no con las divisiones político-administrativas.

Capítulo VII

LEGISLACION DE AGUAS Y ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

A. LA LEGISLACION DE AGUAS

Como el grupo de expertos que elaboró el presente informe no contaba con un jurista entre sus miembros, sólo es posible hacer algunas observaciones de carácter muy general en materia de derecho hidráulico.

En 1940, un decreto-ley limitó el derecho de los propietarios ribereños sobre las aguas que pudieran usar en sus propios fundos, prohibiéndoles así negociar con ellas, como podían hacerlo anteriormente. Al mismo tiempo la propia disposición estatuyó el derecho del gobierno a conceder el uso de las aguas públicas a los no ribereños y lo reglamentó. A partir de entonces se vigorizó en el país la expansión del riego.

Sin embargo, no parece existir en Colombia una base jurídica apropiada para el aprovechamiento del recurso hidráulico en la mayoría de sus aplicaciones. El procedimiento para la concesión de mercedes de agua parece complejo e inadecuado, y el Consejo de Planeación no tiene ingerencia alguna en él.

Sería necesario un código de aguas moderno que abarcara todos los aspectos del desarrollo y uso de los recursos hidráulicos. Convendría establecer en ese código el derecho del estado a controlar el aprovechamiento y empleo de todos

los recursos hídricos, así como definir las facultades y ámbito de competencia de los organismos responsables, en los distintos aspectos del uso del agua. También habría que estatuir los reglamentos pertinentes.

Las funciones que por su naturaleza requieren principalmente de reglamentaciones precisas son: la concesión de mercedes para uso del agua y la construcción de obras destinadas a su manejo (embalses, bocatomas, canales, diques de defensa o desvío, etc.); el aprovechamiento del agua subterránea; la contaminación de los cursos de agua; las retribuciones por servicios (agua potable, riego, generación de electricidad, peaje a la navegación), y la construcción de defensas contra inundaciones.

También en el orden legal, convendría examinar la aplicabilidad de los instrumentos de derecho internacional a los ríos correspondientes —especialmente los de las cuencas del Zulia, el Orinoco y el Amazonas— así como el alcance de los convenios con los países limítrofes sobre el uso de esas aguas. Consecuencia de ese examen sería determinar el tipo de acuerdos que convendría perfeccionar por medio de convenios internacionales a fin de desarrollar esos recursos en forma ventajosa para los países participantes.

B. LA ORGANIZACION ADMINISTRATIVA

La organización administrativa del gobierno colombiano para el aprovechamiento del agua es muy compleja. Además de las instituciones que existen en el orden nacional, hay varios organismos y corporaciones autónomas que se ocupan del recurso hidráulico en los planos regional y departamental. Ello da origen a confusiones cuando se estudia la organización gubernamental, y en muchos casos es difícil definir las funciones reales y la importancia relativa de las diversas dependencias.

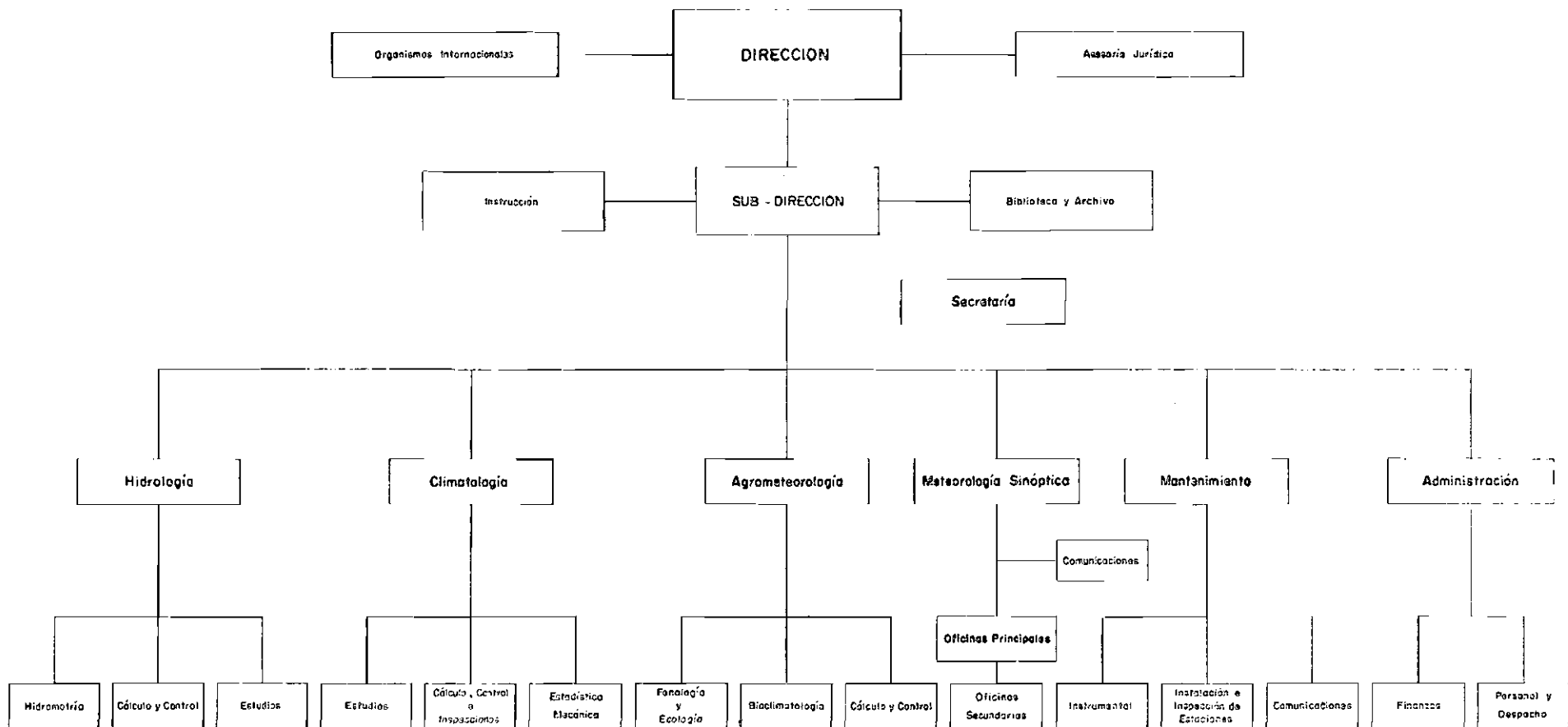
No se ha podido contar con un diagrama completo de la organización actual que indique en líneas generales su estructura. Además de los diversos servicios meteorológicos mencionados en el capítulo I, sección B, de este informe, las principales instituciones que en Colombia se ocupan de los recursos hidráulicos son: el Departamento de Recursos Naturales (Ministerio de Agricultura y Ganadería), con el cual colabora el Servicio Técnico Agrícola Colombiano-Americano (STACA); la División de Economía (Ministerio de Fomento), donde se determinan las tarifas de electricidad y de la cual depende el Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (Electraguas); la División del Servicio Geológico Nacional (Ministerio de Minas y Petróleos), que se encarga, entre otras actividades, de la hidrología e ingeniería geológica y la fotogeología; el Departamento de Navegación y Puertos (Ministerio de Obras Públicas), que ha sido dividido recientemente en una sección de navegación de las vías fluviales interiores y otra para controlar los puertos de Cartagena, Barranquilla,

Santa Marta, etc.; la Sección de Ingeniería Sanitaria (Ministerio de Salud Pública), que cuenta con la colaboración del Servicio Cooperativo Interamericano (SCI); el Instituto de Fomento Municipal, responsable del abastecimiento de agua en el ámbito nacional; la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero, que controla los sistemas de riego de Coello y Saldaña; el Instituto Geográfico, responsable de la aerofotografía, la confección de mapas, las investigaciones geofísicas, etc., y el Consejo Nacional de Política Económica y Planeación, a cargo del cual está la planificación y revisión de los proyectos nacionales en todos los sectores de la economía. Además existen 78 organismos públicos como los institutos mencionados y 8 organismos para la agricultura. Se han creado también varias entidades autónomas como la Corporación Autónoma Regional del Cauca, que funciona desde hace años, y las recientemente creadas del Magdalena y de la Sabana de Bogotá, de todas las cuales se ocupa el capítulo VI del presente estudio.

El análisis de una organización gubernamental tan compleja induce a meditar tanto sobre la estructura administrativa necesaria para mantenerla funcionando totalmente y evitar la duplicación de autoridad y de trabajo, como sobre la forma de calcular y financiar los presupuestos respectivos para evitar que tan complicada estructura constituya una carga excesiva para el presupuesto nacional.

Actualmente, además, no están bien distribuidas algunas de las responsabilidades o no están asignadas a la institución correspondiente, lo que impide llevar a cabo en forma

Gráfico II
COLOMBIA: ORGANOGRAMA DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA



eficaz la planificación y ejecución de los proyectos. Un ejemplo concreto de la situación mencionada se ha producido en el caso del riego, en que dicha responsabilidad fue asignada primero al Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico y luego a la Caja de Crédito Agrario, Indus-

trial y Minero, organismo financiero que no cuenta con el personal adecuado para realizar los estudios necesarios. La mayor parte de las investigaciones iniciales ha sido realizada por consultores contratados por la Caja, y en consecuencia no se ha formado un grupo técnico dentro de la misma.

C. MEDIDAS SUGERIDAS

Considerando las observaciones generales que se hicieron en la primera sección de este capítulo, se estiman necesarios los servicios de un jurisperito en legislación de aguas. Dicho especialista debería colaborar en el establecimiento de una base jurídica más perfecta para el desarrollo de los recursos hidráulicos.

