

**NACIONES UNIDAS**



**CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL**



**E/CN.12/CCE/SC.5/71/Rev.1  
TAO/LAT/104/El Salvador/Rev.1  
Junio de 1971**

**ORIGINAL: ESPAÑOL**

**COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA  
COMITE DE COOPERACION ECONOMICA  
DEL ISTMO CENTROAMERICANO  
SUBCOMITE CENTROAMERICANO DE  
ELECTRIFICACION Y RECURSOS HIDRAULICOS**

**Grupo Regional sobre Recursos Hidráulicos (GRRH)  
Grupo de Trabajo de El Salvador**

**ISTMO CENTROAMERICANO. PROGRAMA DE EVALUACION DE  
RECURSOS HIDRAULICOS**

**II. EL SALVADOR**

**Informe preparado para el Grupo de Trabajo sobre Recursos Hidráulicos de  
El Salvador por el señor J. Roberto Jovel, Asesor de la Oficina de  
Cooperación Técnica de las Naciones Unidas, e integrante de la Misión  
Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la CEPAL.**

Este informe no ha sido aprobado oficialmente por la Oficina de Cooperación Técnica de las Naciones Unidas, la que no comparte necesariamente las opiniones aquí expresadas.

INDICE DE MATERIAS

	<u>Página</u>
Presentación	1
Introducción	3
I. Potencial de los recursos de agua	7
1. Características meteorológicas	8
a) Factores determinantes del clima	8
b) Causas meteorológicas de las precipitaciones	9
2. Descripción resumida de la hidrografía	11
3. Características hidrogeológicas	12
4. Estimación de las disponibilidades de agua	14
a) Precipitación	14
b) Escorrentía superficial	20
c) Precipitación y caudales en años secos	29
d) Aguas subterráneas	31
e) Sumario de recursos disponibles	36
5. Estimación preliminar del balance de aguas	38
a) Estimación de la evapotranspiración	38
b) Evaluación de la ecuación hidrológica	39
6. Factores naturales que influyen en la disponibilidad y en el aprovechamiento de las aguas	41
a) Topografía	41
b) Geología	41
c) Suelos	42
d) Cobertura vegetal y evapotranspiración	42
II. Usos actuales y futuros del agua	44
1. Riego	45
a) Antecedentes	45
b) Potencial de irrigación	46
c) Usos actuales	48
d) Usos proyectados	48

	<u>Página</u>
2. Abastecimiento de agua y desagües	58
a) Usos actuales del agua	59
b) Usos proyectados	59
c) Contaminación del agua	61
3. Hidroelectricidad	65
a) Antecedentes	65
b) Potencial hidroeléctrico	65
c) Usos actuales	69
d) Usos proyectados	72
e) Grado de utilización del potencial práctico	73
4. Otros usos y problemas relacionados con el agua	76
a) Navegación fluvial	76
b) Recreación	76
c) Pesca y caza	76
d) Crecidas e inundaciones	77
e) Erosión y sedimentación	77
f) Drenaje	78
g) Contaminación	78
5. Resumen de usos y requerimientos de agua	78
a) Utilización actual (1970)	79
b) Utilización proyectada para 1980	82
c) Utilización proyectada para 1990	83
6. Comparación entre usos y disponibilidades de agua	83
a) Grado de utilización actual de los recursos	85
b) Grado de utilización proyectada para 1980	86
c) Grado de utilización proyectada para 1990	86
7. Análisis de grandes cuencas importantes	89
a) Gran cuenca J <sub>2</sub> del río Lempa	89
b) Gran cuenca N del río Grande de San Miguel	91
c) Gran cuenca I <sub>2</sub> del río Paz	92
d) Otras grandes cuencas	93

	<u>Página</u>
III. Aspectos económico-financieros y legales e institucionales	94
1. Aspectos económico-financieros	94
a) Acueductos y alcantarillados	94
b) Riego y avenamiento	95
c) Hidroelectricidad	104
d) Hidrología y meteorología	107
e) Sumario de aspectos económico-financieros	109
2. Aspectos legales e institucionales	115
a) Descripción sucinta del derecho de aguas	115
b) Normas especiales para los distintos aprovechamientos de aguas	122
c) Normas especiales para distintas clases de agua	125
d) Acción contra los efectos nocivos y el deterioro de las aguas	126
e) Aguas internacionales	127
f) Estructura administrativa	128
IV. Conclusiones y recomendaciones	142
1. Conclusiones	142
a) Recursos disponibles	142
b) Utilización actual del agua	143
c) Utilización proyectada del agua	145
d) Aspectos económico-financieros	147
e) Aspectos legales e institucionales	149
2. Recomendaciones	151
a) Generales	151
b) Estudios a realizar	152
c) Aspectos institucionales	152
d) Aspectos internacionales	154
Bibliografía	155

INDICE DE CUADROS

<u>Número</u>		<u>Página</u>
1	Estimación de la precipitación media anual	16
2	Precipitaciones mensuales y anuales en estaciones selectas	17
3	Estimación de los recursos hídricos superficiales	21
4	Cálculo del caudal excedido el 95 por ciento del tiempo	23
5	Caudales mensuales y anuales de ríos selectos	26
6	Características hidrológicas de algunos ríos	28
7	Estimación de precipitación y escorrentía en años secos	30
8	Estimación preliminar de infiltración total	32
9	Estimación preliminar de los recursos renovables de agua subterránea	34
10	Sumario de recursos hídricos disponibles	37
11	Distribución del área potencialmente regable, por grandes cuencas	47
12	Superficie bajo riego y uso actual del agua, 1970	49
13	Demanda interna y exportaciones de cultivos anuales fuera del área centroamericana, estimada para 1980 y 1990	51
14	Rendimientos agrícolas unitarios bajo diferentes grados de tecnología	52
15	Extensiones a cultivarse y regarse en 1980 y 1990	54
16	Requerimientos de tierra y agua para riego proyectados para 1980 y 1990	57
17	Estimaciones de población para 1970, 1980 y 1990	60
18	Requerimientos estimados para abastecer necesidades domésticas e industriales en 1970, 1980 y 1990	62
19	Retornos urbanos contaminados y caudales requeridos para dilución natural, 1970 a 1990	64
20	Evaluación preliminar del potencial hidroeléctrico teórico y práctico	67
21	Características de las centrales hidroeléctricas existentes y futuras	70
22	Utilización actual y futura del agua para generación hidroeléctrica	71

<u>Número</u>		<u>Página</u>
23	Grado de utilización actual y futuro del potencial hidroeléctrico práctico	74
24	Clasificación de los usos nacionales del agua	80
25	Sumario de usos y requerimientos actuales y proyectados del agua	81
26	Grado de utilización actual y proyectada de los recursos disponibles	87
27	Acueductos y alcantarillados, inversiones al 30 de noviembre de 1970	96
28	Acueductos y alcantarillados, programa de inversiones, 1971 a 1975	97
29	Acueductos y alcantarillados, obligaciones	98
30	Acueductos y alcantarillados, personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	99
31	Riego y avenamiento, inversiones al 31 de diciembre de 1970	101
32	Riego y avenamiento, programa de inversiones, 1971 a 1975	102
33	Riego y avenamiento, personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	103
34	Hidroelectricidad, inversiones al 31 de diciembre de 1970	105
35	Hidroelectricidad, programa de inversiones, 1971 a 1975	106
36	Hidroelectricidad, obligaciones	108
37	Hidrología y meteorología; inversiones al 31 de diciembre de 1970	110
38	Hidrología y meteorología, programa de inversiones, 1971 a 1975	111
39	Hidrología y meteorología, personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	112
40	Inversiones totales acumuladas en la utilización del recurso agua, 1970	114
41	Costo y financiamiento de los programas de utilización del agua, 1971 a 1975	116
42	Personal y costo de funcionamiento en la utilización del agua, 1971	117

<u>Número</u>		<u>Página</u>
43	Actividades de la administración pública relacionadas con el agua	131
44	Actividades y sectores cubiertos por la administración pública, 1970	137
45	Composición de las juntas directivas de las entidades de dirección colegiada	140

#### INDICE DE GRAFICOS

<u>Gráfico</u>		
1	Variación del caudal medio mensual de ríos selectos	25
2	Estructura de la administración pública relacionada con las aguas, 1970	129

#### INDICE DE LAMINAS\*

<u>Lámina</u>	
1	Mapa hidrográfico
2	Mapa hidrogeológico preliminar
3	Isoyetas anuales
4	Hipsometría generalizada
5	Mapa generalizado de suelos

\* Se incluyen al final del estudio.



## PRESENTACION

Este trabajo forma parte de la serie de estudios que, bajo la dirección de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la CEPAL, se ha llevado a cabo durante el período 1968 a 1970 para conocer los problemas que plantea la utilización de las aguas disponibles para desarrollos con propósitos múltiples en el Istmo Centroamericano.

La serie consta de seis informes sobre la disponibilidad y utilización de los recursos hidráulicos de los países del Istmo Centroamericano, a cada uno de los cuales acompañan cuatro anexos sobre temas específicos:

A. Meteorología e hidrología; B. Abastecimiento de agua y desagües; C. Riego; y D. Aspectos legales e institucionales; elaborados por expertos de las Naciones Unidas en las respectivas materias.

Concluye la serie con un estudio regional donde se sintetiza y articula la información pormenorizada de los estudios anteriores y se incluye un resumen de conclusiones y recomendaciones aplicables al Istmo Centroamericano en conjunto.



## INTRODUCCION

En la resolución 99 (VI) aprobada en el sexto período de sesiones de la Comisión Económica para América Latina (Bogotá, 1955), se recomendó a la secretaría que, con la colaboración de las diferentes agencias especializadas de las Naciones Unidas y de otros organismos internacionales, realizara "un examen preliminar de la situación relativa a los recursos hidráulicos en América Latina, su aprovechamiento actual y futuro, en lo posible para fines múltiples, tales como energía, regadío y abastecimiento de aguas y defensa contra inundaciones, tomando en cuenta otros factores como el saneamiento y demás beneficios que se derivan de la construcción de las obras correspondientes y del uso del agua".

Los gobiernos de los países del Istmo Centroamericano, a través del Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos, organismo del Comité de Cooperación Económica, solicitaron de la CEPAL en agosto de 1966, que realizara una evaluación regional de los recursos hidráulicos del Istmo que incluyera, además de las disponibilidades de agua "una proyección de las necesidades de agua para los diferentes usos; la determinación del papel que corresponderá a los recursos hídricos, a mediano y largo plazo, en el desarrollo económico de la región; la formulación de las bases para una política coordinada en materia de utilización de los recursos; la identificación de los problemas actuales que afronta la región en el aprovechamiento de las aguas, recomendando medidas concretas que permitan solucionarlos a un corto plazo; el análisis de los programas hidráulicos nacionales y la formulación de proyectos adicionales que tomen en cuenta posibilidades de desarrollo regional; examinar la actual organización institucional y las disposiciones legales vigentes a nivel nacional, con miras a lograr su mejoramiento y armonización a nivel regional y, en su caso, el establecimiento de una organización que tendría a su cargo la coordinación regional del desarrollo futuro de los recursos y, finalmente, la formulación de un plan de investigaciones que permita asegurar la continuidad en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos una vez terminado el programa".

Este informe contiene los resultados del trabajo efectuado en lo que respecta a El Salvador, e incluye la evaluación del potencial hídrico del país, la estimación de la utilización actual y futura del agua, el análisis de los problemas que dicha utilización plantea, así como un examen de los aspectos económico-financieros y de las estructuras administrativas e institucionales y del régimen legal vigentes.

El potencial hidráulico se refiere a los caudales superficiales y subterráneos disponibles en un año de precipitación normal, incluyéndose también estimaciones referentes a disponibilidades durante años "secos" y durante el estiaje. Se estimaron los requerimientos por usos principales del agua para el año 1970 y se extrapolaron dichos resultados para 1980 y 1990 sobre la premisa de satisfacer las necesidades nacionales de cada sector usuario.

La suma aritmética de todas las utilizaciones sectoriales representa el uso bruto del recurso; al descontar los usos que no inducen consumo y contaminación se obtiene la utilización neta del agua. Una parte de los usos netos (agua potable y riego) se pierde a través de diferentes procesos (uso consuntivo) y el remanente retorna a los cuerpos de agua acompañado de cierto grado de contaminación (uso contaminante).

La comparación entre la utilización --actual y proyectada-- del agua y los diferentes parámetros que definen su disponibilidad, indica el grado de aprovechamiento del recurso, las necesidades de regulación de los caudales y de volver a utilizar los mismos y de tratamiento de los retornos; esta comparación permite también conocer las posibilidades de utilización complementaria y anticipar las situaciones conflictivas que se presentarían al aumentar el uso del agua por los sectores usuarios.

Los estudios realizados permiten afirmar que El Salvador cuenta con una buena disponibilidad de agua superficial, un tercio de la cual está sujeta a implicaciones internacionales por escurrir en ríos de cuencas hidrográficas compartidas con países vecinos. El agua subterránea representa cerca del 12 por ciento de los caudales totales disponibles. Estos

recursos son objeto de un reducido aprovechamiento en la actualidad. Las estructuras administrativas y el régimen legal vigente acusan deficiencias que causan problemas para el adecuado conocimiento, aprovechamiento, manejo y conservación del agua.

A causa del crecimiento demográfico que se espera y de la necesidad de abastecer la demanda de productos agropecuarios mediante riego, se estima que en los próximos diez y veinte años, las disponibilidades per habitante se verán reducidas al 70 y al 50 por ciento de su valor actual, respectivamente; que será necesario realizar utilizaciones netas respectivas del agua tres y seis veces mayores que las presentes, y que la utilización consuntiva llegará a representar una sexta y una cuarta parte de los recursos disponibles. Dicha situación habrá de resultar más apremiante a nivel de cuenca, especialmente en las de los ríos Lempa, Grande de San Miguel y Paz.

Para lograr tales grados de aprovechamiento será menester formular y aplicar desde ahora una política nacional de desarrollo hidráulico que se base en el aprovechamiento óptimo de los recursos --mediante la regulación del caudal de los ríos y el amplio aprovechamiento de las aguas superficiales y del subsuelo, a través de desarrollos múltiples y escalonados del agua-- que establezca prioridades en el uso para lograr los más amplios beneficios económicos y sociales y que otorgue la debida prioridad a las actividades y obras de conservación de suelos y reforestación de cuencas, y permita obtener una mayor retención del agua precipitada, mantener tasas elevadas de recarga de los depósitos subterráneos y evitar la erosión de los suelos y el azolvamiento de las obras de aprovechamiento del agua. Deberán también robustecerse las actividades de investigación, aprovechamiento, manejo y conservación del agua, a base de mejorar las estructuras institucionales y de modificar el régimen legal vigente, brindando el apoyo económico necesario a los organismos sectoriales encargados de dichas tareas y concentrando de preferencia en una sola institución las funciones básicas de medición, reglamentación y coordinación entre usos diferentes.

/Finalmente,

Finalmente, se estima conveniente aportar los medios necesarios para la realización de una investigación que permita conocer con precisión la cantidad y calidad actuales del agua, en ferminos nacionales, para conservar el recurso en la medida que se juzgue necesaria para todos los propósitos de aprovechamiento; convendría asimismo poner en marcha un programa de estudios sobre aprovechamiento hidráulico con propósitos múltiples en las cuencas de los ríos Lempa, Grande de San Miguel y Paz, con miras a definir la secuencia de los proyectos específicos en cada sector usuario y establecer las prioridades en materia de usos múltiples que puedan implicar complementación o conflictos en el aprovechamiento del agua.

## I. POTENCIAL DE LOS RECURSOS DE AGUA

En la descripción de las características meteorológicas, hidrológicas e hidrogeológicas del país, se emplea el sistema de numeración de cuencas y estaciones establecido por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1)\*; las cuencas de los ríos que desaguan al Atlántico se designan con números impares y las que desaguan al Pacífico con números pares.

En el caso de El Salvador todas las cuencas vierten sus aguas en el Pacífico y van desde la número 20 (río Paz) hasta la 52 (río Goascorán), ambas correspondientes a ríos internacionales que sirven de límite en parte de su recorrido con las vecinas repúblicas de Guatemala y Honduras.

Se decidió el estudio de grandes cuencas, constituidas por agrupaciones de cuencas de reducida extensión, con el propósito de considerar regiones de posible desarrollo integrado y de reducir los errores en los cálculos hidrológicos. Las grandes cuencas consideradas se muestran en la lámina 1\*\* y son designadas con las letras  $I_2$ , K, L, M,  $J_2$ , N,  $O_1$  y  $O_{2A}$ . La primera incluye la cuenca 20 del río Paz; la segunda, las cuencas 22 a 28 de los ríos Cara Sucia, Rosario, San Pedro, Sunza y otros; la L, las cuencas 30 y 32 de los ríos Grande de Sonsonate y Banderas; la gran cuenca M abarca las cuencas 34 a 42 de los ríos Chilama, Huiza, Tihuapa, Comalapa, Jiboa y otros; la gran cuenca  $J_2$  incluye las grandes cuencas 44 del río Jalponga y otros, y la 46 del río Lempa; la N abarca la cuenca 48 del río Grande de San Miguel; la  $O_1$  incluye la cuenca 50 del río Sirama; y la  $O_{2A}$  abarca la 52 del río Goascorán.

En la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa están incluidos totalmente los departamentos de Chalatenango, Cabañas, San Vicente y parte de los departamentos de Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Cuzcatlán, La Paz, Usulután, San Miguel y Morazán. En la gran cuenca  $I_2$  (río Paz), están comprendidos parcialmente los departamentos de Santa Ana y Ahuachapán. Los

\* Las referencias se indican en el texto con números y remiten a la bibliografía que figura al final del estudio.

\*\* Las láminas que se citan en este estudio aparecen al final del documento.

departamentos de Ahuachapán y Sonsonate abarcan la gran cuenca K; la gran cuenca L incluye la mayor parte de Sonsonate y una porción de La Libertad. La gran cuenca M comprende porciones de los departamentos de La Libertad, San Salvador, y la Paz. La gran cuenca N del río Grande de San Miguel está formada por secciones de los departamentos de San Miguel, Usulután, Morazán y La Unión. La gran cuenca  $O_1$ , que abarca el río Sirama y otros, incluye principalmente el departamento de La Unión, y parte de los de San Miguel y Usulután. La gran cuenca  $O_2$ , formada por el río Goascorán, incluye parcialmente los departamentos de La Unión y Morazán.

### 1. Características meteorológicas

#### a) Factores determinantes del clima

Se resumen a continuación los diversos factores geográficos, oceanográficos y meteorológicos que contribuyen a formar el clima.

El Salvador se encuentra situado en el hemisferio norte, entre las latitudes de  $13^{\circ}20'$  y  $14^{\circ}35'$  y entre las longitudes oeste de  $87^{\circ}40'$  y  $90^{\circ}05'$ . El territorio nacional está cruzado por cadenas montañosas que modifican las condiciones generales del clima tropical y establecen zonas con características locales donde se presentan variaciones de clima a cortas distancias. El relieve, además de afectar al régimen térmico, ya que produce disminución de temperatura con la altura, afecta a la circulación atmosférica del país y modifica el régimen pluviométrico general.

Las corrientes oceánicas que fluyen a lo largo de la costa ayudan a caracterizar el clima por el intercambio de calor y humedad que tiene lugar con las circulaciones atmosféricas que pasan sobre aquéllas y más tarde sobre el país.

Desde el anticiclón semipermanente del Atlántico norte se generan los vientos alisios que llegan, en las capas bajas de la atmósfera, con dirección noreste, manifestándose en múltiples situaciones sinópticas (perturbaciones del clima normal) con intensidad variada. Las masas de



aire tropical que usualmente cubren el país son cálidas y húmedas y por lo general condicionalmente inestables, liberando su humedad como precipitación a través de procesos dinámicos de ascenso por convergencia, calentamiento desde la superficie, o ascenso favorecido por la topografía. Masas de aire polar que llegan al país habitualmente entre octubre y febrero, producen descensos en la temperatura y precipitaciones; dependiendo de la ruta seguida, estas masas pueden venir acompañadas de mayor temperatura y humedad.

b) Causas meteorológicas de las precipitaciones

Las masas de aire portadoras de la humedad necesitan los mecanismos dinámicos antes mencionados para producir la precipitación, que sólo ocurre cuando se les aporta suficiente humedad.

Más del 90 por ciento del vapor de agua de la atmósfera de la región se encuentra a una altura en la que casi todo el transporte de humedad se realiza en las capas bajas, donde los vientos alisios constituyen la principal circulación de tipo general.

La zona de convergencia intertropical, en la que se produce la coincidencia de las grandes corrientes de vientos alisios de los dos hemisferios, se desplaza de norte a sur a lo largo del año y se traduce en precipitaciones intensas asociadas a sistemas nubosos compuestos por varias capas de nubes de distintos tipos, que dan lugar a un elevado porcentaje de la lámina anual de lluvia.

Los frentes fríos que llegan a Centroamérica producen lluvias aisladas y ligeras que son mayores en las zonas montañosas, siendo este efecto mínimo en El Salvador.

Las ondas del Este (u ondas de inestabilidad) que se presentan en la corriente de los alisios y provocan lluvias intensas, revisten gran importancia en la producción de precipitación cuando se hacen estacionarias y su extremo sur se asocia con la zona de convergencia intertropical.

Las circulaciones locales constituyen procesos importantes en la evolución del clima y se deben a los calentamientos diferenciales asociados ya sea con distintas superficies, como mar y tierra, o con irregularidades topográficas. A ello debe agregarse que la débil circulación general de la atmósfera, característica de toda la región, facilita el desarrollo de estas circulaciones locales que ocurren en extensiones reducidas y períodos cortos durante el día.

El Salvador se encuentra fuera de la trayectoria directa de los huracanes, por lo que los efectos de éstos en la producción de lluvia son indirectos y se derivan de las alteraciones del flujo que se producen en la vecindad del huracán propiamente dicho. Los ciclones tropicales afectan directamente al país y producen generalmente precipitaciones del tipo atemporalado, con reducida intensidad y duración relativamente larga.

Los temporales dan lugar a lluvias de larga duración y baja intensidad, que por lo general causan crecidas en los ríos, inundaciones, etc. y llegan a producir hasta un 15 por ciento de la precipitación anual total.

## 2. Descripción resumida de la hidrografía

El Salvador es el único de los seis países centroamericanos cuyo territorio se encuentra totalmente en una sola de las dos grandes vertientes en que se divide el Istmo. Sus 20 000 kilómetros cuadrados drenan al océano Pacífico. Sus ríos pueden sin embargo agruparse en dos subdivisiones; los que fluyen directamente al Pacífico y los que agrupándose concurren al río Lempa y constituyen sus afluentes, como se observa en la lámina 1.

El río Lempa es el más importante del país y el mayor de los ríos centroamericanos que desagüa en el Pacífico. Su cuenca total (número 46), incluyendo la porción de Guatemala y Honduras, tiene una superficie aproximada de 18 000 kilómetros cuadrados, de la cual pertenece a El Salvador el 50 por ciento. El principal afluente, por el caudal y la superficie drenada, es el río Torola.

Los ríos que desagüan directamente al Pacífico tienen cursos cortos que en general corren normalmente a la costa donde desembocan; son de régimen irregular y de fuerte pendiente en sus tramos iniciales. De ellos, el de mayor cuenca es el Grande de San Miguel (gran cuenca N); sigue en orden de importancia la cuenca de los ríos Grande de Sonsonate y Banderas (gran cuenca L). En el golfo de Fonseca desagüan dos ríos importantes, el Goascorán (gran cuenca  $O_{2A}$ ) y el Sirama ( $O_1$ ).

Existen cuatro lagos naturales de importancia, el de Güija (gran cuenca  $J_2$ ) sobre la frontera con Guatemala, el 80 por ciento de cuya superficie total pertenece a El Salvador; el de Coatepeque, al pie del volcán de Santa Ana, que pertenece a una subcuenca superficialmente cerrada dentro de la gran cuenca  $J_2$ ; el lago de Ilopango, en la gran cuenca M, que es el más grande, con una superficie de 68.5 kilómetros cuadrados; y el lago de Olomega, en la gran cuenca N, de unos 16 kilómetros cuadrados de extensión. La construcción de la represa 5 de Noviembre sobre el río Lempa (gran cuenca  $J_2$ ) ha formado un lago de 17 kilómetros cuadrados de superficie y 315 millones de metros cúbicos de volumen, cuyas aguas se aprovechan para generación hidroeléctrica en la Central Chorrera del Guayabo.

Son ríos internacionales el Lempa (gran cuenca  $J_2$ ), cuyo curso principal sirve de límite con Honduras aguas abajo de la presa 5 de Noviembre, como el de sus afluentes Torola y Sumpul, en algunos trechos; el río Goascorán, de la gran cuenca  $O_{2A}$ , límite con Honduras en el extremo oriental del país; y el río Paz, de la gran cuenca  $I_2$ , que marca el límite con Guatemala en el occidente.

### 3. Características hidrogeológicas

La descripción de las características hidrogeológicas generales del país, dirigida especialmente al señalamiento de áreas que garanticen el aprovechamiento en gran escala del agua subterránea, se basa en estudios geológicos e hidrogeológicos llevados a cabo en cuencas o áreas específicas (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). (Véase la lámina 2.)

Las áreas principales de recarga, designadas con el símbolo  $Q_v$ , están constituidas por materiales volcánicos del período Cuaternario. Estas zonas de recarga se localizan generalmente en las cadenas montañosas costeras que constituyen parte de las cabeceras de las cuencas de los ríos Paz (20), Grande de Sonsonate (30), Jiboa (42), Jalponza (44), Lempa (46) y Grande de San Miguel (48).

Los principales depósitos de agua subterránea --que también reciben directamente importantes volúmenes de recarga, pero cuya función principal se considera que es el almacenamiento de agua infiltrada-- están constituidos por materiales aluvionales recientes y cuaternarios designados con el símbolo  $Q_{al}$ . Importantes depósitos de estos materiales no consolidados ocurren en las costas dentro de las cuencas 20 a 44, en la cuenca media y baja del río Grande de San Miguel (48) y en las planicies aluvionales del alto Lempa y del río Sucio, ambas dentro de la cuenca 46. Depósitos adicionales importantes constituidos por acumulaciones de materiales diroclásticos plio-pleistocénicos --designados con el símbolo  $Q_p$ -- se encuentran en los valles altos de Ahuachapán y Santa Ana, dentro de la gran cuenca  $I_2$  y en otras áreas localizadas dentro de la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa.

Áreas de descarga natural del agua subterránea fueron identificadas a lo largo de las planicies costeras aluvionales donde ocurren deflujos subterráneos hacia el océano Pacífico, y en numerosas áreas de escaso relieve donde la tabla freática se encuentra próxima a la superficie y ocurre evapotranspiración directa del agua subterránea.

Las formaciones volcánicas, sedimentarias y metamórficas del Terciario y el Cretácico, ubicadas generalmente en el norte del país --especialmente en las cabeceras de los ríos Lempa (46), Grande de San Miguel (48), Sirama (50) y Goascorán (52), y a lo largo de la cordillera del Bálsamo (cuencas 34 a 44)-- poseen características generalmente inapropiadas para la infiltración, el almacenamiento y la transmisión del agua subterránea. Estas formaciones se indican con el símbolo K, T.

Una generalización provisional de los valores de permeabilidad de las unidades hidrogeológicas antes descritas, sería la siguiente:

1) Materiales volcánicos no consolidados del Cuaternario, 24 a 122 litros, por día, por metro cuadrado (1 000 a 5 000 GPD/PIE<sup>2</sup>);  
2) materiales aluvionales recientes y cuaternarios, 12 a 24 litros, por día, por metro cuadrado (500 a 1 000 GPD/PIE<sup>2</sup>); 3) materiales piroclásticos del Plio-pleistoceno, 1.2 a 8.5 litros, por día, por metro cuadrado (50 a 350 GPD/PIE<sup>2</sup>). El rendimiento específico, en todos los casos, oscila generalmente entre el 2 y el 30 por ciento.

Los caudales obtenibles en pozos individuales de adecuado diseño y construcción, que penetren efectivamente por lo menos 30 metros en las formaciones saturadas, son una función de las características hidráulicas antes mencionadas. Se estima que en los materiales volcánicos del Cuaternario pueden obtenerse caudales de entre 60 y más de 160 litros por segundo; en los depósitos aluvionales recientes pueden anticiparse caudales individuales de entre 45 y 95 litros por segundo; y en los depósitos de materiales piroclásticos del Plio-pleistoceno, caudales que oscilan entre 6 y 45 litros por segundo. El resto de las formaciones existentes en el país han sido consideradas incapaces de proporcionar caudales de importancia.

/Existe la

Existe la posibilidad de que ante una extracción en gran escala pueda ocurrir intrusión del agua del mar en los acuíferos costeros en conexión hidráulica con el océano en los que la elevación y la pendiente de la tabla freática sean reducidas.

#### 4. Estimación de las disponibilidades de agua

Señala esta estimación de disponibilidades de agua órdenes de magnitud de su valor real, por considerarse la información disponible insuficiente para elaborar evaluaciones de mayor precisión, aunque haya sido procesada por métodos plenamente confiables.

##### a) Precipitación

1) Distribución geográfica. Únicamente se consideró la lluvia, porque el granizo ocurre muy raras veces y en áreas de reducida extensión a causa de la relativamente alta temperatura del país.

Las precipitaciones anuales más elevadas se han registrado en la sierra de Apaneca, dentro de las grandes cuencas  $J_2$  e  $I_2$ , donde ocurren láminas de 2 400 milímetros; en los alrededores del volcán de San Vicente (gran cuenca  $J_2$ ), donde se observan unos 2 300 milímetros anuales; y en las partes fronterizas con Honduras dentro de la gran cuenca  $J_2$ , donde se presentan láminas superiores a los 2 500 milímetros.

La zona más seca del país se encuentra en una franja sobre el lago de Güija (gran cuenca  $J_2$ ) donde las lluvias son inferiores a 1 500 milímetros (estación San Jerónimo, 46-84-01, 1 459 milímetros). Le sigue la zona costera baja del país, en las grandes cuencas K, L, M y N, en las que las precipitaciones oscilan entre 1 600 y 1 800 milímetros. Las partes centrales de las grandes cuencas N y  $O_1$  son menos secas al presentar precipitaciones superiores a 1 700 milímetros. (11) (Véase la lámina 3 que muestra las isoyetas medias anuales para el país.)

ii) Precipitación anual promedio. Como puede observarse en la lámina 3, las precipitaciones anuales medias del país oscilan entre ligeramente menos de 1 500 y alrededor de 2 500 milímetros (12).

El volumen de agua precipitado sobre el país durante un año normal se calcula en unos 36 367 millones de metros cúbicos, y una lámina equivalente de 1.82 metros.

En el cuadro 1 aparecen los resultados parciales obtenidos para cada gran cuenca. El valor más bajo se obtuvo de la gran cuenca K, con una lámina de 1.73 metros; el máximo corresponde a la gran cuenca M con una lámina de 1.85 metros. Si se hubiesen considerado subcuencas individuales este rango de variación habría sido más amplio.

iii) Régimen de las precipitaciones. La distribución de las precipitaciones a lo largo del año tiene un marcado carácter estacional; ocurre un período de altas precipitaciones entre mayo y octubre y otro de escasas o casi nulas durante el resto del año. En los seis meses del período lluvioso se precipita entre el 93 y el 97 por ciento del total anual, y ello resulta en la necesidad de riego suplementario en todo el país. (Véase el cuadro 2.)

El mes de mayores lluvias es septiembre, presentándose un máximo secundario en junio o julio. Durante la segunda quincena de julio y en agosto, o sea entre ambos máximos, se produce una notable disminución de las precipitaciones a la que se denomina canícula. Los meses de abril y noviembre pueden considerarse de transición entre las estaciones lluviosa y seca (13). Los meses de más baja precipitación media son enero y febrero, en los que no se exceden los 5 milímetros.

Las variaciones que presentan las lluvias de un año a otro son de gran importancia, como su distribución a lo largo del año, desde el punto de vista de su utilidad. Estas variaciones se ilustran a base de la información disponible de la estación San Salvador (46-84-40), en la que los promedios decádicos de precipitación a partir de 1920, y expresados como porcentaje del valor medio del registro total, serían de 109, 101, 92 y 102.

En el cuadro 2 se presentan también los coeficientes de variación de las láminas anuales y mensuales de lluvia (12). Los valores anuales oscilan entre el 14 por ciento (San Salvador y Santa Tecla) y el 25 por ciento (Olomega), predominando, sin embargo, coeficientes anuales de

Cuadro 1

## EL SALVADOR: ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km <sup>2</sup> )	Agua caída	
				Millones de metros cúbicos	Metros
<u>Total nacional</u>			<u>20 000</u>	<u>36 367</u>	<u>1.82</u>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	1 052	1 919	1.83
K	22 a 28	Cara Sucia, Rosario, San Pedro, etc.	756	1 307	1.73
L	30, 32	Sonsonate, Banderas, etc.	1 615	2 955	1.83
M	34 a 42	Chilama, Huiza, Jiboa, etc.	1 380	2 553	1.85
J <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	44, 46 <sup>a/</sup>	Jalponga, Lempa, etc.	10 581	19 271	1.82
N	48	Grande de San Miguel	2 363	4 256	1.80
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1 068	1 937	1.80
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	1 185	2 169	1.83

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a El Salvador únicamente.



