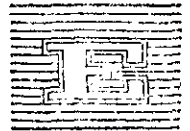


NACIONES UNIDAS



CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO
E/CN.12/CCE/SC.5/72
TAO/LAT/104/Guatemala
Noviembre 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 Guatemala

ISTMO CENTROAMERICANO. PROGRAMA DE EVALUACION DE
RECURSOS HIDRAULICOS

III. GUATEMALA

Informe preparado para el Grupo de Trabajo sobre Recursos Hidráulicos de Guatemala con base en estudios elaborados por la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la subsección de la CEPAL en México y por el Grupo de Recursos Naturales, CEPAL/OCT/OMM/OMS(OPS), adscrito a la secretaría de la CEPAL en Santiago.

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	ix
Introducción	1
I. Potencial de los recursos de agua	5
1. Características meteorológicas	6
a) Factores determinantes del clima	6
b) Causas meteorológicas de las precipitaciones	7
2. Descripción resumida de la hidrografía	8
3. Características hidrogeológicas	9
4. Estimación de las disponibilidades de agua	11
a) Precipitación	11
b) Escorrentía superficial	17
c) Precipitación y caudales durante años secos	27
d) Aguas subterráneas	29
e) Sumario de recursos disponibles	32
5. Estimación preliminar del balance de aguas	34
a) Estimación de la evapotranspiración	34
b) Evaluación de la ecuación hidrológica	36
6. Factores naturales que influyen en la disponibilidad y utilización de las aguas	37
a) Topografía	37
b) Geología	38
c) Suelos	38
d) Cobertura vegetal y evapotranspiración	39
II. Utilización actual y futura del agua	40
1. Riego	41
a) Potencial de irrigación	42
b) Usos actuales	42
c) Usos proyectados	45
2. Abastecimiento de agua y desagüe	53
a) Usos actuales del agua	54
b) Usos proyectados	57
c) Contaminación del agua	57
3. Hidroelectricidad	

	<u>Página</u>
3. Hidroelectricidad	60
a) Potencial hidroeléctrico del país	60
b) Usos actuales del agua	63
c) Usos proyectados del agua	68
d) Grado de utilización del potencial hidroeléctrico práctico	69
4. Otros usos y problemas relacionados con el agua	72
a) Navegación fluvial	72
b) Recreación	72
c) Pesca y caza	74
d) Crecidas e inundaciones	74
e) Erosión y sedimentación	74
f) Drenaje	75
g) Contaminación	75
5. Resumen de los usos y requerimientos del agua	76
a) Utilización actual	76
b) Utilización proyectada para 1980	79
c) Utilización proyectada para 1990	80
6. Comparación de usos y disponibilidades de agua	80
a) Grado de utilización actual de los recursos	82
b) Grado de utilización proyectado para 1980	85
c) Grado de utilización proyectada para 1990	86
7. Análisis de grandes cuencas importantes	86
a) Grandes cuencas F, G y H	86
b) Gran cuenca A (ríos Selegua, Usumacinta y Hondo)	87
c) Grandes cuencas J ₁ (río Paz) y J ₁ (río Lempa)	88
d) Otras grandes cuencas	88

	<u>Página</u>
III. Aspectos económicofinancieros y legales e institucionales	89
1. Aspectos económicofinancieros	89
a) Acueductos y alcantarillados	89
b) Riego y avenamiento	93
c) Hidroelectricidad	93
d) Navegación fluvial	97
e) Hidrología y meteorología	100
f) Sumario de aspectos económicofinancieros	103
2. Aspectos legales e institucionales	105
a) Breve descripción del derecho de aguas	105
b) Normas especiales para los distintos aprovechamientos del agua	111
c) Normas especiales para distintas clases de agua	113
d) Acción contra los efectos nocivos y el deterioro de las aguas	114
e) Aguas de interés internacional	115
f) Análisis de la estructura administrativa	116
IV. Conclusiones y recomendaciones	128
1. Conclusiones	128
a) Recursos disponibles	128
b) Utilización actual del agua	129
c) Utilización proyectada del agua	131
d) Aspectos económicofinancieros	133
e) Aspectos legales e institucionales	134
2. Recomendaciones	135
a) Política general	135
b) Estudios a realizar	136
c) Aspectos institucionales	138
d) Aspectos internacionales	139
Bibliografía	141

INDICE DE CUADROS

<u>Número</u>		<u>Página</u>
1	Estimación de la precipitación media anual	13
2	Precipitaciones mensuales y anuales en estaciones seleccionadas	14
3	Estimación de los recursos hídricos superficiales	18
4	Cálculo del caudal excedido el 95 por ciento del tiempo	20
5	Caudales mensuales y anuales de algunos ríos	22
6	Características hidrológicas de algunos ríos	24
7	Estimación de precipitación y escorrentía en años secos	28
8	Resumen de recursos hidráulicos disponibles	33
9	Distribución del área potencialmente regable, por grandes cuencas	43
10	Superficie bajo riego y uso actual del agua, 1970	44
11	Demanda interna y exportaciones de cultivos anuales, fuera del área centroamericana, estimada para los años 1980 y 1990	46
12	Rendimientos agrícolas unitarios bajo diferentes grados de tecnología	48
13	Superficie a cultivarse y regarse en 1980 y 1990	50
14	Requerimientos de tierra y agua para riego, proyectados para 1980 y 1990	52
15	Estimaciones de población para 1970, 1980 y 1990	55
16	Requerimientos de agua estimados para abastecer necesidades domésticas e industriales en 1970, 1980 y 1990	56
17	Retornos urbanos contaminados y caudales requeridos para dilución natural, 1970 a 1990	59
18	Evaluación preliminar del potencial hidroeléctrico teórico y práctico	62
19	Características de las centrales hidroeléctricas existentes y en proyecto, 1970 a 1990	64
20	Utilización actual y futura del agua para generación hidroeléctrica	66