Por lo que a la organización administrativa respecta, sería muy conveniente efectuar un estudio detallado para racionalizar la organización actual de todas las dependencias que se ocupan de los recursos hidráulicos. Así sería posible conseguir una distribución más lógica de las responsabilidades, centralizar y coordinar en forma adecuada y hasta eliminar, si convenía hacerlo, aquellos organismos o funciones que duplican el trabajo o que son innecesarios. A ese efecto se recomienda la realización urgente de este estudio, que podría perfectamente efectuar el experto en legislación hidráulica y organización administrativa al que se hace referencia más adelante en el capítulo VIII, apartado 4.

En este sentido, para orientar la racionalización indicada y sin perjuicio de la acción general indicada antes, convendría de inmediato crear el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la División de Planeamiento y Coordinación de los Recursos Hidráulicos y un grupo encargado de los recursos hidráulicos para la parte oriental de Colombia; delimitar las funciones de los diversos organismos existentes y precisar la autoridad nacional superior en materia de riego y recuperación de tierras.

1. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

En el capítulo I se dan detalles sobre este servicio y en el anexo V, el plan de su organización. (Véase también el gráfico II).

2. División de Planeación y Coordinación de los Recursos Hidráulicos

Para coordinar las actividades de los diversos organismos y propender al empleo óptimo del agua, se considera recomendable el establecimiento de una división especial dentro del Grupo de Proyectos Específicos del Consejo Nacional de Política Económica y Planeación, recientemente creado. Esta división se encargaría de establecer la política general de planificación de proyectos y programas, estudiar su evaluación y financiamiento, recopilar la información básica necesaria, establecer prioridades de orden nacional en relación con la disponibilidad de fondos, integrar proyectos de usos múltiples, etc. (Véase el gráfico III).

El Consejo de Planeación se ha limitado hasta ahora en sus labores a determinar la viabilidad económica de los proyectos, descuidando en cierta medida la planificación de su desarrollo en la esfera nacional. El Grupo de Proyectos Específicos, dentro del Consejo, estaría destinado a perfeccionar esa tarea. Sin embargo, como ese grupo tendrá a su cargo la planificación de todos los sectores de la economía y los recursos hidráulicos son muy importantes dentro del

conjunto, urge crear una división especial de coordinación en este campo.

Las funciones de planificación y coordinación suponen la evaluación de los recursos en lo que toca a su potencial aprovechable y la preparación de planes completos a largo plazo, a fin de lograr el desarrollo integrado de ellos en todo el país. A este respecto pueden mencionarse las siguientes tareas específicas para la división recomendada:

a) formulación de un plan nacional para la investigación y el aprovechamiento de los recursos hidráulicos por cuencas hidrográficas;

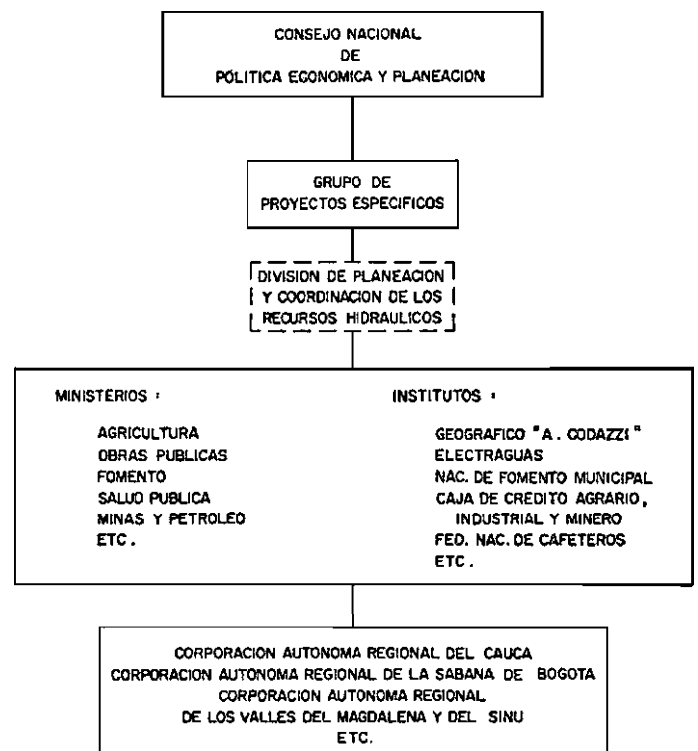
b) promoción del desarrollo equilibrado de los principales usos del agua (agua potable, riego, hidroelectricidad, navegación, etc.) y del control de inundaciones mediante proyectos de aprovechamiento único o múltiple, teniendo en cuenta las necesidades nacionales y regionales; delimitación de responsabilidades —entre los sectores público y privado de la economía, y entre los diversos niveles del sector público— para ese desarrollo y su financiamiento;

c) establecimiento de los criterios y normas técnicas y económicas para la formulación y evaluación de programas;

d) revisión, modificación y asignación de prioridades a los proyectos que sometan a su consideración los organismos ejecutivos, tomando en cuenta su necesidad, la disponi-

Gráfico III

COLOMBIA: ORGANOGRAMA DE LA DIVISION DE PLANEACION Y COORDINACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS



bilidad de informaciones básicas, su viabilidad económica y financiera, su adecuación al plan general de recursos hidráulicos, su utilidad para el crecimiento regional y nacional, las interferencias con otros proyectos, etc.;

e) programación de la investigación de los posibles proyectos con suficiente anticipación, para contar con la información técnica y económica que exigen las distintas etapas de su estudio y ejecución.

Otras funciones de la División de Planeación y Coordinación serían: 1) establecimiento y mantenimiento de un archivo general en que se incluya toda la información disponible sobre los recursos hidráulicos, las actividades de los diversos organismos encargados, el estado de los proyectos en estudio o en marcha, así como los informes de las comisiones, grupos de estudio, expertos y otros materiales pertinentes; 2) revisión, coordinación y presentación de solicitudes de asistencia técnica, programas de capacitación y otro tipo de ayuda de los organismos internacionales, relacionados con cualquier aspecto de los recursos hidráulicos.

3. Grupo encargado de los recursos hidráulicos de la parte oriental de Colombia

En la parte oriental de Colombia existe una amplia zona fronteriza insuficientemente desarrollada que la separa de Venezuela, el Brasil y el Perú. Atraviesan esa zona una serie de ríos importantes como el Meta y el Guaviare, afluentes del Orinoco, y el Vaupés, el Caquetá y el Putumayo, afluentes del Amazonas. Esta región, más extensa que la parte poblada de Colombia, está escasamente habitada. En el desarrollo de la parte occidental del país han influido apreciablemente sus salidas naturales al mar, por donde se ha realizado el comercio de importación y exportación. Como la parte oriental de Colombia tiene diferentes condiciones topográficas y climáticas y está muy al interior, ha permanecido casi olvidada hasta ahora. Recientemente ha empezado a considerar el gobierno la integración de esa región a la economía del país.

Debería crearse en el Instituto Geográfico un grupo que inicie las investigaciones y estudios básicos de los recursos nacionales y de los métodos de explotación de esa extensa zona. Aunque ésta no tiene en la actualidad gran influencia sobre la economía colombiana, con el tiempo podría desempeñar una función importante en el desarrollo del país. Los recursos hidráulicos habrán de analizarse y evaluarse principalmente en relación con el aprovechamiento de otros recursos naturales —industrias forestales, agricultura, minería, petróleo, etc.— y con el transporte. Una vez que el crecimiento y la necesidad de desarrollar mayor número de actividades económicas lo determine así, podría sustituirse el grupo de estudios por una o varias corporaciones, similares a la CVC o a la CAR, con lo cual se lograría el desarrollo más sistemático de la parte oriental del país.

4. Delimitación de las funciones de los diversos organismos existentes

Como existen diversos organismos dependientes del gobierno nacional —ministerios, institutos, etc.— y organizaciones regionales como las corporaciones de desarrollo, que se

ocupan en el quehacer hidráulico, es necesario definir los campos que a cada uno corresponden. Deben delimitarse claramente las funciones entre los organismos nacionales y los regionales, en forma tal que se eviten tanto la duplicación de labores como la omisión de tareas importantes.

Correspondería a los organismos nacionales (ministerios e institutos):

a) dirigir, con la colaboración de la División de Planeación y Coordinación, el programa global de recursos hidráulicos y realizar los estudios económicos y técnicos de interés nacional;

b) proporcionar asistencia técnica a las organizaciones regionales, reduciendo así la duplicación del personal técnico y aliviando la carga que recae sobre la economía nacional, y

c) realizar programas en las zonas que no caen dentro del campo de competencia de los organismos regionales.

A los organismos regionales (corporaciones, empresas, etc.) corresponderá la planificación, realización y operación de los proyectos correspondientes a las regiones bajo su jurisdicción. Sin embargo, los programas correspondientes deberán formar parte del Plan Nacional de Recursos Hidráulicos, y ser coordinados y dirigidos por el Consejo de Planeación.

5. La autoridad nacional superior en materia de riego y recuperación de tierras

Como ya se vio, la Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero, que sólo es una institución financiera y bancaria, tiene en escala nacional la responsabilidad del riego en Colombia. Aunque controla nada más que dos sistemas de riego (Coello y Saldaña, con 30 000 hectáreas), está considerando varios proyectos importantes, algunos en vías de ejecución, que abarcarían aproximadamente 500 000 hectáreas. Como en los dos proyectos anteriores no se realizaron previamente en forma satisfactoria las investigaciones básicas necesarias, es indispensable establecer una sólida organización técnica, capaz de cubrir convenientemente todos los aspectos de planificación, proyecto, ejecución y operación de los nuevos sistemas de riego.