## Cuadro 2

## EL SALVADOR: PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES EN ESTACIONES SELECTAS

(Milímetros)

Estación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación mensual	
														May. Total	Oct. Por-ciento	Máximo	Mínimo
<b>Acajutla</b>																	
<b>(30-81-01)</b>																	
Valores promedio	1	1	5	49	173	303	278	262	329	284	44	4	1 733	1 629	94		
Valores máximos	24	33	43	248	401	740	540	496	686	731	397	38	2 347				
Valores mínimos	-	-	-	-	19	118	56	88	63	28	-	-	1 243				
Desviación estándar	4	5	10	60	95	115	114	98	136	161	82	9	310				
Coeficiente de variación	400	500	200	122	55	38	41	37	41	57	186	225	18			500	37
Años de observación	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49				
<b>Santa Tecla</b>																	
<b>(46-81-80)</b>																	
Valores promedio	5	4	7	55	155	314	330	317	400	241	49	8	1 886	1 757	93		
Valores máximos	22	35	32	431	286	596	473	567	937	382	146	81	2 697				
Valores mínimos	-	-	-	2	74	129	126	181	231	80	-	-	1 527				
Desviación estándar	6	10	9	86	61	101	96	92	169	103	42	18	262				
Coeficiente de variación	120	250	128	156	39	32	29	29	42	43	86	225	14			250	29
Años de observación	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22				
<b>San Salvador</b>																	
<b>(46-84-40)</b>																	
Valores promedio	5	4	9	55	187	321	313	301	319	235	41	10	1 800	1 676	93		
Valores máximos	40	35	80	511	380	617	492	471	611	505	130	57	2 284				
Valores mínimos	-	-	-	-	56	154	117	82	148	25	-	-	1 020				
Desviación estándar	8	8	16	82	67	108	89	84	99	93	36	13	252				
Coeficiente de variación	160	200	178	149	36	34	28	28	31	40	88	130	14			200	28
Años de observación	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51				

/Continúa

Cuadro 2 (Continuación)

Estación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación mensual	
														May. Total	Oct. Por-ciento	Máximo	Mínimo
<b>Cojutepeque</b>																	
<b>(46-84-30)</b>																	
Valores promedio	3	1	9	43	212	367	383	353	370	273	40	8	2 078	1 958	94		
Valores máximos	25	8	56	264	751	1 229	1 133	1 102	686	538	118	70	3 844				
Valores mínimos	-	-	-	-	39	163	180	160	122	107	-	-	1 368				
Desviación estándar	6	2	15	48	114	216	157	151	138	105	41	15	496				
Coeficiente de variación	200	200	167	112	54	59	41	43	37	39	102	188	24			200	37
Años de observación	35	35	35	38	39	39	39	38	38	38	38	38	35				
<b>Zacatecoluca</b>																	
<b>(44-94-01)</b>																	
Valores promedio	2	2	7	39	232	392	353	358	462	366	59	11	2 289	2 163	95		
Valores máximos	28	28	51	165	404	876	601	680	889	779	228	51	3 149				
Valores mínimos	-	-	-	-	53	194	122	167	229	85	-	-	1 576				
Desviación estándar	6	6	14	40	83	159	129	129	162	154	63	16	385				
Coeficiente de variación	300	300	200	117	36	41	37	36	35	42	107	145	17			300	35
Años de observación	34	34	34	37	38	38	38	37	37	37	37	34	34				
<b>Usulután</b>																	
<b>(48-84-01)</b>																	
Valores promedio	1	1	4	25	199	353	296	297	401	353	48	6	1 975	1 899	96		
Valores máximos	13	8	36	279	597	709	516	564	710	1 018	173	48	2 909				
Valores mínimos	-	-	-	-	11	84	132	147	180	105	-	-	1 279				
Desviación estándar	3	2	10	47	136	144	105	108	132	181	45	13	355				
Coeficiente de variación	300	200	250	188	68	41	36	36	33	51	94	217	18			300	33
Años de observación	33	33	33	37	38	38	38	37	37	37	37	33	33				

/Continúa

Cuadro 2 (Conclusión)

Estación	Enc.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación mensual	
														May.	Oct.		
Olomega (48-84-12)																	
Valores promedio	1	1	2	19	207	299	204	237	398	327	41	3	1 730	1 672	97		
Valores máximos	15	25	23	96	535	696	522	682	614	778	146	28	2 343				
Valores mínimos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desviación estándar	3	5	5	25	121	153	122	124	133	190	41	7	434				
Coeficiente de variación	300	500	250	132	59	51	60	52	33	58	100	234	25			500	33
Años de observación	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36				

variación inferiores a 20 y observándose valores altos en áreas de mayor precipitación. Los valores de coeficiente mensual están comprendidos dentro de un rango más amplio, que se fija entre el 19 por ciento (La Toma) y 500 por ciento (Acajutla y Olomega).

b) Escorrentía superficial

1) Magnitud de los recursos superficiales. Un total del 88 por ciento del territorio nacional se halla sujeto a control hidrológico mediante estaciones de registro continuo de caudales en los principales ríos del país.

Para obtener una primera evaluación de las disponibilidades de agua superficial se calculó inicialmente la precipitación anual media y los coeficientes de escurrimiento para cada gran cuenca, cubriéndose únicamente la porción controlada por estaciones fluviométricas; a continuación, teniendo en cuenta diferencias de precipitación, pendiente y extensión de las cuencas y otros datos físicos, se extrapolaron los valores obtenidos para hacerlos aplicables a la totalidad de cada gran cuenca.

Los resultados indican que unos 601 metros cúbicos por segundo llegan como escurrimiento superficial al océano. De ellos, 409 metros cúbicos por segundo pertenecen al río Lempa (gran cuenca  $J_2$ ) y sólo 255 de los mismos son originados en el país, procediendo el resto de Honduras y Guatemala. (Véase el cuadro 3.) Si se considera una población de 3 390 000 habitantes, estimada para 1970, el país dispone de 5 600 metros cúbicos anuales por habitante aproximadamente, la cifra más baja del Istmo Centroamericano. El caudal unitario para el país es de 30 litros por segundo por kilómetro cuadrado, valor inferior al promedio centroamericano.

ii) Caudal superado el 95 por ciento del tiempo. La utilización total del agua disponible en el país supone, a consumo constante, una disponibilidad uniforme de los recursos que nunca podría lograrse a menos de que se pudieran regular totalmente los ríos mediante numerosos embalses. Se comprende bien la necesidad de conocer los caudales que

Cuadro 3

## EL SALVADOR: ESTIMACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km <sup>2</sup> )	Agua caída (millones de metros cúbicos)	Coeficiente de escurrimiento	Agua escurrida	
						Millones de metros cúbicos	m <sup>3</sup> /s
<b>Total nacional</b>			<b>20 000</b>	<b>36 367</b>			<b>601.4</b>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	1 052	1 919	0.40	796	25.2
K	22 a 28	Cara Sucia, Rosario, etc.	756	1 307	0.30	392	12.4
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	1 615	2 955	0.30	887	28.1
M	34 a 42	Chilama, Jiboa, etc.	1 380	2 553	0.50	1 277	40.5
J <sub>2</sub>						12 882	408.9
	44	Jalponga y otros	1 597	2 830	0.35	991	31.4
	45 <sup>a/</sup>	Lempa	8 984	16 441	0.43	7 050	224.0
	45 <sup>b/</sup>	Lempa: Honduras y Guatemala	-	-	-	4 841	153.5
N	48	Grande San Miguel	2 363	4 256	0.42	1 790	56.8
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1 068	1 937	0.20	387	12.3
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	1 185	2 169	0.25	542	17.2

a/ Cuenca internacional; los valores corresponden a El Salvador únicamente.

b/ Caudales provenientes de Honduras y Guatemala.

podrían estar disponibles la mayor parte del tiempo sin necesidad de recurrir a costosas obras de almacenamiento para aprovecharlos.

Para concretarlo se determinaron los caudales igualados o excedidos el 95 por ciento del tiempo --a los que se suele denominar caudales 95 por ciento-- empleando el procedimiento siguiente: a) cálculo del caudal 95 por ciento para los sitios con curvas de duración de escorrentía superficial; b) ajuste de dicho valor con base en la relación entre el área total de la cuenca y la superficie controlada, después de añadir las derivaciones efectivas de riego; c) ajuste de los resultados obtenidos teniendo en cuenta que el caudal base calculado mediante el balance hídrico subterráneo debe exceder del caudal 95 por ciento en un 10 a un 50 por ciento en función de las características hidrogeológicas de las cuencas consideradas.

Los resultados aparecen en el cuadro 4 donde puede observarse que unos 90 metros cúbicos por segundo se hallan disponibles el 95 por ciento del tiempo en el país, lo cual equivale al 15 por ciento del caudal medio nacional.

iii) Regímenes hidrológicos de los ríos. Las variaciones que experimentan los caudales de los ríos a lo largo del año son de singular importancia, puesto que condicionan sus posibilidades de aprovechamiento.

La alimentación de los ríos es exclusivamente pluvial por lo que responden rápidamente a las lluvias aunque en algunas cuencas la existencia de lagos naturales regule el escurrimiento. Los ríos con cuencas de menos de 300 kilómetros cuadrados de extensión tienden a secarse en la época seca. La respuesta de los ríos es más rápida en las épocas más lluviosas por la saturación de los suelos; en los períodos de menores lluvias, la reducida humedad de los suelos y la mayor oportunidad de evaporación provocan reacciones más lentas.

Los regímenes de la precipitación se reflejan en los caudales de los ríos en forma amortiguada. El análisis de los caudales medios mensuales señala que ocurre una época de aguas altas entre junio y octubre y una de aguas bajas entre diciembre y abril, siendo mayo y noviembre los meses de transición. En la época de aguas altas se observa una doble onda en la que el caudal medio más elevado ocurre en septiembre y un

Cuadro 4

## EL SALVADOR: CALCULO DEL CAUDAL EXCEDIDO EL 95 POR CIENTO DEL TIEMPO

Gran cuenca	Cuenca	Río	Infiltración calculada <u>c/</u> (m <sup>3</sup> /s)	Esco-rren-tía media (m <sup>3</sup> /s)	Caudal excedido el 95 por ciento del tiempo							
					Curva de duración <u>a/</u> m <sup>3</sup> /s	Relación de áreas <u>b/</u> m <sup>3</sup> /s	Agua subte-rránea <u>c/</u> m <sup>3</sup> /s	Adoptado	Por-ciento del área total	Por-ciento del Qm	Por-ciento del Qm	Por-ciento del Qm
<b>Total del país</b>				<b>601.4</b>							<b>15</b>	<b>90.3</b>
I <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	20 <sup>d/</sup>	Paz	18.8	25.2	4.3	45	9.6	38	16	65	35	8.8
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.		12.4	0.6	15	4.0	32			25	3.1
L	30,32	Sonsonate, Bandera		28.1	6.9	99	7.0	25			25	7.0
M	34,42	Chilama, Huiza, etc.	12.8	40.5	2.1	41	5.1	13	6.5	16	15	6.1
J <sub>2</sub> <sup>e/</sup>	44,46 <sup>e/</sup>	Jalponga, Lempa	123.0	408.9	44.7	85	52.8	13	62.5	15	13	53.0
N	48	Grande San Miguel	28.3	56.8	5.9	83.5	7.1	13	26.7	47	20	11.4
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	6.5	12.3	0.06	32	0.19	2	8.2	26	2	0.2
O <sub>2A</sub> <sup>d/</sup>	52 <sup>d/</sup>	Goascorán	4.4	17.2	0.7	100.0	0.7	4	4.0	23.5	4	0.7

a/ Caudal estimado con base en registros disponibles, más derivación efectiva de riego.

b/ Caudal estimado por relación directa entre área total y área controlada.

c/ Estimado con base en el balance hidrológico subterráneo.

d/ Cuenca internacional; valores referentes a El Salvador únicamente.

e/ Cuenca internacional; incluye el caudal originado en Honduras y Guatemala.

máximo secundario tiene lugar generalmente en julio o junio. Durante la época de aguas bajas el caudal mensual mínimo puede producirse entre enero y abril; la variación de caudales en esta época es mínima si se compara con las del resto del año.

Los caudales mensuales medios y los extremos absolutos determinados para algunas estaciones de los principales ríos del país se muestran en el cuadro 5, y la variación de caudales en ríos importantes se indica en el gráfico 1.

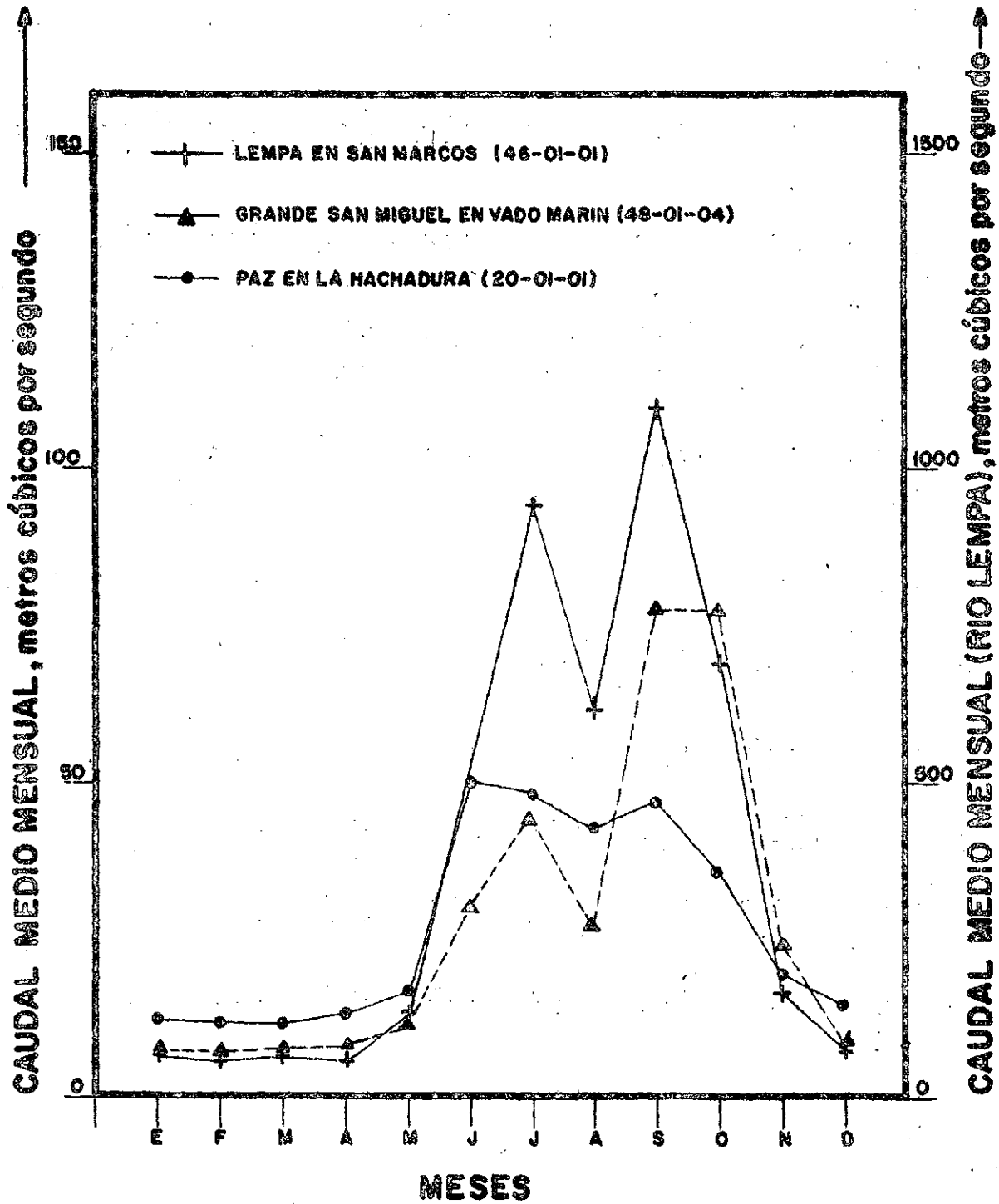
La porción de escurrimiento que fluye durante los meses comprendidos entre junio y noviembre --meses que corresponden al mayor aporte-- oscilan entre 64 por ciento en la estación 46-06-01 del río Suquiapa y 94 por ciento para la 46-08-01 del río Angue, ambas en la gran cuenca  $J_2$ , aunque la mayoría está comprendida entre el 70 y el 90 por ciento. (Véase el cuadro 6.)

El coeficiente de irregularidad de los ríos se obtiene al dividir el volumen de agua que se precisaría embalsar para obtener la regulación total entre el escurrimiento anual, y oscila entre 0.15 en la estación 46-06-01 del río Suquiapa y 0.50 en la estación 46-08-01 del río Angue, pero la mayoría está comprendida entre 0.28 y 0.43, valores que se consideran altos. (Véase de nuevo el cuadro 6.)

iv) Aguas de interés internacional. Las aguas de los ríos Paz, Lempa y Goascorán, en las grandes cuencas  $I_2$ ,  $J_2$  y  $O_{2A}$  respectivamente, tienen repercusiones internacionales porque parte de sus cuencas de drenaje pertenecen también a Guatemala y a Honduras. De esos tres ríos, el más importante es el Lempa que recibe un caudal medio anual de 125 metros cúbicos por segundo de Honduras y de 28.5 metros cúbicos por segundo de Guatemala, cifras que representan respectivamente el 33 y el 7.5 por ciento del caudal total del río en su desembocadura.

El río Paz, en la gran cuenca  $I_2$  es limítrofe con Guatemala, por lo que los 25 metros cúbicos por segundo de caudal originados en El Salvador se convierten en aguas de interés internacional al pasar a formar parte del curso principal del río. Del caudal total del río en su desembocadura, el 51 por ciento se origina en el país.





EL SALVADOR  
 VARIACION DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL  
 DE RIOS SELECTOS  
 GRAFICO I

Cuadro 5  
 EL SALVADOR: CAUDALES MENSUALES Y ANUALES DE RÍOS SELECTOS  
 (Metros cúbicos por segundo)

Río y caudal	Estación	Superficie (km <sup>2</sup> )	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Paz	20-01-01	795													
Medio			12.5	12.1	11.7	13.5	16.8	50.2	48.7	43.3	47.2	35.8	19.4	15.0	27.2
Máximo			15.0	15.4	14.1	24.6	72.5	389.1	224.0	383.5	202.4	102.5	33.2	34.0	389.2
Mínimo			10.6	10.0	9.5	9.8	10.1	12.2	13.2	10.8	9.6	11.4	11.3	9.8	9.5
Sonsonate	30-01-01	219													
Medio			2.0	2.0	2.0	3.7	5.8	9.3	8.9	10.3	14.2	8.7	4.3	2.1	6.1
Máximo			6.2	4.0	4.0	13.4	32.0	64.3	54.5	46.4	252.0	42.0	18.8	16.9	252.0
Mínimo			0.4	1.2	1.1	1.1	2.1	3.8	4.1	4.2	2.1	1.5	0.8	0.8	0.4
Banderas	32-01-01	433													
Medio			1.6	1.2	1.4	2.0	5.1	14.1	16.4	13.0	18.5	11.7	7.2	2.9	13.3
Máximo			2.8	2.9	4.4	14.3	16.5	140.0	58.8	72.0	285.0	38.9	57.2	10.8	285.0
Mínimo			0.4	0.3	0.2	0.2	1.9	2.0	1.3	3.0	2.9	3.9	0.5	0.5	0.2
Jiboa	42-01-01	229													
Medio			4.2	3.7	3.3	3.2	3.9	6.9	10.3	13.5	14.8	12.5	8.1	6.3	7.6
Máximo			44.5	7.1	5.8	13.3	14.6	49.8	47.3	97.3	99.3	56.4	68.5	18.8	99.3
Mínimo			1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.7	2.0	4.3	4.4	3.0	2.1	3.3	1.1
Lempa	46-01-01	18 000													
Medio			69.2	59.8	65.5	60.3	131.0	545.0	943.0	616.0	1 104.0	691.0	171.0	75.1	977.5
Máximo			116.0	100.0	108.0	130.0	717.6	2 197.0	2 873.0	1 961.0	3 516.0	1 843.0	1 837.0	124.0	3 516.0
Mínimo			38.4	40.0	40.0	31.0	40.9	82.0	73.7	136.0	140.0	101.0	47.0	40.0	31.0
Toroia	46-03-01	760													
Medio			7.8	7.2	6.0	7.5	24.9	80.1	51.7	50.8	159.0	81.7	16.1	8.6	40.1
Máximo			10.0	9.0	7.8	102.0	228.0	745.0	400.0	400.0	992.0	498.0	129.0	11.1	992.0
Mínimo			5.7	5.0	3.0	2.0	1.8	5.0	3.0	3.4	5.0	7.5	5.0	2.0	1.8
Acelhuate	46-04-01	709													
Medio			5.6	5.4	4.3	5.1	9.9	15.2	25.1	18.0	23.3	18.7	3.7	3.4	11.5
Máximo			10.0	9.9	9.0	13.6	30.6	46.1	60.1	52.8	187.2	61.1	12.2	6.4	187.2
Mínimo			1.6	3.0	2.4	3.0	2.3	3.8	6.7	4.0	6.0	3.3	2.0	1.6	1.6
Sucio	46-05-01	843													
Medio			4.4	4.1	4.2	4.1	7.1	16.8	37.5	26.5	41.4	20.2	9.2	6.3	15.2
Máximo			6.2	5.7	6.0	12.2	64.0	94.0	107.7	125.0	271.0	121.0	34.0	14.7	271.0
Mínimo			2.7	2.2	2.5	2.1	2.3	2.9	6.1	5.6	7.0	4.4	4.1	2.8	2.1

Cuadro 5 (Conclusión)

Rfo y caudal	Estación	Superficie (km <sup>2</sup> )	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Suquiapa	46-06-01	308													
Medio			5.2	5.1	5.0	5.1	5.9	8.7	11.1	9.2	11.9	8.3	6.7	5.7	7.3
Máximo			8.7	8.7	8.4	11.2	27.8	42.3	<u>132.6</u>	30.1	55.7	30.3	11.4	9.1	132.6
Mínimo			2.4	<u>2.4</u>	2.4	2.4	2.9	3.8	4.3	3.7	4.4	3.8	4.3	2.5	2.4
Grande San Miguel	48-01-04	2 027													
Medio			7.6	7.6	8.0	8.5	11.7	30.4	44.7	26.8	77.7	77.5	24.9	8.5	27.8
Máximo			9.0	11.8	16.2	16.6	36.2	234.0	<u>284.0</u>	100.1	216.0	202.0	246.0	17.6	284.0
Mínimo			5.5	5.8	4.2	4.1	<u>3.3</u>	7.0	6.7	7.7	8.4	16.9	5.8	4.1	3.3
Sirama	50-01-01	329													
Medio			0.3	0.2	0.2	0.2	2.8	15.1	9.2	5.3	20.2	8.6	2.7	0.4	5.4
Máximo			0.7	0.6	0.4	0.4	110.7	<u>720.6</u>	276.0	208.5	496.0	94.4	174.4	1.2	720.6
Mínimo			0.1	<u>0.05</u>	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	1.2	0.2	0.1	0.05
Geacorán	52-01-01	1 750													
Medio			3.7	2.5	1.9	2.2	28.5	64.8	66.0	36.3	93.6	79.4	19.6	6.1	33.7
Máximo			7.6	4.8	3.8	23.3	439.0	290.0	577.0	158.0	<u>670.0</u>	254.0	207.0	12.0	670.0
Mínimo			1.3	0.7	0.6	<u>0.6</u>	0.6	3.3	1.9	4.5	3.9	9.0	4.0	2.2	0.6

Cuadro 6

## EL SALVADOR: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

Río	Lugar	Nomenclatura de la estación	Superficie (km <sup>2</sup> )	Caudales (m <sup>3</sup> /s)			Coeficiente de irregularidad	Porcentaje escurrido de junio a noviembre	Período del registro
				Medios	Máximos	Mínimos			
Paz	La Hachadura	20-01-01	795	27.18	389.15	9.50	0.28	75	1962-66
Paz	San Lorenzo	20-01-02	-	3.88	233.00	1.95	0.22	69	1961-66
Grande Sonsonate	Sensunapán	30-01-01	219	6.10	253.00	0.40	0.29	76	1959-66
Banderas	Carretera Litoral	32-01-01	433	13.34	285.00	0.16	0.34	91	1961-66
Jiboa	Carretera Litoral	42-01-01	229	7.55	99.30	1.05	0.24	73	1961-66
Lempa	San Marcos	46-01-01	18 000	377.50	3 516.00	31.00	0.44	90	1961-66
Lempa	Lempira	46-01-02	6 419	124.30	2 480.00	11.90	0.34	78	1961-66
Torola	Osicala	46-03-01	760	40.10	992.00	1.80	0.42	87	1962-66
Acelhuate	Junta Lempa	46-04-01	709	11.47	187.15	1.60	0.26	70	1962-66
Sucio	Desembocadura	46-05-01	843	15.15	271.00	2.08	0.35	83	1961-66
Sucio	San Andrés	46-05-02	321	5.93	237.40	0.73	0.37	83	1959-66
Suquiapa	Tecachico	46-06-01	308	7.31	133.61	2.38	0.15	64	1961-66
Guajoyo	Carretera Metapán	46-07-01	450	3.05	86.18	0.17	0.39	80	1961-66
Angue	Puente Irca	46-08-01	350	5.83	210.00	0.01	0.50	94	1959-66
Grande San Miguel	Vado Marín	48-01-04	2 027	27.82	284.00	3.30	0.43	85	1959-66
Grande San Miguel	Luis de Moscoso	48-01-03	1 074	24.05	530.00	0.77	0.35	83	1959-66
Sirama	Sirama	50-01-01	329	5.43	720.59	0.05	0.29	72	1961-66
Goascorán	Goascorán	51-01-01	1 750	33.71	670.00	0.56	0.42	89	1962-66

El río Goascorán es limítrofe con Honduras, estimándose que en El Salvador se genera un caudal medio de 17 metros cúbicos por segundo, equivalente al 48 por ciento del caudal total de la cuenca 52.

Los caudales indicados se estimaron mediante relación directa de las precipitaciones caídas en cada país, por lo que sólo deben considerarse una indicación de su orden de magnitud.

c) Precipitación y caudales en años secos

Para obtener una primera indicación de la magnitud de los recursos disponibles durante los años secos, se tuvo en cuenta información referente a variabilidad de la precipitación publicada recientemente (14). En ese trabajo se determinó la precipitación anual excedida el 50 y el 90 por ciento del tiempo, analizando registros verificados de 46 estaciones pluviométricas diseminadas en el Istmo; se supuso que la precipitación excedida el 90 por ciento del tiempo correspondía a la de un año seco con recurrencia de 10 años, y se comparó con la excedida el 50 por ciento del tiempo para estimar el coeficiente de sequía o aridez. Con los resultados obtenidos se elaboró un mapa que indica la tendencia general de la variación espacial del coeficiente de sequía para todo el Istmo, y se estimaron valores ponderados del mismo para cada gran cuenca. La escorrentía anual correspondiente al año seco se estimó al asumir que la relación entre precipitación y escorrentía, indicada en el cuadro 3, se mantiene invariable. Los resultados correspondientes aparecen en el cuadro 7 para el caso de las grandes cuencas pero no para la totalidad del país porque la sequía suele corresponder a regiones de menor extensión.

En términos generales puede decirse que la precipitación y la escorrentía en las grandes cuencas consideradas oscila en un año seco entre el 75 y el 83 por ciento de los valores normales; el rango de variación es más amplio si se consideran localidades individuales o cuencas de limitada extensión.

Cuadro 7

EL SALVADOR: ESTIMACION DE PRECIPITACION Y ESCORRENTIA EN AÑOS SECOS

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficies (km <sup>2</sup> )	Precipitación			Escorrentía		
				Normal (millones de m <sup>3</sup> )	Coeficiente de sequía <sup>a/</sup>	Año seco b/ (millones de m <sup>3</sup> )	Coeficiente esco-rrentía <sup>c/</sup>	Año seco b/ Millio-nes de m <sup>3</sup>	Millio-nes de m <sup>3</sup> /s
<b>Total nacional</b>			<b>20 000</b>	<b>36 367</b>					
I <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	20 <sup>d/</sup>	Paz	1 052	1 919	0.83	1 593	0.40	537	20.2
K	22 - 28	Cara Sucia, Rosario y otros	756	1 307	0.78	1 019	0.30	306	9.7
L	30 - 32	Sonsonate, Banderas	1 615	2 955	0.78	2 305	0.30	691	21.9
M	34 - 42	Chilama, Huiza, Jiboa y otros	1 380	2 553	0.75	1 915	0.50	958	30.4
J <sub>2</sub>									327.0
	44, 46 46	Jalponga, Lempa <sup>d/</sup> Procedente de Honduras y Guatemala <sup>e/</sup>	10 581	19 271	0.80	15 417	0.48	6 475	205.3 121.7 <sup>e/</sup>
N	48	Grande de San Miguel	2 363	4 256	0.82	3 490	0.42	1 466	46.5
C <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1 068	1 937	0.80	1 550	0.20	310	9.8
O <sub>2A</sub> <sup>d/</sup>	52 <sup>d/</sup>	Goascorán	1 185	2 169	0.80	1 735	0.25	434	13.8

- a/ Estimado con base en la publicación 58 del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.
- b/ No se incluyen sumas nacionales, ya que la sequía ocurre generalmente en regiones de menor extensión.
- c/ Se supuso la misma relación precipitación versus escorrentía que en años normales.
- d/ Cuenca internacional; valores referentes a El Salvador.
- e/ Cuenca internacional; valores procedentes de Honduras y Guatemala.

d) Aguas subterráneas

i) Evaluación de la ecuación hidrológica subterránea. Para estimar el rendimiento seguro de los depósitos subterráneos del país, se realizó inicialmente una evaluación preliminar de la siguiente ecuación de balance hidrológico subterráneo (asumiendo que todos los depósitos individuales estaban agrupados en una sola unidad):

$$P_i = ET_{sb} + D_{sb} + CB + D_{ae} + \Delta s$$

en la cual  $P_i$  es la precipitación infiltrada hacia los depósitos;  $ET_{sb}$ , la evapotranspiración directa del agua subterránea en áreas de tabla freática somera y donde existe vegetación freatófita;  $D_{sb}$ , el deflujo subterráneo hacia el océano;  $CB$ , la descarga efluente de los depósitos actualmente llenos, que constituye el caudal base de los ríos;  $D_{ae}$ , la extracción artificial efectiva, equivalente al volumen bombeado en pozos que no es devuelto por infiltración posterior y  $\Delta s$ , cualquier cambio neto en el almacenamiento de los depósitos.

Con base en los resultados obtenidos en estudios geohidrológicos detallados realizados en el país (4, 5, 6, 15, 16, 17) y en áreas hidrogeológicamente similares de países vecinos (18,19), se asignaron los siguientes valores conservadores de infiltración en función de la lluvia a las diversas unidades hidrogeológicas identificadas: a) materiales volcánicos del Cuaternario, 45 por ciento; b) materiales aluvionales recientes y cuaternarios, 35 por ciento; c) piroclásticos del plio-pleistoceno, 30 por ciento, y d) materiales del Terciario y Cretácico, sin diferenciar, 5 por ciento. Sobre el mapa hidrogeológico nacional se determinó la extensión de cada unidad para las grandes cuencas consideradas, empleándose los valores antes citados de infiltración para obtener un coeficiente ponderado para cada cuenca; este último, al multiplicarse por la precipitación, permitió obtener la estimación burda de la infiltración anual, por cuencas, cuyos resultados se muestran en el cuadro 8.

En total, unos 6 875 millones de metros cúbicos de agua se infiltran hacia los depósitos en un año de precipitación normal, volumen que equivale a una lámina media de 344 milímetros para todo el país y representa el 19 por ciento de la precipitación nacional.

Cuadro 8

EL SALVADOR: ESTIMACION PRELIMINAR DE INFILTRACION TOTAL

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km <sup>2</sup> )	Precipitación (millones de m <sup>3</sup> )	Porcentaje del área total en cada cuenca				Infiltración ponderada a/ (porcentaje)	Infiltración total b/ (millones de m <sup>3</sup> )
					Qv	Qal	Qp	K,T		
<b>Total</b>			<b>20 000</b>	<b>36 367</b>					<b>19.0</b>	<b>6 875</b>
I <sub>2c/</sub>	20 <sup>c/</sup>	Paz	1 052	1 919	25	4	59	12	30.9	590
K	22,24,26, 28	Cara Sucia, Rosario, San Pedro, Sunza	756	1 307	4	46	-	50	20.4	267
L	30,32	Sensunapán, Banderas y otros	1 615	2 955	17	19	-	64	17.4	518
M	34,36,38, 40,42	Chilama, Huiza, Tihuapa, Comalapa, Jiboa y otros	1 380	2 553	2	19	17	62	15.8	405
J <sub>2c/</sub>	44	Jalponga y otros	1 597	2 830	17	75	-	8	34.0	960
	46 <sup>c/</sup>	Lempa y otros	8 984	16 441	11	17	12	60	17.6	2 900
N	48	Grande San Miguel	2 363	4 256	26	19	-	55	21.0	890
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1 068	1 937	8	35	-	5	10.6	205
O <sub>2A<sup>c/</sup></sub>	52 <sup>c/</sup>	Goascorán	1 185	2 169	5	-	-	95	6.5	140

a/ Ponderación con base a una tasa de infiltración de 45 por ciento en materiales volcánicos del Cuaternario (Qv); del 35 por ciento en aluviones recientes (Qal); del 30 por ciento en materiales piroclásticos del Pleistoceno (Qp); y del 5 por ciento en los materiales Terciarios y Cretácicos (T,K.).

b/ Obtenido como producto de la infiltración ponderada y de la precipitación caída en cada cuenca.

c/ Cuenca internacional; valores referentes a El Salvador únicamente.



Empleando el método de Blaney-Criddle (20) se calculó que unos 696 millones de metros cúbicos se pierden por evapotranspiración directa del agua subterránea en áreas de tabla freática somera y en aquéllas en las que existen condiciones pantanosas cuya extensión ha sido estimada previamente (21).

Utilizando los valores aproximados de las características físicas e hidráulicas de los acuíferos costeros, se estimó que unos 2 313 millones de metros cúbicos anuales defluyen subterráneamente hacia el mar; de ellos, unos 2 055 millones de metros cúbicos circulan a través de materiales aluvionales recientes y cuaternarios, y el resto es deflujo proveniente de la infiltración estimada para los materiales más antiguos. El deflujo subterráneo total hacia el Pacífico equivale a un 33.5 por ciento de la infiltración total estimada.

Se consideró que la extracción anual efectiva y los cambios netos en almacenamiento de los depósitos son desechables por el hecho de ser las extracciones actuales de magnitud limitada.

El caudal base de los ríos, formado por el rebalse de los depósitos subterráneos que actualmente se encuentran llenos a causa de la recarga y de no haber sido explotados en gran escala, se calculó en 3 865 millones de metros cúbicos anuales, por la diferencia entre los aflujos y los deflujos en la ecuación del balance subterráneo. Este volumen equivale a un caudal medio de 123 metros cúbicos por segundo y representa un 56 por ciento de la infiltración total estimada y un 21 por ciento del caudal total de los ríos.

La evaluación de los diversos factores de la ecuación hidrológica subterránea, teniendo como base las cuencas consideradas en este estudio, aparece en el cuadro 9.

ii) Rendimiento seguro de los depósitos. Para evaluar las disponibilidades de agua del subsuelo es necesario tener en cuenta que los depósitos deben aprovecharse a una tasa de extracción fijada no

Cuadro 9

EL SALVADOR: ESTIMACION PRELIMINAR DE LOS RECURSOS RENOVABLES DE AGUA SUBTERRANEA

(Millones de metros cúbicos)

Gran cuenca	Cuenca	Río	Infiltración	Deflujo al océano		Evapotranspiración directa		Caudal base		Rendimiento seguro h/
				Total	Recuperable a/	Total	Recuperable b/	Total c/	Recuperable	
<b>Total nacional</b>			<b>6 875</b>	<b>2 313</b> <sup>(33)</sup>	<b>115</b>	<b>696</b>	<b>195</b>	<b>3 865</b>	<b>2 327</b>	<b>2 635</b>
I <sub>2</sub> <sup>i/</sup>	20 <sup>i/</sup>	Paz	590	65	2	21	7	504	302 <sup>d/</sup>	310
K,L	22 a 32		785	683	38	84	28	18	18 <sup>e/</sup>	85
M	34 a 42		405	274	5	21	7	109	60 <sup>d/</sup>	70
J <sub>2</sub> <sup>i/</sup>	44	Jalpóniga	960	460	15	294	97	206	107 <sup>d/</sup>	220
	46 <sup>i/</sup>	Lempa	2 900	735	52	203	46	1 962	1 123 <sup>d/</sup>	1 220
N	48	G. San Miguel	890	-	-	51	3	839	630 <sup>f/</sup>	635
O <sub>1</sub>	50	Sirama	205	91	2	11	4	103	39 <sup>g/</sup>	45
O <sub>2A</sub> <sup>i/</sup>	52 <sup>i/</sup>	Goascorán	140	5	1	11	3	124	48 <sup>g/</sup>	50

a/ Calculado a base de características físicas e hidráulicas de las formaciones saturadas.  
b/ Calculado como un 30 por ciento de la evapotranspiración en áreas de tabla freática somera.  
c/ Estimado por diferencia entre aflujos y deflujos.  
d/ Calculado en un 60 por ciento del caudal base, menos el deflujo recuperable.  
e/ Calculado en un 100 por ciento del caudal base.  
f/ Calculado en un 75 por ciento del caudal base.  
g/ Calculado en un 40 por ciento del caudal base, menos el deflujo recuperable.  
h/ Obtenido al sumar todos los items recuperables; cifras redondeadas.  
i/ Cuenca internacional; los valores se refieren a El Salvador únicamente.

por el volumen almacenado, sino por la tasa de renovación o de recarga del depósito. Teniendo en cuenta que la recarga procedente de la precipitación es la que genera los rubros de deflujo en la ecuación de balance subterráneo, en función de las características físicas e hidrogeológicas de las formaciones saturadas, el rendimiento seguro de un depósito equivale por lo tanto a la suma de las porciones susceptibles de recuperar de los rubros de deflujo --evapotranspiración, deflujo subterráneo al océano y caudal base de los ríos-- siempre que se mantenga un equilibrio de largo plazo en el almacenamiento del depósito(22). Se realizaron estimaciones por grandes cuencas cuyas repercusiones a nivel nacional se indican a continuación.