<u>Número</u>		<u>Página</u>
21	Grado de utilización actual y proyectado del potencial hidroeléctrico práctico	71
22	Longitudes de ríos navegables y requerimientos de agua para navegación mínima	73
23	Clasificación de los usos nacionales del agua, 1970, 1980 y 1990	77
24	Sumario de usos y demandas actuales y proyectadas del agua, 1970 a 1990	78
25	Grados de utilización actual y proyectada de los recursos disponibles	83
26	Acueductos y alcantarillados inversiones al 31 de diciembre de 1970	90
27	Acueductos y alcantarillados, programa de inversiones, 1971 a 1975	91
28	Acueductos y alcantarillados; personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	92
29	Riego y avenamiento inversiones al 31 de diciembre de 1970	94
30	Riego y avenamiento, programa de inversiones, 1971 a 1975	95
31	Riego y avenamiento, personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	95
32	Hidroelectricidad, inversiones al 31 de diciembre de 1970	96
33	Hidroelectricidad, programa de inversiones, 1971 a 1975	98
34	Hidroelectricidad, personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	98
35	Navegación fluvial. Inversiones al 31 de diciembre de 1970	99
36	Navegación fluvial. Programa de inversiones, 1971 a 1975	99
37	Hidrología y meteorología; inversiones al 31 de diciembre de 1970	101
38	Hidrología y meteorología; programa de inversiones, 1971 a 1975	102
39	Hidrología y meteorología; personal y presupuesto de funcionamiento, 1971	102

<u>Número</u>		<u>Página</u>
40	Inversiones totales acumuladas en la utilización del agua, 1970	104
41	Costo y financiamiento de los programas de utilización del agua, 1971 a 1975	106
42	Personal y costo de funcionamiento en la utilización del agua, 1971	107
43	Actividades de la administración pública relativas al agua	117
44	Actividades y sectores cubiertos por la administración pública, 1970	125

INDICE DE GRAFICOS

<u>Gráfico</u>		
1	Caudal medio mensual de ríos selectos	25
2	Estructura de la administración pública relacionada con las aguas	123

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 de 1968 a 1970 para conocer los problemas que plantea la utilización de las aguas disponibles y en especial para desarrollos con propósitos múltiples en el Istmo Centroamericano.

La serie consta de seis informes nacionales, que corresponden a los seis países del Istmo, sobre la disponibilidad y utilización de los recursos hidráulicos en cada uno de ellos, a los que acompañan cuatro anexos sobre temas específicos: A. Meteorología, e hidrología; B. Abastecimiento de agua y desagües; C. Riego, y D. Aspectos legales e institucionales. Un estudio regional, en el que se sintetiza la información pormenorizada de los estudios nacionales y se incluyen conclusiones y recomendaciones aplicables al Istmo Centroamericano en conjunto, concluye la serie.

La elaboración del informe básico de Guatemala estuvo a cargo del ingeniero J. Roberto Jovel, de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos, sobre la base de estudios y trabajos preparados por expertos del Grupo de Recursos Naturales CEPAL/OCT/OMM/OMS (OPS) adscrito a la secretaría de la CEPAL en Santiago, expertos de la Oficina de Cooperación Técnica de las Naciones Unidas asignados a la subsección de la CEPAL en México, y un experto de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México. Se ha contado además con la colaboración de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Oficina Sanitaria Panamericana (OPS/OMS) y de los organismos nacionales que tienen relación con los diversos sectores usuarios del agua.

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, riego 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".

De acuerdo con dicha resolución, se ha estudiado la disponibilidad y el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de Chile, el Ecuador, Venezuela, Bolivia, Colombia, la Argentina, Perú, el Uruguay y la Norpatagonia.

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 donde se 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, que continúa la serie de estudios sobre los recursos hidráulicos en Latinoamérica, contiene los resultados del trabajo efectuado en lo que respecta a Guatemala; 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 de las estructuras administrativas y del régimen institucional y legal vigente.

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 estiman los requerimientos por usos principales del agua para el año 1970 y se extrapolan dichos resultados hasta 1980 y 1990 sobre la premisa de satisfacer las necesidades nacionales de cada sector usuario.

La suma aritmética de todas las utilidades sectoriales representa el uso bruto del recurso, y descontando los usos que no significan consumo o no causan contaminación se ha obtenido la utilización neta del agua. De los usos netos (agua potable y para riego) una parte se pierde a través de diferentes procesos (uso consuntivo) y el remanente retorna a los cuerpos de agua con 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 reutilización y tratamiento de los retornos, y permite conocer también las posibilidades de utilización complementaria y prever las situaciones conflictivas que pueden llegar a presentarse al aumentarse el uso del agua por los sectores usuarios.