Esta organización, que sería la autoridad nacional superior en este campo, podría constituirse como un departamento del Ministerio de Agricultura o bien como una entidad autárquica dedicada especialmente al riego y obras afines. En el primer caso, la Caja se limitaría a atender los aspectos financieros y económicos de los proyectos; en el segundo, podría convertirse en el ente autárquico indicado, para lo cual debería crear una dirección técnica dotada de personal suficiente y apto, especializado en los distintos aspectos del riego y recuperación de tierras.

La elección de una u otra solución deberá tomar en consideración aspectos políticos, de agilidad administrativa y financiera, y de vinculación con los otros organismos dedicados a las investigaciones y manejo del agua. En todo caso, cualquiera que sea la solución adoptada, la máxima autoridad en riego se encargaría de formular el plan nacional respectivo dentro de los lineamientos generales y bajo la supervisión de la División de Planeación y Coordinación de los Recursos Hidráulicos.

Capítulo VIII

ASISTENCIA TECNICA REQUERIDA

Para la organización y el fortalecimiento técnico de los organismos públicos colombianos relacionados con el uso del agua, sería conveniente obtener asistencia técnica de las Naciones Unidas con un experto en cada una de las siguientes especialidades: meteorología, hidrología, hidrogeología, conservación de suelos, legislación hidráulica y organización administrativa, análisis general de recursos hidráulicos y tarifas, además de un grupo compuesto por un ingeniero, un economista y un especialista en administración.

A continuación se hace una breve descripción de las labores que correspondería cumplir a cada uno de dichos especialistas.

1. *Meteorólogo* (3 años) e *hidrólogo* (2 años). Colaborarían en la organización del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y asesorarían a las autoridades en sus respectivos campos para la organización y coordinación de los diversos servicios, así como para la instalación de las nuevas estaciones que requieren las correspondientes redes nacionales. También colaborarían en la recolección y análisis de las informaciones pertinentes y en el entrenamiento del personal local en múltiples aspectos para la conducción posterior de los servicios. (Véase *supra*, capítulo I.)

2. *Hidrogeólogo* (1-2 años). Se ocuparía de examinar las prospecciones ya realizadas en el país en materia de agua subterránea y de complementarlas mediante un programa de investigaciones geofísicas. Dirigiría dicho programa, encaminado a localizar y evaluar los acuíferos aprovechables. Estos estudios se ejecutarían en las regiones que de inmediato o en un futuro próximo necesitan aprovechar sus recursos de agua subterránea, como la Sabana de Bogotá, la Costa Atlántica, la Guajira, etc. Además iniciaría y programaría la observación sistemática de las aguas subterráneas en todo el país.

3. *Especialista en conservación de suelos* (6 meses). Se encargaría de organizar el estudio sistemático de la erosión en escala nacional, comenzando por coordinar los trabajos realizados y en actual ejecución por diferentes entidades. Asesoraría a las autoridades correspondientes en las tareas que tiene a su cargo el Ministerio de Agricultura, tanto en materia de investigaciones como en la realización de obras de control de inundaciones y en reforestaciones. Procuraría además ampliar la acción de dicho ministerio de modo que abarcara todos aquellos aspectos o consecuencias de la erosión que actualmente se orientan casi exclusivamente a la agricultura.

4. *Experto en legislación hidráulica y organización administrativa* (3-6 meses). Se encargaría de preparar un proyecto de código de aguas orientado al uso más racional y óptimo de ese elemento, en relación con la economía total del país. Ese código, por ejemplo, contemplaría la creación de los instrumentos legales necesarios para revestir de auto-

ridad suficiente a los diversos organismos encargados de controlar y regular el aprovechamiento del agua, del establecimiento de tarifas adecuadas para su uso, etc. Trabajaría con la División de Planeación y Coordinación de Recursos Hidráulicos, del Consejo Nacional de Planeación. Además asesoraría a las autoridades en la estructuración administrativa e institucional vinculada con el agua.

5. *Analista general de los recursos hidráulicos* (2 años o más). Este especialista debe poseer conocimientos de ingeniería y economía, por lo que sería preferible un ingeniero con experiencia en aprovechamientos hidráulicos y análisis económicos. Trabajaría con la División de Planeación y Coordinación de Recursos Hidráulicos, asesorándola en la realización de sus principales funciones, como serían: establecimiento de la política general en materia de aguas, planeamiento y evaluación de proyectos y programas, orientación y promoción para la recolección de informaciones básicas, etc. Correspondería al analista estimar las necesidades de agua en la agricultura, la industria, el suministro urbano y la generación eléctrica, así como los problemas relativos a control de inundaciones, navegación, infición de los cursos de agua, piscicultura, etc. También abordaría los problemas y las prioridades del empleo del agua con fines múltiples. Le correspondería tomar decisiones sobre el uso alternativo o combinado de agua superficial y subterránea, etc.

6. *Especialista en tarifas* (6 meses). Colaboración con el experto en legislación hidráulica y organización administrativa en los aspectos de su especialidad, con el fin de sentar las bases necesarias para una sana política nacional en materia de pagos y retribuciones por los diversos servicios de agua y electricidad. Colaboraría con las autoridades en la organización de las instituciones encargadas de determinar y controlar las tarifas de los distintos servicios en todo el país, aprovechando la labor ya realizada en el campo eléctrico por un experto de las Naciones Unidas.

7. *Grupo de expertos en recuperación y habilitación de tierras* (1-2 años). Este grupo estaría constituido por un economista, un ingeniero y un especialista en administración, y trabajaría en la organización de la Autoridad nacional superior en materia de riego. (Véase *supra*, capítulo VII.) Asesoraría técnica y administrativamente a dicha Autoridad en la iniciación de sus labores y en la preparación de un plan nacional agropecuario de recuperación de tierras y riego, en cooperación con la División de Planeación y Coordinación de los Recursos Hidráulicos y las corporaciones regionales (CVC, CAR, CVM, etc.). La experiencia del ingeniero deberá abarcar obras hidráulicas con diversos fines, principalmente riego, avenamiento, defensa contra inundaciones, etc., y la del economista versará fundamentalmente en materia agropecuaria y forestal. El experto en administración podría ser el mismo del punto 4.

Anexo I

COLOMBIA: PRECIPITACION REAL, PRECIPITACION TEORICA O AGUA DE CONSUMO Y NECESIDADES DE RIEGO EN ESTACIONES SELECCIONADAS, SEGUN LA FORMULA DE OLIVIER

Estación: Aracata, latitud 10° 35', longitud 74° 11', altura 28 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.9	0.56	50	7.4	3	0.2	- 47
F	3.3	0.64	59	8.8	10	0.8	- 49
M	3.6	0.71	79	11.8	11	0.8	- 68
A	3.4	0.74	75	11.2	60	4.5	- 15
M	2.3	0.73	52	7.8	206	15.4	+ 154
J	2.4	0.70	50	7.4	143	10.7	+ 93
J	2.5	0.70	54	8.0	97	7.3	+ 43
A	2.4	0.72	54	8.0	139	10.4	+ 85
S	2.4	0.74	53	7.9	214	16.0	+ 161
O	3.0	0.66	61	9.1	282	21.1	+ 221
N	2.2	0.58	38	5.7	147	11.0	+ 109
D	2.8	0.53	46	6.9	24	1.8	- 22
Año			671	100.0	1 336	100.0	+ 665

Estación: Bogotá, latitud 4° 38', longitud 74° 05', altura 2 560 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.3	0.61	43	7.5	47	4.8	+ 4
F	2.3	0.66	42	7.3	56	5.7	+ 14
M	2.4	0.73	54	9.4	76	7.7	+ 22
A	2.3	0.74	51	8.9	102	10.3	+ 51
M	2.4	0.69	51	8.9	109	11.1	+ 58
J	2.4	0.65	47	8.2	68	6.9	+ 21
J	2.5	0.67	52	9.0	42	4.3	- 10
A	2.6	0.71	57	9.9	35	3.5	- 22
S	2.6	0.73	57	9.9	57	5.8	0
O	2.2	0.69	47	8.2	167	17.0	+ 120
N	2.0	0.61	37	6.4	136	13.8	+ 99
D	2.1	0.57	37	6.4	90	9.1	+ 53
Año			575	100.0	985	100.0	+ 410

Estación: Chinchina, latitud 40° 56', longitud 75° 56', altura 1 360 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.9	0.61	55	8.6	159	5.8	+ 104
F	3.1	0.66	57	8.9	149	5.5	+ 92
M	2.9	0.73	66	10.3	222	8.1	+ 156
A	2.5	0.74	55	8.6	307	11.3	+ 252
M	2.2	0.69	47	7.3	318	11.7	+ 271
J	2.4	0.65	47	7.3	216	7.9	+ 169
J	2.8	0.67	58	9.1	169	6.2	+ 111
A	2.9	0.71	64	10.0	184	6.8	+ 120
S	2.8	0.73	61	9.5	175	6.4	+ 114
O	2.3	0.69	49	7.6	324	11.9	+ 275
N	2.2	0.61	40	6.2	265	9.7	+ 225
D	2.4	0.57	42	6.6	238	8.7	+ 196
Año			641	100.0	2 726	100.0	+ 2 085