Se ha estimado que en respuesta a la subsidencia regional del nivel freático y como resultado de la extracción en gran escala anticipada, podría recuperarse un 30 por ciento de la evapotranspiración directa del agua subterránea, con lo cual se obtendrían 195 millones de metros cúbicos anuales.

Suponiendo la implantación de sistemas de pozos diseñados exclusivamente para el propósito, parece factible recuperar un 5 por ciento del actual deflujo al océano que ocurre a través de las formaciones aluvionales, equivalente a unos 115 millones de metros cúbicos anuales.

Por lo que respecta al caudal base recuperable, se ha estimado que entre un 40 y un 75 por ciento de su valor anual podría recuperarse mediante la implantación de sistemas eficientes de pozos que inducieran una notable subsidencia del nivel freático e interceptaran el flujo subterráneo antes de que llegara a los ríos y mediante un sistema de captación de manantiales y ríos menores; con ello se obtendrían unos 2 327 millones de metros cúbicos por año.

Según los datos del cuadro 9, que muestra los resultados con base en las grandes cuencas consideradas, se estima que sería factible recuperar unos 2 635 millones de metros cúbicos por año, equivalentes a un 38 por ciento del volumen infiltrado. El volumen recuperable así

/calculado

calculado podría representarse como un caudal medio constante de 84 metros cúbicos por segundo, que equivaldrían a un 14 por ciento del caudal total de los ríos del país.

Las grandes cuencas de más elevado potencial de agua subterránea son, por orden de importancia las de los ríos Lempa y Jalpanga combinados (gran cuenca  $J_2$ ), Grande de San Miguel (N) y Paz ( $I_2$ ); pero el potencial no está distribuido en forma espacial uniforme, y será menester realizar estudios detallados para determinar la posición y las características de los depósitos individuales.

e) Sumario de recursos disponibles

En el cuadro 10 se presenta un resumen de las disponibilidades de agua para el país, dividido en sus grandes cuencas.

Durante un año de precipitación normal caen en El Salvador unos 36 367 millones de metros cúbicos de agua, volumen (equivalente a 1 150 metros cúbicos por segundo) del que se estima escurren superficialmente unos 601 metros cúbicos por segundo. De ello se deriva una disponibilidad media de 5 600 metros cúbicos anuales por habitante y de 30 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie.

Una estimación del caudal superado el 95 por ciento del tiempo señaló 90 metros cúbicos por segundo, que equivalen a un 15 por ciento de la escorrentía media del país y pueden considerarse representativos de los caudales de estiaje.

Otras estimaciones indican que durante un año seco, con recurrencia de 10 años, ocurre entre el 75 y el 83 por ciento de las precipitaciones y escurrimientos de un año normal en las grandes cuencas consideradas.

El rendimiento seguro de los depósitos subterráneos existentes en el país se estima en 83 metros cúbicos por segundo. El aprovechamiento en gran escala del agua subterránea podría implicar una disminución del orden del 10 por ciento de la escorrentía superficial, puesto que parte del rendimiento seguro corresponde a caudal base de los ríos que sería interceptado antes de llegar a los cauces.

Cuadro 10

## EL SALVADOR: SUMARIO DE RECURSOS HIDRICOS DISPONIBLES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km <sup>2</sup> )	Precipitación (millones m <sup>3</sup> )		Escorrentía superficial (m <sup>3</sup> /s)			Agua subterránea; rendimiento seguro estimado b/ (m <sup>3</sup> /s)
				Normal	Año seco a/	Normal	Año seco a/	Caudal 95 por ciento	
<b>Total nacional</b>			<b>20 000</b>	<b>36 367</b>		<b>601</b>		<b>90</b>	<b>83</b>
I <sub>2</sub> c/	20 <sup>c/</sup>	Paz	1 052	1 919	1 593	25	20	9	10
K	22 - 28	Cara Sucia, Rosario, San Pedro y otros	756	1 307	1 019	12	10	3	1
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	1 615	2 955	2 305	28	22	7	2
M	34 - 42	Chilama, Huiza, Jiboa y otros	1 380	2 553	1 915	41	30	6	2
J <sub>2</sub>						409	327	53	
	44,46 <sup>c/</sup>	Jalponga, Lempa	10 581	19 271	15 417	255	205		46
	46 <sup>d/</sup>	Lempa <sup>d/</sup>				154 <sup>d/</sup>	122 <sup>d/</sup>		
N	48	Grande de San Miguel	2 363	4 256	3 490	57	47	11	20
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1 068	1 937	1 550	12	10	-	1
O <sub>2A</sub> c/	52 <sup>c/</sup>	Goascorán	1 185	2 169	1 735	17	14	1	1

a/ No se presenta la suma nacional, ya que la sequía usualmente ocurre en regiones menos extensas.

b/ La utilización en gran escala del agua subterránea disminuiría la disponibilidad del caudal base o caudal 95 por ciento.

c/ Cuenca internacional; los valores corresponden a El Salvador únicamente.

d/ Cuenca internacional; valores procedentes de Honduras y Guatemala.

### 5. Estimación preliminar del balance de aguas

Con el doble propósito de conocer la distribución relativa de los diferentes componentes del ciclo hidrológico en el país, y de obtener una indicación de la precisión con que se han evaluado cada uno de los factores del ciclo, se presenta en esta sección una evaluación cuantitativa preliminar del balance de aguas. Para ello se ha tomado como base la extensión total del país por impedir la información disponible elaborar balances individuales para las grandes cuencas consideradas.

En la sección 4, referente a la estimación de disponibilidades de agua, se presentaron las evaluaciones de los factores de precipitación y escorrentía total, y algunas estimaciones referentes al balance hídrico subterráneo. A continuación se describe brevemente el procedimiento empleado para evaluar la evapotranspiración.

#### a) Estimación de la evapotranspiración

Durante la época lluviosa la evapotranspiración se produce a una tasa que depende de los factores climatológicos y de las características fisiológicas de las plantas; durante el período seco, sin embargo, la evapotranspiración se ve limitada al consumo de la humedad de los suelos que queda dentro del alcance de la zona radicular de las plantas y a una buena fracción de las escasas precipitaciones que se presentan en dicho período. (21)

El método empleado para el cálculo es el de Blaney-Criddle, (20) debidamente modificado para tomar en cuenta las variaciones mensuales de las disponibilidades de agua para el consumo.

Inicialmente se elaboró, con base en una relación entre la elevación y la temperatura media anual, (23) un mapa de isoyetas de evapotranspiración potencial para el país y se determinó el valor nacional de la misma.

En lo que respecta a coeficientes de consumo se adoptaron los valores siguientes, dado el clima húmedo del país. (21) (24)

Vegetación o cultivo	Coefficiente de consumo
Bosques, sin diferenciar	0.65
Café	0.70
Pastos	0.70
Cultivos anuales	0.75 <sup>a/</sup>
Lagos y pantanos	1.00

a/ Valor ponderado que incluye todos los cultivos anuales existentes en el país.

Con base en los valores anteriores y en el mapa de vegetación para El Salvador recientemente publicado por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (AID) (7), se calculó un valor ponderado del coeficiente de consumo para todo el país.

Seguidamente se efectuó un estudio detallado sobre la distribución mensual de la precipitación en el país con el objeto de definir los períodos en los que existe disponibilidad suficiente de agua para el consumo, llegándose a la conclusión de que, en general, la precipitación mensual durante el período mayo-octubre es superior a la demanda de agua de las plantas, de manera que para ese período el consumo real se calculó como el producto del coeficiente de consumo y la evapotranspiración potencial. Durante el resto del año la precipitación resulta insuficiente para la demanda de agua de la vegetación, asumiéndose por lo tanto que durante ese período el consumo real equivale a la escasa precipitación efectiva\* de esos meses, incrementada en unos 100 milímetros de humedad almacenada en los suelos.

La cifra total así obtenida resultó ser de 860 milímetros de lámina, que equivalen a un volumen de 17 200 millones de metros cúbicos anuales.

#### b) Evaluación de la ecuación hidrológica

Con el valor obtenido de la evapotranspiración, y los de los factores hidrológicos indicados en los cuadros 1, 3 y 9, se ha elaborado la evaluación cuantitativa preliminar siguiente del balance de aguas para el país.

\* La precipitación efectiva fue estimada como un 75 por ciento de la observada.

Factores hidrológicos	Volumen anual (millones de metros cúbicos)	Lámina anual (metros)
1) Aflujos	<u>41 208</u>	<u>2.06</u>
a) Precipitación	36 367	1.82
b) Aflujo superficial, procedente de otros países (cuenca del río Lempa)	4 841	0.24
2) Deflujos	<u>38 466</u>	<u>1.93</u>
a) Escorrentía total	18 953	0.95
i) Escorrentía directa	15 088	0.75
ii) Caudal base	3 865	0.19
b) Deflujo subterráneo al océano	2 313	0.12
c) Evapotranspiración total	17 200	0.86
i) Del agua subterránea	696	0.03
ii) De la precipitación	16 504	0.83
3) Diferencia: Aflujos menos deflujos	<u>2 742</u>	<u>0.13</u>

De acuerdo con las cifras del cuadro anterior se observa un error de cierre en el balance total, al existir un excedente de aflujos sobre los deflujos que representa un 7.5 por ciento, que puede considerarse aceptable para la clase de estudio realizado.

Por otra parte, los resultados presentados se confirman con los obtenidos en un estudio independiente donde a base de información más detallada, el error de cierre resultó del 5 por ciento. (21)

Podría, en consecuencia, adoptarse para el país la siguiente distribución porcentual de los rubros de deflujo del ciclo hidrológico.

	<u>Por ciento</u>
1) Escorrentía total	<u>42.0</u>
a) Escorrentía directa	30.5
b) Caudal base	11.5
2) Deflujo subterráneo al océano	<u>6.9</u>
3) Evapotranspiración	<u>51.1</u>
a) Del agua subterránea	2.1
b) De la precipitación	49.0



## 6. Factores naturales que influyen en la disponibilidad y el aprovechamiento de las aguas

### a) Topografía

El Salvador está atravesado de este a oeste por una cadena montañosa costera que posee algunas ramificaciones laterales, hecho que da lugar a pendientes fuertes en las cabeceras de los ríos que desembocan directamente en el océano; estos ríos, por la ubicación de la cadena costera, son de recorridos cortos. Las elevaciones absolutas más notables del país se encuentran en las cabeceras de las grandes cuencas  $J_2$  e  $I_2$ , a las que corresponden también las elevaciones medias más altas. (Véanse la lámina 4 y el cuadro 20.)

La topografía del país permite la regularización de caudales mediante presas almacenadoras, hecho que facilitaría el desarrollo de grandes proyectos de riego e hidroelectricidad.

### b) Geología

La lámina 2 proporciona una idea generalizada de la extensión y la permeabilidad de las principales formaciones geológicas del país. En términos generales puede afirmarse que los materiales volcánicos y sedimentarios del Cuaternario -- que ocupan cerca del 45 por ciento del territorio nacional, especialmente en las grandes cuencas  $J_2$ ,  $I_2$  y  $N$ -- se caracterizan por altas tasas de infiltración, con lo cual se favorece la ocurrencia del agua subterránea y de filtraciones en las presas almacenadoras. Los materiales más antiguos pertenecientes a los períodos Terciario y Cretácico, ubicados en las cabeceras de las grandes cuencas, parecen más apropiados para obtener éxito en la construcción de presas almacenadoras pero sus características acuíferas son limitadas; se trata de materiales generalmente consolidados por lo que ofrecen mayores garantías desde el punto de vista estructural, para la construcción de grandes obras civiles.

/c) Suelos

### c) Suelos

En la lámina 5 se presenta un mapa generalizado de los suelos del país, elaborado con base en el estudio sobre el uso potencial de la tierra. (25)

Existen en el país un total aproximado de 327 000 hectáreas de tierras de primera calidad para la agricultura intensiva de cultivos anuales, capaces de dar rendimientos unitarios elevados mediante el empleo de prácticas modernas de producción; estas tierras, identificadas en la lámina 5 con el símbolo A, se localizan en las partes planas de las grandes cuencas J<sub>2</sub>, M, N, I<sub>2</sub>, K y L, así como en extensiones menores dispersas por todo el país. Un total de 339 500 hectáreas de suelos aptos para la agricultura intensiva de cultivos permanentes, identificados con el símbolo B en el mapa, se encuentran disponibles en las partes altas de las grandes cuencas J<sub>2</sub>, L, I<sub>2</sub>, K, M y N. Existen además unas 62 500 hectáreas de tierras de segunda calidad aptas para una agricultura extensiva con bajos rendimientos unitarios (señalado con el símbolo C en el mapa), en las grandes cuencas O<sub>1</sub>, N, O<sub>2A</sub>, L y J<sub>2</sub>. Las tierras señaladas con los símbolos D y DF, son de uso muy extensivo (D) o de vocación forestal (DF), predominando las primeras; aquellas se encuentran en zonas de alto relieve dentro de las grandes cuencas J<sub>2</sub>, O<sub>2A</sub>, O<sub>1</sub>, K y L, y las últimas en las zonas altas y en las costas de las grandes cuencas J<sub>2</sub> y N.

Las áreas susceptibles de agricultura intensiva bajo riego están comprendidas dentro de las tierras tipo A, y a veces en las de tipo B y C; el resto puede considerarse inapropiado para riego económico.

### d) Cobertura vegetal y evapotranspiración

El tipo de cobertura vegetal influye directamente en la disponibilidad de agua. La vegetación permanente favorece la retención e infiltración del agua precipitada; los cultivos estacionales, en laderas de fuerte pendiente, favorecen la erosión. Puede pensarse por lo tanto que es mayor la escorrentía directa en las áreas cubiertas por vegetación estacional y mayor la infiltración en las zonas con cobertura vegetal permanente.

/Por lo

Por lo común, las laderas de los volcanes se encuentran cubiertas por cultivos perennes, pero en los últimos años se han estado cultivando cereales en zonas de fuerte pendiente con lo cual ha aumentado la erosión.

La escorrentía directa y la subterránea se ven afectadas por la tasa de transpiración y de evaporación de las cuencas, que están gobernadas por las características fisiológicas de las plantas y por la magnitud y variación de la temperatura, la precipitación y otros factores meteorológicos. El valor ponderado de la evapotranspiración real para el país se ha estimado en unos 860 milímetros anuales, y la evaporación de superficies libres de agua se considera que oscila entre 2 100 milímetros anuales en las costas y menos de 1 800 milímetros anuales en las partes altas del país.

## II. USOS ACTUALES Y FUTUROS DEL AGUA

En este capítulo se estima la utilización actual de los recursos hidráulicos y se extrapola la que habrán de tener en 1980 y 1990 para satisfacer las necesidades mínimas de la población proyectada. También se comparan los usos actuales y proyectados con las disponibilidades de agua señaladas en el capítulo anterior, para conocer el grado de utilización que podrían tener los recursos disponibles y prever posibles utilidades conflictivas y combinadas de los diferentes usuarios del agua.

La suma aritmética de las utilidades sectoriales representa la utilización bruta o total del agua en un año dado. Descontando los usos que no implican disminución o contaminación de los recursos se obtiene la utilización neta del agua. Una parte de los usos netos se pierde por diferentes procesos (uso consuntivo) y el resto retorna a los cuerpos de agua después de haber adquirido cierto grado de contaminación (uso contaminante) a causa de la recepción de desechos domésticos e industriales y de excedentes agrícolas (sales, fertilizantes, pesticidas).

En la elaboración de este capítulo se han utilizado estudios realizados sobre los principales sectores usuarios del agua en lo que se refiere a agua potable, irrigación, hidroelectricidad y navegación fluvial, algunos de los cuales se incluyen como anexos a este informe.

Para la estimación de los usos actuales del agua se dispuso de información proporcionada por los diferentes organismos nacionales encargados de los sectores que la utilizan. La estimación de los requerimientos futuros se ha basado, según el caso, en proyecciones de la población realizadas con base en las tendencias históricas y en el crecimiento de los sectores hidroeléctricos y riego. Las dotaciones o requerimientos unitarios para cada uso fueron estimados con base en técnicas comunes que toman en cuenta el incremento en consumo de agua potable en relación con el aumento en los ingresos por habitante de la población, y los incrementos probables en producción agropecuaria bajo riego. Estos usos, actuales y futuros, han sido calculados tomando como base las grandes cuencas para las que se han efectuado estimaciones de disponibilidades de agua en el capítulo anterior.

/Cabe señalar,

Cabe señalar, sin embargo, que las proyecciones efectuadas sólo pueden considerarse confiables hasta la década 1970 a 1980, y no así para la década 1980 a 1990 a causa de posibles cambios en los patrones y las tasas de crecimiento aplicadas para la proyección. En el caso del agua potable, tanto la población por cuencas como las dotaciones unitarias supuestas pueden sufrir alteraciones significativas derivadas de cambios notables en la estructura económicosocial del país; en el sector de irrigación el patrón futuro de cultivos y la política nacional de importación-exportación podrían ser muy diferentes a los aquí supuestos; en el sector de hidroelectricidad, la distribución en el uso del agua por cuencas podría alterarse significativamente, por cuanto aún no se cuenta con un programa definido de adiciones de centrales generadoras y existe también la posibilidad de que se encuentren nuevas fuentes de energía. Las proyecciones de 1990 sólo deben tomarse, por lo tanto, como indicativas de la posible magnitud del uso del agua.

## 1. Riego

### a) Antecedentes

Durante el período agrícola de 1967 a 1969, informaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería señalan que se dedicaron unas 423 000 hectáreas a cultivos anuales y fue necesario importar grandes volúmenes de productos básicos para satisfacer las necesidades de la población.

En vista de la elevada tasa de crecimiento demográfico, y de que en la actualidad se está cultivando ya una extensión mayor que la disponible para cultivos anuales (25), se considera que para abastecer la demanda futura necesitará incrementarse la productividad de las tierras mediante la adopción a nivel nacional de prácticas agrícolas modernas (variedades de alto rendimiento y resistencia a las plagas, empleo de fertilizantes y pesticidas), y riego suplementario durante la estación

seca, con lo cual se podría lograr una doble producción por hectárea cultivada en la mayoría de los casos.

Existen en el país problemas, comunes al resto de países del Istmo Centroamericano, que dificultan el desarrollo de la irrigación. En vez de una entidad gubernamental encargada de planificar y coordinar todo lo relacionado con el aprovechamiento de los recursos hidráulicos, son varias las oficinas sectoriales que se ocupan de ello y por falta de coordinación emiten disposiciones contradictorias o concesiones conflictivas para el uso del agua. Existe además el serio problema relacionado con la tenencia de la tierra que se deriva del hecho de que la mayor parte de la superficie regable pertenezca a un limitado grupo de propietarios. Como no se cuenta con una tradición de riego, se dificulta además tanto la construcción como la operación de los sistemas de riego. Una nueva ley de riego y avenamiento, aprobada a fines de 1970, contribuirá a resolver algunos de los problemas anteriores.

El planeamiento y desarrollo del riego en el país está a cargo de la Dirección General de Obras de Riego y Drenaje del Ministerio de Agricultura y Ganadería, organismo que ha realizado numerosos estudios sobre posibilidades de riego y construye en la actualidad el Proyecto de Zapotitán que permitirá mejorar el cultivo de unas 6 000 hectáreas.

#### b) Potencial de irrigación

La superficie susceptible de riego en el país se ha definido con base en el mapa de uso potencial de la tierra, y de áreas regables, de acuerdo con la Dirección de Obras de Riego. En general, las áreas regables corresponden a tierras de primera (clase A en la lámina 5) apropiadas para la agricultura intensiva de cultivos anuales; adicionalmente se han incluido 23 760 hectáreas de tierras de segunda, con un total de 350 870 hectáreas de tierras susceptibles de riego desde el punto de vista del suelo. La división por grandes cuencas de dicha extensión aparece en el cuadro 11.

Cuadro 11

EL SALVADOR: DISTRIBUCION DEL AREA POTENCIALMENTE REGABLE  
POR GRANDES CUENCAS

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie regable (ha)	Porcentaje del total
<b>Total del país</b>			<b>350 870</b>	<b>100.0</b>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	28 870	8.2
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.	8 000	2.3
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	17 500	5.0
M	34-42	Chilama, Comalapa, Jiboa, etc.	27 000	7.7
J <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	44, 46 <sup>a/</sup>	Lempa y otros	195 000 <sup>b/</sup>	55.6
N	48	Grande de San Miguel	64 500 <sup>c/</sup>	18.4
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	10 000 <sup>d/</sup>	2.8
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	-	-

a/ Cuenca internacional; las cifras corresponden a El Salvador únicamente.

b/ Incluye 12 260 hectáreas de tierra de segunda clase.

c/ Incluye 9 000 hectáreas de tierra de segunda en el valle de Olomega.

d/ Incluye 2 500 hectáreas de tierra de segunda clase.

El mayor potencial de riego corresponde a la gran cuenca J<sub>2</sub> del río Lempa, donde podrían regarse unas 195 000 hectáreas o el 56 por ciento del total nacional. Sigue en orden de importancia la gran cuenca N del río Grande de San Miguel, con 64 500 hectáreas regables que equivalen al 18 por ciento del total.

c) Usos actuales

La superficie actualmente bajo riego, según informes del Comité Coordinador de Recursos Hidráulicos y algunas observaciones de campo, es de 23 560 hectáreas que equivalen al 6.7 por ciento del área total regable. En general se trata de obras de pequeña y mediana irrigación con limitada técnica de aplicación del agua, cuyo desglose por gran cuenca aparece en el cuadro 12.

El uso total actual del agua ha sido estimado en 23.6 metros cúbicos por segundo, a base de una dotación media de un litro, por segundo, por hectárea. El uso consuntivo, sin embargo, se estima en 11.6 metros cúbicos por segundo, al asumir una eficiencia del 49 por ciento para la distribución y aplicación del agua de riego. (Véase nuevamente el cuadro 12,)

d) Usos proyectados

Se elaboró una proyección de los requerimientos de tierra y agua para riego en 1980 y 1990, sobre la premisa de satisfacer la demanda interna de la población estimada del país y mantener las exportaciones actuales que salen del área centroamericana. Los requerimientos de agua de riego se estiman a base de características climáticas, tipos de cultivo, y eficiencias razonables de distribución y aplicación del agua.

Se consideró para las proyecciones únicamente la demanda de cultivos anuales con la cual, después de conocer las extensiones disponibles en el país para su producción y los rendimientos unitarios de cada cultivo bajo diferentes grados de tecnología agrícola, pudo determinarse la superficie que deberá ponerse bajo riego.



Cuadro 12

EL SALVADOR: SUPERFICIE BAJO RIEGO Y USO ACTUAL DEL AGUA, 1970

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie regada (ha)	Uso estimado del agua <sup>a/</sup> (m <sup>3</sup> /s)	
				Total	Consuntivo <sup>b/</sup>
<u>Total nacional</u>			<u>23 560</u>	<u>23.6</u>	<u>11.6</u>
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	10 430	10.4	5.1
M			<u>580</u>	0.6	0.3
	36	Huiza	150		
	40	Comalapa	350		
	42	Jiboa	80		
J <sub>2</sub> <sup>c/</sup>			<u>10 680</u>	10.7	5.3
	44	Jalponga	140		
	46 <sup>c/</sup>	Lempa	10 540		
N	48	Grande de San Miguel	1 800	1.8	0.9
O <sub>2A</sub> <sup>c/</sup>	52 <sup>c/</sup>	Goascorán	70	0.1	-

a/ Calculado a base de una dotación de 1 l/s/ha.

b/ Estimado como el 49 por ciento del uso total.

c/ Cuenca internacional; los valores corresponden a El Salvador únicamente.

f) Proyección de la demanda agrícola. La demanda interna de la producción agrícola fue estimada con base en el estudio realizado en 1969 por el Batelle Memorial Institute para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (26).

En el informe de Batelle se emplearon datos de consumo aparente del período 1962 a 1964 para determinar la demanda por habitante de una serie de cultivos importantes, que se proyectó hasta 1980 sobre la base del crecimiento demográfico, teniendo en cuenta variaciones en el consumo como resultado de variaciones en el ingreso. La demanda de 1990 fue estimada por extrapolación de las proyecciones de Batelle, suponiendo las mismas tasas de crecimiento.

En lo relativo a exportaciones se calculó el valor promedio referente al período 1967 a 1969, concluyéndose que se exportaban fuera del área unas 35 000 toneladas de algodón y unas 65 000 toneladas de azúcar de caña. Se asumió conservadoramente que para los próximos 20 años se mantendrían los mismos niveles de exportación.

Las demandas totales proyectadas para 1980 y 1990 se indican en el cuadro 13.

ii) Requerimientos de tierras para abastecer la demanda. Tomando como base la demanda de producción antes indicada, se calcularon las extensiones a cultivar en 1980 y 1990. Para ello se estimaron los rendimientos unitarios de los cultivos considerados, bajo diferentes grados de tecnología agrícola y en tierras de primera categoría, como sigue. (Véase el cuadro 14.)

1) Bajos. Valores correspondientes a los períodos 1962 a 1964 (indicados en el informe de Batelle) y 1967 a 1969, que implican en términos nacionales la falta de prácticas agrícolas modernas\* y la utilización, en parte, de tierras de segunda\*\*.

\* Excepto en el arroz y la caña de azúcar que se riegan.

\*\* Esto explica el descenso de los rendimientos unitarios del maíz entre los dos períodos.

## Cuadro 13

EL SALVADOR: DEMANDA INTERNA Y EXPORTACIONES DE CULTIVOS ANUALES,  
FUERA DEL AREA CENTROAMERICANA, ESTIMADA PARA LOS AÑOS 1980 Y 1990

(Miles de toneladas)

Cultivos	1980 <sup>a/</sup>	1990 <sup>b/</sup>
Maíz	525	790
Arroz	48	79
Frijol	57	88
Sorgo	194	312
Hortalizas	29	47
Papa	8	15
Tabaco	8	12
Algodón	47	55
Azúcar (de caña)	285	398

a/ Tomado directamente del cuadro 124 del informe de Batelle.

b/ Extrapolado con base en datos del informe de Batelle.

Cuadro 14

EL SALVADOR: RENDIMIENTOS AGRICOLAS UNITARIOS BAJO  
DIFERENTES GRADOS DE TECNOLOGIA

(Kilogramos por hectárea)

Cultivos	Bajos		Intermedio <sup>c/</sup>	Alto <sup>d/</sup>
	1962-64 <sup>a/</sup>	1967-69 <sup>b/</sup>		
Mafz	1 550	1 270	3 200	6 600
Arroz	1 507	3 170	2 600	5 200
Frijol	550	700	1 400	3 000
Maicillo	1 100	1 090	1 500	3 000
Hortalizas <sup>e/</sup>	...	...	12 500	25 000
Papa	...	...	10 000	20 000
Tabaco	1 350	...	1 500	3 000
Algodón	765	840	1 000	1 500
Azúcar (de caña)	9 100	13 760	15 000	20 000

a/ Valores tomados del cuadro 125, informe de Batelle Memorial Institute.

b/ Valores obtenidos durante el período, según el MAG.

c/ Rendimientos correspondientes a agricultura tecnificada en tierras de primera clase durante la estación lluviosa solamente,

d/ Rendimientos correspondientes a agricultura tecnificada en tierras de primera más riego todo el año, lo cual en la mayoría de los casos resulta en doble cosecha.

e/ Tomando el tomate como valor promedio.

(2) Intermedios.

2) Intermedios. Aquéllos que se obtendrían en tierras de primera, aptas para cultivo intensivo, mediante el empleo de técnicas agrícolas modernas (uso de semilla mejorada, fertilizantes y pesticidas, drenaje) durante la estación lluviosa.

3) Altos. Rendimientos equivalentes que se obtendrían en tierras de primera, durante todo el año, como resultado del empleo de prácticas agrícolas modernas incluyendo riego suplementario. El resultado sería en la mayoría de los casos una doble cosecha.

Los rendimientos intermedios y altos fueron adoptados tras un cuidadoso estudio de los valores señalados en varios informes de consultores (9) (27) (28) (29), para proyectos nacionales, y de una comparación con los valores prevaecientes en otros países de tecnología agrícola avanzada. (30)

Para la proyección de 1980 se supuso que en las tierras de primera se alcanzaría un grado de tecnología que permitiría obtener rendimientos idénticos a los intermedios antes señalados. La extensión requerida sería entonces de 426 000 hectáreas, mayor de las 346 000 hectáreas de tierra de primera disponibles en el país\*, razón por la que se precisaría regar para abastecer la demanda.

Para estimar la extensión a regar se consideraron los cultivos de mayor atractivo económico para el riego, sobre la base de precios, costos y rendimientos unitarios, señalándose la mayor prioridad, en orden de importancia, al arroz, hortalizas y la caña de azúcar, seguidos del maíz y el maicillo, éstos últimos no sólo por sus rendimientos económicos sino también por sus altos requerimientos de extensión a cultivar. Luego, mediante un proceso de aproximaciones sucesivas se estimó que en 1980 sería necesario regar el 50 por ciento de los cultivos de mayor prioridad y el 30 por ciento de los otros, lo cual resulta en un total de 81 600 hectáreas. (Véase el cuadro 15.)

---

\* Excluye las 5 000 hectáreas que se inundarán con el proyecto hidroeléctrico Silencio.

Cuadro 15

## EL SALVADOR: EXTENSIONES A CULTIVARSE Y REGARSE EN 1980 Y 1990

Cultivo	1980			1990		
	Demanda (miles de toneladas)	Extensión a cultivar (miles de hectáreas) Total	Extensión a cultivar (miles de hectáreas) Regada	Demanda (miles de toneladas)	Extensión a cultivar (miles de hectáreas) Total	Extensión a cultivar (miles de hectáreas) Regada
<u>Total</u>		<u>346</u>	<u>81.6</u>		<u>348</u>	<u>308</u>
Maíz	525	125	37.5	790	128	115
Arroz	48	12	6.2	79	16	14
Frijol	57	41	-	88	30	27
Maicillo	194	97	29.1	312	108	97
Hortalizas	29	2	0.8	47	2	2
Papa	8	1	-	15	1	1
Tabaco	8	5	-	12	4	3
Algodón	47	47	-	55	39	31
Azúcar (de caña)	285	16	8.0	398	20	18

/Para 1990

Para 1990 la situación se tornaría crítica ya que de contarse sólo con rendimientos intermedios se requeriría cultivar prácticamente el doble de las tierras disponibles. Mediante el mismo procedimiento de aproximaciones sucesivas se determinó la necesidad de regar el 90 por ciento de los cultivos de maíz, arroz, frijol, maicillo, hortalizas, papa y caña de azúcar, y el 80 por ciento de los de algodón y tabaco; ello resulta en la necesidad de poner bajo riego unas 308 000 hectáreas para abastecer la demanda. (Véase nuevamente el cuadro 15.)

Las proyecciones y estimaciones anteriores suponen incrementos en el área regada de unas 58 000 hectáreas en la década 1970 a 1980 y de 226 000 hectáreas en la década 1980 a 1990. La meta de 1980 concuerda con los planes actuales de la Dirección General de Obras de Riego y Drenaje del Ministerio de Agricultura; sin embargo, la de 1990 supone un esfuerzo enorme porque implicaría poner bajo riego el 88 por ciento del área total regable a razón de 22 600 hectáreas por año, en promedio. Cabe insistir en que las proyecciones realizadas suponen autoabastecimiento de la demanda interna y mantenimiento del nivel actual de exportaciones fuera del área; en el caso de que no se alcanzasen las metas de riego antes indicadas o los rendimientos unitarios señalados para los cultivos, el país tendría que importar dichos productos, sustituirlos por otros que requirieran una extensión cultivada menor o reducir las exportaciones. Evidentemente, la posibilidad de especializar la agricultura para que produjera artículos de alto rendimiento económico, a calidad y precios competitivos en el mercado mundial o regional, permitiría la importación de alimentos para atender la demanda interna y ello modificaría las proyecciones anteriores.

iii) Requerimientos de agua para riego. Con base en las características de clima y suelo, una eficiencia supuesta del 49 por ciento para distribución y aplicación del agua, la experiencia obtenida en proyectos nacionales, centroamericanos y mexicanos, y regantes moderadamente eficientes en la aplicación del agua, se adoptaron las siguientes dotaciones brutas de agua:

Hortalizas, caña y arroz:	1.2 l/s/ha*
Todos los demás cultivos:	1.0 l/s/ha

\* 1/s/ha= litros por segundo por hectárea.

La distribución de las extensiones a regar en 1980, dentro de las grandes cuencas, se basó en el programa de trabajo de la Dirección de Obras de Riego, con los resultados siguientes:

- a) Riego de 7 400 hectáreas del sistema Ahuachapán-Santa Ana;
- b) Mejora de 10 430 hectáreas regadas en el sistema Sonsonate-Banderas y ampliación del área total regada hasta 13 000 hectáreas;
- c) Mejoramiento del riego en 2 230 hectáreas del valle de Zapotitán y riego de 2 200 hectáreas adicionales;
- d) Implantación del riego en 8 000 hectáreas del Bajo Lempa;
- e) Riego de 12 000 hectáreas en obras pequeñas y medianas (META);
- f) Riego de 10 000 hectáreas con agua subterránea en el proyecto Usulután-Vado Marín;
- g) Riego de 8 000 hectáreas del sistema San Miguel-San Esteban, y
- h) Riego de 9 000 hectáreas en el proyecto Olomega.

Con ello se regarían en 1980 las 81 600 hectáreas indicadas en el cuadro 15, que incluyen las áreas actualmente bajo riego.

La utilización total de agua en 1980, de acuerdo con el cuadro 16, sería de 84 metros cúbicos por segundo; al descontar los retornos estimados en un 51 por ciento, el uso consuntivo resulta de  $41.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . La gran cuenca  $J_2$  del río Lempa utilizaría  $33 \text{ m}^3/\text{s}$ , y la del río Grande de San Miguel,  $29 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cabe señalar que los proyectos de riego a poner en marcha hasta 1980 suponen utilizar repetidamente los caudales de estiaje, y el empleo amplio del agua subterránea.

Para cubrir las 226 000 hectáreas adicionales que deben regarse en la década 1980 a 1990 se optó por llegar al 80 por ciento del área regable en las cuencas  $I_2$  (río Paz) y  $O_1$  (ríos Sirama, etc.) y al 90 por ciento en las restantes, alcanzándose así el total de 308 000 hectáreas requeridas para abastecer la demanda. (Véase el cuadro 16.)

La utilización total del agua para riego en 1990 habrá de ser de 314 metros cúbicos por segundo, y el consumo real de  $154 \text{ m}^3/\text{s}$ , al descontar los retornos. La gran cuenca  $J_2$  del río Lempa será la mayor usuaria, siguiéndole la N del río Grande de San Miguel. (Véase nuevamente el cuadro 16.)