De acuerdo con los estudios realizados, puede afirmarse que Guatemala cuenta con una amplia disponibilidad de agua superficial, un 45 por ciento

/de la cual

de la cual tiene implicaciones internacionales por corresponder a ríos cuyas cuencas hidrográficas son compartidas con países vecinos. El agua subterránea representa un porcentaje significativo de los recursos disponibles en la vertiente del Pacífico.

A escala nacional, los recursos son objeto de un reducido aprovechamiento en la actualidad; sin embargo, existen zonas de alta concentración demográfica y elevadas demandas de agua, que coinciden frecuentemente con cuencas hidrográficas que poseen limitados recursos hidráulicos. Las estructuras administrativas y el régimen legal vigente presentan serias deficiencias que plantean problemas para el adecuado conocimiento, aprovechamiento, manejo y conservación del agua.

A causa del crecimiento demográfico, se estima que en los próximos diez y veinte años las disponibilidades de agua por habitante se reducirán al 74 y al 54 por ciento de su valor actual, respectivamente, y que para satisfacer las necesidades de la población será necesario realizar utilidades respectivas del agua 4 y 7 veces mayores que las presentes.

Se considera que dicha situación habrá de resultar crítica al nivel de gran cuenca, especialmente en la vertiente del Pacífico donde se concentrará la mayor demanda y existen menores disponibilidades de agua; en algunas grandes cuencas será necesario emplear elevados porcentajes de los recursos disponibles, y se presentarán problemas de utilización conflictiva entre los diversos sectores usuarios. Estas situaciones deberán preverse con la debida antelación, y habrá de buscárseles solución adecuada.

Fuede recomendarse, por lo tanto, formular y aplicar desde ahora una política nacional de desarrollo hidráulico que se base en el aprovechamiento óptimo de los recursos --a base de la regulación del caudal de los ríos y del amplio aprovechamiento de las aguas superficiales y del subsuelo recurriendo a desarrollos múltiples y escalonados del agua-- donde se establezcan prioridades en el uso para lograr los más amplios beneficios económicos y sociales, y se señale la debida prioridad a las actividades y obras de conservación de suelos y de reforestación de cuencas que permitirán obtener una mayor retención del agua precipitada, mantener tasas elevadas de recarga de los depósitos subterráneos, disminuir las

/crecidas e

crecidas e inundaciones y evitar la erosión de los suelos y el azolvamiento de las obras de aprovechamiento del agua. Convendrá fortalecer asimismo las actividades de investigación, aprovechamiento, manejo y conservación del agua, mejorando las estructuras institucionales y modificando el régimen legal vigente en los aspectos que se consideren necesarios, brindando apoyo económico a los organismos sectoriales encargados de dichas tareas, y concentrando --de preferencia en un solo organismo-- las funciones básicas de medición, concesión, vigilancia y coordinación del aprovechamiento del elemento.

Parece conveniente, en fin, aportar los medios necesarios para realizar una investigación que permita conocer las características hidrometeorológicas e hidrogeológicas generales del país, así como la magnitud, calidad y la variación espacial y cronológica de las disponibilidades firmes de agua superficial y subterránea --sobre la base de información amplia y actualizada-- en las cuencas de más alto potencial y utilización futura. Convendría asimismo poner en marcha un programa de investigación sobre posibilidades de aprovechamiento del agua, con énfasis en proyectos de propósitos múltiples, referido a las grandes cuencas de los ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja (F); Achiguate y María Linda (G) incluyendo la porción del Valle de Guatemala que corresponde a la cuenca del Motagua; Chixoy y vecinos (A); Los Esclavos (H); Paz (I) y Lempa (J₁), que tendría por objeto definir una secuencia óptima de realización de proyectos específicos para asegurar la utilización integral y óptima de los recursos disponibles.

I. POTENCIAL DE LOS RECURSOS DE AGUA

En la descripción de las características meteorológicas, hidrológicas e hidrogeológicas del país, se ha seguido el sistema de numeración de cuencas y estaciones establecido en el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano;^{1/} las cuencas que desaguan al Atlántico se designan con números impares y las que desaguan al Pacífico, con números pares. En el caso de Guatemala, las cuencas de la vertiente Atlántica van desde la 1 (río Selegua) hasta la 19 (río Motagua); las del Pacífico van de la 2 (río Suchiate) hasta la 20 (río Paz) y 46 (río Lempa).

Se decidió estudiar regiones de posible desarrollo integrado, y de reducir al máximo los errores en los cálculos hidrológicos, examinando las grandes cuencas constituidas por agrupaciones de hoyas de limitada extensión. (Véase la lámina 1.)^{2/} Para la vertiente Atlántica se incluyeron las grandes cuencas denominadas A, B, C y D₁ y para la del Pacífico las E₁, E₂, F, G, H, I₁ y J₁.

La gran cuenca A incluye las cuencas 1, 3 y 5 de los ríos Selegua, Usumacinta y Hondo; la E, las 7, 9 y 11 de los ríos Nuevo, Belice y otros; la C comprende las 13, 15 y 17 de los ríos Moho y Dulce y la zona de Puerto Barrios; la gran cuenca D₁ se refiere a la 19 del río Motagua; la E₁ abarca la 2 del río Suchiate; la E₂ comprende cuencas menores ubicadas entre las 2 y 4; la F, las 4, 6, 8, 10 y 12 de los ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja, Coyolate y otros; la G, las 14 y 16 de los ríos Achiguat, María Linda y otros; la H incluye la 18 del río Los Esclavos, la I₁ comprende parte de la cuenca 20 del río Paz y la J₁ incluye parte de la 46 del río Lempa.