Estación: Medellín, latitud 6° 15', longitud 75° 35', altura 1 475 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	3.8	0.60	71	8.5	39	2.8	- 32
F	4.0	0.66	74	8.8	60	4.2	- 14
M	3.8	0.73	86	10.4	87	6.2	+ 1
A	3.1	0.74	69	8.3	152	10.8	+ 83
M	2.8	0.70	61	7.4	191	13.5	+ 130
J	3.3	0.66	65	7.8	128	9.1	+ 63
J	3.4	0.68	72	8.7	102	7.2	+ 30
A	3.9	0.71	86	10.4	124	8.8	+ 38
S	3.8	0.73	83	10.0	129	9.1	+ 46
O	2.9	0.68	61	7.4	180	12.8	+ 119
N	2.8	0.60	50	6.0	135	9.6	+ 85
D	3.0	0.56	52	6.3	83	5.9	+ 31
Año			830	100.0	1 410	100.0	+ 580

Estación: Montería, latitud 8° 46', longitud 75° 52'

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.9	0.55	49	7.5	14	1.2	- 35
F	3.3	0.64	59	9.1	19	1.6	- 40
M	3.5	0.71	77	11.9	25	2.2	- 52
A	2.8	0.74	62	9.6	81	7.0	+ 19
M	2.6	0.72	58	9.0	155	13.4	+ 97
J	2.5	0.69	52	8.0	147	12.7	+ 95
J	2.3	0.69	49	7.6	123	10.7	+ 74
A	2.4	0.72	54	8.3	181	15.7	+ 127
S	2.2	0.74	49	7.6	148	12.8	+ 99
O	2.4	0.67	50	7.7	148	12.8	+ 98
N	2.5	0.59	44	6.8	69	6.0	+ 25
D	2.7	0.54	45	6.9	45	3.9	0
Año			648	100.0	1 155	100.0	+ 507

Estación: Palmira,* latitud 3° 31', longitud 76° 19', altura 1 006 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	3.5	0.62	67	8.2	84	6.6	+ 17
F	3.7	0.67	69	8.4	53	4.2	- 16
M	3.4	0.73	77	9.4	82	6.5	+ 5
A	2.9	0.74	64	7.8	186	14.6	+ 122
M	2.8	0.68	59	7.2	191	15.0	+ 132
J	3.2	0.64	61	7.4	68	5.4	+ 7
J	3.5	0.66	72	8.8	52	4.1	- 20
A	3.9	0.71	86	10.5	30	2.4	- 56
S	3.6	0.73	79	9.6	79	6.2	0
O	2.8	0.70	61	7.4	205	16.1	+ 144
N	3.1	0.62	58	7.1	125	9.8	+ 67
D	3.7	0.58	67	8.2	116	9.1	+ 49
Año			820	100.0	1 271	100.0	+ 451

* Período de precipitación: 1951-60; de temperatura: 1951-57.

Estación: Tibu, latitud 8° 38', longitud 72° 39', altura 56 m

Mes	t-t'	Factor	Precipitación teórica T (mm)	% de cada mes	Precipitación real R (mm)	% de cada mes	R-T (mm)
E	2.5	0.58	45	5.7	138	4.7	+ 93
F	2.9	0.65	53	6.7	104	3.5	+ 51
M	3.4	0.72	76	9.7	81	2.7	+ 5
A	3.5	0.74	78	9.9	300	10.1	+ 222
M	3.4	0.71	75	9.5	442	14.9	+ 367
J	3.5	0.68	71	9.0	295	10.0	+ 224
J	3.8	0.69	81	10.3	213	7.2	+ 132
A	3.7	0.72	83	10.6	212	7.1	+ 129
S	3.4	0.74	75	9.5	231	7.8	+ 156
O	3.0	0.67	62	7.9	341	11.5	+ 279
N	2.5	0.59	44	5.6	393	13.3	+ 349
D	2.6	0.55	44	5.6	213	7.2	+ 169
Año			787	100.0	2 963	100.0	+ 2 176

Anexo II

COLOMBIA: AGUA DE CONSUMO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES, SEGUN FORMULA DE BLANEY-CRIDDLE

Estación: Aracataca, latitud 10°35', longitud 74°11', altura 28 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	80.1	81.5	82.4	83.5	82.3	82.0	82.4	81.8	81.3	82.4	81.8	81.1
25.4 f = 25.4 $\frac{t_p}{100}$	—	165.7	154.5	176.8	177.4	184.2	179.4	185.5	181.1	170.5	174.8	164.7	166.3

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	232	216	247	249	258	251	260	254	239	245	231	233
Plátano	1.20	199	185	212	213	221	215	223	217	205	210	198	200
Caña de azúcar	1.00	166	155	177	177	184	179	186	181	171	175	165	166
Cacao	0.90	149	139	159	160	166	161	167	163	153	157	148	150
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	133	124	141	142	147	143	148	145	136	140	132	133
Tabaco y hortalizas	0.70	116	108	124	124	129	126	130	127	119	122	115	116

Estación: Bogotá, latitud 4°38', longitud 74°05', altura 2 560 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	55.6	56.3	57.4	57.8	58.1	57.2	56.3	56.5	56.3	56.8	57.0	56.3
25.4 f = 25.4 $\frac{t_p}{100}$	—	118.0	108.5	123.8	121.5	127.0	121.8	123.6	123.1	117.7	121.8	117.0	119.5

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	165	152	173	170	178	171	173	172	165	171	164	167
Plátano	1.20	142	130	148	146	152	146	148	148	141	146	140	143
Caña de azúcar	1.00	118	109	124	122	127	122	124	123	118	122	117	120
Cacao	0.90	106	98	111	109	114	110	111	111	106	110	105	108
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	94	87	99	97	101	97	99	99	94	97	94	96
Tabaco y hortalizas	0.70	83	76	87	85	89	85	87	86	82	85	82	84

Estación: Chinchina, latitud 4°56', longitud 75°56', altura 1 360 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	68.7	69.4	69.6	69.1	68.7	68.9	68.9	69.1	68.7	67.8	67.8	68.4
25.4 f = 25.4 $\frac{t_p}{100}$	—	145.3	133.4	149.9	145.3	150.4	147.1	151.6	150.9	143.5	145.3	139.2	144.8

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	203	187	210	203	210	206	212	211	201	203	195	203
Plátano	1.20	174	160	180	174	180	176	182	181	172	174	167	174
Caña de azúcar	1.00	145	138	150	145	150	147	152	151	144	145	139	145
Cacao	0.90	131	120	135	131	135	132	136	136	129	131	125	130
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	116	107	120	116	120	118	121	121	115	116	111	116
Tabaco y hortalizas	0.70	102	93	105	102	105	103	106	106	100	102	97	101

Estación: Medellín, latitud 6°15', longitud 75°35', altura 1 475 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	70.5	71.4	71.1	70.7	70.5	70.9	71.3	71.1	70.7	69.6	69.6	69.8
25.4 f = 25.4 $\frac{t_p}{100}$	—	148.3	136.8	153.1	149.1	155.4	152.1	157.8	155.7	148.0	148.8	142.2	146.7

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	208	191	214	209	218	213	221	218	207	208	199	205
Plátano	1.20	178	164	184	179	186	182	189	187	178	178	171	176
Caña de azúcar	1.00	148	137	153	149	155	152	158	156	148	149	142	147
Cacao	0.90	133	123	138	134	140	137	142	140	133	134	128	132
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	119	109	123	119	124	122	126	125	118	119	114	117
Tabaco y hortalizas	0.70	104	96	107	104	109	107	111	109	104	104	100	103

Anexo II (Continuación)

Estación: Montería, latitud 8°46', longitud 75°52'

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	82.4	83.0	83.6	83.5	82.4	82.4	82.6	82.4	81.3	81.3	81.8	81.8
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$	—	171.3	157.8	158.6	176.8	183.6	179.0	185.0	181.8	170.4	173.0	165.6	169.4

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	240	221	222	248	257	251	259	255	239	242	232	237
Plátano	1.20	206	189	190	212	220	215	222	218	205	208	199	203
Caña de azúcar	1.00	171	158	159	177	184	179	185	182	170	173	166	169
Cacao	0.90	154	142	143	159	165	161	166	164	153	156	149	152
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	137	126	127	141	147	143	148	146	136	138	132	135
Tabaco y hortalizas	0.70	120	110	111	124	128	125	129	127	119	121	116	119

Estación: Palmira, latitud 3°31', longitud 76°19', altura 1 006 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	74.1	74.6	74.8	74.3	74.1	74.1	74.3	75.0	74.8	73.0	73.6	73.6
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$	—	157.8	144.0	161.2	156.1	161.7	157.2	162.5	163.1	156.1	156.6	151.7	156.8

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	221	202	226	218	226	220	227	228	218	219	212	219
Plátano	1.20	189	173	193	187	194	189	195	196	187	188	182	188
Caña de azúcar	1.00	158	144	161	156	162	157	163	163	156	157	152	157
Cacao	0.90	142	130	145	141	146	141	146	147	141	141	136	141
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	126	115	129	125	129	126	130	131	125	125	121	125
Tabaco y hortalizas	0.70	110	101	113	109	113	110	114	114	109	110	106	110

Estación: Tibu, latitud 8°38', longitud 72°39', altura 56 m

	K	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura en grados Fahrenheit	—	79.4	80.8	82.6	83.5	83.5	83.5	83.1	83.5	83.1	82.2	81.2	80.6
$25.4 f = 25.4 \frac{t.p}{100}$	—	165.7	154.0	177.5	176.8	185.2	181.0	185.4	184.0	174.0	175.0	164.7	167.3

u (Agua de consumo) = 25.4 k.f. (mm)