Cuadro 16

## EL SALVADOR: REQUERIMIENTOS DE TIERRA Y AGUA PARA RIEGO, PROYECTADOS PARA 1980 Y 1990

Gran cuenca	Cuenca	Río	1980			1990		
			Superficie a regar (miles de hectáreas)	Agua requerida (m <sup>3</sup> /s)		Superficie a regar (miles de hectáreas)	Agua requerida (m <sup>3</sup> /s)	
				Total <sup>a/</sup>	Consuntiva <sup>b/</sup>		Total <sup>c/</sup>	Consuntiva <sup>b/</sup>
<u>Total nacional</u>			<u>81.6</u>	<u>84.0</u>	<u>41.2</u>	<u>308.0</u>	<u>313.9</u>	<u>153.9</u>
I <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	20 <sup>d/</sup>	Paz	7.4	7.6	3.7	23.2	23.6	11.6
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.				7.2	7.3	3.6
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	13.0	13.4	6.6	15.0	15.3	7.5
M	34-42	Chilama, Jiboa, etc.	0.6	0.6	0.3	24.0	24.5	12.0
J <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	44, 46 <sup>d/</sup>	Jalponga, Lempa	32.3	33.3	16.3	172.6	176.0	86.3
N	48	Grande de San Miguel	28.3	29.1	14.3	58.0	59.0	28.9
O <sub>1</sub>	50	Sirama				8.0	8.2	4.0
O <sub>2A</sub> <sup>d/</sup>	52 <sup>d/</sup>	Goascorán						

a/ Estimado a razón de 1.03 l/s/ha.

b/ Estimado como el 49 por ciento del uso total.

c/ Estimado a razón de 1.02 l/s/ha.

d/ Cuenca internacional; los valores corresponden a El Salvador únicamente.

Para alcanzar las metas de 1990 se necesitará además del uso total y efectivo de los caudales de estiaje y de sus retornos, y del empleo en gran escala del agua subterránea, la construcción de embalses reguladores de caudal.

iv) Retornos contaminados. Los retornos del agua de riego vuelven a los cuerpos de agua acompañados de los excedentes de sales, fertilizantes y pesticidas, recogidos en las parcelas agrícolas. La concentración de ciertos elementos en el agua puede ser nociva para la salud humana y animal, por lo cual es necesario controlar el grado de contaminación de los retornos.

Los retornos nacionales del sector riego se calcula que serán en 1980 de unos 43 metros cúbicos por segundo, y en 1990, de 160 m<sup>3</sup>/s. Resulta imposible predecir el grado de contaminación de estos retornos pero, dada la magnitud de los caudales, habría que prestarles especial atención para evitar o prevenir situaciones indeseables.

## 2. Abastecimiento de agua y desagües

La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) tiene a su cargo todas las funciones relacionadas con el abastecimiento de agua y los desagües del país. La División de Saneamiento Ambiental de la Dirección General de Salud colabora en la introducción de sistemas de agua en el ámbito rural.

Los sistemas actuales de abastecimiento de agua benefician a casi el 100 por ciento de la población urbana, encontrándose servido con conexiones domiciliarias el 76 por ciento de la población; en el área rural, menos del 25 por ciento de la población está beneficiado con sistemas de acueducto. Los sistemas de alcantarillado benefician a más del 60 por ciento de la población urbana, y a menos del medio por ciento de la población rural.

No existen en el país plantas en operación para el tratamiento de aguas residuales, salvo casos aislados de industrias que dan tratamiento primario a sus efluentes, lo cual resulta en la contaminación de los cuerpos de agua en que descargan los sistemas de alcantarillado.

a) Usos actuales del agua

Para calcular la utilización actual del agua por este sector se efectuaron estimaciones de población para cada gran cuenca con base en los distritos y cantones en ella comprendidos; estas cifras de población aparecen en el cuadro 17. Para calcular los requerimientos de agua se asumieron las siguientes dotaciones por habitante: a) 150 litros por día en todas las zonas urbanas, excepto para 525 000 habitantes de la zona metropolitana a los que asignó 275 litros diarios\*; b) en zonas rurales, 60 litros por día para el 25 por ciento de la población, y 10 litros diarios para el resto de la población generalmente dispersa.

La utilización estimada sobre esas bases se indica en el cuadro 18, donde se señala la utilización total y el consumo real. A este efecto, se supuso que los retornos a los cuerpos de agua superficial y subterránea serían del 75 por ciento de la demanda en los sistemas urbanos, y del 50 por ciento de la demanda en zonas rurales. Los resultados muestran una utilización total de 3.8 metros cúbicos por segundo para todo el país; la utilización consuntiva se calculó en  $1.06 \text{ m}^3/\text{s}$ . La gran cuenca de mayor utilización es actualmente la  $J_2$  del río Lempa, con cifras totales y consuntivas de 3.0 y 0.8 metros cúbicos por segundo, respectivamente; este alto uso, que representa casi el 80 por ciento del total nacional, se debe a la utilización del agua en San Salvador, Santa Ana, Chalatenango, San Vicente y otras ciudades de importancia.

b) Usos proyectados

Para calcular la utilización del agua en 1980 y 1990 se efectuaron proyecciones de población por grandes cuencas, tomando en cuenta el crecimiento histórico de los cantones ubicados en ellas. Las cifras así estimadas aparecen también en el cuadro 17.

Las recuperaciones o retornos del agua servida fueron supuestos de igual magnitud que para el caso de 1970. Las dotaciones por habitante (en litros por día) asumidas para cada caso fueron las siguientes:

\* Estas dotaciones urbanas incluyen usos domésticos, públicos e industriales.

Cuadro 17

## EL SALVADOR: ESTIMACIONES DE POBLACION PARA 1970, 1980 Y 1990

(Miles de habitantes)

Gran cuenca	Cuenca	Río	1970			1980			1990		
			Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
<b>Total del país</b>			<b>3 393.5</b>	<b>1 460.8</b>	<b>1 932.7</b>	<b>4 739.2</b>	<b>2 218.0</b>	<b>2 521.2</b>	<b>6 660.7</b>	<b>3 367.6</b>	<b>3 293.1</b>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	163.2	57.2	106.0	238.0	89.1	148.9	348.0	139.0	209.0
K	22 - 28	Cara Sucia, Rosario, etc.	55.2	8.5	46.7	78.3	13.3	65.0	111.2	20.8	90.4
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	199.9	68.2	131.7	290.3	106.2	184.1	422.6	165.6	257.0
M	34 - 42	Chilama, Huiza, Jiboa, etc.	267.4	95.0	172.4	389.7	147.8	241.9	567.0	229.0	338.0
J <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	44, 46 <sup>a/</sup>	Jalponga, Lempa	2 340.3	1 115.0	1 225.3	3 207.6	1 679.6	1 528.0	4 430.0	2 530.0	1 900.0
N	48	Grande de San Miguel	181.9	67.0	114.9	265.7	104.2	161.5	388.3	161.8	226.5
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	87.3	31.6	55.7	127.6	49.3	78.3	187.6	77.0	110.6
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	98.3	18.3	80.0	142.0	28.5	113.5	266.0	44.4	161.6

<sup>a/</sup> Cuenca internacional; los valores se refieren a El Salvador únicamente.

	1980	1990
<u>Zonas urbanas</u>		
Zona metropolitana <sup>a/</sup>	350	350
Otras zonas urbanas	150	150
<u>Zonas rurales</u>		
50 por ciento de la población <sup>b/</sup>	70	70
50 por ciento de la población <sup>b/</sup>	10	10

a/ Para 900 000 habitantes en 1980 y para 1 540 000 en 1990.

b/ Se refiere a población dispersa que se abastece local localmente.

Así, la demanda total y consuntiva para 1980, cuyo desglose por grandes cuencas aparece en el cuadro 18, sería de 7.1 y 2.0 metros cúbicos por segundo en todo el país. En la gran cuenca del río Lempa, que será la de mayor consumo, las cifras respectivas serían de 5.7 y 1.6 m<sup>3</sup>/s.

Para 1990 la demanda nacional total se estima que será de 10.9 metros cúbicos por segundo, y la utilización consuntiva de 3.1 m<sup>3</sup>/s. En la gran cuenca del río Lempa, las cifras respectivas serían 8.8 y 2.4 metros cúbicos por segundo. (Véase nuevamente el cuadro 18.)

### c) Contaminación del agua

1) Conceptos generales. Las dotaciones originales de agua luego de ser disminuidas por utilización consuntiva, retornan a los cuerpos de agua acompañadas de un deterioro de su calidad que se debe a la recepción de desechos humanos e industriales. Los retornos urbanos contaminan directamente los cuerpos de agua superficial a los que desaguan mediante sistemas de alcantarillado; en el ámbito rural, la existencia de fosas sépticas para recibir los desechos da por resultado una contaminación del agua subterránea somera.

Al mezclarse las aguas residuales con la de los ríos, si el caudal de éstos es lo suficientemente amplio puede producirse una dilución natural de los desechos al alcanzar la mezcla un nivel mínimo de calidad. Este nivel

Cuadro 18

EL SALVADOR: REQUERIMIENTOS ESTIMADOS PARA ABASTECER NECESIDADES  
DOMESTICAS E INDUSTRIALES EN 1970, 1980 Y 1990

(Metros cúbicos por segundo)

Gran cuenca	Cuenca	Río	1970		1980		1990	
			Total	Consuntivo	Total	Consuntivo	Total	Consuntivo
<b>Total nacional</b>			<u>3.80</u>	<u>1.06</u>	<u>7.11</u>	<u>2.04</u>	<u>10.94</u>	<u>3.13</u>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	0.13	0.04	0.22	0.07	0.34	0.11
K	22 - 28	Cara Sucia, Rosario, etc.	0.03	0.01	0.05	0.02	0.08	0.03
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	0.14	0.04	0.27	0.09	0.41	0.13
M	34 - 42	Chilama, Huiza, Jiboa, etc.	0.21	0.06	0.37	0.12	0.55	0.18
J <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	44, 46 <sup>a/</sup>	Jalponga y Lempa	3.02	0.83	5.72	1.58	8.84	2.44
N	48	Grande San Miguel	0.15	0.04	0.26	0.08	0.39	0.12
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	0.07	0.02	0.12	0.04	0.18	0.06
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	0.05	0.02	0.10	0.04	0.15	0.06

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a El Salvador únicamente.

ocurre cuando la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua permite la subsistencia de los peces y no ocurren olores o sabores dañinos para la población; usualmente esta demanda bioquímica de oxígeno se estima en 4.5 ppm, aun cuando el contenido de bacilos coliformes pueda ser lo bastante alto para impedir el consumo doméstico del agua (31). Los caudales requeridos para que ocurra la dilución natural de los retornos contaminados pueden estimarse mediante un balance de oxígeno en el agua.

ii) Requerimientos para dilución natural. El análisis efectuado se limitó a los retornos urbanos por ser los rurales de limitada magnitud y producirse en forma dispersa, y se basa en las siguientes estimaciones. La cantidad de oxígeno disuelto en aguas no contaminadas de los ríos del país se estimó en 8.5 ppm sobre la base de una temperatura media de 24°C y una elevación media de 480 metros sobre el nivel del mar; los retornos urbanos del país, que actualmente llegan a 2.46 metros cúbicos por segundo o 147 litros diarios por habitante, vienen acompañados de unos 45 gramos de desechos por habitante, lo cual implica una demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales de 300 ppm.

El balance de oxígeno para esas condiciones indica que actualmente se requiere un total de 184.5 metros cúbicos por segundo para que ocurra la dilución natural de desechos en todo el país. Para 1980 y 1990 se requerirán caudales nacionales respectivos de 313 y 432 metros cúbicos por segundo. El cuadro 19 incluye las cifras correspondientes a las grandes cuencas.

Particular mención merece la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa que ocupa más del 80 por ciento de los caudales nacionales requeridos, debido evidentemente a la mayor concentración urbana. Esta situación es más notable en la capital cuyos retornos desaguan en uno de los afluentes del Lempa y dan origen al bien conocido problema de contaminación por la inexistencia de tratamiento.

Quadro 19

EL SALVADOR: RETORNOS URBANOS CONTAMINADOS Y CAUDALES REQUERIDOS PARA DILUCION NATURAL, 1970 A 1990  
(Metros cúbicos por segundo)

Gran Cuenca	Cuenca	Río	1970		1980		1990	
			Retorno urbano	Requerimiento dilución a/	Retorno urbano	Requerimiento dilución b/	Retorno urbano	Requerimiento dilución c/
<u>Total nacional</u>			<u>2.46</u>	<u>184.5</u>	<u>4.46</u>	<u>312.7</u>	<u>7.20</u>	<u>432.0</u>
I <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	20 <sup>d/</sup>	Paz	0.07	5.2	0.12	8.4	0.18	10.8
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.	0.01	0.7	0.02	1.4	0.03	1.8
L	30,32	Sonsonate, Banderas	0.08	6.0	0.14	9.8	0.22	13.2
M	34-42	Chilama, Jiboa, etc.	0.12	9.0	0.19	13.3	0.30	18.0
J <sub>2</sub> <sup>d/</sup>	44,46 <sup>d/</sup>	Jalponga y Lempa	2.03	152.3	3.75	263.0	6.10	366.0
N	48	Grande de San Miguel	0.09	6.8	0.14	9.8	0.21	12.6
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	0.04	3.0	0.06	4.2	0.10	6.0
O <sub>2A</sub> <sup>d/</sup>	52 <sup>d/</sup>	Goascorán	0.02	1.5	0.04	2.8	0.06	3.6

a/ A base de una razón de dilución de 75 a 1.

b/ A base de una razón de dilución de 70 a 1.

c/ A base de una razón de dilución de 60 a 1.

d/ Cuenca internacional; las cifras se refieren a El Salvador únicamente.



### 3. Hidroelectricidad

#### a) Antecedentes

La principal empresa productora de energía es la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), organismo autónomo que tiene a su cargo la electrificación del país. Empresas privadas se dedican también al servicio público. En 1970 la CEL generó 524 GWh, 91 por ciento de la generación total del país, produciendo el resto las centrales privadas aludidas.

Durante los últimos años, los requerimientos de generación y potencia en el país variaron de la manera siguiente: (32)

	<u>1960</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>
Energía, GWh	241	445	765
Demanda máxima, MW	55	91	149

Las tasas de crecimiento de estos requerimientos son de 12.8 y 10.2 por ciento anual para la energía y la potencia, respectivamente. La tasa para la generación es superior al promedio centroamericano (11.9 por ciento), y la de potencia es ligeramente inferior al promedio del área (10.4 por ciento).

La preponderancia de la hidroelectricidad puede ilustrarse mediante la comparación de las cifras estimadas para 1970, año durante el cual, de un total de 630 Gigavatios-hora generados, 497 fueron originados en plantas hidroeléctricas (79 por ciento del total); la potencia total instalada era de 188 Megavatios, de los cuales 109 correspondieron a plantas hidráulicas y el resto a plantas térmicas. (33)

#### b) Potencial hidroeléctrico

Se efectuó una evaluación del potencial hidroeléctrico teórico del país, dividido en sus grandes cuencas, con base en los valores de caudales superficiales obtenidos en el capítulo anterior y en las elevaciones medias de las cuencas consideradas, obtenidas éstas mediante planimetrado de áreas

entre curvas sucesivas de nivel del mapa topográfico del país, cuya reducción y generalización aparece en la lámina 4. También se estimó en forma provisional el potencial hidroeléctrico práctico, como una fracción del potencial teórico.

Para el cálculo del potencial teórico se empleó la siguiente fórmula:

$$E_t = QH/367$$

en donde  $E_t$  es la energía teórica disponible, en Gigavatios-hora; Q es el volumen anual escurrido, en millones de metros cúbicos; y H es la elevación media de la cuenca, en metros sobre el nivel medio del mar.

Se calcularon valores del potencial teórico empleando los valores de caudales medios y de caudales excedidos el 95 por ciento del tiempo, descritos en el capítulo anterior; los primeros podrían considerarse como representativos de la energía disponible en cuencas con amplias facilidades de regulación que permitan aprovechar la totalidad de los caudales, y los segundos representativos de la potencia firme en las centrales a filo de agua.

De acuerdo con las estimaciones realizadas, cuyos resultados aparecen en el cuadro 20, el potencial hidroeléctrico teórico del país sería de 25 500 Gigavatios-hora. El potencial referente al caudal 95 por ciento sería de 3 960 Gigavatios-hora solamente.

Para la estimación del potencial práctico se hizo uso de coeficientes empíricos derivados de la experiencia de algunos países europeos (34). Se supuso que el potencial práctico equivale a un 20 por ciento del potencial teórico generado con los caudales originados en el país, y a un 35 por ciento del generado con caudales procedentes de países vecinos, en el caso de la cuenca del río Lempa. El potencial así calculado alcanza cifras de 6 430 GWh si se utilizan los caudales medios y de 800 GWh para el caso de caudales de estiaje. La potencia práctica media estimada para el país es entonces de unos 734 Megavatios, y se dispone de una potencia media unitaria de 36.6 kilovatios por kilómetro cuadrado de superficie (asumiendo 8 760 horas anuales de utilización de las centrales). (Véase nuevamente el cuadro 19.)

Cuadro 20

EL SALVADOR: EVALUACION PRELIMINAR DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO TEORICO Y PRACTICO

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Superficie (miles de km <sup>2</sup> )	Caudales disponibles.		Elevación media (m)	Energía teórica TWh <sup>a/</sup>		Energía práctica, GWh <sup>b/</sup>		Potencia práctica, Mw <sup>c/</sup>		Potencia media unitaria (kW/km <sup>2</sup> )
				Año medio (miles de millones de m <sup>3</sup> )	95 por ciento (m <sup>3</sup> /s)		Media	95 por ciento	Media	95 por ciento	Media	95 por ciento	
<u>Total del país</u>			<u>20.00</u>	<u>18.98</u>	<u>87</u>	<u>481</u>	<u>26.51</u>	<u>3.96</u>	<u>6 430</u>	<u>800</u>	<u>733.5</u>	<u>91.0</u>	<u>36.7</u>
<u>J<sub>2</sub><sup>d/</sup></u>	<u>20<sup>e/</sup></u>	Paz	1.05	0.80	9	746	1.63	0.57	330	110	37.5	12.5	36.7
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, San Pedro, etc.	0.76	0.39	1	343	0.37	0.03	70	10	8.0	1.1	10.5
L	30, 32	Sensunapán, Banderas	1.61	0.89	3	490	1.19	0.13	240	30	27.4	3.4	17.0
M	34-42	Chilama, Comalapa, Jiboa, etc.	1.38	1.28	6	383	1.34	0.20	270	40	30.7	4.5	22.2
J <sub>2</sub>	44, 46	Lempa Originado en el país Originado fuera del país	10.58	12.90 8.04 4.86 <sup>e/</sup>	55	560	19.70 12.30 7.40	2.65	5 060 2 460 2 600	530	577.6	60.4	55.4
N	48	Grande de San Miguel	2.36	1.79	11	347	1.69	0.33	340	70	38.7	8.0	16.4
O <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	1.07	0.39	-	181	0.19	-	40	-	4.5	-	4.2
O <sub>2A</sub> <sup>e/</sup>	52 <sup>e/</sup>	Goascorán	1.19	0.54	2	268	0.40	0.05	80	10	9.1	1.1	7.6

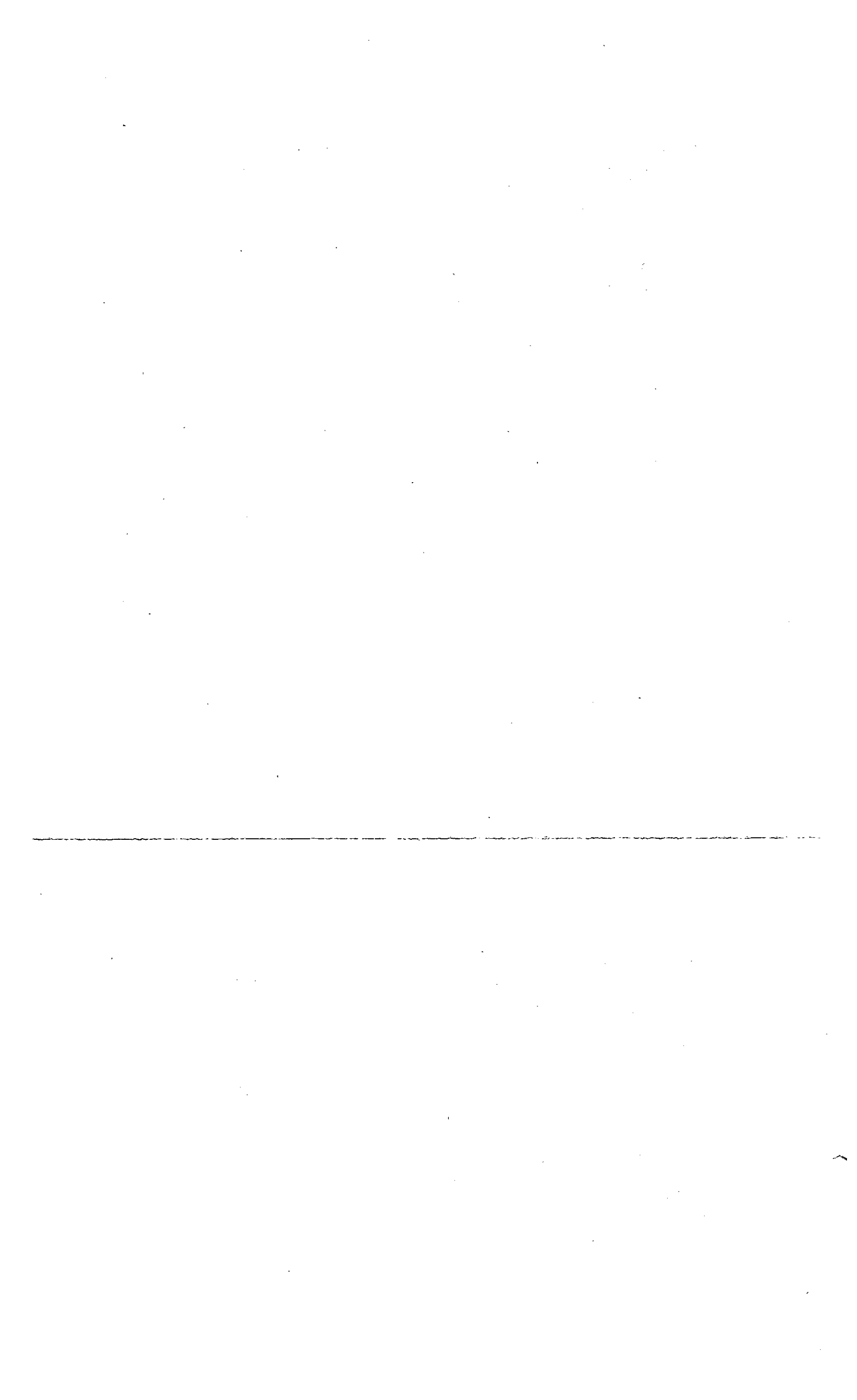
a/ Estimada con base en la fórmula  $E_t = QH/367$ .

b/ Estimada como el 20 por ciento de la energía teórica originada en el país, y como el 35 por ciento de la originada fuera del país (gran cuenca J<sub>2</sub>).

c/ Equivale a la energía dividida entre 8 760 horas.

d/ Cuenca Internacional; las cifras se refieren a El Salvador únicamente.

e/ Incluye caudales originados en Guatemala y Honduras.



En términos de grandes cuencas, la de mayor potencial práctico medio, absoluto y unitario, es la  $J_2$  del río Lempa, con cifras respectivas de 578 MW y  $55.4 \text{ kW/km}^2$ . En valores absolutos le siguen la N (río Grande de San Miguel) con 38.7 MW y la  $I_2$  (río Paz) con 37.5 MW; en valores unitarios sigue la N del río Paz con  $36.7 \text{ kW/km}^2$ . En potencial práctico con caudales de estiaje predomina también la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa con 60.4 MW, siguiéndole la  $I_2$  del río Paz con 12.5 MW y la N del río Grande de San Miguel con 8 MW.

En términos de potencial absoluto, El Salvador ocupa el último lugar entre los países del área centroamericana; en relación con el potencial unitario, resulta superado por Costa Rica y Panamá.

#### c) Usos actuales

Se ha efectuado una estimación de la utilización del agua por las centrales hidroeléctricas existentes en el país con base en las características propias de cada central, que aparecen en el cuadro 21.

Los volúmenes de agua utilizados para la generación de cada central se calcularon a base de la siguiente ecuación:

$$Q = 450 E/H$$

en donde Q es el volumen requerido anualmente, en millones de metros cúbicos; E es la energía total generada, en Gigavatios-hora; y H es la carga de la central, en metros. En el caso de algunas centrales pequeñas sobre las que no se tenía información suficiente, la generación se aproximó al suponer una utilización de la capacidad instalada en 4 380 horas (50 por ciento del tiempo).

Los valores así estimados se muestran en el cuadro 22, donde puede observarse que la utilización total del agua para generación hidroeléctrica en 1969 fue de 142 metros cúbicos por segundo para todo el país; de ello, 137 metros cúbicos por segundo, o más del 95 por ciento, fueron utilizados en la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa. Al tener en cuenta el uso repetitivo del agua de los proyectos que se encuentran "en cascada" en el río Lempa, las cifras anteriores se reducen a 120 metros cúbicos por segundo para todo el país; de los cuales, 116 metros cúbicos por segundo corresponden a la cuenca del Lempa ( $J_2$ ).

## EL SALVADOR: CARACTERISTICAS DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EXISTENTES Y FUTURAS

Gran cuenca	Cuenca	Río	Central o proyecto	1970			1980			1990		
				Potencia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)
<b>Total nacional</b>				<u>102.3<sup>a/</sup></u>	<u>507.7<sup>a/</sup></u>		<u>291.3</u>	<u>1 155.7</u>		<u>831.3</u>	<u>2 975.7</u>	
I <sub>2</sub>	20	El Molino	Atehueca	0.1 <sup>b/</sup>	0.4 <sup>c/</sup>	60	0.1	0.4	60	0.1	0.4	60
L				<u>2.4</u>	<u>10.2</u>		<u>2.4</u>	<u>10.2</u>		<u>2.4</u>	<u>10.2</u>	
	32	Sonsonate	Sonsonate	0.1 <sup>b/</sup>	0.4 <sup>c/</sup>	16						
	32	Sonsonate	Bululú	0.4 <sup>b/</sup>	1.6 <sup>c/</sup>	22						
	32	Sonsonate	Cucumacayán	1.4 <sup>b/</sup>	6.0 <sup>c/</sup>	86						
	32	Sonsonate	La Calera	0.3 <sup>b/</sup>	1.2 <sup>c/</sup>	36						
	32	Sonsonate	Santa Emilia	0.2 <sup>b/</sup>	1.0 <sup>c/</sup>	12						
J <sub>2</sub>				<u>99.6</u>	<u>496.4</u>		<u>288.6</u>	<u>1 144.4</u>		<u>823.6</u>	<u>2 964.4</u>	
	46	Güija	Guajoyo	15.0	51.0	48						
	46	Suquiapa	Cutumay	0.2 <sup>b/</sup>	0.7 <sup>c/</sup>	22						
	46	Suquiapa	San Luis-1	0.4 <sup>b/</sup>	1.6 <sup>c/</sup>	26						
	46	Suquiapa	San Luis-2	0.5 <sup>b/</sup>	2.4 <sup>c/</sup>	26						
	46	Sucio	Quezaltepeque	1.5 <sup>b/</sup>	6.7 <sup>c/</sup>	28						
	46	Lempa	5 de Noviembre	82.0	434.0	54	82	520	54	82	541	54
	46	Lempa	Silencio				189	562	48			
	46	Lempa	Paso del Oso							140	299	70
	46	Lempa	El Tigre							400	1 500	77
N	48	San Esteban	Santa Julia	0.2 <sup>b/</sup>	0.7 <sup>c/</sup>	32	0.2	0.7		0.2	0.7	

a/ Existe una diferencia de 24 GWh y 7 MW con las cifras nacionales indicadas en el texto, debido a las aproximaciones indicadas en b/ y c/.

b/ Estimado como 0.8 kV.

c/ Calculado como 4 380 kW.

Cuadro 22

## EL SALVADOR: UTILIZACION ACTUAL Y FUTURA DEL AGUA PARA GENERACION HIDROELECTRICA

Gran cuenca	Cuenca	Río	Proyecto	Requerimiento (m <sup>3</sup> /s)					
				Hasta 1970		1980		1990	
				Total	No repetitivo	Total	No repetitivo	Total	No repetitivo
<b>Total del país</b>				<b>141.5</b>	<b>117.3</b>	<b>323.3</b>	<b>160.2</b>	<b>664.1</b>	<b>280.6</b>
I <sub>2</sub>	29	El Molino	Atehuecía	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
L				<u>4.1</u>	<u>1.2<sup>a/</sup></u>	<u>4.1</u>	<u>1.2</u>	<u>4.1</u>	<u>1.2</u>
	32	Sonsonate	Sonsonate	0.3					
	32	Sonsonate	Bululú	1.1					
	32	Sonsonate	Cucumacayán	1.0					
	32	Sonsonate	La Calera	0.5					
	32	Sonsonate	Santa Emilia	1.2					
J <sub>2</sub>				<u>137.0</u>	<u>115.7<sup>b/</sup></u>	<u>318.8</u>	<u>158.6<sup>c/</sup></u>	<u>659.6</u>	<u>279.0<sup>d/</sup></u>
	46	Glijja	Guajoyo	15.2					
	46	Suquiapa	Cutumay	0.5					
	46	Suquiapa	San Luis - 1	0.9					
	46	Suquiapa	San Luis - 2	1.3					
	46	Sucio	Quezaltepeque	3.4					
	46	Lempa	5 Noviembre	115.7		138.9		142.7	
	46	Lempa	Silencio			158.6			
	46	Lempa	Paso del Oso					58.0	
	46	Lempa	El Tigre					279.0	
N				0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	48	San Esteban	Santa Julia	0.3					

a/ Proyectos en cascada sobre el mismo río; domina Santa Emilia.

b/ Proyectos en cascada sobre el Lempa; domina 5 de Noviembre.

c/ Proyectos en cascada sobre el Lempa; domina Silencio.

d/ Proyectos en cascada sobre el Lempa; domina El Tigre.

d) Usos proyectados

Los requerimientos del sistema de la CEL para los próximos años se detallan a continuación:

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Generación, GWh	1 255	2 020	3 254	5 242
Demanda máxima, MW	244	394	634	1 022

Las cifras correspondientes al período 1975-85 han sido adaptadas de las cifras incluidas en el informe sobre posibilidades de interconexión (32) y las incluidas para el año 1990 han sido estimadas al suponer las mismas tasas de crecimiento que para el período 1975 a 1985.

Para atender a esos requerimientos, que son representativos de la demanda nacional total, la CEL ha programado la puesta en marcha de una serie de proyectos que serán descritos en los párrafos siguientes (32) y cuyas características principales se incluyen también en el cuadro 21.

Cabe señalar que en las proyecciones efectuadas no se ha considerado la posibilidad de emplear energía geotérmica por no haber sido concluidos los estudios al respecto.

1) Entre 1970 y 1980. Se instalará la tercera unidad de vapor en Acajutla (66 MW y 462 GWh) y se construirá el proyecto hidroeléctrico Silencio (189 MW y 562 GWh) sobre el río Lempa,\* en sus tres etapas, con lo cual la generación anual en la planta hidroeléctrica 5 de Noviembre aumentará a 520 GWh. La potencia nacional total instalada será de 439 MW y la energía disponible de 2 134 GWh, con lo cual se cubrirá adecuadamente la demanda proyectada para la década.

Como puede observarse en el cuadro 22, en 1980 se estará utilizando un caudal total de 323 metros cúbicos por segundo en todo el país, más del 98 por ciento del cual ocurrirá en la gran cuenca J<sub>2</sub> del río Lempa. El incremento en la utilización total del agua, con respecto a 1970, será de un 130 por ciento. Al descontar los usos repetidos del agua por proyectos en cascada sobre un mismo río, la utilización resulta ser de 160 metros cúbicos por segundo, que representa un incremento de sólo un 37 por ciento sobre la cifra de 1970.

\* El embalse de este proyecto permitirá controlar mejor las crecidas e inundaciones en el Bajo Lempa y se estima que incrementará el caudal de estiaje del río en 16 metros cúbicos por segundo.



ii) Entre 1980 y 1990. Para satisfacer la demanda proyectada de 1990 se instalarían tres unidades de vapor en Acajutla (cada una de 66 MW y 464 GWh), y se construirían los proyectos hidroeléctricos de Paso del Oso (140 MW y 229 GWh) y El Tigre (400 MW y 1 500 GWh)\*. Además, como resultado de la construcción de Paso del Oso, la generación en la planta 5 de Noviembre aumentaría en 21 GWh. Todos estos proyectos hidroeléctricos están ubicados en la gran cuenca J<sub>2</sub>. La capacidad instalada sería entonces de 1 177 MW, y se dispondría de 5 346 GWh, con lo cual se atendería adecuadamente la demanda estimada.

Como señalan las cifras del cuadro 22, la utilización total del agua en el país sería de 664 metros cúbicos por segundo, de los cuales 660 corresponderían a aprovechamientos en la gran cuenca J<sub>2</sub> del río Lempa. La utilización del agua, al descontar los usos repetidos por proyectos en cascada dentro de un mismo río, sería de 281 metros cúbicos por segundo, de los cuales el 99 por ciento pertenecen al río Lempa.

El incremento en el uso total del agua, con respecto al decenio anterior, será de 106 por ciento; al comparar la utilización no repetida, el incremento sería del 75 por ciento.

e) Grado de utilización del potencial práctico

Con base en los requerimientos actuales y proyectados de energía hidroeléctrica descritos, se han determinado los grados de utilización del potencial hidroeléctrico práctico, comparación que permite conocer la forma en que avanzará el país en la utilización del potencial práctico de la energía hidroeléctrica; al comparar los requerimientos con la disponibilidad práctica para caudales de estiaje, puede visualizarse la necesidad de emplear embalses reguladores de caudal. Dichas comparaciones aparecen en el cuadro 23.

---

\* Con la construcción del proyecto El Tigre, que abarca los dos ramales principales del río Lempa, se logrará una excelente regulación de caudales disminuyéndose notablemente las inundaciones del Bajo Lempa, e incrementándose en unos 38 m<sup>3</sup>/s el caudal de estiaje del río con la posibilidad de mayor riego en el Bajo Lempa.

## EL SALVADOR: GRADO DE UTILIZACION ACTUAL Y FUTURA DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO PRACTICO

Gran cuenca	Cuenca	Río	Energía práctica (GWh)		1969			1980			1990		
			Media	95 por ciento	Energía disponible (GWh)	Porcentaje de uso		Demanda (GWh)	Porcentaje de uso		Demanda (GWh)	Porcentaje de uso	
						Media	95 por ciento		Media	95 por ciento		Media	95 por ciento
<b>Total del país</b>			<b>6 430</b>	<b>800</b>	<b>507.7</b>	<b>7.9</b>	<b>63.4</b>	<b>1 155.7</b>	<b>17.9</b>	<b>144.2</b>	<b>2 975.7</b>	<b>46.2</b>	<b>372.0</b>
I <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	20 <sup>a/</sup>	Paz	330	110	0.4	0.1	0.4	0.4	0.1	0.4	0.4	0.1	0.4
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.	70	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	30,32	Sonsonate, Bandera	240	30	10.2	4.2	34.0	10.2	4.2	34.0	10.2	4.2	34.0
M	34-42	Chilama, Jiboa, etc.	270	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J <sub>2</sub> <sup>a/</sup>	44,46 <sup>a/</sup>	Lempa	5 060	530	496.4	9.8	93.7	1 144.4	22.7	217.0	2 964.4	58.6	559.0
N	48	Grande San Miguel	340	70	0.7	0.2	1.0	0.7	0.2	1.0	0.7	0.2	1.0
O <sub>1</sub>	50	Sirama	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O <sub>2A</sub> <sup>a/</sup>	52 <sup>a/</sup>	Goascorán	80	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a El Salvador únicamente.