La gran cuenca A está ubicada en los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta y Baja Verapaz, Totonicapán y Petén; la gran cuenca B está comprendida en el departamento de Petén y Belice; porciones de Belice y los departamentos de Petén, Alta y Baja Verapaz e Izábal, constituyen la

^{1/} Las referencias se indican en el texto por medio de números entre paréntesis (1) y remiten a la bibliografía que figura al final del estudio.

^{2/} Las láminas que se citan en el texto aparecen al final del informe.

gran cuenca C; la gran cuenca D_1 abarca porciones de los departamentos de El Quiché, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, Zacepa, Chiquimula e Izábal. La gran cuenca E_1 está comprendida en el departamento de San Marcos; la E_2 abarca porciones de los de San Marcos, Quezaltenango y Retalhuleu; partes de Quezaltenango, Retalhuleu, Sololá, Totonicapán, Suchitepéquez, Chimaltenango, y Escuintla forman la gran cuenca F; en la gran cuenca G están comprendidas porciones de Santa Rosa, Escuintla, Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala; la H está incluida en los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa; la I_1 en el de Jutiapa; en la J_1 se incluyen partes de Jutiapa, Chiquimula y Jalapa.

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 del país.

Guatemala está ubicada en el hemisferio norte, entre las latitudes $13^{\circ}40'$ y $18^{\circ}30'$ y entre las longitudes $88^{\circ}00'$ y $92^{\circ}15'$. Atraviesan el territorio nacional una serie de cadenas montañosas (Sierra Madre, Chuacus, Las Minas, Cuchumatanes y Santa Cruz) que modifican las condiciones generales del clima tropical y establecen zonas con características locales donde se presentan variaciones del clima a cortas distancias. El relieve, además de afectar al régimen térmico (la temperatura disminuye 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 las costas contribuyen a caracterizar el clima por el intercambio de calor y humedad a que dan lugar 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 perturbaciones del clima normal, con intensidad variada. Las masas de aire tropical que normalmente

/llegan al

llegan al país, son calientes y húmedas y por lo general condicionadamente 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 llegan al país entre octubre y febrero, provocando descensos en la temperatura^{3/} y precipitaciones; de la ruta seguida, depende que estas masas lleguen acompañadas de mayor o menor temperatura y humedad.

b) Causas meteorológicas de las precipitaciones

Las masas de aire húmedo necesitan de los mecanismos dinámicos antes mencionados para producir la precipitación, que sólo ocurre cuando se aporta suficiente humedad al proceso capaz de producir la lluvia.

Más del 90 por ciento del vapor de agua de la atmósfera de la región se encuentra a baja altura, por lo cual el transporte de casi toda la humedad ocurre 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 el encuentro de las grandes corrientes de los vientos alisios de ambos hemisferios, se desplaza de sur a norte a lo largo del año y da lugar a precipitaciones intensas, asociadas a sistemas constituidos por capas de nubes de distintos tipos, a las que se debe un alto porcentaje de la lámina anual de lluvia.

Los frentes fríos que llegan a Centroamérica producen lluvias aisladas y ligeras que aumentan en las zonas montañosas, siendo su efecto mínimo en la vertiente del Pacífico.

Las ondas del Este que se presentan en la corriente de los alisios producen lluvias intensas y son de gran importancia para la producción de la precipitación cuando se hacen estacionarias y su extremo sur se asocia con la zona de convergencia intertropical.

^{3/} En las más altas montañas de Guatemala y Costa Rica se han observado temperaturas inferiores a cero grados centígrados, como resultado de los frentes polares (2).

Las circulaciones locales constituyen procesos importantes en la evolución del clima y se deben a los calentamientos diferenciales que se relacionan una vez con distintas superficies, como mar y tierra, y otras 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 corrientes locales que se presentan en extensiones reducidas y en períodos cortos durante el día.

Los huracanes provenientes del Caribe que ocasionalmente penetran a territorio guatemalteco, producen lluvias intensas que generan grandes avenidas e inundaciones. Los ciclones tropicales generalmente producen precipitaciones de tipo atemporalado, de reducida intensidad y relativamente larga duración.

Los temporales causan lluvias de larga duración y baja intensidad que provocan crecidas en los ríos y llegan a producir hasta un 15 por ciento de la precipitación anual.

2. Descripción resumida de la hidrografía

Los ríos del país están agrupados en dos grandes vertientes; la del Atlántico o mar Caribe, que abarca el 82 por ciento del territorio nacional, y la del Pacífico, que ocupa el 18 por ciento restante. La vertiente atlántica puede subdividirse en una región cuyos ríos desaguan al golfo de Honduras y otra cuyos ríos drenan hacia el golfo de México a través de territorio mexicano. (Véase la lámina 1.)

La divisoria continental se encuentra a lo largo de la Sierra Madre.