Arroz	1.40	232	216	248	247	259	253	259	258	244	245	230	234
Plátano	1.20	199	185	213	212	222	217	222	221	209	210	198	201
Caña de azúcar	1.00	166	154	178	177	185	181	185	184	174	175	165	167
Cacao	0.90	149	133	160	159	167	163	167	166	157	158	148	151
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón.	0.80	132	123	142	141	148	145	148	147	139	140	132	134
Tabaco y hortalizas	0.70	116	108	124	124	130	127	130	129	122	123	115	117

Anexo III

COLOMBIA: NECESIDADES DE RIEGO PARA DIFERENTES PLANTAS Y LOCALIDADES, SEGUN LAS FORMULAS DE BLANEY-CRIDDLE Y OLIVIER

Estación: Aracataca, latitud 10° 35', longitud 74° 11', altura 28 m
Precipitación anual 1 337 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	3	10	11	60	206	143	97	139	214	282	147	24

A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Criddle

Arroz	(a)	382	343	394	315	87	180	270	191	42	—	140	348
	(b)	1.43	1.42	1.47	1.22	0.33	0.70	1.01	0.71	0.16	—	0.54	1.30
Plátano	(a)	327	292	335	255	25	120	208	130	—	—	85	294
	(b)	1.22	1.21	1.25	0.98	0.09	0.46	0.78	0.49	—	—	0.33	1.10
Caña de azúcar	(a)	272	242	277	195	—	60	147	70	—	—	30	237
	(b)	1.02	1.00	1.04	0.75	—	0.23	0.55	0.26	—	—	0.12	0.89
Cacao	(a)	243	215	247	167	—	30	117	40	—	—	2	210
	(b)	0.91	0.89	0.92	0.64	—	0.12	0.44	0.15	—	—	0.01	0.79
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón	(a)	217	190	217	137	—	—	85	10	—	—	—	182
	(b)	0.81	0.79	0.81	0.53	—	—	0.32	0.04	—	—	—	0.68
Tabaco y hortalizas	(a)	188	163	188	107	—	—	55	—	—	—	—	—
	(b)	0.70	0.67	0.70	0.41	—	—	0.21	—	—	—	—	—

B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier

Cultivos de bajo consumo	(a)	78	82	113	25	—	—	—	—	—	—	—	37
	(b)	0.29	0.34	0.42	0.10	—	—	—	—	—	—	—	0.14

Estación: Bogotá, latitud 4° 38', longitud 74° 05', altura 2 560 m
Precipitación anual 986 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	47	56	76	102	109	68	42	35	57	167	136	90

A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Criddle

Arroz	(a)	197	160	162	113	115	172	218	228	180	7	47	128
	(b)	0.74	0.66	0.61	0.44	0.43	0.66	0.81	0.85	0.70	0.03	0.18	0.48
Plátano	(a)	158	123	120	73	72	130	177	188	140	—	7	88
	(b)	0.59	0.51	0.45	0.28	0.27	0.50	0.66	0.70	0.54	—	0.03	0.33
Caña de azúcar	(a)	118	88	80	33	30	90	137	147	102	—	—	50
	(b)	0.44	0.36	0.30	0.13	0.11	0.35	0.51	0.55	0.39	—	—	0.19
Cacao	(a)	98	70	58	12	8	70	115	127	82	—	—	30
	(b)	0.37	0.29	0.22	0.05	0.03	0.27	0.43	0.47	0.32	—	—	0.11
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón	(a)	78	52	38	—	—	48	95	107	62	—	—	10
	(b)	0.29	0.21	0.14	—	—	0.19	0.36	0.40	0.24	—	—	0.04
Tabaco y hortalizas	(a)	60	33	18	—	—	28	75	85	42	—	—	—
	(b)	0.22	0.14	0.07	—	—	0.11	0.28	0.32	0.16	—	—	—

B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier

Cultivos de bajo consumo	(a)	—	—	—	—	—	—	17	37	—	—	—	—
	(b)	—	—	—	—	—	—	0.06	0.14	—	—	—	—

(a) = mm

(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Anexo III (Continuación)

Estación: Chinchina, latitud 4° 56', longitud 75° 56', altura 1 360 m
Precipitación anual 2 726 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	159	149	222	307	318	216	169	184	175	324	265	238
A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Criddle												
Arroz (a)	73	63	—	—	—	—	72	45	43	—	—	—
(b)	0.27	0.26	—	—	—	—	0.27	0.17	0.17	—	—	—
Plátano (a)	25	18	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—
(b)	0.09	0.07	—	—	—	—	0.08	—	—	—	—	—
Caña de azúcar (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cacao (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tabaco y hortalizas (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier

Cultivos de bajo consumo . . (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Estación: Medellín, latitud 6° 15', longitud 75° 35', altura 1 475 m
Precipitación anual 1 411 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	39	60	87	152	191	128	102	124	129	180	135	83
A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Criddle												
Arroz (a)	282	218	212	95	45	142	198	157	130	47	107	204
(b)	1.05	0.90	0.79	0.37	0.17	0.55	0.74	0.59	0.50	0.18	0.41	0.76
Plátano (a)	232	173	162	45	—	90	145	105	82	—	60	155
(b)	0.87	0.72	0.61	0.17	—	0.35	0.54	0.39	0.32	—	0.23	0.58
Caña de azúcar (a)	182	128	110	—	—	40	93	53	32	—	12	107
(b)	0.68	0.53	0.41	—	—	0.15	0.35	0.20	0.12	—	0.05	0.40
Cacao (a)	157	105	85	—	—	15	67	27	7	—	—	82
(b)	0.59	0.43	0.32	—	—	0.06	0.25	0.10	0.03	—	—	0.31
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón (a)	133	82	60	—	—	—	40	2	—	—	—	57
(b)	0.50	0.34	0.22	—	—	—	0.15	0.01	—	—	—	0.21
Tabaco y hortalizas (a)	108	60	33	—	—	—	15	—	—	—	—	33
(b)	0.40	0.25	0.12	—	—	—	0.06	—	—	—	—	0.12

B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier

Cultivos de bajo consumo . . (a)	53	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	0.20	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(a) = mm
(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Anexo III (Continuación)

Estación: Montería, latitud 8° 46', longitud 75° 52'
Precipitación anual 1 155 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	14	19	25	81	155	147	123	181	148	148	69	45
A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Cridde												
Arroz (a)	376	336	328	278	170	173	227	123	152	157	272	320
(b)	1.41	1.39	1.23	1.07	0.64	0.67	0.85	0.46	0.59	0.59	1.05	1.20
Plátano (a)	320	283	275	218	108	113	165	62	95	100	216	263
(b)	1.20	1.17	1.03	0.84	0.40	0.44	0.62	0.23	0.37	0.37	0.83	0.98
Caña de azúcar (a)	262	232	223	160	48	53	103	2	37	42	162	207
(b)	0.98	0.96	0.83	0.62	0.18	0.20	0.39	0.01	0.14	0.16	0.62	0.77
Cacao (a)	233	205	197	130	17	23	72	—	8	13	133	178
(b)	0.87	0.85	0.74	0.50	0.06	0.09	0.27	—	0.3	0.05	0.51	0.67
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón (a)	205	178	170	100	—	—	42	—	—	—	105	150
(b)	0.77	0.74	0.64	0.38	—	—	0.16	—	—	—	0.40	0.56
Tabaco y hortalizas (a)	177	152	143	72	—	—	10	—	—	—	78	123
(b)	0.66	0.63	0.53	0.28	—	—	0.04	—	—	—	0.30	0.46
B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier												
Cultivos de bajo consumo (a)	58	67	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	0.22	0.28	0.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Estación: Palmira, latitud 3° 31', longitud 76° 19', altura 1 006 m
Precipitación anual 1 270 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	84	53	82	186	191	68	52	30	79	205	125	116
A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Cridde												
Arroz (a)	228	248	240	53	58	253	292	330	232	23	145	172
(b)	0.85	1.02	0.90	0.20	0.22	0.97	1.09	1.23	0.90	0.09	0.56	0.64
Plátano (a)	175	200	185	2	5	202	238	277	180	—	95	120
(b)	0.65	0.83	0.69	0.01	0.02	0.78	0.89	1.04	0.69	—	0.37	0.45
Caña de azúcar (a)	123	152	132	—	—	148	185	222	128	—	45	68
(b)	0.46	0.63	0.49	—	—	0.57	0.69	0.83	0.49	—	0.17	0.25
Cacao (a)	97	128	105	—	—	122	157	195	103	—	18	42
(b)	0.36	0.53	0.39	—	—	0.47	0.59	0.73	0.40	—	0.07	0.16
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón (a)	70	103	78	—	—	97	130	168	77	—	—	15
(b)	0.26	0.43	0.29	—	—	0.37	0.49	0.63	0.30	—	—	0.06
Tabaco y hortalizas (a)	43	80	52	—	—	70	103	140	50	—	—	—
(b)	0.16	0.33	0.19	—	—	0.27	0.39	0.52	0.19	—	—	—
B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier												
Cultivos de bajo consumo (a)	—	27	—	—	—	—	33	93	—	—	—	—
(b)	—	0.11	—	—	—	—	0.12	0.35	—	—	—	—

(a) = mm
(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Anexo III (Continuación)

Estación: Tibu, latitud 8° 38', longitud 72° 39', altura 56 m
Precipitación anual 2 964 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	138	104	81	300	442	295	213	212	231	341	393	213
A. Necesidades de riego según fórmula de Blaney-Criddle												
Arroz (a)	157	187	278	—	—	—	77	77	22	—	—	35
(b)	0.59	0.77	1.04	—	—	—	0.29	0.29	0.08	—	—	0.13
Plátano (a)	102	135	220	—	—	—	15	15	—	—	—	—
(b)	0.38	0.56	0.82	—	—	—	0.06	0.06	—	—	—	—
Caña de azúcar (a)	47	83	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	0.18	0.34	0.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cacao (a)	18	58	132	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	0.07	0.24	0.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maíz, ajonjolí, pasto y algodón (a)	—	32	102	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	0.13	0.38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tabaco y hortalizas (a)	—	7	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	0.03	0.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. Necesidades de riego según fórmula de Olivier												
Cultivos de bajo consumo (a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(a) = mm
(b) = litros por segundo y hectárea

(Continúa)

Anexo IV

PROYECTO DE CREACION DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Artículo I. Créase el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología que funcionará como dependencia del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", de acuerdo con la organización que a continuación se establece.