1) 1969. La utilización actual total del potencial medio del país sobre la base de 508 GWh de energía media generada, es de sólo el 7.9 por ciento; en cambio, la utilización del potencial para caudales de estiaje resulta de un 63.4 por ciento.

La gran cuenca  $J_2$ , del río Lempa, utiliza actualmente casi un 10 por ciento del potencial medio, y casi un 94 por ciento del potencial de caudales de estiaje. La cifra última es elevada debido a que los proyectos Guajoyo y 5 de Noviembre poseen embalses de regulación, por lo que existe todavía la posibilidad de instalar más centrales que utilicen el caudal de estiaje en esta cuenca.

En la gran cuenca L (cuencas 30 y 32) se está utilizando un 4.2 por ciento del potencial medio, y un 34 por ciento del potencial de caudales de estiaje. En general, todas las plantas hidroeléctricas ubicadas sobre el río Grande de Sonsonate no poseen mucha capacidad de regulación, razón por la cual el porcentaje de uso de la energía del caudal de estiaje parece ajustado a la realidad.

ii) 1980. Los porcentajes de utilización en el país, se convierten en ligeramente más del doble de 1969, siendo la gran cuenca  $J_2$  la responsable por dicho aumento.

Específicamente, la utilización de la energía media en la cuenca del Lempa será de 22.7 por ciento; el porcentaje de utilización total para el país será de 17.9.

iii) 1990. La utilización de la energía media potencial en todo el país aumentará hasta el 46.2 por ciento, lo cual significa un incremento de casi el 160 por ciento sobre la cifra de la década anterior. (Véase nuevamente el cuadro 23.)

En la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa, el uso del valor medio potencial alcanzará un 58.6 por ciento. Evidentemente, todos los proyectos programados requerirán considerable capacidad regularizadora, dado el alto porcentaje de utilización del caudal de estiaje.

A través del período de 1970 a 1990 sólo se hará uso del potencial práctico de la gran cuenca  $J_2$ , dejando casi intacto el potencial disponible en el resto del país ya que la mayor utilización en las otras cuencas corresponderá a la gran cuenca L con el 4.2 por ciento.

#### 4. Otros usos y problemas relacionados con el agua

##### a) Navegación fluvial

La navegación fluvial ha tenido hasta ahora escasa importancia y no tiene competencia ni complementariedad con los otros medios de transporte.

En el país las posibilidades de navegación se limitan a las grandes cuencas M, J<sub>2</sub> y N, con un total de 97 kilómetros de canales navegables, que arroja un índice de navegabilidad para el país de 4.85 metros por kilómetro cuadrado de superficie, el más bajo del Istmo Centroamericano. En la primera, el lago de Ilopango se considera navegable en 12 kilómetros; en la J<sub>2</sub>, el río Lempa puede navegarse en un trecho de 40 kilómetros y los lagos de Güija y Coatepeque en 17 kilómetros; el río Grande de San Miguel (gran cuenca N) puede navegarse en 28 kilómetros.

Al suponer una sección trapezoidal mínima con 20 metros de ancho en el fondo, 22 metros de ancho en la superficie y un metro de profundidad, así como una pendiente de 1:6 000 --obtenida con base en mapas topográficos con curvas de nivel cada 100 metros-- se pudo establecer provisionalmente que el caudal requerido para navegación mínima en los ríos Lempa y Grande de San Miguel, es de 9.5 metros cúbicos por segundo.

##### b) Recreación

En los lagos naturales y ríos de corriente perenne se desarrollan espontáneamente diversas formas de recreación. En el caso de lagos artificiales esta utilización recreativa no puede permitirse cuando el propósito del aprovechamiento es el abastecimiento de agua potable. Esta actividad puede considerarse incipiente, pero adquirirá mayor importancia al aumentar el desarrollo socioeconómico del país.

##### c) Pesca y caza

El mantenimiento y la propagación de la fauna acuática es otro de los aprovechamientos benéficos en lagos y ríos; sus requerimientos básicos son profundidades adecuadas, ausencia de contaminación en el agua y condiciones

/ambientales

ambientales propicias. Esta actividad es mínima a escala nacional en la actualidad, pero puede llegar a constituir una importante fuente de alimentación para la población.

d) Crecidas e inundaciones

Las crecidas de los ríos durante la estación lluviosa dan lugar a inundaciones de consideración en las regiones de bajo relieve de las cuencas, causando a veces pérdidas de vidas y el consiguiente daño a la agricultura y la ganadería.

La construcción de bordas en las riveras de los ríos brinda alguna protección contra las inundaciones. La construcción de presas almacenadoras de caudal permite la regularización del flujo de los ríos y la atenuación de las crecidas, con la consiguiente reducción o eliminación de las inundaciones.

La demanda futura de producción agrícola sólo podrá ser atendida mediante el uso intensivo de toda la extensión cultivable del país, razón por la que será menester tomar las medidas necesarias para proteger las tierras bajas contra las inundaciones.

e) Erosión y sedimentación

Los ríos acarrear normalmente una carga de sedimentos cuya concentración depende del grado de erosión de los suelos y del tipo y la extensión de la cobertura vegetal de las cuencas.

La tala de bosques y el cultivo de cereales y otros productos estacionales en las cabeceras de las cuencas y otras zonas de alta pendiente provoca la erosión, modifica el régimen hidrológico de los ríos, aumenta la concentración de sedimentos y disminuye la infiltración y la recarga de los depósitos de agua subterránea. Esta situación se presenta actualmente en las laderas de los volcanes en todas las grandes cuencas y será menester tomar sin dilación medidas contra el azolvamiento de las obras de aprovechamiento y para mantener las tasas de renovación de los recursos hídricos del subsuelo.

/f) Drenaje

f) Drenaje

La amplia e intensiva utilización de las tierras del país que requiere la demanda futura de la producción agrícola y pecuaria, exige la rehabilitación y el mejoramiento de amplias extensiones de tierras que no cuentan con un sistema de evacuación de aguas, por lo que algunas se encuentran casi permanentemente anegadas.

g) Contaminación

La contaminación actual del agua se debe a la descarga en los ríos de las aguas residuales de los sectores doméstico e industrial, situación que se agrava en las zonas de mayor concentración urbana e industrial como la de San Salvador. En el futuro, la contaminación habrá de aumentar en la medida del incremento en la utilización del agua, extendiéndose además al sector de riego cuyos retornos se obtendrán acompañados de excedentes de sales, fertilizantes y pesticidas.

La conservación de la calidad del agua --recurso cuya disponibilidad es constante en contraposición a una demanda siempre creciente-- que permita volver a utilizar los retornos, requiere el adecuado tratamiento de las aguas residuales de los sectores doméstico e industrial y el uso racional de los fertilizantes e insecticidas que se aplican en el sector agropecuario.

Los usos contaminantes, estimados como diferencia entre los usos netos y la utilización consuntiva, serán de 48 metros cúbicos por segundo en 1980 y de 168 metros cúbicos por segundo en 1990, cifras que dan idea de la magnitud de la contaminación prevista. Estas cifras se refieren a los sectores de riego y abastecimiento doméstico e industrial, siendo el último el de mayor importancia como se indicó anteriormente.

5. Resumen de usos y requerimientos de agua

Los usos brutos del agua están representados por la suma aritmética de todos los usos y requerimientos de cada sector, incluyendo la utilización repetida, bien por el mismo o por diferentes sectores usuarios. La utilización neta del agua se refiere exclusivamente a la suma de los usos de

/los sectores

los sectores de riego y abastecimiento doméstico e industrial, por no inducir los demás sectores a consumo real o contaminación dignos de mención. Una fracción de estos usos se pierde para futura utilización (uso real o consuntivo), y los retornos consiguientes vienen acompañados de cierto grado de contaminación (uso contaminante). En el cuadro 24 se anota la clasificación de los usos nacionales del agua, y la participación sectorial en el uso bruto; en el cuadro 25 se indica la utilización en las grandes cuencas.

a) Utilización actual (1970)

La utilización bruta actual del país alcanza cifras de 188 metros cúbicos por segundo, lo cual equivale a 5 900 millones de metros cúbicos por año. La demanda para generación hidroeléctrica es un 75 por ciento, y los demás sectores cubren el 25 por ciento restante.

Los usos netos del país son de solamente 27.4 metros cúbicos por segundo, lo cual se traduce en un volumen anual de 865 millones de metros cúbicos. La utilización neta per cápita promedio para el país es de 255 metros cúbicos anuales, cifra relativamente baja si se compara, por ejemplo, con los 838 metros cúbicos anuales por habitante que México utilizaba en 1965 (35); sin embargo, México se caracteriza por un alto grado de desarrollo hidráulico. En lo referente a grandes cuencas, la J<sub>2</sub> del río Lempa utiliza el 50 por ciento del total nacional, siguiéndole la gran cuenca L con casi el 38 por ciento.

En relación con los usos consuntivos del país, se consumen en la actualidad 12.7 metros cúbicos por segundo que equivalen a un volumen anual de 400 millones de metros cúbicos y a un consumo unitario de 118 metros cúbicos por año, por persona. La participación de las grandes cuencas en este caso es en esencia la misma que para el uso neto.

Por diferencia entre usos netos y consuntivos, el uso nacional contaminante se estima en unos 14 metros cúbicos por segundo. Descontando

Cuadro 24

## EL SALVADOR: CLASIFICACION DE LOS USOS NACIONALES DEL AGUA

	Caudales requeridos m <sup>3</sup> /s		
	1970	1980	1990
<u>Todos los sectores</u>			
Bruta <sup>a/</sup>	187.9	433.4	1 007.9
Neta <sup>b/</sup>	27.4	91.1	324.8
Consuntiva <sup>c/</sup>	12.7	43.2	157.0
Contaminante <sup>d/</sup>	14.7	47.9	167.8
<u>Riego</u>			
Total	23.6	84.0	313.9
Consuntiva	11.6	41.2	153.9
<u>Abastecimiento doméstico e industrial</u>			
Total	3.8	7.1	10.9
Consuntiva	1.1	2.0	3.1
<u>Hidroelectricidad</u>	141.5	323.3	664.1
<u>Navegación fluvial</u>	19.0	19.0	19.0

a/ Suma aritmética de todos los usos y requerimientos sectoriales de agua.

b/ Suma de usos que resultan en consumo y contaminación del agua.

c/ Disminución real de los caudales disponibles.

d/ Suma de los retornos de riego y agua potable.



## EL SALVADOR: SUMARIO DE USOS Y REQUERIMIENTOS ACTUALES Y PROYECTADOS DEL AGUA

(Metros cúbicos por segundo)

Gran cuenca	Cuenca	Ríos	1970			1980			1990		
			Bruto <sup>a/</sup>	Neto <sup>b/</sup>	Consum <sup>c/</sup> tivo	Bruto <sup>a/</sup>	Neto <sup>b/</sup>	Consum <sup>c/</sup> tivo	Bruto <sup>a/</sup>	Neto <sup>b/</sup>	Consum <sup>c/</sup> tivo
<b>Total nacional</b>			<b>187.9</b>	<b>27.4</b>	<b>12.7</b>	<b>433.4</b>	<b>91.1</b>	<b>43.2</b>	<b>1 007.9</b>	<b>324.8</b>	<b>157.0</b>
1 <sup>c/</sup> 2	20 <sup>c/</sup>	Paz	0.2	0.1	0.0	7.9	7.8	3.8	24.0	23.9	11.7
K	22-28	Cara Sucia, Rosario, etc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	7.4	3.6
L	30, 32	Sonsonate, Banderas	14.6	10.5	5.2	17.8	13.7	6.7	19.8	15.7	7.6
M	34-42	Chilama, Jiboa, etc.	0.8	0.8	0.4	1.0	1.0	0.4	25.1	25.1	12.2
3 <sup>c/</sup> 2	44, 46 <sup>c/</sup>	Jalponga y Lempa	160.2	13.7	6.1	367.3	39.0	17.9	853.9	184.8	83.7
N	48	Grande de San Miguel	11.8	2.0	1.0	39.2	29.4	14.4	69.2	59.4	29.0
0 <sub>1</sub>	50	Sirama y otros	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	8.4	8.4	4.1
0 <sub>2A</sub> <sup>c/</sup>	52 <sup>c/</sup>	Goascorán	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1

a/ Suma aritmética de todos los usos y requerimientos de agua.

b/ Suma de usos que resultan en consumo y contaminación.

c/ Cuenca internacional, las cifras corresponden a El Salvador únicamente.

los retornos del sector riego y del abastecimiento doméstico de las áreas rurales por tener relativamente poca incidencia al presente, se calcula que los caudales contaminados son de  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para su dilución natural se requieren aproximadamente  $184 \text{ m}^3/\text{s}$ .

b) Utilización proyectada para 1980

De acuerdo con los planes de desarrollo descritos en las páginas anteriores, la demanda bruta del país se estima que será en 1980 de 433 metros cúbicos por segundo o 13 600 millones de metros cúbicos anuales, crecimiento del 130 por ciento con relación a la utilización de 1970. El sector hidroeléctrico acusará una demanda equivalente al 75 por ciento del total, seguida por el requerimiento del sector riego (19 por ciento). La gran cuenca del río Lempa participará con alrededor del 86 por ciento de las cifras nacionales; del resto de las cuencas merecen mención la N del río Grande de San Miguel y la L de los ríos Sonsonate y Banderas, que participarán con el 9 y el 4 por ciento del total respectivamente. (Véanse de nuevo los cuadros 24 y 25.)

La utilización neta del agua en el país será de 91 metros cúbicos por segundo, o sea un volumen anual de 2 880 millones de metros cúbicos y un uso anual por habitante de 608 metros cúbicos. La utilización neta por habitante se habrá casi triplicado, llegando a ser más de la mitad de la proyectada para México de 1 100 metros cúbicos por año (35). La gran cuenca  $J_2$  del río Lempa participará con un 43 por ciento de la utilización neta nacional, siguiéndole en grado de participación decreciente las grandes cuencas N (32 por ciento) y L (15 por ciento).

El uso consuntivo llegará a ser de 43 metros cúbicos por segundo para todo el país; lo cual significa 1 360 millones de metros cúbicos anuales y 287 metros cúbicos anuales por habitante, y un incremento del 140 por ciento con relación al consumo de 1970. En las grandes cuencas  $J_2$ , N y L se efectuará el 90 por ciento del consumo real total.

Los usos contaminantes totales del país serán de aproximadamente 48 metros cúbicos por segundo. Los retornos urbanos contaminados requerirán un caudal de  $313 \text{ m}^3/\text{s}$  para su dilución natural.

/c) Utilización

c) Utilización proyectada para 1990:

De llevarse a cabo los planes de desarrollo antes descritos, en 1990 la demanda bruta del agua en el país alcanzaría cifras de 1 008 metros cúbicos por segundo, o sea un volumen anual de 31 800 millones de metros cúbicos, con lo cual más que se duplicaría el uso de 1980 y se quintuplicaría el de 1970. La participación sectorial se distribuiría como sigue: hidroelectricidad, 66 por ciento; riego, 31 por ciento; agua potable y navegación, 3 por ciento. La gran cuenca del río Lempa ( $J_2$ ) seguiría siendo la principal participante (85 por ciento) en la cifra de utilización nacional. (Véanse de nuevo los cuadros 24 y 25.)

La utilización neta nacional sería de 325 metros cúbicos por segundo, equivalente a 10 200 millones de metros cúbicos por año, que representarían más de 3.5 veces el valor de 1980 y casi 12 veces el de 1970. El uso neto por habitante llegará a 1 530 metros cúbicos anuales. En la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa se utilizaría el 56 por ciento del total nacional, siguiéndole las grandes cuencas N, M, e  $I_2$  con cifras respectivas de 18, 8 y 7 por ciento del total.

Los usos consuntivos llegarían a los 157 metros cúbicos por segundo, cifra 12 veces mayor que la actual y poco más que el triple de la proyectada para 1980. La proporción en que participan las grandes cuencas dentro del consumo nacional, es en esencia similar a la mencionada para la utilización neta. (Véanse de nuevo los cuadros 24 y 25.)

La utilización contaminante se incrementará hasta requerir un total de 432 metros cúbicos por segundo para diluir los retornos urbanos. De dicho caudal, el 85 por ciento sería requerido en la gran cuenca  $J_2$  del río Lempa.

6. Comparación entre usos y disponibilidades de agua

La comparación entre las disponibilidades de agua y los usos y requerimientos actuales de la misma permite establecer el grado actual de aprovechamiento. Una comparación con los requerimientos proyectados para satisfacer las necesidades de la creciente población del país puede dar idea de los posibles conflictos entre los sectores usuarios, permite

/comprender

comprender mejor la necesidad de efectuar aprovechamientos con propósitos múltiples e incluso prever la insuficiencia del recursos para abastecer las necesidades del país. Adicionalmente, la comparación puede servir de base para la formulación de una política nacional de aprovechamiento del agua que permita un uso racional de los recursos.

Como se señaló en el capítulo anterior, el caudal medio superficial de los ríos es indicativo del posible aprovechamiento en cuencas con amplias posibilidades de regulación de caudales; el caudal disponible en los ríos el 95 por ciento del tiempo es un índice de la posibilidad de efectuar aprovechamientos económicos mediante derivación para riego y abastecimiento doméstico e industrial, y de centrales hidroeléctricas a filo de agua. El caudal medio de los ríos durante años secos debe ser tomado en cuenta al efectuar aprovechamientos que requieran embalses de regulación anual.

Dada la importancia de estos parámetros hidrológicos, en los párrafos siguientes se utilizarán como patrón de comparación para determinar el grado de utilización de los recursos y para señalar los tipos de aprovechamiento que requieren los desarrollos programados. La comparación de los usos brutos con el caudal medio indica la eficiencia y la complementariedad con que deben utilizarse los recursos; la comparación entre los usos netos y consuntivos y el agua disponible señala el grado de utilización efectiva del agua y el grado de disminución real de los recursos, respectivamente.

De particular importancia resulta identificar las siguientes eventualidades. Cuando el uso bruto es superior al caudal medio tendrán que efectuarse utilizaciones repetidas por uno o más de los sectores usuarios; uno de los principales responsables de esta situación es el sector hidroelectricidad. El uso neto no puede exceder del caudal medio, a menos que se recurra a usos repetidos del agua; \* otro tanto puede decirse del caudal de un año seco, exceptuando el caso de que se cuente con embalses cuya capacidad de regulación sea plurianual. El uso consuntivo sólo puede

---

\* Algunos investigadores consideran casi imposible aprovechar --sin usos repetidos-- más del 80 por ciento del caudal medio de un río.

exceder al caudal 95 por ciento en el caso de que se construyan embalses de regulación que incrementen el valor actual de este último, y/o se haga un uso amplio de los recursos hídricos del subsuelo. Si la cantidad de agua disponible es menor que el requerimiento para dilución natural de los desechos urbanos, será necesario tratar artificialmente los efluentes.

Debe tenerse en cuenta que las disponibilidades de agua se refieren a la totalidad de cada cuenca en la desembocadura de los ríos; en cambio los usos del agua se distribuyen en forma no uniforme dentro de las cuencas.

a) Grado de utilización actual de los recursos

Empleando el caudal medio normal como base de comparación, el grado de eficiencia en la utilización bruta del agua en el país es de un 31 por ciento mientras el grado efectivo de utilización, como resultado de la utilización neta, es del 5 por ciento, cifra inferior a las correspondientes a México (10 por ciento) y los Estados Unidos (25 por ciento) en 1965; (35) el grado de disminución real de los recursos es del 2 por ciento solamente. Tomando como referencia el caudal de estiaje, la utilización efectiva es del 31 por ciento, y el consumo real causa una disminución equivalente al 14 por ciento de los recursos de estiaje. (Véase el cuadro 26.)

Los requerimientos nacionales para dilución natural de retornos urbanos son inferiores al caudal medio; sin embargo, durante el estiaje, aquéllos exceden al caudal 95 por ciento en algunas grandes cuencas, lo cual indica la necesidad de tratamiento de las aguas residuales. Este problema se acentúa en las zonas de mayor concentración urbana.

No se conoce con exactitud el grado actual de aprovechamiento del agua subterránea, pero es evidente que este recurso es lo bastante amplio para abastecer por sí solo las demandas actuales de los sectores de riego y de abastecimiento doméstico e industrial.

/b) Grado de

**b) Grado de utilización proyectada para 1980**

Para abastecer la demanda proyectada para 1980, se precisará utilizar en bruto el 72 por ciento del caudal medio nacional, lo cual significa más que duplicar la cifra de 1970; el grado efectivo de aprovechamiento, como resultado de los usos netos, será del 15 por ciento del caudal medio, que se compara favorablemente con la correspondiente a México (22 por ciento) y los Estados Unidos (48 por ciento) para el mismo año (35); la disminución de los recursos medios, como resultado de utilización consuntiva, será un 7 por ciento del caudal normal. Empleando como base de comparación el caudal de estiaje, el grado efectivo de aprovechamiento por utilización neta equivaldrá al 104 por ciento, y el consumo real resultará en una disminución equivalente al 49 por ciento del caudal de la época seca. (Véase de nuevo el cuadro 26.)

Los requerimientos para dilución natural de retornos urbanos serán inferiores al caudal medio normal; sin embargo, durante el estiaje y especialmente al tener en cuenta la utilización consuntiva, la situación se tornará crítica en las cuencas que acusan mayor concentración de población urbana.

Los porcentajes de utilización indican que será menester hacer un uso eficiente, repetido y complementario, de los recursos; además será indispensable tratar las aguas residuales para evitar la contaminación del recurso.

A diferencia de 1970, los recursos de agua subterránea serán insuficientes por sí solos para abastecer los requerimientos combinados de riego y abastecimiento doméstico e industrial, pero su aprovechamiento será notablemente incrementado para abastecer especialmente la demanda del primer sector.

**c) Grado de utilización proyectado para 1990**

En 1990 las necesidades serán de tal amplitud que se requerirá una utilización bruta del 170 por ciento del caudal medio nacional, y el grado de utilización efectiva como resultado de los usos netos será del 55 por ciento. La disminución del caudal medio debido a utilización consuntiva

Cuadro 26

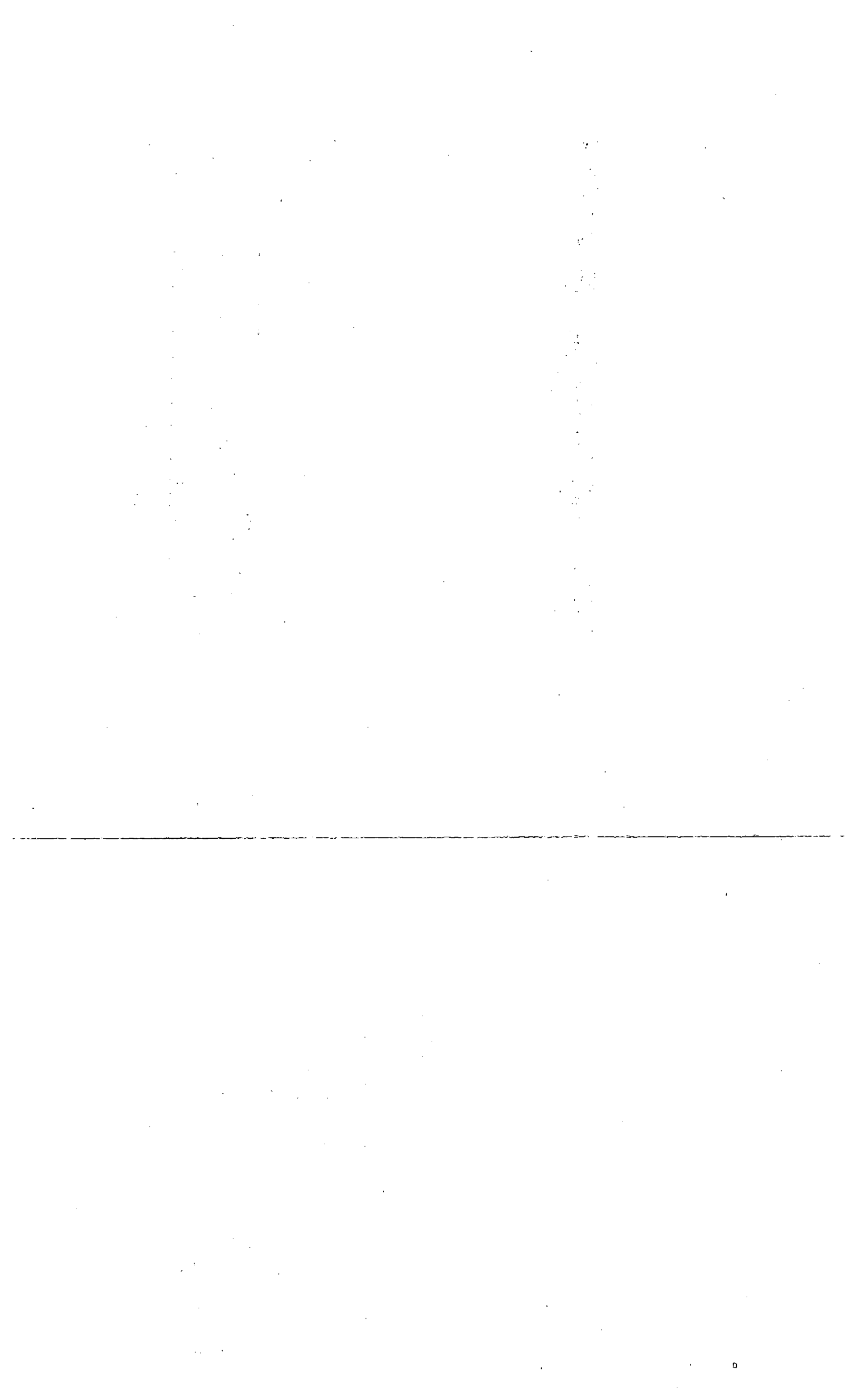
## EL SALVADOR: GRADOS DE UTILIZACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Agua disponible				Utilización de los recursos expresada como porcentaje de:																	
			(m <sup>3</sup> /s)				1970						1980						1990					
			Año		Caudal 95 por ciento	Agua subterránea	Caudal medio			Caudal 95 por ciento			Caudal medio			Caudal 95 por ciento			Caudal medio			Caudal 95 por ciento		
			Medio	Seco			Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo			
<b>Total nacional</b>			<b>601<sup>a/</sup></b>		<b>902<sup>a/</sup></b>	<b>82</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>72</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>104</b>	<b>49</b>	<b>169</b>	<b>55</b>	<b>26</b>	<b>278</b>	<b>182</b>			
<b>1<sub>2</sub><sup>b/</sup></b>	<b>20<sup>b/</sup></b>	Paz	25	20	9	10	1	0	-	1	-	31	31	16	88	44	96	95	48	266	134			
K	22 a 28	Cara Sucia, Rosario San Pedro, etc.	12	10	3	1	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	62	61	30	246	120			
L	30, 32	Sonsonate, Bandera	28	22	7	2	52	38	18	150	79	64	50	25	200	100	71	57	27	229	108			
M	34 a 43	Chilama, Huiza, Jiboa etc.	41	30	6	2	2	2	1	13	7	2	2	1	17	7	61	61	29	416	200			
<b>J<sub>2</sub><sup>b/</sup></b>	<b>44, 46<sup>a/</sup></b>	Jalponga, Lempa	<b>409<sup>a/</sup></b>	<b>327<sup>a/</sup></b>	<b>53<sup>a/</sup></b>	46	39	3	2	26	12	90	10	4	77	35	212	46	22	376	181			
N	48	Grande de San Miguel	57	47	11	20	21	3	2	18	9	69	42	24	218	127	122	103	51	538	264			
O <sub>1</sub>	50	Sirama	12	10	<u>5</u>	1	1	1	-	<u>5</u>	-	1	1	-	<u>5</u>	-	70	70	33	<u>5</u>	<u>5</u>			
<b>O<sub>2A</sub><sup>b/</sup></b>	<b>52<sup>b/</sup></b>	Goascorán	17	14	1	1	1	1	-	20	-	1	1	-	10	-	1	1	1	10	-			

<sup>a/</sup> Estos caudales se verán reducidos en 2 m<sup>3</sup>/s en 1980 y en 4 m<sup>3</sup>/s en 1990 como resultado de utilizaciones consuntivas en Honduras y Guatemala.

<sup>b/</sup> Cuenca Internacional; las cifras se refieren a El Salvador únicamente.

<sup>c/</sup> El valor del caudal 95 por ciento no es significativo; no se indican porcentajes de uso.





será del 26 por ciento. Empleando como base de comparación el caudal de estiaje, la utilización efectiva será del 378 por ciento; la disminución real de los recursos de estiaje será del 182 por ciento y los requerimientos para dilución natural de retornos contaminados serán superiores al agua disponible. (Véase de nuevo el cuadro 26.)

Tan elevados grados de utilización sólo pueden alcanzarse mediante el aprovechamiento eficiente, escalonado, repetido y complementario de los recursos disponibles; la construcción de embalses reguladores de caudal y el tratamiento de las aguas residuales resulta absolutamente imperativo por lo tanto.

## 7. Análisis de grandes cuencas importantes

### a) Gran cuenca J<sub>2</sub> del río Lempa

Esta gran cuenca ocupa el 53 por ciento de la extensión total del país, en ella está asentado el 69 por ciento de la población actual, posee el 68 por ciento de los recursos hídricos del país, y actualmente acusa una utilización efectiva de 184 metros cúbicos anuales por habitante.

La utilización bruta actual supone el empleo del 40 por ciento del caudal medio, gracias a utilizations repetidas por los diferentes sectores, especialmente el hidroeléctrico. La utilización efectiva como resultado de usos netos y la disminución real de los recursos debido a utilizations consuntivas, representan menos del 3 por ciento del caudal medio normal; al emplear el caudal de estiaje como base de comparación, estas utilizations acusan cifras respectivas del 26 y el 12 por ciento. Los requerimientos para dilución natural de las aguas residuales exceden del caudal de estiaje.

En la actualidad no existen problemas o conflictos entre sectores por ser relativamente amplia la disponibilidad unitaria de 5 500 metros cúbicos anuales por habitante. Los usos consuntivos son razonablemente bajos, pero los requerimientos para la dilución de aguas residuales son superiores al caudal 95 por ciento, lo cual indica la necesidad de tratamiento de los efluentes y la existencia de corrientes contaminadas especialmente en las zonas de mayor concentración urbana, como la de San Salvador.

/Para abastecer

Para abastecer las necesidades de 1980 será menester alcanzar una utilización bruta superior al doble de la actual, lo cual equivale al 90 por ciento del caudal medio. Tomando en cuenta los usos netos solamente, la utilización efectiva será de aproximadamente el 10 por ciento del caudal medio, y la disminución de caudales por utilización consuntiva representará menos del 5 por ciento. En relación con el caudal de estiaje, el uso neto representará el 77 por ciento, y el consuntivo el 35; el requerimiento para dilución natural de retornos contaminados será varias veces el caudal disponible en el estiaje.

En 1980 la utilización neta será de 385 metros cúbicos anuales por habitante, ante una disponibilidad unitaria que se reducirá a sólo 4 000 metros cúbicos anuales por persona a causa del incremento de la población y de utilizaciones consuntivas en los afluentes del Lempa situados en Honduras y Guatemala. La utilización bruta será de tal magnitud que se requerirán aprovechamientos complementarios entre los sectores, especialmente entre riego e hidroelectricidad. Los usos consuntivos y los contaminantes se combinarán durante el estiaje para hacer imperativo el tratamiento de las aguas residuales. La construcción del proyecto hidroeléctrico Silencio contribuirá a solventar parcialmente esta situación, ya que se incrementará el caudal de estiaje del río a 67 metros cúbicos por segundo y se obtendrá un mejor grado de control de avenidas para las partes bajas de la cuenca, a pesar de inundar algunas tierras agrícolas ubicadas en la parte alta.

Las proyecciones de la demanda para 1990 indican que será necesario una utilización bruta de más del 200 por ciento del caudal medio, lo cual representa un crecimiento notable en el aprovechamiento; tomando en cuenta los usos netos solamente, la utilización efectiva será de un 46 por ciento, y la disminución de caudales por utilización consuntiva será del 22 por ciento, ambas cifras con relación al caudal medio. Empleando como base de comparación el caudal de estiaje, los usos netos requerirán casi cuatro veces el agua disponible y la disminución por uso consuntivo, será del 180 por ciento. Los requerimientos de dilución de aguas residuales serán de cerca del 100 por ciento del caudal medio y de más de cuatro veces el caudal de estiaje.

En 1990 los usos netos por habitante serán de 1 310 metros cúbicos anuales para lo cual existirá una disponibilidad unitaria de 2 900 metros cúbicos por año por habitante. La utilización requerida es tan elevada que sólo podrá alcanzarse mediante usos eficientes, escalonados, repetidos y complementarios de todos los recursos por todos los sectores usuarios. Los usos consuntivos y contaminantes se combinarán en tal forma que será menester regularizar caudales para incrementar las disponibilidades de estiaje, y tratar los retornos sectoriales contaminados. La construcción de los proyectos hidroeléctricos de Paso del Oso y el Tigre ayudarán a resolver la situación antes mencionada, ya que sus embalses reguladores permitirán un adecuado control de avenidas e incrementarán el caudal de estiaje del río hasta 87 metros cúbicos por segundo.

b) Gran cuenca N del río Grande de San Miguel

En potencial hidráulico y en superficie esta cuenca es la segunda en importancia del país; en ella está disponible el 18 por ciento de la superficie total regable y ocupa el cuarto lugar en lo que a población se refiere.

El aprovechamiento actual es relativamente bajo ya que la utilización bruta representará sólo el 21 por ciento del caudal medio y las utilidades netas y consuntivas no exceden del 3 por ciento. Durante el estiaje, la utilización efectiva es del 18 por ciento y la disminución de caudales es inferior al 10 por ciento, aunque el requerimiento para dilución natural de aguas residuales representa más del 60 por ciento.

Sin embargo, para abastecer las necesidades de 1980, se requerirá casi triplicar la utilización bruta, ya que llegaría al 70 por ciento; la utilización neta representará alrededor de la mitad del caudal medio, y el consumo real será de casi el 25 por ciento. Durante el estiaje la utilización efectiva será de un 200 por ciento, la disminución de caudales, del 125 por ciento, y los requerimientos para la dilución de las aguas residuales serían del 90 por ciento. Para poder alcanzar estos grados de aprovechamiento se precisará la utilización repetida del agua de superficie, el empleo en gran escala del agua subterránea, la

/construcción del

construcción del embalse regulador de Taisihuat, y el tratamiento de los retornos contaminados.

Para abastecer la demanda proyectada de 1990 se requerirá una utilización bruta del 122 por ciento del caudal normal, y una utilización neta de alrededor del 100 por ciento; el uso consuntivo resultará en una disminución de alrededor del 50 por ciento del caudal medio. Las utilidades durante el estiaje son más elevadas todavía. Estos grados de aprovechamiento sólo podrán alcanzarse mediante la utilización eficiente, escalonada, repetida y complementaria de todos los recursos por todos los sectores usuarios del agua. Será menester construir embalses reguladores que incrementen los caudales de estiaje, y tratar los retornos para evitar la contaminación.

c) Gran cuenca  $\frac{1}{2}$  del río Paz

Esta gran cuenca ocupa el quinto lugar en recursos hídricos superficiales y el tercero en recursos de agua del subsuelo; posee un alto potencial de riego; tiene carácter de internacional, y se prevé para ella un alto grado de aprovechamiento futuro.

Actualmente la utilización bruta del caudal medio es del uno por ciento y los usos netos y consuntivos son aun inferiores; en relación con el caudal de estiaje, la utilización efectiva representa el uno por ciento y el requerimiento para dilución llega al 57 por ciento. Evidentemente, el uso actual de los recursos es bajo.