Los ríos de la vertiente pacífica son de corto recorrido, poseen fuertes pendientes en la primera mitad de su recorrido y sus cursos están generalmente orientados en dirección normal a la costa; acusan regímenes variables, poseen cuencas y cauces inestables y acarrean grandes concentraciones de sedimentos. Entre los ríos principales de esta vertiente figuran el río Los Esclavos en la gran cuenca H; el río Suchiate, limítrofe con México, en la E₁; el Paz, que limita con El Salvador, en la I₁; los ríos Somalá, Sis, Nahualate, Madre Vieja y Coyolate en la gran cuenca F; y el Achiguate en la G.

/En la

En la vertiente del Atlántico los ríos son de mayor longitud, menor pendiente media y caudales más regulares que los del Pacífico. El principal río en la vertiente y en el país es el Usumacinta (gran cuenca A), por su caudal y extensión drenada; le sigue en importancia el Motagua (gran cuenca D₁) que es el de más largo recorrido. Ambos son navegables en trechos de más de 200 kilómetros.

En Guatemala existen un total de 23 lagos o lagunas de importancia y más de 119 lagunas menores, cuya superficie total es de unos 950 kilómetros cuadrados. El lago de Izábal (gran cuenca B) es el más grande y posee una superficie de 590 kilómetros cuadrados; el de Atitlán, que pertenece a una subcuenca cerrada vecina a la del río Nahualate, tiene una extensión de 138 kilómetros cuadrados y una elevación de 1 560 metros sobre el nivel del mar. Otros lagos y lagunas importantes son el de Amatitlán en la gran cuenca G; el de Güija, limítrofe con El Salvador, en la gran cuenca J₁; el de Petén-Itzá en la gran cuenca A; y la laguna de Ayarza en la H.

Son ríos internacionales todos los comprendidos en la vertiente del golfo de México (gran cuenca A) que nacen en Guatemala, penetran a territorio mexicano, y forman los ríos Usumacinta, Grijalva y Candelaria. El río Suchiate en la gran cuenca E₁ constituye límite internacional con México en parte de su recorrido. La cuenca del río Motagua (gran cuenca D₁) es compartida con Honduras, lo mismo que la del Lempa (gran cuenca J₁), cuyas aguas drenan hacia territorio salvadoreño. La cuenca del Paz (I₁) es compartida con El Salvador, y el cauce principal del río sirva de límite actual con el mismo país.

3. Características hidrogeológicas

La descripción de las características hidrogeológicas generales está dirigida al señalamiento de áreas que garanticen el aprovechamiento en gran escala del agua subterránea, y se basa en estudios geológicos generales (3, 4, 5, 6) e información hidrogeológica dispersa. La información cuantitativa disponible es más amplia para el caso de la vertiente del Pacífico; únicamente conclusiones de tipo general se han derivado para la del Atlántico. (Véase la lámina 2.)

/Las áreas

Las áreas principales de recarga, designadas con el símbolo Qv en el mapa, están constituidas generalmente por materiales volcánicos del Cuaternario, ubicados en la Sierra Madre, y cubren las cabeceras de las cuencas que drenan al Pacífico.

Los principales depósitos continuos de agua subterránea --que también reciben directamente importantes volúmenes de recarga, pero cuya función principal se considera el almacenamiento del agua infiltrada-- están constituidos por sedimentos aluvionales, recientes y cuaternarios, identificados con el símbolo Qal, y ubicados en las planicies costeras y otras depresiones del terreno dentro de las grandes cuencas E₂, F, G, H e I₁, en la vertiente del Pacífico, y en las A, B, C y D₁, en la del Atlántico. Depósitos adicionales importantes constituidos por acumulaciones de pómez, identificados con el símbolo Qp, se encuentran en las grandes cuencas F, G, A y D₁ (7).

Las formaciones más antiguas pertenecientes al Terciario, Cretácico y anteriores, que se identifican con el símbolo KT en el mapa y abarcan cerca del 80 por ciento de la vertiente del Atlántico, poseen condiciones generalmente adversas para la recarga, almacenamiento y transmisión del agua subterránea en gran escala. Constituyen la excepción algunas formaciones sedimentarias que poseen amplios depósitos del agua infiltrada.

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

Una generalización de los valores de permeabilidad de las unidades hidrogeológicas descritas podría ser la siguiente: 1) materiales volcánicos no consolidados del Cuaternario (Qv), 24 a 120 litros por día por metro cuadrado (1 000 - 5 000 GPD/PIE²); 2) depósitos aluvionales de las planicies (Qal), 12 a 24 litros por día por metro cuadrado (500 - 1 000 GPD/PIE²), y 3) depósitos cuaternarios de pómez (Qp), menos de 12 litros por día por metro cuadrado. El rendimiento específico, en todos los casos, oscila generalmente entre el 2 y el 30 por ciento.

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

4. Estimación de las disponibilidades de agua

Esta estimación de disponibilidades de agua señala 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

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

La precipitación anual en el país oscila entre menos de 500 y más de 6 000 milímetros, como puede verse en la lámina 3 (8). La mayor parte del territorio nacional recibe más de 2 000 milímetros anuales de lluvia.