Artículo II. Son misiones y atribuciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología:

a) Realizar las instalaciones y mantenimiento de las estaciones meteorológicas que las necesidades del país requieran ya sea de acuerdo con un plan establecido o a solicitud de otros organismos;

b) Realizar en estas estaciones las observaciones meteorológicas e hidrológicas necesarias para el fin con que fueron establecidas y las que convenios internacionales sugieran o aconsejen;

c) Adquirir el instrumental y elementos de trabajo de ambas especialidades necesarios para sus actividades;

d) Presentar al Comité Nacional de Meteorología e Hidrología para su adopción con carácter nacional normas de observación, tipos de instrumental, formularios, libretas de observación, etc. Para realizar esta tarea consultará las necesidades de los servicios meteorológicos e hidrológicos existentes;

e) Realizar la concentración de todas las observaciones meteorológicas e hidrológicas efectuadas o que se efectúen en el país formando en esa forma el Archivo Nacional de Meteorología e Hidrología;

f) Efectuar el intercambio internacional de datos, según lo comprometido en acuerdos internacionales;

g) Formar una Biblioteca Nacional de Meteorología e Hidrología con fines de investigación y divulgación;

h) Realizar estudios, estadísticas e investigaciones referentes a meteorología e hidrología;

i) Promover la formación de una red de comunicaciones propias con el objeto de acelerar la concentración e intercambio de observaciones tanto nacionales como internacionales, y requerir a Correos y Telégrafos Nacionales prioridad para los mensajes meteorológicos e hidrológicos.

j) Formar un laboratorio para calibración y reparación de instrumental meteorológico e hidrológico, a usarse en los diferentes servicios del país;

k) Realizar un servicio público de predicción del tiempo para las diferentes necesidades del país; de carácter específico o general;

l) Realizar un servicio público de predicción de crecidas de ríos en los lugares que sea necesario;

m) Realizar anualmente la publicación de los datos concentrados;

n) Realizar publicaciones con carácter de divulgación y científicas;

o) Editar las publicaciones aprobadas por el Comité Nacional de Meteorología e Hidrología;

p) Crear regionales o seccionales para facilitar la labor encomendada a esta organización;

q) Formar personal de observadores, inspectores, técnicos, etc., realizando cursos, que tendrán carácter nacional, para formación de su propio personal y de los otros servicios meteorológicos e hidrológicos.

r) Dirigirse a personas o entidades nacionales o extranjeras a efectos del cumplimiento de sus funciones específicas y de compromisos nacionales e internacionales;

s) Efectuar convenios con universidades nacionales o privadas para el establecimiento de cursos superiores de meteorología e hidrología;

t) Realizar cualquier otra actividad que contribuya directa o indirectamente al conocimiento o mejoramiento de la meteorología e hidrología en el país;

u) Asesorar al Comité Nacional de Meteorología e Hidrología sobre convenios internacionales de la especialidad;

v) Realizar convenios con organismos estatales y privados con el fin de coordinar tareas comunes de meteorología y/o hidrología.

Artículo III. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología estará compuesto de los siguientes departamentos:

1) Meteorología sinóptica

2) Hidrología

3) Agrometeorología

4) Climatología

5) Mantenimiento

6) Administración

Artículo IV. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología estará a cargo de un Director, el que será asistido en sus funciones por un Subdirector, quien además lo reemplazará en caso de ausencia.

Artículo V. Son atribuciones del Director, o en su ausencia del Subdirector:

a) Representar al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología ante el Comité Nacional de Meteorología e Hidrología;

b) Representar al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología ante organismos internacionales o nombrar su representante;

c) Organizar y reglamentar el funcionamiento del Organismo de acuerdo con lo establecido en esta organización;

d) Nombrar y retirar al personal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de acuerdo con la reglamentación;

e) Ejercer la dirección técnica de todos los servicios que cumpla el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología;

f) Podrá asumir todas las responsabilidades que le asigne el Comité Nacional de Meteorología e Hidrología con el objeto de mejorar los servicios de meteorología e hidrología nacionales;

Artículo VI. Son funciones del Departamento de Meteorología sinóptica:

a) Proponer la instalación, traslado o modificación de las estaciones que sus necesidades requieran;

b) Proponer horarios y tipos de observación, con fines sinópticos;

c) Organizar una oficina central de análisis y pronóstico del tiempo, así como también las oficinas secundarias que faciliten la labor del pronóstico general y específico;

d) Confeccionar los mapas sinópticos del país y zonas vecinas a las horas sinópticas internacionales y analizar toda la información aerológica nacional e internacional que se reciba;

e) Efectuar pronósticos del tiempo para información general del público, conjuntamente con el trazado de las cartas pronosticadas que se requieran;

f) Efectuar pronósticos específicos como serían: para aviación, de heladas, de cantidad de precipitación, etc.

g) Realizar los estudios, investigaciones o estadísticas que se requieran para facilitar o mejorar las tareas del pronóstico del tiempo;

h) Efectuar la recepción telegráfica, radiotelegráfica y telefónica de toda la información meteorológica e hidrológica, nacional e internacional, que se requiera con fines sinópticos y de operación de los servicios meteorológicos e hidrológicos.

Artículo VII. Son funciones del Departamento de Climatología:

- a) Efectuar el cómputo y depuración de los datos remitidos por las estaciones meteorológicas de observación;
- b) Preparar todo el material necesario para la publicación de los datos meteorológicos de todo el país en forma de anales meteorológicos;
- c) Realizar el estudio del clima del país, con carácter general, regional o local;
- d) Realizar estudios sobre la influencia del clima en relación con la vida del hombre y/o su vinculación con la actividad económica de la nación;
- e) Realizar estudios comparativos de climas;
- f) Controlar la calidad y veracidad de las observaciones, con la colaboración de los otros departamentos;
- g) Realizar inspecciones periódicas a las estaciones de observación meteorológica con el fin de corregir, mejorar y asesorar a los observadores en sus tareas.

Artículo VIII. Son funciones del Departamento de Hidrología:

- a) Proponer la instalación, traslado o modificación de las estaciones de precipitación;
- b) Proponer la instalación, traslado o modificación de las estaciones de evaporación;
- c) Proponer y realizar la instalación de estaciones freáticas;
- d) Proponer y realizar la instalación de estaciones limnimétricas y/o limnigráficas;
- e) Proponer y realizar la instalación de estaciones de aforo, medición de sedimentos en suspensión, y de los acarreo y calidad del agua efectuando las observaciones correspondientes;
- f) Efectuar el control de las observaciones de precipitación, evaporación, freáticas, limnimétricas y limnigráficas;
- g) Preparar todo el material para la publicación de los datos hidrológicos de todo el país en forma de anales hidrológicos;
- h) En colaboración con el Departamento de Climatología realizar inspecciones en las estaciones de precipitación, evaporación, freáticas, limnimétricas y limnigráficas;
- i) Estudiar los regímenes de precipitación del país con carácter general, regional y local con fines climatológicos, de estudios hidrológicos y pronósticos hidrológicos;
- j) Realizar estudios sobre la evaporación especialmente en relación con el balance de aguas y en conexión con estudios hidrológicos;
- k) Estudiar las napas freáticas y su vinculación con la precipitación y/o aguas superficiales;
- l) Estudiar los regímenes hidrológicos de los ríos con relación a su posible uso como por ejemplo: riego, energía, navegación, etc.;
- m) Estudiar las crecientes, bajantes e inundaciones de los ríos con el objeto de su predicción, defensa y construcción de obras de protección;

n) Realizar estudios para la determinación de máximas precipitaciones posibles;

o) Realizar estudios glaciológicos.

Artículo IX. Son funciones del Departamento de Agrometeorología:

- a) Proponer la instalación, traslado o modificación de las estaciones agrometeorológicas;
- b) Efectuar el control e inspección de las observaciones agrometeorológicas;
- c) Proponer los tipos de observaciones necesarias a las necesidades agronómicas del país;
- d) Realizar estudios sobre la evapotranspiración y humedad del suelo con fines agronómicos y para colaboración con el departamento de hidrología;
- e) Realizar estudios sobre heladas y granizadas en relación con los distintos tipos de cultivos y otras actividades;
- f) Realizar estudios sobre las relaciones que existen entre el proceso del tiempo y el desarrollo y rendimiento de los distintos cultivos en cada zona del país;
- g) Determinar las distintas necesidades de agua para los distintos cultivos en cada zona del país;
- h) Determinar los bioclimas de los distintos cultivos;
- i) Determinar las relaciones entre el tiempo y clima y las plagas que afectan los cultivos.