Para abastecer la demanda de 1980 será menester alcanzar una utilización bruta del 31 por ciento, y la utilización efectiva y la disminución del flujo serán respectivamente 31 y 16 por ciento del caudal medio. Durante el estiaje, la utilización neta será de alrededor de un 90 por ciento, el caudal se verá disminuido en un 44 por ciento debido a utilización consuntiva, y el requerimiento para dilución de retornos contaminados representará más del 90 por ciento del agua disponible. El incremento en el aprovechamiento será notable, siendo el sector de riego el principal responsable del aumento, y será menester emplear ampliamente el agua subterránea además del uso efectivo y repetido del

/caudal de

caudal de estiaje; durante la época seca, los usos consuntivos y contaminantes se combinarán para hacer necesario el tratamiento de aguas residuales y evitar la contaminación.

La demanda de 1990 se abastecerá mediante una utilización bruta del 96 por ciento del caudal medio; la utilización efectiva y la disminución real de disponibilidades representarán el 55 y el 26 por ciento de los caudales normales. Durante la época seca, la utilización neta representará el 266 por ciento del caudal disponible, el consumo real será del 134 por ciento, y el requerimiento para la dilución de retornos contaminados será de un 120 por ciento. Esta alta utilización proyectada sólo podrá llevarse a cabo mediante el aprovechamiento eficiente, escalonado, repetido y complementario del agua por todos los sectores usuarios; será menester asimismo construir embalses reguladores que incrementen las disponibilidades de estiaje, y el tratamiento de las aguas residuales para evitar la contaminación.

El aprovechamiento en gran escala de los recursos de esta cuenca hace imperativa y urgente la celebración de tratados especiales con la República de Guatemala, por las implicaciones internacionales del recurso.

d) Otras grandes cuencas

Del resto de las grandes cuencas sólo la L de los ríos Sonsonate y Banderas presenta una utilización actual elevada ya que el uso neto representa alrededor del 40 por ciento y el uso consuntivo es el 18 por ciento del caudal medio normal. Sin embargo, la demanda de 1990 en las grandes cuencas, K, L, N y O<sub>1</sub> requerirá el empleo efectivo de más del 50 por ciento del caudal medio, y de más del 200 por ciento del caudal de estiaje; además, el consumo real y los usos contaminantes excederán en dichas cuencas al caudal de estiaje. Ello evidencia que además de hacer un uso eficiente, repetido, escalonado y complementario de todos los recursos, se requerirá la construcción de embalses reguladores de caudal y la operación de plantas para el tratamiento de las aguas residuales.

### III. ASPECTOS ECONOMICOFINANCIEROS, Y LEGALES E INSTITUCIONALES

Después de estimar las disponibilidades del agua y los usos actuales y los requerimientos futuros de la misma, deben analizarse los aspectos económico-financieros y los legales e institucionales de los organismos estatales y privados que tienen a su cargo el aprovechamiento del recurso para poder conocer sus posibilidades de llevar a cabo los desarrollos programados.

#### 1. Aspectos económico-financieros

Se examina inicialmente la situación económico-financiera de cada uno de los sectores usuarios del agua, presentándose al final un resumen de este aspecto a nivel nacional.

##### a) Acueductos y alcantarillados

Como ya se señaló, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) es la encargada de planificar, diseñar, construir y operar los sistemas de abastecimiento de agua y desagües en el país; quedan, sin embargo, algunas municipalidades menores que administran sus sistemas de agua. Otros organismos públicos contribuyen también a resolver el suministro de agua de la población como la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública, que actúa en el medio rural en coordinación con ANDA, y el Instituto de Colonización Rural, en algunas de sus colonias agrícolas. En escala menor que en los otros países del Istmo Centroamericano, el sector privado industrial ha hecho algunas inversiones para abastecerse de agua potable y ha construido sistemas de alcantarillado.

A fines de 1970 las inversiones para el suministro de agua en operación ascendían aproximadamente a 22 millones de dólares para la obtención de más de 252 MLD. Las inversiones en alcantarillado eran de

/aproximadamente

aproximadamente 9 millones de dólares. (Véase el cuadro 27.) Merece destacarse la inversión de la ANDA que --incluyendo construcciones en progreso, estudios, capital de trabajo y otros activos-- alcanzaba al 30 de noviembre de 1970 a los 33.8 millones de dólares.

El programa de inversiones para el quinquenio 1971 a 1975 asciende a más de 40 millones de dólares, y consiste casi en su totalidad en programas de la ANDA para la expansión y mejora de los sistemas de acueductos y de alcantarillado. Estas inversiones programadas requieren financiamiento exterior en un 65 por ciento, siendo el resto financiamiento nacional y aportes estatales. (Véase el cuadro 28.)

Hasta fines de 1970 la ANDA había obtenido préstamos del BID por 9.2 millones de dólares, a largo plazo y bajo interés, que constituyen aproximadamente el 37 por ciento del financiamiento de las obras. (Véase el cuadro 29.) Los aportes gubernamentales en 1971 para la ANDA ascenderán a 200 000 dólares.

Los resultados económicos de la ANDA son deficitarios en aproximadamente un 12 por ciento de los ingresos brutos a causa de tarifas inadecuadas que no cubren los costos de los servicios. El problema se pretende resolver mediante la implantación de un nuevo régimen tarifario que permitirá a la ANDA atender satisfactoriamente los servicios, cubrir la deuda y proseguir los programas previstos. Los aportes del gobierno se mantendrán por otra parte para acabar de financiar las inversiones que permitirán extender los beneficios a las comunidades rurales, a través de la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública.

El personal dedicado a este sector, por la ANDA y por la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, suma en 1971 987 personas con un presupuesto de funcionamiento de 2 826 000 dólares. (Véase el cuadro 30.)

#### b) Riego y avenamiento

Dentro del Ministerio de Agricultura se creó en 1966 la Dirección General de Obras de Riego y Drenaje (DGORD) que se encarga en la actualidad de atender todos los programas de riego del país. Otras dependencias estatales dedican alguna actividad a este sector, como el Instituto

## Cuadro 27

EL SALVADOR: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, INVERSIONES  
AL 30 DE NOVIEMBRE DE 1970

Organismo y sistema	Inversiones (miles de dólares)			Suministro (millones de litros diarios)	Población servida (miles de habitantes)
	Total	Obras	Estudios y otros		
<u>Total nacional</u>	<u>36 157</u>	<u>33 916</u>	<u>2 231</u>		
<u>ANDA</u>	<u>33 770</u>	<u>31 539</u>	<u>2 231</u>	<u>252</u>	
Activo fijo bruto en operación acueductos	25 396	25 396	-		
Menos: depreciación acumulada	3 098	3 098	-		
Activo fijo neto acueductos	<u>22 298</u>	<u>22 298</u>	-	<u>252</u>	807 <sup>a/</sup>
Activo fijo bruto en operación alcantarillado	9 446	9 446	-		
Menos: depreciación acumulada	735	735	-		
Activo fijo neto de alcantarillados	<u>8 711</u>	<u>8 711</u>	-	-	692 <sup>b/</sup>
Otros activos fijos (neto)	967	-	967		
Capital de trabajo	498	-	498		
Construcciones en proceso	530	530	-		
Estudios	766	-	766		
<u>Municipalidades y otros (acueductos)</u>	<u>2 000</u>	<u>2 000</u>	-	...	520
Poblaciones de más de 2 000 habitantes <u>c/</u>					
Poblaciones entre 200 y 2 000 habitantes <u>d/</u>					
Area rural población dispersa					
<u>Instituto de Colonización Rural</u>	<u>40</u>	<u>40</u>	-	...	50
7 comunidades					
Sector privado	<u>347</u>	<u>347</u>	-	...	...
Varios					

a/ 150 sistemas de alcantarillados; 123 urbanos y 27 rurales. b/ 105 sistemas de alcantarillados. c/ 12 sistemas. d/ 86 sistemas ejecutados entre 1950 y 1961 por la Dirección General de Sanidad y la Dirección General de Obras Públicas (colaboración SCISP), cubriendo 428 comunidades.



Cuadro 28

EL SALVADOR: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, PROGRAMA DE INVERSIONES,  
 1971 A 1975

Organismo y sistema	Inversión (miles de dólares)			Financiamiento exterior (miles de dólares)	Población a beneficiarse (miles)
	Total	Obras	Estudios y otras		
<u>Total Nacional</u>	<u>40 300</u>			<u>25 948</u>	
<u>ANDA</u>	39 800	...	...	25 800	
<u>División de saneamiento ambiental de la Dirección General de Salud a/</u>	500	500	-	148	125

a/ Programa UNICEF/OMS/GOES para el área rural.

Cuadro 29

EL SALVADOR: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, OBLIGACIONES

(Miles de dólares)

Organismo deudor	Organismo acreedor	Monto original	Saldo al 31/XII/70	Amortización 1971	Condiciones (por ciento anual)
<u>Obligaciones actuales</u>					
<u>Total nacional</u>		<u>9 200</u>	<u>8 095.3</u>	<u>293.9</u>	
ANDA	BID	1 260	979.5	66.0	15 años, 6.25
ANDA	BID	840	714.0	21.0	30 años, 4.0
ANDA	BID	2 700	2 295.0	67.0	30 años, 4.0
ANDA	BID	4 400	4 106.8	139.9	25 años, 2.75 int. 0.75 comisión
<u>Obligaciones por contraer (1971-75)</u>					
<u>Total nacional</u>		<u>25 800</u>			
ANDA		25 800 <sup>a/</sup>			

a/ El 65 por ciento de lo requerido para inversiones durante el período 1971 a 1975.

## Cuadro 30

EL SALVADOR: AGUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, PERSONAL Y PRESUPUESTO  
DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total	Profesional	
<u>Total Nacional</u>	<u>987</u>	<u>37</u>	<u>2 825.9</u>
<u>ANDA</u>	<u>980</u>	<u>35</u>	<u>2 599.7</u>
Administración	297	10	704.1
Estudios, planeamiento, diseño y supervisión	97	13	301.6
Operación y mantenimiento	586	12	1 594.0
<u>División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud</u>	<u>7</u>	<u>2</u>	<u>226.2</u>

de Colonización Rural a través de su Departamento de Avenamiento y Riego, la Escuela Nacional de Agricultura y la Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, ambas dependientes del mismo Ministerio de Agricultura. Buena fracción del riego actual es llevada a cabo también por particulares.

A fines de 1970 las inversiones en obras de riego --generalmente acompañadas de mejoras conexas como avenamiento y conservación de suelos y en estudios, alcanzaban cifras aproximadas a 11.7 millones de dólares, de los cuales un 60 por ciento correspondían a inversión privada. Las inversiones en obras en operación se estiman en 9.4 millones de dólares, que representan un costo unitario de 400 dólares por hectárea. (Véase el cuadro 31.)

De acuerdo con los planes de la DGORD, las inversiones totales para el quinquenio 1971 a 1975 alcanzarán a los 19.6 millones de dólares, a base de lo cual se mejoraría el riego de 6 230 hectáreas, se implantarían sistemas en 16 200 hectáreas más y se avenarían y protegerían contra crecidas unas 3 000 hectáreas adicionales. Para financiar dichas obras se contaría con 5.9 millones de dólares de créditos del exterior, el estado aportaría 6.6 millones y los 7.1 millones restantes serían préstamos de la banca local a particulares. (Véase el cuadro 32.)

Para el funcionamiento de la DGORD y de la Sección de Riego y Avenamiento del Instituto de Colonización Rural, se invierten anualmente 1.42 millones de dólares. De un total de 107 empleados, 33 son profesionales especializados en irrigación. (Véase el cuadro 33.)

Resumiendo, puede decirse que las actividades del sector público en materia de riego están centralizadas en el Ministerio de Agricultura. El 43 por ciento de las inversiones totales hasta fines de 1970 había sido efectuado por el sector público, pero de tomarse en cuenta únicamente los sistemas en operación, sólo un 1 por ciento resulta ser de propiedad estatal; las inversiones restantes del gobierno se han dedicado a estudios y proyectos. El financiamiento de las inversiones tanto públicas

Cuadro 31

EL SALVADOR: RIEGO Y AVENAMIENTO, INVERSIONES AL 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo y sistema	Inversión (miles de dólares)			Extensión regada (hectáreas)
	Total	Obras	Estudios y otros	
<u>Total nacional</u>	<u>11 711</u>	<u>9 415</u>	<u>2 296</u>	<u>23 567</u>
<u>Ministerio de Agricultura</u>	<u>1 003</u>	<u>78</u>	<u>925</u>	<u>140</u>
Estudios de agua subterránea río Grande San Miguel <u>a/</u>	925	-	925	-
Finca de semillas	48	48	-	40
Estaciones experimentales	30	30 <sup>b/</sup>	-	100
<u>Dirección General de Obras de Riego y Drenaje</u>	<u>3 208</u>	<u>2 280</u>	<u>928</u>	-
Estudios varios	928	-	928	
Proyecto de Zapotitán <sup>c/</sup>	2 280	2 280	-	
<u>Programa META<sup>d/</sup></u>	<u>1 643</u>	<u>1 200</u>	<u>443</u>	<u>3 961</u>
Préstamos a particulares	1 200	1 200	-	3 961
Adquisición de maquinaria	443	-	443	-
<u>Instituto de Colonización Rural<sup>e/</sup></u>	<u>67</u>	<u>67</u>	-	<u>166</u>
<u>Particulares</u>	<u>5 790</u>	<u>5 790<sup>b/</sup></u>	-	<u>19 300</u>

a/ Programa en que PNUD/FAO aportó 365 500 dólares.

b/ Estimado a razón de 300 dólares por hectárea.

c/ Se refiere a inversión en avenamiento, control de crecidas y caminos solamente.

d/ Programa que fue financiado por USAID. Datos al 31 de diciembre de 1969; desde esa fecha el programa es manejado por DGORD.

e/ Riego con agua subterránea en Sitio del Niño.

Cuadro 32

EL SALVADOR: RIEGO Y AVENAMIENTO, PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo y proyectos	Inversión (miles de dólares)			Superficie a regarse (hectáreas)
	Total	Moneda local	Moneda extranjera	
<u>Total nacional</u>	<u>19 607</u>	<u>13 687</u>	<u>5 920</u>	<u>22 430</u>
<u>Dirección General de Obras de Riego y Drenaje</u>	<u>19 607</u>	<u>13 687</u>	<u>5 920</u>	<u>22 430</u>
Proyecto de Zapotitán	3 807	3 807	-	4 230 <sup>a/</sup>
Pequeños y medianos sistemas (META)	9 600	7 100	2 500 <sup>b/</sup>	12 000
Sistema Sonsonate-Banderas	3 200	1 440	1 760 <sup>c/</sup>	4 000 <sup>d/</sup>
Proyecto de Bajo Lempa <sup>e/</sup>	1 280	570	710 <sup>c/</sup>	1 200
Proyecto Olomega <sup>f/</sup>	720	320	400 <sup>c/</sup>	-
Proyecto Ahuachapán-Sta. Ana	1 000	450	550 <sup>c/</sup>	1 000

a/ De esta extensión se riegan actualmente unas 2 200 hectáreas cuyos sistemas serán modernizados; la extensión total beneficiada es de aproximadamente 6 500 hectáreas.

b/ Préstamo del BID.

c/ Estimado como el 55 por ciento del costo total.

d/ Extensión actualmente bajo riego, a modernizarse en el período.

e/ Incluye el drenaje de 2 000 hectáreas a razón de 400 dólares por hectárea.

f/ Avenamiento y protección de crecidas a unas 1 800 hectáreas.

## Cuadro 33

EL SALVADOR: RIEGO Y AVENAMIENTO, PERSONAL Y PRESUPUESTO  
DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total <sup>a/</sup>	Profesional	
<u>Total nacional</u>	<u>107</u>	<u>33</u>	<u>1 418.6</u>
<u>Dirección General de Obras de Riego y Drenaje</u>	<u>105</u>	<u>33</u>	<u>1 218.0</u>
Proyecto de Zapotitán	14	4	800.0
Distrito de riego de Zapotitán	12	1	72.0
Diseño y operación de pequeños sistemas de riego	13	7	66.0
Preinversión y funcionamiento de la inversión de proyectos	66	21	280.0
<u>Instituto de Colonización Rural</u>	<u>2</u>	<u>-</u>	<u>200.6</u>

a/ No incluye personal de planillas.

/como privadas

como privadas se ha hecho en un 86 por ciento a base de fondos nacionales; el resto proviene de un préstamo "blando" de la AID para el programa META y de los aportes de la ONU para el estudio de aguas subterráneas de San Miguel.

El financiamiento del programa de inversiones del quinquenio 1971 a 1975 prevé la obtención de préstamos con agencias financieras internacionales por un 30 por ciento del costo total; la banca nacional proporcionaría un 36 por ciento y el gobierno aportaría el resto mediante asignaciones presupuestarias de inversión, compromiso que parece importante para el gobierno central pero es factible dado el ejemplo del proyecto de Zapotitán y el monto de las asignaciones de 1971. En 1971 el 24 por ciento de la fuerza laboral pública de este sector está dedicada a operación y mantenimiento de sistemas; se prevé una ocupación mucho mayor en el futuro inmediato para esta actividad.

#### c) Hidroelectricidad

En 1947 quedó establecida la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa (CEL), organismo autónomo creado para llevar a cabo la electrificación nacional, que incluye el planeamiento y la explotación de los recursos hidráulicos del país para la producción de electricidad. Algunas empresas privadas de servicio público poseen también pequeñas centrales hidroeléctricas. La regulación del servicio público eléctrico corresponde a la Inspección General de Servicios Eléctricos del Ministerio de Economía.

Al 31 de diciembre de 1970 la inversión total en obras de aprovechamiento hidroeléctrico ascendía a 36.4 millones de dólares, lo cual supone un costo medio de 338 dólares por kilovatio instalado. (Véase el cuadro 34.)

El programa de inversiones de la CEL en hidroelectricidad durante el quinquenio 1971 a 1975 podría pasar de 50 millones de dólares si se decide la construcción del proyecto Poza del Silencio, en vez de las centrales geotérmicas cuya factibilidad se está estudiando. (Véase el cuadro 35.)



Cuadro 34

EL SALVADOR: HIDROELECTRICIDAD, INVERSIONES AL 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo y sistema	Inversiones (miles de dólares)			Potencia instalada (kW)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>36 366</u>	<u>35 616</u>	<u>750</u>	<u>108 696</u>
<u>CEL</u>	<u>33 840</u>	<u>33 090</u>	<u>750</u>	<u>97 000</u>
Central 5 de noviembre	22 560	22 560	-	82 000
Central Guajoyo	10 530	10 530	-	15 000
Estudios	750	-	750	-
CAESS: varios	949	949	-	3 310
CECSA: Cucumacayán	454	454 <sup>a/</sup>	-	2 268
GEO: varios	98	98 <sup>a/</sup>	-	490
CLESA: varios	480	480 <sup>a/</sup>	-	2 400
CLES: varios	166	166 <sup>a/</sup>	-	830
GLEA: Atehuecía	135	135 <sup>a/</sup>	-	675
ESSE: Plan del Pino	91	91 <sup>a/</sup>	-	455
RMCO: La Galera	70	70 <sup>a/</sup>	-	352
Suc. P.R. Bosque: Sta. Julia	83	83 <sup>a/</sup>	-	416

Fuente: CEL e Inspección General de Servicios Eléctricos.

<sup>a/</sup> Estimación a base de 200 dólares por kW instalado.

## Cuadro 35

## EL SALVADOR: HIDROELECTRICIDAD, PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo y sistema	Inversiones (miles de dólares)			Financiamiento exterior (miles de dólares)	Potencia a instalar
	Total	Obras	Estudios		
<u>Total nacional</u>	<u>50 320</u>	<u>50 320</u>	-	<u>30 560</u>	126 000
<u>CEL</u>	50 320	50 320	-	30 560	126 000
Poza del Silencio <sup>a/</sup>					

a/ El proyecto Poza del Silencio podría ser construido después del quinquenio 1971-75, si los estudios geotérmicos que se están llevando a cabo dan los resultados anticipados.

Las inversiones hidroeléctricas de la CEL en operación han sido financiadas con créditos del exterior (BIRF) por 16.65 millones de dólares, créditos locales por 0.8 millones, una emisión de bonos por 7.2 millones y aportes del gobierno por 8.7 millones. Para la construcción de Poza del Silencio se espera obtener otro crédito del BIRF por 30.6 millones de dólares. (Véase el cuadro 36.)

La rentabilidad sobre activos fijos en operación de la CEL ha sido calculada en un 13 por ciento. La referente a activos fijos en operación de proyectos hidroeléctricos se estima superior al 15 por ciento.

El presupuesto de funcionamiento de la CEL para hidroelectricidad es de 320 000 dólares; en la operación y mantenimiento de las centrales hidroeléctricas, la CEL ha empleado un total de 98 personas en los últimos años.

En el financiamiento de las obras en operación han participado en un 50 por ciento las agencias internacionales de crédito, cubriendo el resto los aportes del gobierno y las emisiones de bonos casi en la misma proporción. El programa de inversiones de 1971 a 1975 requerirá de préstamos del exterior y recursos propios originados en los ingresos de explotación. No cabe duda de que el nivel de tarifas de la CEL ha sido un factor importante en la estructura del financiamiento de sus instalaciones. La CEL cuenta con personal suficiente y adecuado para la operación y mantenimiento de sus obras. Para las actividades de planeamiento, diseño y construcción depende de consultores y firmas privadas nacionales y extranjeras.

d) Hidrología y meteorología

Las actividades básicas de hidrología y meteorología se encuentran centralizadas en la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en los Departamentos denominados Servicio e Investigaciones Hidrológicas y Servicio Meteorológico Nacional. Las actividades aplicadas de hidrología y meteorología se llevan a cabo también, en una escala modesta, en organismos como la Dirección General

## Cuadro 36

## EL SALVADOR: HIDROELECTRICIDAD, OBLIGACIONES

(Miles de dólares)

Organismo deudor	Organismo acreedor	Monto original	Saldo al 31/XII/69	Servicio de la deuda anual	Condiciones del préstamo
<u>Obligaciones actuales al 31/XII/69</u>					
<u>CEL</u>		<u>32 678</u>	<u>17 661</u>	<u>2 625</u>	
Central 5 de Noviembre	BIRF	12 545 <sup>a/</sup>	4 800	962	Préstamo 22 ES, desde diciembre, 1949
Ampliación 5 de Noviembre	BIRF	2 700 <sup>a/</sup>	2 095	217	Préstamo 221 ES, desde febrero, 1959
Proyecto Guajoyo	BIRF	3 470 <sup>a/</sup>	2 870	275	Préstamo 263 ES, desde julio, 1960
Ampliación 5 de Noviembre, planta vapor Acajutla, etc.	BIRF	5 940 <sup>a/</sup>	5 160	535	Préstamo 342 ES, desde junio, 1963
Bonos del 5 por ciento		7 240	1 953	628	
Banco Central de Reserva		783	783	8	
<u>Obligaciones por contraer, 1971 a 1975</u>					
CEL: Poza del Silencio	BIRF	30 560			

a/ Estos préstamos del BIRF han financiado centrales hidroeléctricas, térmicas y obras complementarias; el monto total sólo para hidroelectricidad es de 16 650 000 dólares.

de Obras de Riego y Drenaje, Ferrocarriles de El Salvador, la ANDA y la CEL. Algunos particulares (personas y empresas) poseen y operan estaciones meteorológicas cuya información se centraliza en los organismos estatales.

En la actualidad se está llevando a cabo el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano con la ayuda técnico-financiera de Naciones Unidas, para la ampliación de la red básica de estaciones hidrológicas y meteorológicas. Este proyecto quedará concluido en diciembre de 1972.

Las inversiones hasta el 31 de diciembre de 1970 ascendían a 427 500 dólares y se contaba con 52 estaciones hidrométricas de primer orden, 19 meteorológicas sinópticas (tipo A), 14 estaciones climatológicas ordinarias (tipo B) y 182 pluviómetros. (Véase el cuadro 37.)

Las inversiones proyectadas para el próximo quinquenio (1971 a 1975) se estiman en 718 600 dólares, de los cuales 528 100 dólares corresponden a aportaciones del gobierno central y de la ANDA y el resto a donaciones de proyectos del PNUD y de gobiernos amigos. (Véase el cuadro 38.)

De acuerdo con el presupuesto de 1971, las actividades de operación y mantenimiento de la red, así como sobre realización de estudios de hidrología y meteorología aplicada, implican una erogación de 284 100 dólares anuales. Un total de 73 personas se dedica habitualmente a estas actividades; 19 son profesionales especializados en la materia. (Véase el cuadro 39.)

En general, puede decirse que existe un adecuado planeamiento, control y coordinación de las labores gracias a la centralización de las actividades y a la existencia de un nutrido grupo de personal técnico y profesional especializado. De las inversiones proyectadas para el quinquenio 1971 a 1975 puede entreverse un apoyo más efectivo para las actividades meteorológicas.

#### e) Sumario de aspectos económico-financieros

A fines de 1970 las inversiones acumuladas en la utilización y medición del recurso del agua en El Salvador alcanzaban cifras de 84.7

Cuadro 37

EL SALVADOR: HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA: INVERSIONES AL  
31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo	Inversión total (miles de dólares)			Número de estaciones			
	Total	Hidro- logía	Meteoro- logía	Hidro- métri- cas	Meteorológicas		
					Tipo A	Tipo B	Tipo C
<u>Total nacional</u>	<u>427.5</u>	<u>281.0</u>	<u>146.5</u>	<u>52</u>	<u>19</u>	<u>14</u>	<u>182</u>
<u>Dirección General Recursos Naturales Renovables b/</u>	411.8	267.7	144.1	46 <sup>a/</sup>	19	13	160
<u>ANDA: Proyecto de aguas subterráneas en San Salvador c/</u>	11.2	8.8	2.4	4 <sup>d/</sup>	-	1	22
<u>Dirección General Obras de Riego y Drenaje e/</u>	4.5	4.5	-	2	-	-	-

a/ Incluye el mejoramiento de 16 estaciones antiguas.

b/ Se incluyen los aportes de equipos efectuados por PNUD/OMM bajo el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

c/ Se incluyen los aportes de equipos efectuados por Naciones Unidas.

d/ Una estación fue destruida por crecidas y fue reconstruida por DGRNR.

e/ Estaciones Taisihuat y Olomega para proyecto de riego.

Cuadro 38

## EL SALVADOR: HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA, PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo	Inversión (miles de dólares)			Número de estaciones			
	Total	Fondos locales	Fondos extranjeros	Hidrométrica	Meteorológicas		
					A	B	C
<u>Total nacional</u>	<u>718.6</u>	<u>528.1</u>	<u>190.5</u>	<u>17</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>22</u>
<u>Servicio Meteorológico Nacional</u>	<u>89.2</u>	<u>89.2</u>	...	-	-	-	-
Red sinóptica básica para VMM	12.4	12.4	...	-	-	-	-
Servicio de información meteorológica para navegación aérea	57.6	57.6	...	-	-	-	-
Estación meteorológica de referencia	19.2	19.2	-	-	1	-	-
<u>Dirección General de Recursos Naturales Renovables a/</u>	<u>321.8</u>	<u>221.5</u>	<u>100.3</u>	<u>17</u>	<u>1</u>	<u>9</u>	<u>23</u>
Proyecto Hidrometeorológico C.A.							
<u>ANDA: Proyecto agua subterránea en San Salvador b/</u>	<u>307.6</u>	<u>217.4</u>	<u>90.2</u>	-	-	-	-

a/ Se incluyen las inversiones que supone la ampliación del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

b/ Se incluyen las inversiones del programa ampliado.

## Cuadro 39

## EL SALVADOR: HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA, PERSONAL Y PRESUPUESTO DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total <u>a/</u>	Profesional	
<u>Total nacional</u>	<u>73</u>	<u>19</u>	<u>284.1</u>
Dirección General de Recursos Naturales Renovables <u>b/</u>	64	13	248.8
Servicio de Hidrología	18	7	119.8
Servicio Meteorológico	46	6	129.0
Dirección General de Obras de Riego y Drenaje	9	6	35.3 <sup>c/</sup>
Sección de aguas subterráneas y computadores análogos			

a/ No incluye personal de campo, pagado por sistema de planillas.

b/ Excluye el Proyecto Hidrometeorológico.

c/ Incluye sólo los sueldos.



millones de dólares, o su equivalente unitario de 25 dólares por habitante, correspondiendo el 91 por ciento a sistemas en operación y el resto a construcciones en proceso y estudios. El total de las inversiones estaba distribuido por sectores de la siguiente manera;

	<u>Porcentaje</u>
Hidroelectricidad	43.0
Acueducto y alcantarillado	42.7
Riego y avenamiento	13.8
Hidrología y meteorología	0.5

Las inversiones del sector público superan a las del sector privado en una relación aproximada de 7 a 1, predominando en todos los usos excepto en el riego. En cuanto a financiamiento de las inversiones, las principales fuentes han sido préstamos a largo plazo y aportes gubernamentales. Debe señalarse que los préstamos a largo plazo han contribuido con el 43 por ciento de las inversiones del sector público y que de la suma total adeudada el 82 por ciento es de origen externo. Los aportes del gobierno a través del presupuesto nacional han consistido especialmente en acueductos y alcantarillados, que han recibido el 75 por ciento del total de los aportes del gobierno central. (Véase el cuadro 40.)

El sector público ha aprobado un programa de inversiones para el quinquenio 1971 a 1975 por valor de 110.9 millones de dólares, en el que las inversiones actuales resultan más que duplicadas. En dicho presupuesto, la participación que corresponde a la hidroelectricidad es el 45 por ciento, la de acueductos y alcantarillados el 36 por ciento; la del sector riego, el 18 por ciento, y la de hidrometeorología, el 1 por ciento. Para financiar el costo de las inversiones programadas se utilizarán: 1) préstamos de agencias financieras internacionales por valor de 62.4 millones de dólares (56 por ciento del monto total programado), la mayor parte de los cuales está pendiente de contratación; 2) préstamos nacionales a obtener por 21.1 millones (9 por ciento); 3) generación interna de efectivo por 19.8 millones (8 por ciento);

Cuadro 40

## EL SALVADOR: INVERSIONES TOTALES ACUMULADAS EN LA UTILIZACION DEL RECURSO AGUA, 1970

(Miles de dólares)

Pág. 114

	Total todos los sectores	Acueductos y alcantarillado <sup>a/</sup>	Riego y avenamiento	Hidroelectricidad	Navegación fluvial	Hidrología y meteorología
<b>Inversiones</b>	<u>84 662</u>	<u>36 157</u>	<u>11 711</u>	<u>36 366</u>	-	<u>428</u>
Fijas en operación	78 040	34 861	7 135	35 616		428
Sector público	68 110	34 514	78	33 090		428
Sector privado	9 930	347	7 057	2 526		-
En proceso de construcción	2 810	530	2 280	-		-
Estudios y otros	3 812	766	2 296	750		-
<b>Deuda a largo plazo</b>	<u>33 519</u>	<u>9 200</u>	<u>1 643</u>	<u>22 676</u>	-	-
Extranjera	27 495	9 200	1 643	16 652		
Nacional	6 024	-	-	6 024		
<b>Patrimonio</b>	<u>51 143</u>	<u>26 957</u>	<u>10 068</u>	<u>13 690</u>	-	<u>428</u>
Aporte del gobierno	37 587	26 457	2 270	8 656		204
Otros aportes	13 556	500	7 798	5 034		224

<sup>a/</sup> Al 31 de noviembre de 1970.

4) aportes del gobierno central a través de asignaciones presupuestarias por valor de 6.6 millones (el 6 por ciento), y 5) otras fuentes diversas. El programa de inversiones para el sector agua podría verse sustantivamente modificado si se sustituyeran las centrales hidroeléctricas por geotérmicas; en dicho caso, la inversión total se reduciría a 58.8 millones de dólares. Los aportes del gobierno central en 1971, que son parte del programa de inversiones, consistirán en cerca de 2 millones de dólares, equivalentes al 1.4 por ciento del presupuesto total del gobierno y aproximadamente a un 7 por ciento de los gastos de capital. (Véase el cuadro 41.)

En 1971, 1 265 personas se dedican al planeamiento, aprovechamiento y medición del recurso del agua en el país; el 60 por ciento de los mismos está encargado de la operación y el mantenimiento de las obras en servicio. El mayor contingente humano corresponde al sector de acueductos y alcantarillados (78 por ciento del total). El presupuesto de funcionamiento asciende a 4.85 millones de dólares que implican el 5.5 por ciento de las inversiones acumuladas hasta 1970 y el 4.3 por ciento del presupuesto total de funcionamiento del país. (Véase el cuadro 42.)

## 2. Aspectos legales e institucionales

Se reduce en esta sección el anexo a este informe sobre el mismo tema redactado con anterioridad a la promulgación de la Ley de Avenamiento y Riego, a fines de 1970, por lo que la situación ha experimentado algún cambio; pero se hace mención del proyecto legislativo que dió origen a la ley.

### a) Descripción sucinta del derecho de aguas

i) Formulación de una política de aguas. Al no haber una formulación única de la política de aguas, ni haberse previsto los mecanismos que ilustren el Poder Ejecutivo para que la formule dentro del marco legal y constitucional, los instrumentos legales en vigor pueden dar lugar a la adopción de políticas y estrategias contradictorias con respecto al manejo de las aguas.

Cuadro 41

EL SALVADOR: COSTO Y FINANCIAMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE UTILIZACION DEL AGUA, 1971 A 1975

(Miles de dólares)

Concepto	Total	Acueductos y alcanta- rillados	Riego y ave- namiento	Hidroelec- tricidad	Navegación fluvial	Hidrología y meteorología
Costo del programa	<u>110 946</u>	<u>40 300</u>	<u>19 607</u>	<u>50 320</u>	-	<u>719</u>
Financiamiento						
Préstamos	83 528	39 948	13 020	30 560	-	-
Exterior, obtenidos	148	148	-	-		
Exterior, a obtener	62 280	25 800	5 920	30 560		
Nacionales	21 100	14 800	7 100	...		
Aportaciones de capital	27 418	352	6 587	19 760	-	719
Del gobierno	7 467	352	6 587	-		528
Recursos propios	19 760	-	-	19 760		-
Otros	191	-	-	-		191
Aportes gubernamentales, 1971	1 903	200	1 419	-	-	284

## Cuadro 42

## EL SALVADOR: PERSONAL Y COSTO DE FUNCIONAMIENTO EN LA UTILIZACION DEL AGUA, 1971

Concepto	Total	Acueductos y alcanta- rillados	Riego	Hidroeleg- tricidad <sup>a/</sup>	Hidrología y meteorolo- gía b/
Presupuesto, miles de dólares	4 849	2 826	1 419	320	284
Personal total	1 265	987	107	98	73
Administrativo	330	297	30	-	3
Operación y mantenimiento	764	586	12	98	68
Planeamiento, construcción y otros	171	104	65	-	2

a/ Incluye sólo CEL; cifras de 1967 que se mantienen esencialmente idénticas en 1970.

b/ No incluye personal contratado por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

ii) Planificación y coordinación del uso del agua. El Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica (CONAPLAN) tiene a su cargo la planificación económica general y la ley de presupuesto le señala el carácter de contralor de ejecución presupuestario, pero sin embargo la planificación sectorial responde a la estructura de la administración pública, orientada hacia actividades que usan agua pero no tienen en cuenta el recurso como unidad. No existe por lo tanto un sector administrativo que se ocupe específicamente de la planificación del recurso en sus múltiples aspectos.

Tampoco existen disposiciones específicas sobre recolección, compilación, evaluación y difusión de la información básica necesaria para la programación del uso del agua.