Existen tres núcleos de precipitaciones superiores a los tres metros; el más extenso está ubicado en el tramo intermedio de la gran cuenca A, donde ocurren láminas superiores a 6 000 milímetros, y en la gran cuenca C; el segundo en importancia ocurre en el extremo occidental de la vertiente del Pacífico, abarcando las cabeceras de las grandes cuencas E_1 , E_2 , F y G, con valores máximos superiores a 5 000 milímetros, y el tercero está ubicado en la bahía de Amatique, cubriendo las partes bajas de las grandes cuencas B, C y D_1 , y acusando láminas máximas ligeramente superiores a 4 000 milímetros.

Una banda de precipitaciones anuales inferiores a los 1 000 milímetros se observa en la parte central del país, y abarca la cabecera de las grandes cuencas A, D_1 y J_1 ; en ella ocurren láminas inferiores a los 500 milímetros anuales en algunas localidades. (Véase nuevamente la lámina 3.)

/ii) Precipitación

ii) Precipitación anual promedio. Sobre la base del mapa de isoyetas, se ha calculado que el volumen anual precipitado sobre el país durante un año normal, es de unos 286 868 millones de metros cúbicos, o una lámina equivalente de 2.18 metros. En la vertiente del Atlántico caen 234 393 millones de metros cúbicos y en la del Pacífico, 52 475; las láminas respectivas son de 2.16 y 2.24 metros.

En el cuadro 1 aparecen los resultados agrupados por grandes cuencas. El valor más bajo corresponde a la gran cuenca J_1 (0.87 metros) y el más alto a la gran cuenca C (2.84 metros); este rango de variación habría sido más amplio si se hubiesen considerado cuencas o subcuencas individuales. Nótese que salvo las grandes cuencas B, D, H, I_1 y J_1 , todas poseen láminas superiores a los dos metros.

iii) Régimen de las precipitaciones. La distribución de las precipitaciones a lo largo del año acusa, en la mayor parte del país, una marcada distribución estacional debida a que entre mayo y octubre ocurre un período de altas precipitaciones y durante el resto del año, sólo lluvias de limitada lámina e intensidad. En algunas regiones de la vertiente del Atlántico, sin embargo, las lluvias se presentan durante todo el año con una disminución entre febrero y abril.

La parte de la precipitación que ocurre durante el período de mayo a octubre con respecto a la lámina anual, oscila entre cerca del 60 por ciento en la zona de Puerto Barrios (gran cuenca C), y más de 90 por ciento en la vertiente del Pacífico y la franja de precipitaciones inferiores a 1 000 milímetros descrita anteriormente. (Véase el cuadro 2.) De ello se infiere, como es de comprender, la necesidad de riego suplementario en amplias regiones del país.

El mes de mayores lluvias suele ser septiembre u octubre, excepto en las cabeceras de las grandes cuencas D_1 , J_1 , I_1 , y H donde el máximo usualmente ocurre en junio o julio. Los meses menos lluviosos ocurren entre enero y marzo.

Las variaciones que se observan en 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 mediante la

Cuadro 1

GUATEMALA: ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km ²)	Agua caída	
				Millones de metros cúbicos	Metros
<u>Total nacional</u>			<u>131 800</u>	<u>286 868</u>	<u>2.18</u>
<u>Vertiente del Atlántico</u>			<u>108 420</u>	<u>234 393</u>	<u>2.16</u>
A ^{a/}			59 400	140 985	2.37
	1 ^{a/}	Selegua	5 580	9 207	1.65
	3 ^{a/}	Usumacinta	47 330	118 798	2.51
	5 ^{a/}	Hondo	6 490	12 980	2.00
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	21 487	37 817	1.76
C			13 583	38 572	2.84
	13 ^{a/}	Moho	4 103	11 406	2.78
	15	Dulce	8 420	23 997	2.85
	17	Zona Puerto Barrios	1 060	3 169	2.99
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	13 950	17 019	1.22
<u>Vertiente del Pacífico</u>			<u>23 380</u>	<u>52 475</u>	<u>2.24</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	1 270	3 556	2.80
E ₂		Entre 2 y 4	3 276	8 583	2.62
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, Coyolate y otros	7 714	20 211	2.62
G	14, 16	Achiguate, María Linda	3 950	10 349	2.62
H	18	Los Esclavos y otros	3 200	5 248	1.64
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	1 310	2 214	1.69
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	2 660	2 314	0.87

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a Guatemala únicamente.

Cuadro 2

GUATEMALA: PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES EN ESTACIONES SELECCIONADAS

(Milímetros)

Estación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación	
														May. a Oct. Total	Porcentaje	mensual	
															Máximo	Mínimo	
Puerto Barrios																	
(17-85-01)																	
Valores promedio	292	112	156	213	269	346	494	404	305	324	418	307	3 634	2 142	59		
Valores máximos	609	211	321	448	724	670	741	661	454	673	581	812	4 522				
Valores mínimos	75	53	71	19	47	193	294	229	152	114	193	100	2 814				
Desviación estándar	163	46	80	140	184	152	121	140	111	157	118	196	519				
Coeficiente de variación	56	41	51	66	69	44	25	35	36	48	28	64	14		69	25	
Años de observación	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	9	10	9				
Aztec																	
(19-84-59)																	
Valores promedio	122	63	94	97	126	307	326	293	280	196	176	122	2 224	1 528	69		
Valores máximos	296	142	218	183	262	471	466	450	402	284	290	268	2 489				
Valores mínimos	50	17	25	1	52	105	230	136	154	83	58	55	1 807				
Desviación estándar	68	38	65	69	73	117	70	88	78	63	73	64	222				
Coeficiente de variación	56	60	69	71	58	38	21	30	28	32	41	52	10		71	21	
Años de observación	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	11				
Guatemala																	
(19-81-14)																	
Valores promedio	7	4	13	30	152	281	205	193	235	172	23	9	1 324	1 238	94		
Valores máximos	42	19	85	174	428	550	575	309	528	454	72	82	1 821				
Valores mínimos	-	-	-	-	37	148	51	31	137	81	-	-	635				
Desviación estándar	10	5	21	35	85	85	118	78	76	79	22	16	235				
Coeficiente de variación	143	125	162	117	56	30	56	40	32	46	96	178	18		178	30	
Años de observación	33	33	33	32	33	33	33	33	34	33	33	33	32				