Artículo X. Son funciones del Departamento de Mantenimiento:

- a) Reparar el instrumental meteorológico e hidrológico;
- b) Calibrar el instrumental meteorológico e hidrológico;
- c) Preparar las especificaciones técnicas del instrumental que se desea adquirir;
- d) Reparar el instrumental de comunicaciones y radiometeorológico;
- e) Mantener el equipo de comunicaciones instalado en la red;
- f) Instalar el equipo de comunicaciones y radiometeorológico;
- g) Suministrar el instrumental meteorológico e hidrológico para su instalación;
- h) Instalar las estaciones sinópticas, climatológicas y agrometeorológicas;
- i) Cuando las posibilidades de este departamento lo permitan, realizará las funciones arriba indicadas para otros organismos y a solicitud del Comité Nacional de Meteorología e Hidrología.

Artículo XI. Son funciones del Departamento de Administración:

- a) Llevar el control del personal;
- b) Fiscalizar todos los documentos oficiales del organismo;
- c) Manejar y contabilizar los fondos asignados al organismo;
- d) Preparar el anteproyecto del presupuesto;
- e) Llevar actualizado el estado patrimonial del organismo;
- f) Efectuar las adquisiciones necesarias del organismo.
- g) Efectuar los pagos de sueldos, remuneraciones, etc., al personal;
- h) Efectuar los pagos requeridos por compras, contrataciones, etc.

DONDE SE VENDEN LAS PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS Y LAS DE LA CORTE INTERNACIONAL DE JUSTICIA

AFRICA

CAMERUN: LIBRAIRIE DU PEUPLE AFRICAINE
La Gérante, B.P. 1197, Yaoundé.
DIFFUSION INTERNATIONALE CAMEROUNAISE
DU LIVRE ET DE LA PRESSE, Sangmelima.
CONGO (Leopoldville): INSTITUT POLITIQUE
CONGOLAIS, B.P. 2307, Leopoldville.
ETIOPIA: INTERNATIONAL PRESS AGENCY
P.O. Box 120, Addis Abeba.
GHANA: UNIVERSITY BOOKSHOP
University College of Ghana, Legon, Accra.
KENIA: The E.S.A. BOOKSHOP, Box 30167, Nairobi.
LIBIA: SUDKI EL JERBI (BOOKSELLERS)
P.O. Box 78, Istiklal Street, Benghazi.
MARRUECOS: AUX BELLES IMAGES
281 Avenue Mohammed V, Rabat.
NIGERIA: UNIVERSITY BOOKSHOP (NIGERIA) LTD.
University College, Ibadan.
NYASALANDIA: BOOKERS (NYASALAND) LTD.
Lontyre House, P.O. Box 34, Blantyre.
REPUBLICA ARABE UNIDA:
LIBRAIRIE "LA RENAISSANCE D'EGYPTE"
9 Sh. Adly Pasha, El Cairo.
AL NAMDA EL ARABIA BOOKSHOP
32 Abd-el-Khalek Sarwart St., El Cairo.
RHODESIA DEL NORTE:
J. BELDING, P.O. Box 750, Mufulira.
RHODESIA DEL SUR:
THE BOOK CENTRE, First Street, Salisbury.
SUDAFRICA: VAN SCHAICK'S BOOKSTORE
(PTY) LTD., Church Street, Box 724, Pretoria.
TECHNICAL BOOKS (PTY) LTD., Faraday House,
P.O. Box 2866, 40 St. George's Street, Ciudad del Cabo.
TANGANYIKA: DAR ES SALAAM BOOKSHOP
P.O. Box 9030, Dar es Salaam.
UGANDA: UGANDA BOOKSHOP
P.O. Box 145, Kampala.

AMERICA DEL NORTE

CANADA: THE QUEEN'S PRINTER/L'IMPRIMEUR
DE LA REINE, Ottawa, Ontario.
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA:
SALES SECTION, UNITED NATIONS, Nueva York.
Puerto Rico: PAN AMERICAN BOOK CO.
P.O. Box 3511, San Juan 17.
BOOKSTORE, UNIVERSITY OF PUERTO RICO
Rio Piedras.

AMERICA LATINA

ARGENTINA: EDITORIAL SUDAMERICANA, S.A.
Avenida 500, Buenos Aires.
BOLIVIA: LIBRERIA SELECCIONES, Casilla 972, La Paz.
LOS AMIGOS DEL LIBRO
Calle Perú esq. España, Casilla 450, Cochabamba.
BRASIL: LIVRARIA AGIR
Rua Mexico 98-B, Caixa Postal 3291, Rio de Janeiro.
LIVRARIA FREITAS BASTOS, S.A.
Caixa Postal 899, Rio de Janeiro.
LIVRARIA KOSMOS EDITORA
Rua Rosario 135/137, Rio de Janeiro.
COLOMBIA:
LIBRERIA AMÉRICA, Calle 51 Núm. 49-58, Medellín.
LIBRERIA BUCHHOLZ
Av. Jiménez de Quesada 8-40, Bogotá.
COSTA RICA: IMPRENTA Y LIBRERIA TREJOS
Apartado 1313, San José.
CUBA: CUBARTIMPEX
Apartado postal 6540, La Habana.
CHILE: EDITORIAL DEL PACIFICO, Ahumada 57, Santiago.
LIBRERIA IVENS, Casilla 205, Santiago.
ECUADOR: LIBRERIA CIENTIFICA
Casilla 362, Guayaquil.
LIBRERIA UNIVERSITARIA
Calle García Moreno 739, Quito.
EL SALVADOR: LIBRERIA CULTURAL SALVADOREÑA
2a. Avenida Sur, San Salvador.
MANUEL NAVAS Y CIA,
1a. Avenida Sur 37, San Salvador.
GUATEMALA:
LIBRERIA CERVANTES
5a. Ave. 9-39, Zona 1, Guatemala.
SOCIEDAD ECONOMICA-FINANCIERA
6a. Ave. 14-33, Guatemala.
HAITI: LIBRAIRIE "A LA CARAVELLE", Port-au-Prince.
HONDURAS: LIBRERIA PANAMERICANA, Tegucigalpa.
MEXICO: EDITORIAL HERMES, S.A.
Ignacio Mariscal 41, México, D.F.

PANAMA: JOSE MENENDEZ
Agencia Internacional de Publicaciones,
Apartado 2052, Av. 8A Sur 21-58, Panamá.
PARAGUAY:
AGENCIA DE LIBRERIAS DE SALVADOR NIZZA
Calle Pte. Franco No. 39-43, Asunción.
PERU: LIBRERIA INTERNACIONAL DEL PERU, S.A.
Casilla 1417, Lima.
LIBRERIA STUDIUM, S.A.
Amargura 939, Apartado 2139, Lima.
REPUBLICA DOMINICANA: LIBRERIA DOMINICANA
Mercedes 49, Santo Domingo.
URUGUAY: LIBRERIA RAFAEL BARRETT
Ramón Anador 4030, Montevideo.
REPRESENTACION DE EDITORIALES, PROF. H. D'ELIA
Plaza Cagancha 1342, 1° piso, Montevideo.
VENEZUELA: LIBRERIA DEL ESTE
Av. Miranda, No. 52, Edf. Galipán, Caracas.

ASIA

BIRMANIA: CURATOR, GOVT. BOOK DEPOT, Rangún.
CAMBOYA: ENTREPRISE KHMERE DE LIBRAIRIE
Imprimerie & Papeterie Sarl, Phnom-Pehn.
CEILAN: LAKE HOUSE BOOKSHOP
Assoc. Newspapers of Ceylon, P.O. Box 244, Colombo.
COREA (REPUBLICA DE): EUL-YOO PUBLISHING
CO., LTD., 5, 2-KA, Chongno, Seúl.
CHINA: THE WORLD BOOK COMPANY, LTD.
99 Chung King Road, 1st Section, Taipei, Taiwan.
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.
211 Honan Road, Shanghai.
FILIPINAS:
PHILIPPINE EDUCATION COMPANY, INC.
1104 Castillejos, P.O. Box 620, Quiapo, Manila.
POPULAR BOOKSTORE, 1573 Doroteo José, Manila.
HONG KONG: THE SWINDON BOOK COMPANY
25 Nathan Road, Kowloon.
INDIA: ORIENT LONGMANS
Calcutta, Bombay, Madras, Nueva Delhi, Hyderabad.
OXFORD BOOK & STATIONERY COMPANY
Nueva Delhi y Calcutta.
INDONESIA: PEMBANGUNAN, LTD.
Gunung Sahari 84, Yakarta.
JAPON: MARUZEN COMPANY, LTD.
6 Tori-Nichome, Nihonbashi, Tokio.
PAKISTAN:
THE PAKISTAN CO-OPERATIVE BOOK SOCIETY
Dacca, East Pakistan.
PUBLISHERS UNITED, LTD., Lahore.
THOMAS & THOMAS, Karachi.
SINGAPUR: THE CITY BOOK STORE, LTD.
Callyer Quay.
TAILANDIA: PRAMUAN MIT, LTD.
55 Chakrawat Road, Wat Tuk, Bangkok.
NIBONOH & CO. LTD.
New Road, Sikak Phya Sri, Bangkok.
SUKSAPAN PANIT
Mansion 9, Rajadamnern Avenue, Bangkok.
VIETNAM (REPUBLICA DE):
LIBRAIRIE-PAPETERIE XUAN THU
185, rue Tu-do, B.P. 283, Saigón.