Un comité coordina las actividades relativas al Decenio Hidrológico Internacional, al Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano y al Programa de Evaluación de Recursos Hidráulicos bajo el que se presenta este informe. La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) prepara o contrata la preparación de los estudios y proyectos necesarios para la realización de las obras hidroeléctricas que le encomienda su ley de creación. El Instituto Cartográfico del Ministerio de Obras Públicas realiza la cartografía básica; otros organismos como el Centro de Estudios e Investigaciones Geotécnicas, los Servicios de Hidrología y Meteorología, la Dirección General de Obras de Riego y Drenaje, la ANDA y los gobernadores departamentales, realizan actividades relativas a su especialización. Esa situación da lugar a que las acciones de la administración pública al respecto puedan tender a propósitos distintos e incluso ser contradictorias.

iii) Propiedad de las aguas y cosas conexas. Pertenecen a la nación los ríos y aguas que corren por los cauces naturales, salvo los que más adelante se mencionan como pertenecientes al dominio privado; los lagos y lagunas navegables por embarcaciones de más de 100 toneladas; las aguas subterráneas; las islas que se forman en ríos y lagos navegables.

El dominio nacional sobre las riberas se extiende en los ríos hasta el espacio que queda cubierto por las más altas crecidas anuales; en los lagos, hasta el espacio cubierto por su más alto nivel.

Son del dominio privado los ríos que nacen y desaparecen dentro de la misma heredad; los lagos y lagunas navegables por embarcaciones de menos de 100 toneladas, y las aguas que corren por cauces artificiales legalmente construidos. En el proyecto de ley de avenamiento y riego se suprimen las dos últimas clases de aguas privadas y se mejora la descripción de la primera.

La atribución de algunas aguas al dominio privado no es obstáculo para la planificación de su aprovechamiento racional, pero sería preferible que los lagos y lagunas de todas clases se considerasen de dominio público más por su conexión con el ciclo hidrológico que por su escaso aprovechamiento. La atribución de las aguas que corren por canales artificiales a los particulares va más lejos que el contexto legal que sólo les atribuye su uso y goce, por lo que resulta ilógica su inclusión dentro de la legislación actual.

Pero los problemas de la actual estructura legal no se derivan de la propiedad de las aguas sino del derecho a su uso y aprovechamiento, como se verá más adelante.

iv) Derecho al aprovechamiento de las aguas. Las aguas privadas pueden ser explotadas libremente por sus dueños con sujeción a los reglamentos de policía y a ciertas restricciones impuestas por la legislación sustantiva. El aprovechamiento de las aguas nacionales está sometido a normas legislativas especiales y a la reglamentación que dicte la autoridad nacional o las municipalidades con aprobación del Poder Ejecutivo.

El aprovechamiento de las aguas se clasifica en: aprovechamiento por el estado; aprovechamiento común; aprovechamiento mediante permiso o concesión; aprovechamiento por imperio de la ley.

En el caso del aprovechamiento por el estado, leyes especiales prevén los aprovechamientos por organismos nacionales que prestan servicios públicos. Para los aprovechamientos comunes, las aguas nacionales

son de uso público, haciendo salvedad de los derechos de los ribereños y colindantes que se aluden más adelante. En los aprovechamientos por imperio de ley, los propietarios lindantes pueden servirse de las aguas que corren por caminos públicos e incluso desviar su curso con ese fin; los ribereños pueden usar y gozar de los ríos nacionales que nacen en un terreno y desaparecen en otro; los mineros tienen derecho a usar las aguas que broten en sus labores.

Requieren concesión del Poder Ejecutivo el uso de las caídas de agua y demás corrientes de aguas nacionales y la desviación de esas corrientes antes de esa caída o rápido. Requieren permiso del Poder Ejecutivo las obras de captación de aguas nacionales corrientes, lagos y lagunas, para usos agrícolas y domésticos. No se prevé un régimen de prioridades, salvo la del abastecimiento de agua de poblaciones y la evacuación de aguas residuales a favor de la ANDA, pero el proyecto de ley de avenamiento y riego confiere al ejecutivo la facultad de determinar prioridades. Incumbe a la autoridad judicial la resolución de conflictos derivados de oposiciones al otorgamiento de concesiones de agua. Los permisos o concesiones se otorgan sin perjuicio de derechos adquiridos, hasta por 25 años, pueden revocarse por infracción de las condiciones de la concesión, y las otorgadas a industriales caducan cuando sus efluentes afecten a la salubridad o la vegetación. No existe un registro de concesiones de agua. Los aprovechamientos que efectúan la ANDA y la CEL dan derecho a penetrar en tierras y aguas ajenas, a constituir servidumbres y a expropiar tierras. No se ha acordado procedimiento alguno para cargar cierta proporción del costo de las obras y servicios a los beneficiarios, salvo el canon de riego de las municipalidades y las tarifas que cobra la CEL por sus servicios. El proyecto de ley de avenamiento y riego establece un procedimiento para cargar y repartir entre los beneficiarios el costo de algunas obras y servicios, así como para expropiar inmuebles o constituir servidumbre en beneficio de ellos; además encomienda al MAG llevar un registro de concesiones, permisos y usos de aguas nacionales.



Cabe señalar que todos los privilegios de que gozan los ribereños dificultan el manejo integral del agua con finalidades múltiples.

v) Desmembramientos, limitaciones y gravámenes al dominio, en interés del aprovechamiento y conservación de las aguas. Para facilitar el aprovechamiento y la conservación de las aguas, el derecho establece relaciones en favor de las mismas, sus beneficios o el objeto beneficiado y bienes ajenos; dichas relaciones pueden ser de imposición legal, de imposición judicial o de imposición administrativa.

La servidumbre de acueducto puede imponerse judicialmente en favor de toda heredad que carezca de las aguas necesarias para el cultivo de sementeras, plantaciones o pastos, en el de un pueblo que las necesite para el consumo doméstico de sus habitantes, o en favor de un establecimiento industrial que las requiera para el movimiento de sus máquinas, para dar salida y dirección a las aguas sobrantes y para desecar pantanos y filtraciones naturales. La ANDA puede ocupar tierras para construir las obras necesarias para cumplir sus fines, cercar los terrenos y descargar aguas por los cauces existentes, constituyendo la correspondiente servidumbre ante el juzgado de lo civil.

Entre los casos de imposición administrativa, la ANDA puede penetrar en inmuebles o cuerpos de agua ajenos para efectuar mediciones, sondeos y estudios, con la conformidad de sus dueños; la CEL puede hacerlo también. El proyecto de ley de avenamiento y riego implanta diversas servidumbres que se constituyen ante la justicia civil con informe previo del MAG previendo, además, distintos casos de expropiación de inmuebles.

vi) Creación, modificación, transformación y extinción de derechos por la acción de las aguas. En el caso de que cambie el cauce de un río, cualquier ribereño perjudicado puede --previo permiso del Ministerio del Interior-- realizar obras para volverlo al cauce abandonado. Cuando se perjudiquen bienes nacionales, las obras de corrección incumben al Ministerio del Interior.

Las islas que se formen en ríos y lagos navegables por embarcaciones de más de 100 toneladas, serán propiedad del estado.

b) Normas especiales para los distintos aprovechamientos de aguas

1) Abastecimiento doméstico y urbano, y alcantarillados. La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, institución autónoma de servicio público con personería jurídica, tiene a su cargo el planeamiento, financiamiento, ejecución y operación de estas obras en todo el país. El presupuesto anual de la ANDA debe ser aprobado por el Ministerio de Obras Públicas, el Poder Ejecutivo y la Asamblea Legislativa. La contratación de préstamos requiere aprobación previa del Poder Ejecutivo. La corte de Cuentas de la República actuar como contralor de legalidad de la ANDA, estando además sometida a la inspección y vigilancia de auditores. Las tarifas y otras cargas son fijadas por la ley, debiendo cubrir obras, costos operativos, mantenimiento y expansión, no pudiendo ser gravadas adicionalmente. La ANDA no puede prestar servicios gratuitos y está exenta de toda clase de impuestos, tasas y contribuciones, teniendo, además, preferencia sobre otras personas u órganos estatales para el aprovechamiento de aguas en el cumplimiento de sus fines.

En el caso de los particulares, este aprovechamiento requiere permiso del Poder Ejecutivo; para el establecimiento de nuevas poblaciones es necesario que el terreno destinado a su asiento principal cuente con agua, que se haya resuelto el problema de la disposición de aguas negras y que se indiquen los materiales que se proyecta usar con tal fin. Los proyectos a tal efecto son aprobados por la Dirección General de Urbanismo y Arquitectura, previo dictamen de la ANDA.

En la expropiación de bienes para el abastecimiento de agua, la ANDA no está obligada a previa indemnización.

11) Energía. No existen disposiciones especiales sobre el aprovechamiento de aguas para la generación de electricidad, salvo que las concesiones deben ser otorgadas por el Poder Ejecutivo.

La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), organismo autónomo de servicio público, es la agencia estatal encargada de preparar o hacer preparar estudios, planos, diseños y presupuestos para construir o

/reconstruir

reconstruir obras para desarrollar, conservar, administrar y utilizar los recursos hidráulicos de El Salvador; adquirir bienes, incluso aguas, y utilizarlos para producir energía eléctrica, abastecer de agua y energía a poblaciones y zonas rurales para aprovechamientos agrícolas, industriales o de servicio público.

El presupuesto de la CEL es aprobado en su junta directiva, quien lo pasa al Ministerio de Economía, de donde el Ejecutivo lo somete a la aprobación de la asamblea legislativa. Las tarifas, cánones y derechos que cobra deben ser aprobados por el Poder Ejecutivo.

La CEL no está sujeta al contralor de la Dirección General de Presupuestos ni de la Proveduría General de la República, ni a las disposiciones de la ley de suministros, pero sí a la fiscalización de la Corte de Cuentas y de un auditor público. Sus bienes, negocios y operaciones están exentos de todo impuesto.

La Inspección General de Empresas y Servicios Eléctricos del Ministerio de Economía es la encargada de supervisar y controlar las empresas de producción de electricidad que generen más de 50 kV, así como todas aquellas que presten servicio público.

La Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador ((CAESS) detenta una concesión para el suministro de electricidad por 50 años, que la habilita para usar el agua de los ríos Sucio, Acelhuate, Verapaz y Grande.

iii) Agricultura. A fin de aplicar una legislación específica y prestar los servicios de avenamiento y riego, se acordó crear en 1961 la Administración Nacional de Avenamiento y Riego, que nunca llegó a constituirse ni a funcionar. Actualmente se ocupa de las obras de riego una de las direcciones generales del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Diversas municipalidades han dictado reglamentos de riego aprobados por el Poder Ejecutivo, con base en la Ley Agraria y en la Ley del Ramo Municipal.

La Ley de Fomento Agropecuario de 1961 otorga desgravaciones impositivas y prevé la implantación del crédito supervisado a cargo del MAG para las cooperativas y sus asociados que emprendan labores de riego y avenamiento.

La Asamblea Legislativa tiene en estudio un proyecto de ley de avenamiento y riego\* que responde a los siguientes lineamientos; exigencias de permiso o concesión para todo aprovechamiento agropecuario; restricción de la dotación de agua a lo que la reglamentación determine; uso agropecuario intuitu re; creación de distritos de riego sometidos a reglamentación por el Poder Ejecutivo; unificación de la autoridad de aguas para usos agropecuarios; construcción de obras autofinanciables; reglamentación de la expropiación de tierras y servidumbres; imposición de superficie máximas adjudicables e intervención del MAG en la parcelación de tierras para evitar el minifundio; caducidad de las concesiones por causas diversas; atribución de nuevas funciones al MAG.

Las concesiones de agua para fines agrícolas deben respetar los derechos adquiridos, salvo cuando hubieran sido abandonados durante más de un año. Las relaciones entre los agricultores copartícipes del agua de un canal o acueducto se rigen por lo que hubiesen convenido dentro del marco de un contrato social y un subsidio por las disposiciones que rigen el cuasi-contrato de la comunidad, cuya división pueden pedir en cualquier momento.

Quando, por escasez de agua o accidente, los regentes no puedan obtener la tercera parte de sus dotaciones de agua, deberán establecerse turnos.

iv) Navegación y flotación. La navegación en general está regida por la Ley 236 de 1933, y el Código de Comercio regula los actos de navegación comercial.

La navegación en ríos y lagos nacionales es libre y en algunos casos los propietarios de las embarcaciones pueden construir casas y barracas en las riberas. Las concesiones para la explotación de muelles o canales no pueden exceder de 50 años. No hay normas sobre dragado, balizamiento o flotación.

\* Ley aprobada a fines de 1970.

v) Industria. Las concesiones para molinos y otras industrias agrícolas están sujetas a otorgamiento por el Poder Ejecutivo; deben ser otorgadas solamente al dueño del terreno o a persona autorizada por éste; no deben perjudicar la navegación ni la flotación, ni a otros aprovechamientos industriales que tengan derechos adquiridos, y pueden revocarse sin indemnización cuando transmitan a las aguas propiedades nocivas para la salud o la vegetación y no se subsane la anomalía dentro del plazo que la municipalidad fije al respecto.

No se prevé el otorgamiento de concesiones para más usos industriales que los citados, ni la provisión de agua de la ANDA para ese objeto.

Los establecimientos metalúrgicos de transformación de bronzas en metales pueden verter residuos cianurados en los ríos sólo cuando sean insolubles; asimismo, deben adoptar las medidas necesarias para evitar el envenenamiento del ganado y desecar los pantanos próximos a las plantas.

vi) Pesca. En un proyecto de ley en estudio se encomienda al MAG la realización de estudios e investigaciones en materia pesquera, y la vigilancia, el cultivo y la repoblación de las aguas; se prohíbe la pesca en determinadas áreas y épocas; se impone una servidumbre sobre los predios ribereños para el ejercicio de la pesca; se exige permiso ministerial para construir "secas o tapadas" o cambiar el curso de las aguas; se prohíbe volcar aguas residuales cargadas con sustancias tóxicas y también los vuelos de aviones destinados a aplicar sustancias tóxicas que puedan afectar las aguas.

c) Normas especiales para distintas clases de agua

No existen disposiciones especiales sobre aguas pluviales. Los mantos de agua potable subterránea se consideran de propiedad nacional. No se define si las aguas corrientes subterráneas son públicas o privadas pero la nacionalización de todos los cursos de agua establecida por el

Código Civil y la del subsuelo por vía constitucional determinan la incorporación de la totalidad de las aguas subterráneas al dominio nacional. La apertura de pozos por particulares requiere autorización del Poder Ejecutivo.

El proyecto de ley de avenamiento y riego dispone sobre aguas subterráneas lo siguiente: su inclusión en el dominio público que puede ser motivo de concesión; la implantación de zonas de reserva; libertad de exploración en terreno propio y permiso judicial para explorar en terreno ajeno; obligación de suministrar información completa a la autoridad; reglamentación de la exploración estatal o privada y necesidad de licencia para empresas de perforación de pozos.

d) Acción contra los efectos nocivos y el deterioro de las aguas

i) Defensa contra crecidas e inundaciones. Las inundaciones que afecten gravemente áreas del territorio autorizan el funcionamiento del Servicio de Emergencia Nacional, dirigido por un Comité que se integra por el Presidente de la República y los Ministros del Interior, Salud Pública, Obras Públicas y Defensa. El proyecto de ley de avenamiento y riego exige autorización del MAG para la construcción de obras de defensa y regulación.

ii) Avenamiento. Véanse los párrafos iii) y iv) del acápite b).

iii) Conservación del agua. El derecho salvadoreño impone una serie de prohibiciones y cargas para asegurar la conservación de las aguas y otros bienes.

Entre las prohibiciones, merecen mención la de pescar con dinamita, explosivos o venenos que puedan alterar nocivamente las aguas; la de arar o cultivar cereales a menos de 200 metros de las márgenes de los lagos o lagunas cuando sean inclinados; la de descargar los efluentes de molinos e industrias agrícolas en cuerpos de agua, comunicándoles propiedades nocivas a la salubridad o vegetación; la de construir pozos o represas a 20 metros de las líneas férreas; la de contaminar las aguas con insecticidas o arrojar pulpa de café a los ríos; la de arrojar a los

ríos melaza de café, residuos de aguardiente, y residuos insuficientemente diluidos de la industria del cuero; la de contaminar las aguas con residuos provenientes de labores mineras que usen productos venenosos; la de obstruir el curso de arroyos o aguas públicas con escombros o desechos provenientes de labores mineras, etc.

Las principales cargas se imponen para que los residuos de aguardiente sean evacuados por acueductos subterráneos hasta las cloacas o hasta terrenos permeables; los residuos de la industria del cuero sean conducidos por cloacas de mampostería hasta capas permeables en la vecindad de poblaciones de primero y segundo orden, llevándose por atarjeas hasta donde menos perjuicio causen en el caso de poblaciones menores. Con los mismos fines de conservación se han reglamentado la tala de bosques y montes protectores de fuentes y ríos.

El proyecto de ley forestal prevé el establecimiento de reservas sobre la cubierta vegetal para la regularización de corrientes y el establecimiento de zonas forestales de explotación controlada, impone la reforestación para la protección de cuencas; da preferencia a la forestación y reforestación contra inundaciones y para proteger cuerpos hídricos y obliga a los concesionarios de aguas públicas a forestar y reforestar.

El proyecto de ley de avenamiento y riego impone determinadas obligaciones a los propietarios ubicados en cuencas hidrográficas que deben ser protegidas.

iv) Otros efectos nocivos. Lo expresado anteriormente sobre el Servicio de Emergencia Nacional respecto a las inundaciones es aplicable también a la sequía.

e) Aguas internacionales

La frontera con Honduras ha sido sólo parcialmente demarcada y no existe disposición alguna que se refiera a los conflictos que puedan suscitarse entre los dos países por el aprovechamiento de las aguas.

La frontera con Guatemala, aunque está fijada sobre diversos cursos de agua, no adopta esos cursos como divisorios sino los hitos colocados por la Comisión Mixta de Límites, por lo que cualquier alteración física de los cursos de agua no influiría en el límite. El agua de los ríos fronterizos puede ser utilizada por partes iguales para fines agrícolas e industriales, pero nunca concedida a empresas extranjeras.

Para el aprovechamiento hidroeléctrico y el control de crecidas del lago de Güija, que supuso la inundación de tierras de ambos países, se firmó en 1957 un tratado entre El Salvador y Guatemala y un Protocolo Adicional que incluye algunas modificaciones. En 1951 ambos países acordaron coordinar sus actividades para proteger el régimen de las aguas en las regiones fronterizas de sus territorios.

Todos estos acuerdos restringidos pueden reducir considerablemente los aprovechamientos de aguas internacionales.

#### f) Estructura administrativa

En los acápites anteriores se ha hecho referencia a las distintas agencias o sectores de la administración pública que intervienen en el manejo de las aguas y formulan recomendaciones para conservarlas.

Se analiza a continuación el complejo administrativo relacionado con las aguas --como un todo y no por componentes-- con la idea de apreciar su vinculación con el resto de la administración pública y las interrelaciones que existen entre esos componentes.

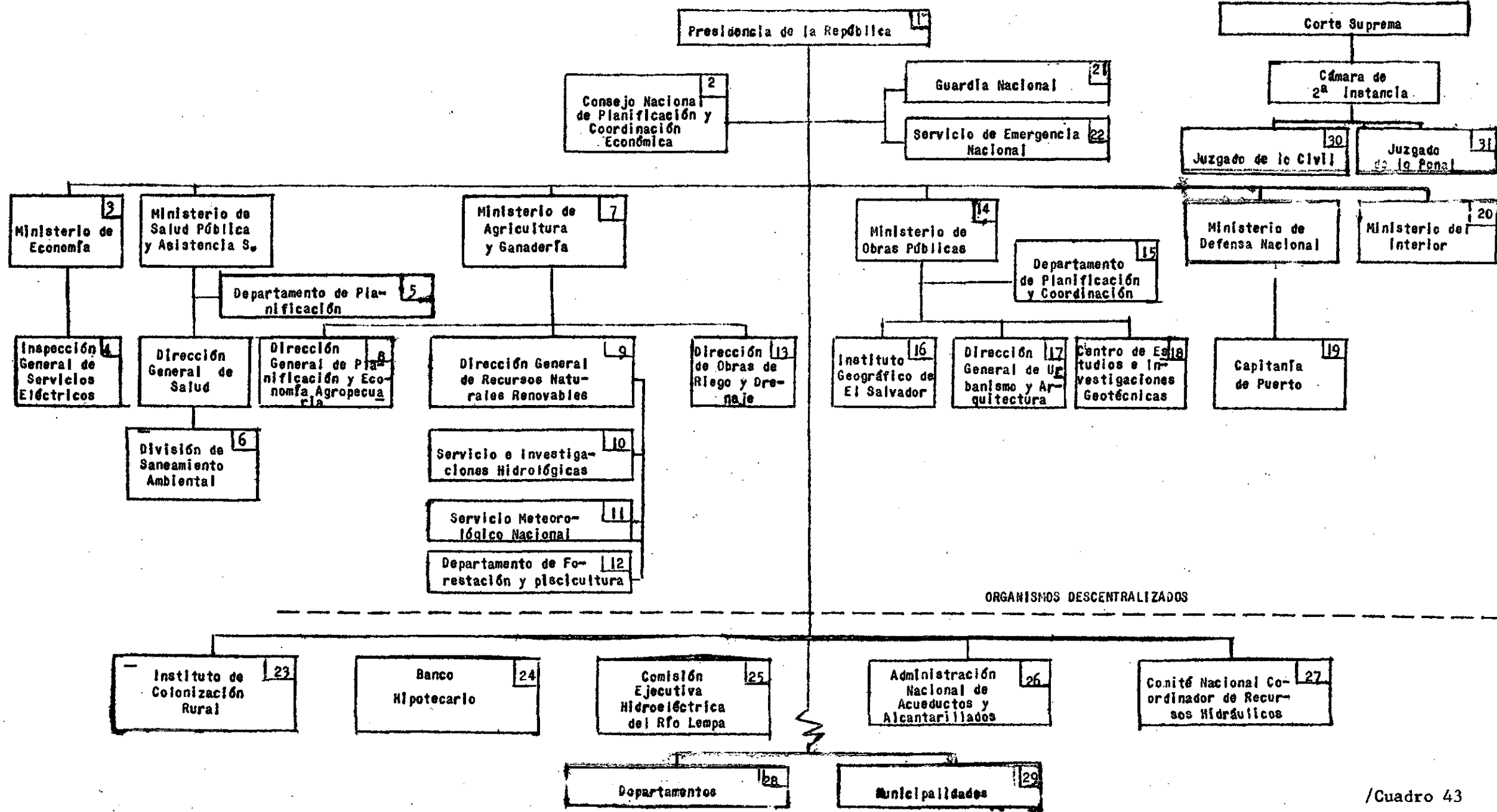
En el gráfico 2 figura el organigrama de la administración pública, relacionado con el sector agua. El cuadro 43 incluye las actividades de todos los organismos que se ocupan específica o genéricamente, directa o indirectamente, del sector y señala los principales sujetos afectados por ellas. El cuadro 44 indica los alcances de las distintas actividades que realiza la administración pública sobre las aguas; su división en tantos casilleros tiene por objeto identificar los distintos sectores de la administración pública relacionados con las aguas a partir de su actividad.

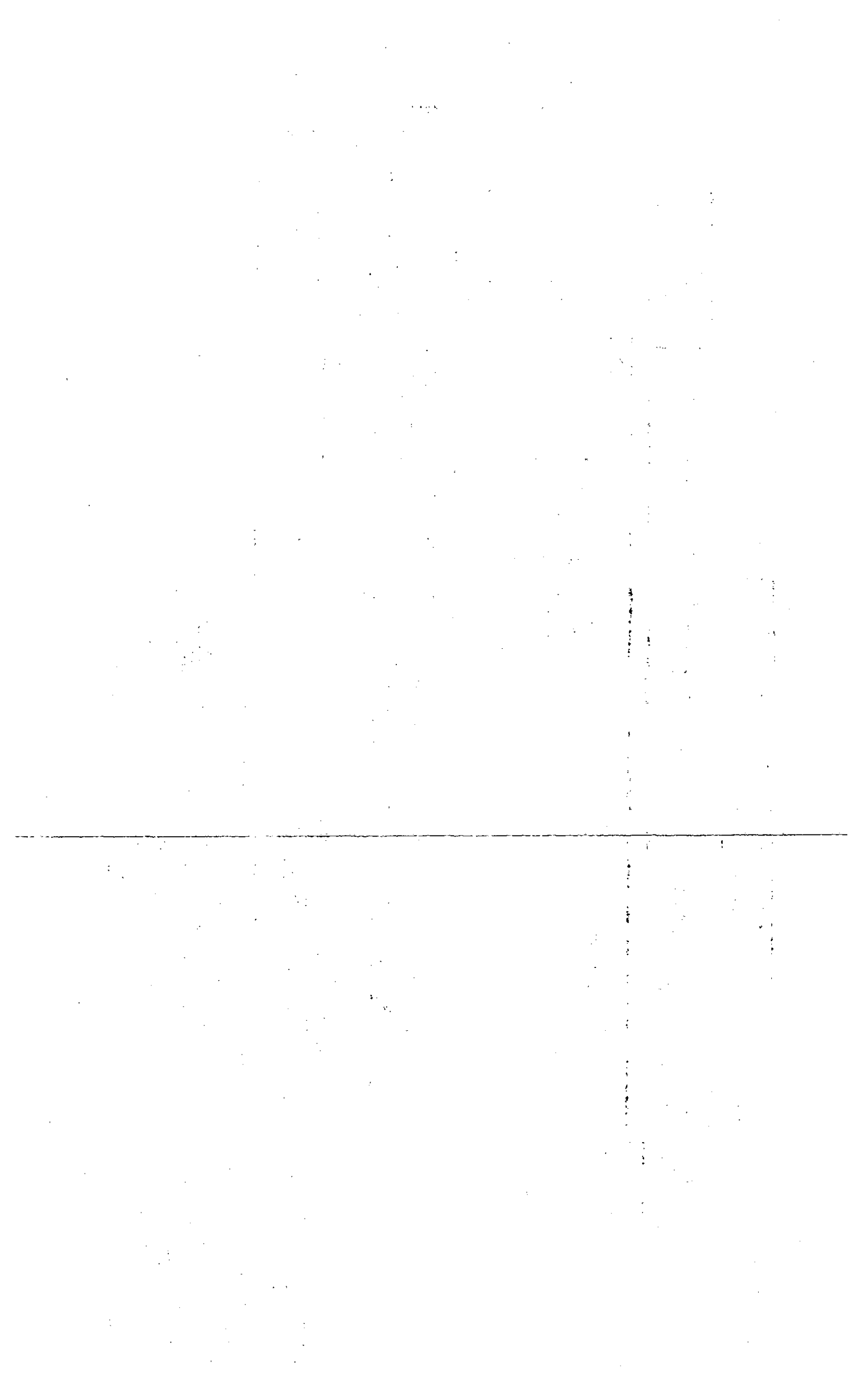


Gráfico 2

EL SALVADOR: ESTRUCTURA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA RELACIONADA CON LAS AGUAS, 1970

E/CN.12/CCE/SC.5/71  
Pág. 129





## Cuadro 49

## EL SALVADOR: ACTIVIDADES DE LA ADMINISTRACION PUBLICA RELACIONADAS CON EL AGUA

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
1 PE Presidencia de la República	Otorgar concesiones o permisos para el aprovechamiento de agua. Reglamentar el ejercicio de las concesiones que otorgue. Reglamentar el ejercicio de la pesca y la industria agrícola. Aprobar las tarifas de la CEL.	Concesionarios de agua, pescadores, agricultores
2 CONAPLAN Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica	Determinar los objetivos a mediano y largo plazo que perseguirá el Poder Ejecutivo en sus programas de gobierno. Estudiar los proyectos de ley de presupuesto y los programas y medidas de integración centroamericana. Revisar, aprobar o desaprobar los planes y programas elaborados por la Oficina Técnica de Planificación, revisar y evaluar su ejecución e informar a la Asamblea Legislativa sobre su resultado. Aprobar o desaprobar toda obra de inversión.	Administración Pública
3 ME Ministerio de Economía	Orientar la realización de planes pesqueros.	
4 IGESE Inspección General de Empresas y Servicios Eléctricos	Supervisar y controlar las empresas de producción de electricidad que generen para sí más de 50 kW y las que presten servicio público.	Empresas de generación hidroeléctrica
5 DP Departamento de Planificación	Promover y orientar la recolección de información básica y formular planes sanitarios.	
6 DSA División de Saneamiento Ambiental	Cumplir el programa de construcción y rehabilitación de sistemas de agua potable para comunidades rurales en colaboración con ANDA, UNICEF y OMS.	Poblaciones rurales

/Continúa

Cuadro 43 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
7 MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería	Planificar, dirigir y vigilar el desarrollo de un programa de conservación de suelos y rehabilitación de tierras erosionadas. Procurar el avenamiento de terrenos pantanosos para fines agrícolas. Proteger los peces, regular y vigilar la pesca. Promover el establecimiento de sistemas de riego y regular el uso de ríos y fuentes de dominio público para fines agrícolas. Cuando ellos puedan utilizarse para otros fines, debe actuar de acuerdo con los Ministerios de Obras Públicas y de Economía.	Proprietarios de tierras Pescadores
8 DGPEA Dirección General de Planificación y Economía Agropecuaria	Elaborar y coordinar programas de desarrollo agropecuario, efectuar estudios de economía agropecuaria.	L. del P.
9 DGRNR Dirección General de Recursos Naturales Renovables	Administrar, investigar, evaluar, conservar e incrementar los recursos naturales renovables de agua, suelo, bosque y fauna; vigilar y estudiar las características del tiempo atmosférico y el clima.	Agricultores, ganaderos
10 SIH Servicio e Investigaciones Hidrológicas	Recopilar, procesar y analizar los datos obtenidos en la red hidrométrica, y elaborar estudios hidrológicos superficiales y subterráneos.	
11 SMN Servicio Meteorológico Nacional	Encargado de la vigilancia continua del tiempo atmosférico y estudiar las condiciones climáticas del país.	
12 DFP Departamento Forestal y Piscícola	Administración, experimentación, protección y fomento forestal. Investigación e incremento piscícola.	
13 DGORD Dirección General de Obras de Riego y Drenaje	Estudiar y proyectar obras de riego, conservación de suelos, drenaje y control de inundaciones.	

Cuadro 43 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
14 MOP Ministerio de Obras Públicas	Estudiar hidrografía y levantar mapas	
15 DPC Departamento de Planifi- cación y Coordinación	Planificar y coordinar las obras públicas	
16 IGES Instituto Geográfico de El Salvador	Elaborar cartografía	
17 DUA Dirección General de Urba- nismo y Arquitectura	Autorizar expansión urbana hacia donde haya fuentes de agua y cuando se hayan resuelto los problemas de aguas negras y pluviales. Planificar, estudiar y proyectar obras de saneamiento.	Poblaciones
18 CEIG Centro de Estudios e Investigaciones Geotécnicas	Levantar el mapa geológico-tectónico que incluye recursos hidráulicos.	
19 CP Capitanía de Puerto	Ejercer la policía de ríos y puertos nacionales.	Navegantes
20 MI Ministerio del Interior	Otorgar permisos para que ANDA o CEL penetren en aguas o tierras con fines de estudio.	ANDA CEL
21 GN Guardia Nacional	Vigilar la conservación de los cuerpos hídricos y el cumplimiento de leyes y reglamentos de pesca.	Habitantes pescadores
22 SEN Servicio de Emergencia Nacional	Tomar medidas preventivas y para mitigar los efectos de sequías o inundaciones.	Afectados por sequía e inundación

/Continúa

Cuadro 49 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
23 ICR Instituto de Colonización Rural	Construir y mejorar pozos, galerías filtrantes y mejorar los servicios de riego, agua potable y avenamiento.	Colonos
24 BR Banco Hipotecario	Otorgar préstamos para drenaje e irrigación a más de tres años.	Regantes Proprietarios de terrenos inundados
25 CEL Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rfo Lempa	Preparar o hacer preparar estudios, planos, diseños y presupuestos, construir o reconstruir obras para desarrollar, conservar, administrar y utilizar los recursos hidráulicos de El Salvador; adquirir bienes, incluso aguas y utilizarlas para producir energía eléctrica, abastecer a poblaciones y zonas rurales de agua y energía para aprovechamientos agrícolas, industriales o de servicio público.	Usuarios de agua y energía
26 ANDA Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	Planificar, financiar, proyectar, ejecutar, operar, mantener y explotar obras para proveer a los habitantes de la república de sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales, establecer industrias para extraer o producir materia prima o elaborada, necesaria para sus servicios.	Usuarios de agua potable Municipalidades
27 CNCRH Comité Nacional Coordinador de Recursos Hidráulicos	Coordinar el presente programa. Coordinar los trabajos del decenio hidrológico internacional.	
28 GD Gobernadores Departamentales	Inventariar los ríos navegables y los que puedan servir para riego o fuerza motriz.	Pescadores

Cuadro 43 (Conclusión)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
29 Mun Municipalidades  (Alcaldes)	Reglamentar el uso de aguas públicas cuando el otorgamiento de su concesión no incumba al PE o al Legislativo y las redes pesqueras. Cuidar de que no se incendien ni descujan árboles protectores de fuentes que surtan de agua a poblaciones o heredades para usos domésticos, riego o movimiento de máquinas, que los sobrantes de industrias agrícolas no afecten la salubridad y la vegetación y que no se talen bosques protectores de fuentes de agua y ríos. Fijar el canon de riego. Otorgar permisos para cortar árboles, pudiendo denegarlos cuando el bosque cumpla fines protectores. Impedir se aren o cultiven 200 m de tierras inclinadas adyacentes a lagos o lagunas.	Usuarios de aguas públicas Propietarios de bosques  Industrias agrícolas  Propietarios de árboles Agricultores
30 JC Juzgado de lo Civil	Constituir servidumbres a favor de ANDA y CEL. Resolver las oposiciones al otorgamiento de concesiones de agua y los recursos intentados contra las resoluciones del Ministerio del Interior que constituyen servidumbres mineras.	ANDA, CEL y propietarios de terrenos Concesionarios de Minas
31 JP Juzgado de lo Penal	Investigar y castigar los delitos relacionados con las aguas.	Todos
32 ANAR Administración Nacional de Avenamiento y Riego *	Promover el planeamiento, proyecto, construcción, administración, conservación y operación de obras de avenamiento, riego, saneamiento, protección y recuperación de tierras y ejecutarlas.	
33 JS Juzgado de Sanidad *	Resolver las cuestiones derivadas de la polución de aguas.	Todos
34 JA Juzgado de Aguas *	Resolver las cuestiones derivadas del aprovechamiento de aguas para riego.	Regantes

\* No funciona.