Cuadro 2 (Continuación)

Estación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación	
														May. a Oct.	Por-ciento	de variación mensual	
														Total		Máximo	Mínimo
El Pilar																	
(14-84-20)																	
Valores promedio	134	59	100	101	113	288	311	246	292	226	192	133	2 221	1 476	67		
Valores máximos	303	129	194	220	193	439	500	390	488	321	279	305	2 795				
Valores mínimos	42	13	40	4	50	59	196	152	160	126	86	68	1 848				
Desviación estándar	74	37	56	85	51	113	86	60	93	57	67	68	318				
Coeficiente de variación	55	63	56	84	45	39	28	24	32	25	35	51	14			84	24
Años de observación	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	11				
Las Delicias																	
(12-84-03)																	
Valores promedio	6	9	50	115	298	444	351	368	431	369	71	16	2 526	2 261	90		
Valores máximos	36	68	191	316	529	713	567	593	705	782	323	120	3 111				
Valores mínimos	-	-	-	12	61	230	215	191	227	125	-	-	1 517				
Desviación estándar	9	19	50	80	110	135	91	77	114	168	70	27	324				
Coeficiente de variación	150	211	100	70	37	30	26	21	26	46	99	170	13			211	21
Años de observación	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21				
El Porvenir																	
(02-94-36)																	
Valores promedio	65	73	130	266	551	708	482	515	593	557	213	70	4 223	3 406	81		
Valores máximos	220	242	421	485	820	988	1 106	901	891	803	368	122	5 213				
Valores mínimos	6	4	7	106	315	565	247	229	310	316	43	14	3 172				
Desviación estándar	56	68	106	135	159	127	251	189	162	135	71	34	580				
Coeficiente de variación	86	93	82	51	29	18	52	37	27	24	33	49	14			93	18
Años de observación	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14				

Cuadro 2 (Conclusión)

Estación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total del año	Precipitación		Coeficiente de variación mensual	
														May. a Oct. Total	Porcentaje	Máximo	Mínimo
Belice																	
(07-85-03)																	
Valores promedio	97	84	49	73	19	171	179	217	117	365	221	119	1 711	1 068	62		
Salamá																	
(15-85-36)																	
Valores promedio	20	6	15	24	71	284	134	75	102	74	34	13	850	740	87		
Años de observación	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
Zacapa																	
(15-85-36)																	
Valores promedio	-	-	2	3	42	116	82	59	106	55	5	1	471	460	98		
Años de observación	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26			
Quezaltenango																	
(04-85-21)																	
Valores promedio	1	2	1	11	30	136	234	167	230	91	11	3	917	888	97		
Años de observación	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22			
Mazatenango																	
(06-82-13)																	
Valores promedio	6	8	33	94	350	484	365	413	505	487	136	26	2 907	2 604	90		
Años de observación	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26			
Escuintla																	
(16-84-01)																	
Valores promedio	2	51	44	160	370	520	314	349	608	616	113	10	3 157	2 777	88		
Años de observación	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			

información disponible en la estación El Potrero (14-84-02), donde los promedios decádicos de precipitación a partir de 1910, expresados como porcentaje del valor medio del registro total, son de: 91, 96, 100, 104 y 104.

En el cuadro 2 se anotan también los coeficientes de variación de las láminas anuales y mensuales de lluvia en estaciones seleccionadas. Los valores anuales oscilan entre 10 y 18 por ciento para las estaciones consideradas; los valores mensuales oscilan dentro de un rango más amplio, fijado por un 18 por ciento en El Porvenir (02-94-36) y 211 en Las Delicias (12-84-03). Se anticipan rangos más amplios de variación para localidades ubicadas en zonas más secas sobre las que no se tuvo información

b) Escorrentía superficial

1) Magnitud de los recursos superficiales. Como sólo una fracción del territorio nacional está controlada hidrológicamente, para obtener una primera evaluación de las disponibilidades de agua superficial se calculó inicialmente la precipitación anual media y los coeficientes de escorrentía, abarcando sólo las porciones de las grandes cuencas controladas por estaciones pluviométricas; luego, teniendo en cuenta las diferencias en precipitación, pendiente, extensión y otros datos físicos de las cuencas, se extrapolaron los valores obtenidos para adaptarlos a la totalidad de cada gran cuenca.