EUROPA

ALEMANIA (REPUBLICA FEDERAL DE):
R. EISENSCHMIDT
Schwanthaler Str. 59, Frankfurt/Main.
ELWERT UND MEURER
Hauptstrasse 101, Berlin-Schöneberg.
ALEXANDER HORN, Spiegelgasse 9, Wiesbaden.
W. E. SAARBACH, Gertrudenstrasse 30, Köln (1).
AUSTRIA:
GEROLD & COMPANY, Graben 31, Viena, 1.
GEORG FROMME & CO., Spengergasse 39, Viena, V.
BELGICA: AGENCE ET MESSAGERIES DE LA
PRESSE, S. A., 14-22, rue du Persil, Bruselas.
BULGARIA: RAZNOIZNOS, 1 Tzar Assen, Sofia.
CHECOSLOVAQUIA:
ARTIA LTD., 30 ve Smečkách, Praga, 2.
CHIPRE: PAN PUBLISHING HOUSE
10 Alexander the Great Street, Strovolos.
DINAMARCA: EJNAR MUNKSGAARD, LTD.
Nørregade 6, Kjöbenhavn, K.
ESPAÑA: AGUILAR, S. A. DE EDICIONES
Juan Bravo 38, Madrid 6.
LIBRERIA BOSCH, Ronda de la Universidad 11, Barcelona.
LIBRERIA MUNDI-PRENSA, Castelló 37, Madrid.
FINLANDIA: AKATEEMINEN KIRJAKAUPPA
2 Keskuskatu, Helsinki.
FRANCIA: EDITIONS A. PEDONE
13, rue Soufflot, Paris (V°).

GRECIA: KAUFFMANN BOOKSHOP
28 Stadion Street, Atenas.
HUNGRIA: KULTURA, P.O. Box 149, Budapest 62
IRLANDA: STATIONERY OFFICE, Dublin.
ISLANDIA: BOKAVERZLUN SIGFUSAR
EYMUÐSSONAR H. F.
Austurstræti 18, Reykjavik.
ITALIA: LIBRERIA COMMISSIONARIA SANSONI
Via Gino Capponi 26, Florencia,
y Via Paolo Mercuri 19/B, Roma.
AGENZIA E.I.O.U. Via Meravigli 16, Milán.
LUXEMBURGO: LIBRAIRIE J. TRAUSSCHSCHUMMER
Place du Théâtre, Luxemburgo.
NORUEGA: JOHAN GRUNDT TANUM
Kari Johansgate, 41, Oslo.
PAISES BAJOS: N. V. MARTINUS NIJHOFF
Lange Voorhout 9, 's-Gravenhage.
POLONIA: PAN, Palac Kultury i Nauki, Varsovia.
PORTUGAL: LIVRARIA RODRIGUES Y CIA
186 Rua Aurea, Lisboa.
REINO UNIDO: H. M. STATIONERY OFFICE
P.O. Box 569, Londres, S.E. 1 (y sucursales de la HMSO en
Belfast, Birmingham, Bristol, Cardiff, Edinburgh, Manchester).
RUMANIA: CARTIMEX, Str. Aristide Briand 14-18,
P.O. Box 134-135, Bucarest.
SUECIA: C. E. FRITZE'S KUNGL. HOYBOKHANDEL A-B
Fredsgatan 2, Estocolmo.
SUIZA: LIBRAIRIE PAYOT, S.A., Lausana, Ginebra,
HANS RAUNHARDT, Kirchgasse 17, Zurich 1.
TURQUIA: LIBRAIRIE HACHETTE
469 Istiklal Caddesi, Beyoglu, Estambul.
**UNION DE REPUBLICAS SOCIALISTAS
SOVIETICAS:**
MEZHONARODNAYA KNYIGA
Smolenskaya Ploshchad, Moscú.
YUGOSLAVIA:
CANKARJEVA ZALOZBA, Ljubljana, Slovenia.
DRZAVNO PREDUZECE
Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27/11, Belgrado.
PROSVJETA, 5, Trg Bratstva i Jedinstva, Zagreb.
PROSVETA PUBLISHING HOUSE, Import-Export Division,
P.O. Box 559, Terazije 16/1, Belgrado.

INDIAS OCCIDENTALES

BERMUDAS: BERMUDA BOOK STORES
Reid and Burnaby Streets, Hamilton.
CURAZAO, I.O.N.:
BOEKHANDEL SALAS, P.O. Box 44.
GUAYANA BRITANICA: BOOKERS STORES, LTD.
20-23 Church Street, Georgetown.
JAMAICA: SANGSTERS BOOK ROOM
91 Harbour Street, Kingston.
TRINIDAD Y TABAGO:
CAMPBELL BOOKER LTD., Port of Spain.

OCEANIA

AUSTRALIA:
U. N. ASSOCIATION OF AUSTRALIA
McEwan House, 343 Little Collins St.,
Melburne C. J. Vic.
WEA BOOKROOM, University, Adelaide, S.A.
UNIVERSITY BOOKSHOP, St. Lucia, Brisbane, Qld.
THE EDUCATIONAL AND TECHNICAL BOOK AGENCY
Parap Shopping Centre, Darwin, N.T.
COLLINS BOOK DEPOT PTY. LTD.,
Monash University, Wellington Road, Clayton, Vic.
COLLINS BOOK DEPOT PTY. LTD.,
363 Swanston Street, Melburne, Vic.
THE UNIVERSITY BOOKSHOP, Nedlands, W.A.
UNIVERSITY BOOKROOM
University of Melbourne, Parkville N.2, Vic.
UNIVERSITY CO-OPERATIVE BOOKSHOP LIMITED
Manning Road, University of Sydney, N.S.W.
NEUEA ZELANDIA: GOVERNMENT PRINTING OFFICE
Private Bag, Wellington (y librerías oficiales de
Auckland, Christchurch y Dunedin).

ORIENTE MEDIO

IRAK: MACKENZIE'S BOOKSHOP, Bagdad.
IRAN: MEHR AVIN BOOKSHOP
Abbas Abad Avenue, Isfahan.
ISRAEL: BLUMSTEIN'S BOOKSTORES
35 Allenby Rd. and 48 Nachlat Benjamin St., Tel Aviv.
JORDANIA: JOSEPH I. BAHOU & CO.
Dar-ul-Kutub, Box 66, Amman.
LIBANO: KHAYAT'S COLLEGE BOOK COOPERATIVE
92-94, rue Bliss, Beirut.

[64S1]

Las publicaciones de las Naciones Unidas pueden comprarse mediante pago en moneda local o encargarse en las librerías de casi todos los países del mundo.
Para más detalles, dirigirse a: United Nations, Sales Section, Nueva York, N.Y. 10017, o a United Nations, Sales Section, Palais des Nations, Ginebra, Suiza.

ALGUNAS PUBLICACIONES IMPRESAS DE LA COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

Estudios anuales

<i>Estudio Económico de América Latina 1957</i>		
Septiembre 1958	320 páginas	
E/CN.12/489/Rev. I	No. de venta: 58.II.G.1	Dls. 3.00
<i>Estudio Económico de América Latina 1958</i>		
Septiembre 1959	168 páginas	
E/CN.12/498/Rev. I	No. de venta: 59.II.G.1	Dls. 2.00

Desarrollo económico

<i>Manual de Proyectos de Desarrollo Económico</i>		
Diciembre 1958		
E/CN.12/426/Add. 1/Rev. I	264 páginas	
TAA/LAT/12/Rev. I	No. de venta: 58.II.G.5	Dls. 3.00
<i>Las Inversiones Privadas Extranjeras en la Zona Latinoamericana de Libre Comercio</i>		
Diciembre 1960	33 páginas	
E/CN.12/550	No. de venta: 60.II.G.5	Dls. 0.50
<i>Desarrollo Económico, Planeamiento y Cooperación Internacional</i>		
Junio 1961	94 páginas	
E/CN.12/582/Rev. I	No. de venta: 61.II.G.6	Dls. 1.00
<i>Análisis y Proyecciones del Desarrollo Económico</i>		
VI. <i>El Desarrollo Industrial del Perú</i>		
Abril 1959	335 páginas	
E/CN.12/493	No. de venta: 59.II.G.2	Dls. 4.00
VII. <i>El Desarrollo Económico de Panamá</i>		
Diciembre 1959	203 páginas	
E/CN.12/494/Rev. I	No. de venta: 60.II.G.3	Dls. 2.50
VIII. <i>El Desarrollo Económico de El Salvador</i>		
Diciembre 1959	175 páginas	
E/CN.12/495	No. de venta: 60.II.G.2	Dls. 2.00
XI. <i>El Desarrollo Económico de Honduras</i>		
Diciembre 1960	222 páginas	
E/CN.12/549	No. de venta: 61.II.G.8	Dls. 3.00
<i>El Desarrollo Económico de América Latina en la Postguerra</i>		
Noviembre 1963	152 páginas	
E/CN.12/659/Rev. I	No. de venta: 64.II.G.6	Dls. 1.50

Agricultura y Ganadería

<i>El Café en América Latina. Problemas de la Productividad y Perspectivas</i>		
I. <i>Colombia y El Salvador</i>		
Septiembre 1958	156 páginas	
E/CN.12/490	No. de venta: 58.II.G.4	Dls. 1.75
II. <i>Estado de São Paulo, Brasil</i>		
Diciembre 1960	122 páginas (Vol. 1)	Dls. 2.00
E/CN.12/545	111 páginas (Vol. 2)	Dls. 2.00
E/CN.12/545/Add. 1	No. de venta: 60.II.G.6	
<i>La Ganadería en América Latina</i>		
I. <i>Colombia, México, Uruguay y Venezuela</i>		
Octubre 1961	100 páginas	
E/CN.12/620	No. de venta: 61.II.G.7	Dls. 1.50
II. <i>El Brasil</i>		
Diciembre 1963	82 páginas	
E/CN.12/636/Add. 1	No. de venta: 64.II.G.3	Dls. 1.00

(Continúa en la 2ª página de forros)