Cuadro 44

EL SALVADOR: ACTIVIDADES Y SECTORES CUBIERTOS POR LA ADMINISTRACION PUBLICA, 1970

Actividad	Aspectos generales	Aprovechamientos										Distintas clases de aguas			Mejoramiento o conservación	Avenamiento	
		Múltiples	Doméstico y urbano	Navegación	Energía	Agricultura	Ganadería	Pesca	Industria	Minería	Recreación	Subterráneas	Termales minerales	Metéóricas			
Programación	2 CONAPLAR		17 DUA 26 ANDA 5 DP					32 ANAR <sup>a/</sup> 9 DGRNR 8 DGPEA		3 ME						17 DUA 8 MA G 5 DP 13 DGORD 9 DGRNR	32 ANAR <sup>a/</sup> 13 DGORD
Estudios, investigación o recopilación de información básica	14 MOP 25 CEL 18 CEIG 9 DGRNR 10 SIH 11 SMN 12 DFP 16 IGES	25 CEL	26 ANDA 25 CEL	28 GD	25 CEL 28 GD	28 GD 32 ANAR <sup>a/</sup> 13 DGORD 25 CEL			25 CEL			10 SIH 13 DGORD		9 DGRNR 11 SMN	25 CEL 17 DUA	32 ANAR <sup>a/</sup> 13 DGORD	
Reglamentación	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun 3 ME	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun 8 MAG	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun 8 MAG 28 GD	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	1 PE 29 Mun	
Autorización, concesión o reserva	1 PE	1 PE	1 PE 20 MI 30 JC	1 PE	1 PE 20 MI 30 JC	1 PE 3 ME	1 PE	1 PE 28 GD	1 PE	1 PE 30 JC 20 MI	1 PE	1 PE	1 PE	1 PE	1 PE 20 MI 29 Mun	1 PE	
Policía, Supervisión o vigilancia				19 CP	16 IGES			8 MAG 21 GN 29 Mun							8 MAG 29 Mun		
Protección de derechos	30 JC	30 JC	30 JC 33 JS <sup>a/</sup>	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC 33 JS <sup>a/</sup>	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC	30 JC 33 JS <sup>a/</sup> 29 Mun 31 JP	30 JC	

Cuadro 44 (Conclusión)

Actividad	Aspectos generales	Aprovechamientos							Distintas clases de aguas			Mejoramiento o conservación	Avenamiento		
		Múltiples	Doméstico y urbano	Navegación	Energía	Agricultura	Ganadería	Pesca	Industria	Minería	Recreación			Subterráneas	Termales o minerales
Asignación de cargas, tarifas o precios					1 PE	29 Mun									
Construcción, mantenimiento, operación o explotación	25 CEL	25 CEL	25 CEL 26 ANDA 6 DSA 23 ICR		25 CEL	32 ANAR <sup>a/</sup> 25 CEL 23 ICR		9 DGRNR 12 DFP	25 CEL		13 DGORD 23 ICR		8 MA G 25 CEL 20 MI	32 ANAR <sup>a/</sup> 23 ICR 13 DGORD	
Financiación			26 ANDA			24 BH									24 BH
Asesoramiento															

a/ ANAR, los Juzgados de Aguas y los de Sanidad nunca se constituyeron.

/La precisión

La precisión del cuadro 44 es muy relativa por ser pocas las ocasiones en que las actividades indicadas están netamente definidas, cumpliendo además actividades internas, intermedias y accesorias, aparte de otras no previstas en la norma que las atribuye. Por otra parte los sectores que construyen obras las estudian, programan y financian por lo general; prácticamente todos los sectores de la administración pública asesoran en algún momento a los poderes públicos o a los particulares.

La lectura del cuadro 44 en sentido horizontal indica que a pesar de la unidad del ciclo hidrológico, los distintos problemas que resultan del agua por su uso, localización o estado, son atendidos por sectores diferentes de la administración pública.

En el cuadro 45 se indica la forma en que están integrados los cuerpos directivos de los principales organismos de dirección colegiada. De éste se desprende que las tres ramas del gobierno, las municipalidades, diversos organismos descentralizados, y en menor grado los gobiernos departamentales, intervienen en el manejo de las aguas.

La asamblea dicta las normas jurídicas correspondientes y crea los organismos descentralizados que tienen ingerencia sobre las mismas. El Poder Ejecutivo las promulga y reglamenta para que las apliquen sus organismos administrativos y, además, concede el aprovechamiento de las aguas en concurrencia con las municipalidades. Los jueces revisan las concesiones administrativas de aguas cuando son impugnadas por terceros.

La creciente necesidad de desarrollar integralmente el recurso impone una racionalización de la sección administrativa. Desde el punto de vista hídrico, lo más sencillo sería concentrar horizontalmente lo más posible las distintas dependencias que se ocupan de las aguas. Sin embargo, a pesar de que la concentración horizontal es necesaria para la planificación integral del recurso, podría obstaculizar su funcionamiento en esa forma, perjudicando indirectamente la actividad misma que se pretende racionalizar. La concentración vertical, sin embargo, sólo puede hacerse con limitaciones porque

Cuadro 45

EL SALVADOR: COMPOSICION DE LAS JUNTAS DIRECTIVAS DE LAS ENTIDADES DE DIRECCION COLEGIADA

E/CN.12/CCE/SC.5/71  
Pág. 140

---

2	CONAPLAN Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica	Presidente de la República Ministro de Hacienda Ministro de Economía Ministro de Trabajo y Previsión Social Ministro de Agricultura y Ganadería Ministro de Obras Públicas Presidente del Banco Central 2 Personas representativas del sector privado de la actividad económica designadas por el Presidente de la República a propuesta en terna de las entidades que establezca el reglamento El Secretario Ejecutivo
26	ANDA Administración nacional de Acueductos y Alcantarillados	Un Presidente y dos Directores designados por el Presidente de la República Un Director designado por el Ministerio del Interior de una terna electa por las Municipalidades de las cabeceras departamentales
25	CEL Comisión Ejecutiva Hidro- eléctrica del Río Lempa	Un Presidente nombrado por el PE en el ramo del Interior Un Director nombrado por el PE en el ramo de Economía Un Director nombrado por el PE en el ramo de Agricultura y Ganadería Un Director nombrado por el PE en el ramo de Fomento y Obras Públicas Un Director nombrado por los bancos que operan en la República Un Director nombrado por asociaciones empresarias Un Director nombrado por los particulares tenedores de bonos en moneda nacional
22	SEN Servicio de Emergencia Nacional	Presidente de la República Ministro de Defensa Nacional Ministro de Salud Pública y Asistencia Social Ministro de Obras Públicas Ministro del Interior

---

dichas actividades exigen una estrecha interacción entre las generales y sintéticas señaladas en la parte superior del cuadro, y las particulares analíticas diferenciadas en la base. En consecuencia, parecería lógico crear un organismo centralizador que se integrara con los distintos sectores relacionados con el agua como primer paso para una programación del recurso.

Ninguna autoridad tiene a su cargo genéricamente la policía de aguas en la actualidad, y las extensas atribuciones conferidas a las municipalidades, que concurren con las del Poder Ejecutivo, impiden el manejo integrado de las cuencas. Para hacer posible un manejo integral del agua, convendría concentrar la autoridad de aguas para todos los aprovechamientos, en la misma forma que la ley de avenamiento y riego delega las referentes a usos agropecuarios en el MAG.

A la misma autoridad de aguas sería conveniente asignarle atribuciones que le permitieran resolver los conflictos administrativos que se planteasen en la materia, así como su intervención preventiva y represiva, delegando funciones de policía en las autoridades de cuencas o regiones, de ser ello posible; la extensión vertical de las atribuciones de esta autoridad tendría que proyectarse con un criterio práctico.

Los aspectos comunes del aprovechamiento de las aguas, como la operación de obras de propósito múltiple, podrían ser atendidos por el organismo operativo sectorial que se considerase más conveniente en cada caso, e incluso podrían crearse organismos especiales para administrar determinadas obras si así conviniese, pero sometidos a las directrices de la autoridad de aguas.

La participación de particulares en el manejo y administración de aguas y obras podría implantarse a base de un moderno régimen de consorcios. Un buen régimen legal aseguraría su viabilidad, pero su adecuado funcionamiento dependerá de que se logre una educación especial del usuario, razón por la cual la legislación debería prever la intervención estatal para apuntalar su funcionamiento y suplir sus deficiencias.

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se resumen a continuación las conclusiones del estudio de evaluación de los recursos hidráulicos, de la estimación de los usos actuales y proyectados del agua, y del análisis de los aspectos económico-financieros y legales e institucionales relacionados con el recurso, así como algunas recomendaciones para mejorar la situación actual y atender adecuadamente la demanda futura estimada de agua.

##### 1. Conclusiones

###### a) Recursos disponibles

1) El Salvador cuenta con un caudal medio superficial de 601 metros cúbicos por segundo, equivalentes a 950 litros por metro cuadrado de extensión y 5 600 metros cúbicos anuales por habitante (1970). El rendimiento seguro de los depósitos de agua subterránea del país se ha estimado en unos 83 metros cúbicos por segundo, caudal parcialmente incluido, sin embargo, dentro de la cifra citada del caudal superficial. Se ha estimado que durante un año seco el caudal superficial se ve reducido a entre 75 y 83 por ciento del de un año normal. El caudal superado el 95 por ciento del tiempo, o caudal de estiaje, se estimó en unos 90 metros cúbicos por segundo, que equivalen al 15 por ciento del caudal medio.

2) En lo referente a grandes cuencas, la de mayor potencial hídrico es la del río Lempa, con un caudal promedio de 409 metros cúbicos por segundo, siguiéndole en orden de magnitud la del río Grande de San Miguel con 57 metros cúbicos por segundo.

3) Del caudal total disponible en el país, el 31 por ciento tiene implicaciones internacionales por proceder al menos parcialmente de países vecinos, como las aguas del Lempa, o por correr por ríos fronterizos como el Paz y el Goascorán.

4) Una evaluación preliminar del balance de aguas indica que, del total de aflujos, la escorrentía superficial constituye el 42 por ciento; el efluviio subterráneo al océano, el 7 por ciento; el 51 por ciento restante es consumido por evaporación y transpiración.

5) Un 46 por ciento del territorio nacional está recubierto por materiales sedimentarios y volcánicos del Cuaternario, con altas tasas de infiltración, por lo que favorecen la ocurrencia de agua subterránea; la misma elevada permeabilidad supone las naturales limitaciones para la construcción de embalses en los que se producirían pérdidas de gran magnitud por filtraciones. En el resto del país, especialmente en las cabeceras de las grandes cuencas, se encuentran materiales pertenecientes a los períodos Terciario y Cretácico que les hacen más aptos para la construcción de presas almacenadoras pero restringen su capacidad acuífera.

6) El Salvador posee aproximadamente 351 000 hectáreas de tierras de primera calidad para la agricultura intensiva de cultivos anuales y susceptibles de riego durante la estación seca, mediante el cual podría incrementarse la producción agrícola.

7) El potencial hidroeléctrico práctico del país se estimó en 735 Megavatios, o su equivalente de 6 450 Gigavatios-hora de energía. La potencia media unitaria del país es de unos 36.7 kilovatios por kilómetro cuadrado de extensión.

b) Utilización actual del agua

1) Actualmente se riegan en el país unas 23 600 hectáreas (33 700 manzanas), lo cual supone una utilización total y consuntiva del agua de 23.6 y 11.6 metros cúbicos por segundo, respectivamente. Esta superficie representa alrededor del 7 por ciento de la extensión regable del país.

2) El sector doméstico e industrial acusa una utilización total y consuntiva estimada en 3.8 y 1.1 metros cúbicos por segundo, respectivamente; sólo es servido un bajo porcentaje de la población rural.

3) En la generación de energía hidroeléctrica se emplean 142 metros cúbicos por segundo; al descontar los usos repetitivos del agua por centrales situadas a lo largo del mismo río, el uso resulta ser de 117 metros cúbicos por segundo. La capacidad instalada es de 102 Megavatios, que representan el 14 por ciento del potencial hidroeléctrico práctico estimado.

4) Los requerimientos de agua para navegación fluvial mínima mediante pequeñas y medianas embarcaciones, son 9.5 metros cúbicos por segundo.

5) Los retornos contaminados procedentes del sector urbano alcanzan cifras de 2.5 metros cúbicos por segundo. Como la demanda bioquímica de oxígeno de estos retornos es de aproximadamente 300 partes por millón, se requiere un total de 185 metros cúbicos por segundo para la dilución natural de los desechos.

6) La utilización nacional bruta del agua --obtenida como la suma aritmética de todos los usos y requerimientos sectoriales-- es de 188 metros cúbicos por segundo. La utilización neta o efectiva, que excluye aquellos usos que no resultan en consumo y contaminación, es de 27.4 metros cúbicos por segundo. La utilización consuntiva nacional es de 12.7 metros cúbicos por segundo.

7) La utilización bruta del agua requiere el empleo del 31 por ciento de los caudales nacionales de un año normal, lo cual se explica por el uso repetido del agua en diferentes proyectos. La utilización efectiva, basada en los usos netos, representa el 5 por ciento del caudal medio nacional y el 31 por ciento del caudal de estiaje, cifras que se consideran relativamente bajas. La disminución real de los caudales disponibles, como resultado de la utilización consuntiva, es un 2 por ciento del caudal medio y un 14 por ciento del caudal de estiaje. Los requerimientos para la dilución natural de los retornos urbanos contaminados representan más del 200 por ciento del caudal de estiaje, hecho que señala la necesidad de proceder a una regulación de caudales o a tratamiento de las aguas residuales.

8) Por lo que respecta a utilización del agua en grandes cuencas, merecen mención la L de los ríos Sonsonate y Banderas y la J<sub>2</sub> del río Lempa, donde se acusa una utilización bruta que excede del 40 por ciento del caudal



medio. La gran cuenca L sobresale con un 38 por ciento de utilización neta y un 18 por ciento de utilización consuntiva, con respecto al caudal medio; si se emplea como base de comparación el caudal de estiaje, estos porcentajes llegan a 150 y 73. Durante el estiaje, en ambas cuencas los caudales disponibles resultan insuficientes para lograr la dilución natural de las aguas residuales, contaminándose las aguas especialmente en las cercanías de los mayores centros urbanos.

c) Utilización proyectada del agua.

1) En 1980 la disponibilidad de agua por habitante se verá reducida a 4 000 metros cúbicos anuales u 11 000 litros diarios, a consecuencia del crecimiento demográfico y de una disminución de dos metros cúbicos por segundo en el caudal del río Lempa, como resultado de utilizations consuntivas en Guatemala y Honduras.

2) En 1990 la disponibilidad unitaria se verá disminuída a 2 830 metros cúbicos anuales por habitante, o 7 750 litros diarios por persona, a causa también del crecimiento demográfico y de una disminución similar en el caudal del Lempa.

3) Se realizaron proyecciones de utilización del agua sobre la base de atender las necesidades de la creciente población. En el sector riego se pretende lograr el autoabastecimiento de la demanda interna de productos agrícolas básicos y mantener el nivel actual de las exportaciones que se realizan fuera del área centroamericana; para ello se ha estimado que se precisaría regar 81 600 hectáreas en 1980 y 308 000 hectáreas en 1990. En el sector de abastecimiento doméstico e industrial, se pretenden atender las necesidades de la creciente población urbana, e incrementar las dotaciones y cobertura actuales del sector rural. La generación hidroeléctrica se proyectó con base en los programas de desarrollo de la CEL. Los requerimientos de agua para dilución natural de retornos urbanos contaminados se calcularon a base de un balance de oxígeno en el agua, teniendo en cuenta la magnitud y concentración de las aguas residuales.

4) Para abastecer la demanda de 1980 los requerimientos nacionales brutos del agua llegarían a 433 metros cúbicos por segundo, lo cual indica un crecimiento del 130 por ciento con relación al aprovechamiento actual; de este requerimiento nacional, al sector hidroeléctrico correspondería un 75 por ciento, constituyendo los requerimientos de riego un 19 por ciento. La utilización neta del agua alcanzará 91 metros cúbicos por segundo, con lo cual se triplicará el valor actual y se obtendrá una utilización unitaria de 640 metros cúbicos anuales por habitante. Los usos consuntivos del agua serán de 43 metros cúbicos por segundo, y el requerimiento para la dilución de las aguas residuales llegará a los 313 metros cúbicos por segundo.

5) El abastecimiento de la demanda proyectada para 1980 requerirá una utilización bruta del 72 por ciento del caudal medio, una utilización efectiva o neta del 15 por ciento, y una disminución real de los recursos del 7 por ciento, como resultado de la utilización consuntiva. Con referencia al caudal de estiaje, la utilización neta requerirá más del 100 por ciento, se consumirá cerca del 50 por ciento del agua disponible y los requerimientos para dilución natural de retornos excederán del caudal disponible.

6) En términos generales, los aprovechamientos necesarios para 1980, en vista de los grados de utilización mencionados, requerirán el uso eficiente y repetido de los recursos de estiaje, el empleo en gran escala del agua subterránea y el tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación del agua.

7) Para abastecer la demanda proyectada para 1990, la utilización bruta del agua ascenderá a 1 008 metros cúbicos por segundo, cinco veces la cifra actual de dicho caudal; la hidroelectricidad requerirá el 66 por ciento, el sector riego el 31 por ciento; y el sector acueducto y alcantarillado y la navegación, el 3 por ciento restante. El uso neto será de 325 metros cúbicos por segundo, equivalentes a una utilización unitaria de 1 540 metros cúbicos anuales por habitante; la utilización consuntiva será de 157 metros cúbicos por segundo, cifra 12 veces mayor que la actual, y el requerimiento para dilución natural de retornos urbanos llegará a los 432 metros cúbicos por segundo.

/8) Lo anterior

8) Lo anterior supone una utilización bruta del 170 por ciento del caudal medio, un grado de utilización neta o efectiva del 55 por ciento y una disminución de disponibilidades de un 26 por ciento como resultado de la utilización consuntiva. Empleando como base de comparación el caudal de estiaje, la utilización efectiva será del 378 por ciento, la disminución real de los recursos, del 180 por ciento y los requerimientos para dilución natural de aguas residuales excederán del agua disponible.

9) Los elevados grados de utilización proyectados para 1990 sólo podrán alcanzarse mediante el aprovechamiento eficiente, escalonado, repetitivo y complementario de todos los recursos disponibles, por todos los sectores, mediante la construcción de embalses reguladores de caudal y un tratamiento de las aguas residuales que evite la contaminación.

10) Lo anteriormente señalado es aplicable en especial a los aprovechamientos de las grandes cuencas J<sub>2</sub> del río Lempa, N del río Grande de San Miguel e I<sub>2</sub> del río Paz, donde los requerimientos exigirán utilizar exhaustivamente los recursos disponibles.

d) Aspectos económico-financieros

1) A fines de 1970 las inversiones acumuladas en la utilización y medición del recurso agua en El Salvador alcanzaban la cifra de 84.7 millones de dólares, o su equivalente unitario de 25 dólares por habitante, correspondiendo el 91 por ciento a sistemas en operación y el resto a construcciones en proceso y en estudio. El total de las inversiones estaba distribuido por sectores de la siguiente manera:

	<u>Porcentaje</u>
Hidroelectricidad	43.0
Acueductos y alcantarillados	42.7
Riego y avenamiento	13.8
Hidrología y meteorología	0.5

2) Las inversiones del sector público superan a las del sector privado en una relación aproximada de 7 a 1, predominando en todos los usos excepto en el riego. Por lo que respecta al financiamiento de las inversiones, las principales fuentes han sido préstamos a largo plazo y aportes

/gubernamentales.

gubernamentales. Merece mención el hecho de que los préstamos a largo plazo hayan contribuido con el 43 por ciento de las inversiones del sector público y que de la suma total adeudada el 82 por ciento sea de origen externo. A través del presupuesto nacional el gobierno central ha efectuado aportes a todos los sectores; el sector acueducto y alcantarillado ha recibido el 75 por ciento del total de dichos aportes.

3) El sector público ha elaborado un programa de inversiones para el quinquenio 1971 a 1975 por valor de 110.9 millones de dólares, con lo cual las inversiones actuales resultarían más que duplicadas. En dicho presupuesto, la participación de la hidroelectricidad sería del 45 por ciento; la de acueductos y alcantarillados, de 36 por ciento; la del sector riego, 18 por ciento, y la de hidrometeorología, 1 por ciento. Para financiar el costo de las inversiones programadas se utilizarían:

a) Préstamos de organismos financieros internacionales por valor de 62.4 millones de dólares (56 por ciento del monto total programado), la mayor parte de los cuales está pendiente de contratación;

b) Préstamos nacionales, a obtener, por 21.1 millones (9 por ciento);

c) Generación interna de efectivo por 19.8 millones (18 por ciento);

d) Aportes del gobierno central a través de asignaciones presupuestarias por valor de 6.6 millones (6 por ciento); y

e) Otras fuentes diversas.

El programa de inversiones para el sector agua podría verse sustantivamente modificado si se sustituyeran las inversiones programadas para generación hidroeléctrica por geotermia, caso en el que la inversión total se reduciría a 58.8 millones de dólares. Los aportes del gobierno central en 1971, que son parte del programa de inversiones, ascenderán a 1.9 millones de dólares, lo cual equivale al 1.4 por ciento del presupuesto total del gobierno y a aproximadamente un 7 por ciento de los gastos de capital.

4) En 1971, 1 265 personas están dedicadas al planeamiento, aprovechamiento y medición del recurso agua en el país; de ellas, el 60 por ciento está encargado de la operación y el mantenimiento de las obras en servicio.

El mayor contingente humano corresponde al sector acueducto y alcantarillado, con el 78 por ciento del total. El presupuesto de funcionamiento es de 4.85 millones de dólares que significan el 5.5 por ciento de las inversiones acumuladas hasta 1970 y el 4.3 por ciento del presupuesto total de funcionamiento del país.

e) Aspectos legales e institucionales

1) Un examen de la estructura administrativa relacionada con el uso del agua revela que no existe una coordinación adecuada entre los diferentes sectores usuarios del recurso, ya que en el mecanismo que instrumenta la planificación general del país no están contempladas ni la unidad del ciclo hidrológico, ni la interdependencia de los sectores económicos que se deriva de la comunidad física del recurso, ni la necesidad de concentrar la información básica que requiere la formulación de una política, ni la programación del aprovechamiento del recurso; de tal manera que cada organismo sectorial realiza independientemente todas las etapas de los proyectos individuales de desarrollo, lo que da lugar a la existencia de aprovechamientos conflictivos del agua.

2) Existen disposiciones legales dispersas que autorizan aprovechamientos espontáneos del agua a iniciativa del sector privado e instituyen organismos estatales para que impulsen dichos desarrollos, pero sin facultarles a manejar integralmente los recursos o a resolver ciertas situaciones críticas, con lo cual se da lugar a acciones contradictorias tanto entre organismos estatales como entre éstos y particulares.

3) La asignación del dominio sobre algunas aguas a particulares constituye un obstáculo para el manejo integral de los recursos hídricos por el estado; otro tanto puede decirse del privilegio que otorga la ley a determinadas categorías de usuarios para utilizar aguas sin permiso ni concesión.

4) El régimen de preferencias o prioridades se limita a proteger situaciones especiales, y para la amortización de obras y servicios sólo se contemplan algunos casos de pago parcial por determinadas categorías de beneficiarios.

5) No se han reglamentado con carácter específico los usos industriales, pecuarios, mineros ni agrícolas, que se rigen por reglamentos ad hoc. Tampoco está regulado el uso de vías navegables y flotables.

6) El régimen actual de servidumbre y restricciones al dominio en interés del uso y conservación de las aguas, resulta insuficiente para facilitar la construcción de las obras que se proyectan y para proteger adecuadamente las cuencas.

7) De la misma forma que las aguas nacionales superficiales se encuentran por mandato legal a la libre disposición de muchos particulares, las aguas subterráneas son utilizadas libremente por los propietarios de los terrenos debido a la falta de una regulación específica. No existe tampoco una legislación sobre aguas meteóricas, pero esta libertad de aprovechar las aguas pluviales precipitadas no ha planteado problemas todavía.

8) La ley de riego y avenamiento recientemente promulgada constituye una excepción a las deficiencias anotadas, al tener presentes muchos aspectos administrativos del recurso.

9) A pesar de la severidad y multiplicidad de las medidas de represión en vigor no se ha logrado impedir la contaminación progresiva de las aguas. Las obligaciones que impone a los particulares la legislación de obras contra los efectos nocivos del agua no estimula su observación ni restringe la posibilidad de usar las tierras con el riesgo de que se erosionen.

10) En relación con los aprovechamientos de carácter internacional, El Salvador puede emplear para fines agrícolas e industriales la mitad del agua de los ríos cuyo lecho señala actualmente la frontera con Guatemala, pero no se han celebrado acuerdos con respecto a otros usos ni a las repercusiones de las obras de un país en el otro, o sobre el uso de las aguas que fluyen de un país a otro. Tampoco se ha previsto, desde el punto de vista del uso del agua, la posibilidad de que un cambio de curso del río Paz suprima su carácter fronterizo, ni el aprovechamiento y conservación de las aguas que nacen en Honduras.

## 2. Recomendaciones

### a) Política general

1) Debe considerarse el recurso agua como un bien de producción indispensable para el desarrollo del país;

2) Por la relación y la interdependencia que existe entre las aguas superficiales y las subterráneas, deben considerarse un recurso único y sujetarse su aprovechamiento a normas similares;

3) Será necesario formular una política nacional de desarrollo hidráulico basada en el aprovechamiento racional de los recursos disponibles en cada cuenca, mediante el control de los caudales de los ríos y el amplio aprovechamiento de las aguas superficiales y del subsuelo, y a través de aprovechamientos múltiples, escalonados y repetidos del agua, además de establecerse prioridades en el uso para lograr los más amplios beneficios económicos y sociales;

4) Habrá de señalarse la debida prioridad a los programas de investigación, aprovechamiento, manejo y conservación del recurso agua, fortaleciendo y brindando el apoyo económico necesario a los organismos encargados de dichas tareas;

5) Convendrá establecer la necesaria prioridad para las actividades y obras de conservación de suelos y de reforestación en las cuencas, que tiendan a aumentar la retención de las aguas precipitadas, a mantener tasas elevadas de infiltración y recarga de los depósitos subterráneos y a evitar la erosión de los suelos y el azolvamiento de las obras de aprovechamiento del agua; asimismo, convendrá aumentar las obras de protección contra crecidas en los ríos y de avenamiento de tierras, que tiendan a disminuir los daños causados por las inundaciones y que permitan poner bajo producción intensiva aquellas tierras que se encuentran actualmente anegadas, y

6) Deberán aportarse los medios necesarios para conocer con precisión la cantidad y la calidad actuales de las aguas y conservarlas en la medida que se juzgue necesaria para todos los propósitos de aprovechamiento.

7) Deberá procederse al tratamiento de las aguas residuales para evitar la contaminación de las aguas con lo que podrán reutilizarse los retornos del abastecimiento urbano.

/b) Estudios

b) Estudios a realizar:

Se recomienda:

- 1) Llevar a cabo un estudio que, utilizando información amplia y actualizada, permita establecer las disponibilidades firmes en cantidad y calidad, del agua de superficie, y que establezca las características hidrológicas y meteorológicas generales del país. Para ello convendría extender la duración del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano y ampliar sus actuales objetivos, capitalizando así los resultados obtenidos y logrando el enfoque regional del problema.
- 2) Llevar a cabo un estudio a nivel nacional de las disponibilidades firmes, en calidad y cantidad, de agua subterránea, para lo cual podría ampliarse la duración y los alcances del Proyecto de Investigación de Aguas Subterráneas de la Zona Metropolitana, aprovechando así la organización existente y la experiencia adquirida.
- 3) Iniciar y mantener un inventario de las utilizaciones del agua por todos los sectores usuarios y realizar proyecciones detalladas de requerimientos sectoriales.
- 4) Realizar un estudio comprensivo sobre el aprovechamiento del agua, con propósitos múltiples, en las cuencas de los ríos Lempa, Paz y Grande de San Miguel para asegurar la utilización integral y óptima de los recursos.
- 5) Elaborar un proyecto de código general de aguas para el país que tenga presentes todos los aspectos del aprovechamiento y la conservación de los recursos, y concentre todas las disposiciones legales aplicables a cada sector.

c) Aspectos institucionales

Se recomienda asimismo:

- 1) Crear un Consejo Nacional de Aguas, adscrito al Consejo Nacional de Planificación y Coordinación Económica, que reciba las mayores atribuciones del Poder Ejecutivo para encargarse de coordinar la investigación, el aprovechamiento, el manejo y la conservación de las aguas. Este consejo estaría integrado por los dirigentes de más

/alto nivel



alto nivel de todos los organismos --estatales, descentralizados y privados-- que tuvieran relación con el recurso agua, y tendría a su cargo: a) establecer la política de aprovechamiento hidráulico de la nación; b) coordinar los programas y planes sectoriales de investigación, apropiación, utilización, manejo y conservación de los recursos; c) impulsar la elaboración del inventario nacional centralizado de las aguas; d) dictaminar en lo referente a los impuestos, tasas y contribuciones relativos al aprovechamiento del agua, así como sobre las medidas necesarias para fomentar su conservación y controlar la contaminación; e) promover la promulgación del código general de aguas y de las leyes secundarias sobre aprovechamiento sectorial.

2) Crear un organismo semiautónomo que ejecute las decisiones o lineamientos de política que emanen del Consejo Nacional de Aguas, lo cual implica los siguientes trabajos: a) elaborar el inventario permanente de la calidad y cantidad de las aguas nacionales e internacionales; b) proponer el proyecto de la legislación general de aguas y recomendar cualquier reforma administrativa que se precisara para el mejor cumplimiento de los programas de desarrollo y conservación de las aguas, así como las reglamentaciones respectivas; c) otorgar concesiones y permisos para el uso, captación, derivación, ocupación, evacuación y aprovechamiento de las aguas, y llevar un registro catastral de los derechos constituidos, además de ejercer la policía de todas las aguas; d) fijar las prioridades para el otorgamiento y ejercicio de las concesiones y decidir sobre el establecimiento o supresión de reservas hídricas; y e) desempeñar la Secretaría Ejecutiva Permanente del Consejo Nacional de Aguas.

d) Aspectos internacionales

En esta materia se recomienda:

1) Concertar convenios bilaterales o multinacionales para el aprovechamiento y la conservación de las aguas internacionales;

2) Coordinar las disposiciones del código general de aguas con las de otros países de la región para integrar en la mejor forma posible los regímenes legales y facilitar los acuerdos mencionados en el punto 1) anterior; y

3) Continuar la participación en proyectos regionales relacionados con la investigación y el aprovechamiento del agua.



## BIBLIOGRAFIA

- (1) PNUD/CMM, Rol de estaciones hidrológicas y meteorológicas en el Istmo Centroamericano. Publicación No. 23. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. Gobiernos Centroamericanos, San José, Costa Rica, 1968.
- (2) Antonio Ferrer, Comunicación sobre estudios en proceso. Proyecto de aguas subterráneas de San Salvador. PNUD/ANDA. San Salvador, El Salvador, 1969.
- (3) Roberto Jerez, Estudio hidrogeológico preliminar de la planicie costera oriental, Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad de El Salvador, San Salvador, 1967.
- (4) Roberto Jovel, Hidrogeología de la cuenca del río Sucio. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, El Salvador, 1966.
- (5) R. Jovel, H. Martínez y M. Martínez, Reconocimiento hidrogeológico de la planicie costera central, Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, El Salvador, 1967.
- (6) David Wozab, et al. Final Report, Groundwater Research Project, Lower Basin of the San Miguel River. UN/FAO, Roma, Italia, 1964.
- (7) AID Resources Inventory Center, Inventario de recursos físicos, El Salvador. U.S. Corps of Engineers, Washington, D.C., 1965.
- (8) Jorge Delgado, Mapa geológico generalizado de la cuenca alta del río Grande de San Miguel. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje, San Salvador, El Salvador, 1967.
- (9) Andrés Solórzano, et al. Estudio preliminar sobre posibilidades de desarrollo agrícola en los valles altos de Ahuachapán y Santa Ana. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, El Salvador, 1966.
- (10) J. D. Thews et al, Mapa geológico de las cuencas de los ríos Sucio y Acelhuate, Estudios de agua subterránea en la zona metropolitana de San Salvador, PNUD/ANDA. San Salvador, El Salvador.
- (11) Helmuth Lessmann, Informe preliminar sobre el clima en la cuenca del río Grande de San Miguel. Servicio Meteorológico Nacional. San Salvador, El Salvador, 1961.
- (12) Department of Oceanography and Meteorology, Research on Tropical Rainfall Patterns and Associated Meso-Scale Systems, Texas A & M University, College Station, Texas, 1965.

/(13) Servicio

- (13) Servicio Meteorológico Nacional, Almanaque Salvadoreño. San Salvador, El Salvador.
- (14) Eduardo Basso, Variación de las precipitaciones en el Istmo Centroamericano. Publicación 58, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. PNUD/OIM/Gobiernos Centroamericanos. San José, Costa Rica, 1969.
- (15) Roberto Jovel, Rainfall-Runoff Relation and Annual Discharge of the Santa Alicia Experimental Watershed. Comisión para la exploración de aguas subterráneas del valle bajo del río Grande de San Miguel. PNUD/FAO/Gobierno de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 1962.
- (16) Roberto Jovel, Cálculo del coeficiente de escurrimiento de la cuenca del río Acelhuate durante el aguacero del 3 de octubre de 1964. Sección de Aguas Subterráneas del Ministerio de Agricultura. San Salvador, El Salvador, 1964.
- (17) D. Wozab y R. Jovel, Hydrological Analysis of Volcanic Terrain: Lower Basin of the San Miguel River, El Salvador. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology. Belgium, 1970.
- (18) L. Ahlgren, R. Jovel et al, Estudio hidrológico de la cuenca del río Virilla, Costa Rica. Proyecto Investigación de Aguas Subterráneas en Costa Rica y Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, San José, Costa Rica, 1968.
- (19) Fernando Soto V., Estudio preliminar sobre los recursos de aguas subterráneas del sureste de León, Nicaragua. Servicio Geológico Nacional. Managua, Nicaragua, 1966.
- (20) H. Blaney y W. Criddle, Determining Consumptive use for Planning Water Developments. Methods for estimating evapotranspiration. American Society of Civil Engineers, New York, N. Y., 1966.
- (21) L. Ahlgren, E. Basso y R. Jovel, A preliminary Evaluation of the Water Balance for the Central American Isthmus, Symposium of the Water Balance of North America. American Water Resources Association, Urbana, Illinois, 1969.
- (22) Committee on Groundwater, Groundwater Basin Management. Manual No. 40, Irrigation and Drainage Division. American Society of Civil Engineers, New York, N. Y. 1961.
- (23) Eduardo Basso, Estimación provisional del balance de aguas en el Istmo Centroamericano. Publicación 13, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. PNUD/OIM/Gobiernos Centroamericanos, San José, Costa Rica, 1968.

- (24) Roberto Jovel, El cálculo de los requerimientos de agua para la irrigación en Costa Rica. Publicación 39, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. PNUD/CAN/Gobiernos Centroamericanos. San José, Costa Rica, 1968.
- (25) C. V. Plath, Uso potencial de la tierra; II. El Salvador. Informe AT-2234, PNUD/FAO/Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica, 1967.
- (26) Datelle Memorial Institute, Projections of Supply and Demand for Selected Agricultural Products in Central America through 1980. Informe para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. Jerusalén, Israel, 1969.
- (27) Harza Engineering Co., A. García Prieto, Cuenca superior del río Lempa: Evaluación de reconocimiento del desarrollo potencial agrícola. Informe al Ministerio de Agricultura y Ganadería y la Comisión Ejecutiva del río Lempa, San Salvador, 1966.
- (28) Harza Engineering Co., A. García Prieto, Appraisal Report: río Grande de San Miguel Basin. Informe para el Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador, 1966.
- (29) Harza Engineering Co., A. García Prieto, Agricultural Development of the Zapotitán Valley. Informe para el Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador, 1966.
- (30) Production Yearbook, 1969, Food and Agriculture Organization, Volume 23, Rome, Italy, 1970.
- (31) G. M. Fair and J. Ch. Geyer, Water Supply and Waste-Water Disposal, John Wiley and Sons, Inc. New York, 1963.
- (32) La interconexión eléctrica en el Istmo Centroamericano: Evaluación de interconexión para sistemas eléctricos combinados (CEPAL/MEX/69/20), Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos, México, D. F., 1969.
- (33) Istmo Centroamericano: Reseña de actividades en el sector eléctrico; segundo semestre de 1970 (CEPAL/MEX/71/6), Comisión Económica para América Latina, 1971.
- (34) The Hydroelectric Potential of Europe's Water Resources. (SR/ECE/EP/39), New York. Economic Commission for Europe, 1968.
- (35) Oscar Benassini, Aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos de México. IX Convención de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros. México, D.F., 1966.