Los resultados de los cálculos indican que un 41 por ciento del volumen precipitado llega como escorrentía superficial a los océanos. El caudal equivalente es de 3 697 metros cúbicos por segundo, de los cuales 2 744 desaguan en el Atlántico y los 953 restantes en el Pacífico. (Véase el cuadro 3.) Si se considera una población de 5 240 000 habitantes, estimada para 1970, el país contaría con unos 22 200 metros cúbicos anuales per cápita, cifra que se supera en el resto de los países del Istmo excepto en El Salvador. El caudal unitario para el país es de unos 28 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie, la cifra más baja del Istmo Centroamericano.

Cuadro 3

GUATEMALA: ESTIMACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km ²)	Agua caída (millones de metros cúbicos)	Coeficiente de escurrimiento	Agua escurrida	
						Millones de metros cúbicos	m ³ /s
<u>Total nacional</u>			<u>131 800</u>	<u>286 868</u>		<u>116 681</u>	<u>3 696.5</u>
<u>Vertiente del Atlántico</u>			<u>108 420</u>	<u>234 393</u>		<u>86 522</u>	<u>2 743.6</u>
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta y Hondo	59 400	140 985	0.30	42 296	1 341.2
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	21 487	37 817	0.40	15 127	479.7
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, etc.	13 583	38 572	0.60	23 143	733.9
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	13 950	17 019	0.35	5 957	188.9
<u>Vertiente del Pacífico</u>			<u>23 380</u>	<u>52 475</u>		<u>30 159</u>	<u>952.9</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	1 270	3 556	0.60	2 134	67.7
E ₂	-	Entre 2 y 4	3 276	8 583	0.65	5 579	176.9
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	7 714	20 211	0.65	13 137	416.6
G	14, 16	Achiguate, María Linda y otros	3 950	10 349	0.55	5 692	180.5
H	18	Los Esclavos	3 200	5 248	0.35	1 837	58.2
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	1 310	2 214	0.40	886	24.6
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	2 660	2 314	0.385	895	28.5

a/ Cuenca internacional; valores correspondientes a Guatemala únicamente.

En lo referente a grandes cuencas, sobresale la A con 1 341 metros cúbicos por segundo; le siguen la C (734 metros cúbicos por segundo), la B (480 metros cúbicos por segundo) y la F (417 metros cúbicos por segundo).

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 no se podrá alcanzar mientras no se regulen totalmente los ríos mediante numerosos embalses. Se comprende bien, por lo tanto, la necesidad de conocer los caudales de que podrá disponerse la mayor parte del tiempo sin necesidad de recurrir a costosas obras de almacenamiento.

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 del riego; c) ajuste de los resultados obtenidos teniendo en cuenta que el caudal base, calculado mediante el balance hídrico subterráneo, debe exceder al 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 510 metros cúbicos por segundo se hallan disponibles el 95 por ciento del tiempo en los ríos del país, equivalentes a un 14 por ciento del caudal medio superficial. De dicho caudal 298 metros cúbicos por segundo corresponden a los ríos de la vertiente del Atlántico y 212 a los que desembocan en el Pacífico.

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

Al responder la alimentación de los ríos exclusivamente a las lluvias, responden rápidamente a las mismas aunque en algunas cuencas la existencia de lagos naturales regula el escurrimiento. La respuesta de los ríos es

Cuadro 4

GUATEMALA: CALCULO DEL CAUDAL EXCEDIDO EL 95 POR CIENTO DEL TIEMPO

FAS. 20

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Caudal excedido al 95 por ciento del tiempo											
			Infiltración calculada ^{a/}		Escorrentía		Curva ^{b/} clón ^{b/} m/s	Relación de ^{c/} áreas ^{c/} m ² /s	Agua subterránea ^{a/}		Adoptado			
			Miliones ^{d/} m ³	m ³ /s	Miliones ^{d/} m ³	m ³ /s			Por- ciento del área total	Por- ciento del caudal total	m ³ /s	Por- ciento del caudal total	m ³ /s	
Total del país			32 094										14.65	509.9
Total vertiente del Atlántico			15 510										2.9	298.2
A ^{d/}	1, 3, 5 ^{d/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	9 900 ^{e/}	315	42 296	1 341	18	12.8	141	10.5			10	134.1
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice, otros	2 270 ^{e/}	72	15 127	479							10 ^{e/}	47.9
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, Zona Pto. Barrios	2 320 ^{e/}	74	23 143	733	5.8	1.6	358	49			12 ^{f/}	88.0
D ^{d/}	19 ^{d/}	Motagua	1 020 ^{e/}	32.4	5 957	188							15 ^{f/}	28.2
Total vertiente del Pacífico			16 584										2.75	211.7
E ^{d/}	2 ^{d/}	Suchiate	1 150	36.5	2 134	68					66	37	25 ^{e/}	17.0
E ₂		Intermedia entre 2 y 4	3 200	102	5 579	177							25	44.2
F	4 a 12	Samajá, Nahualate, etc.	6 440	205	13 137	318	14.5	17	84	26.4	144	45	25	79.5
G	14, 16	Achiguate, María Linda y otros	3 670	116	5 692	181	4.5	9	51	28.2	102	56	30	54.2
H	18	Los Esclavos	1 710	54	1 837	58	3.1	48.5	6.4	11.0	17.5	30	10	5.8
I ^{d/}	20 ^{d/}	Rfo Paz	298	9.5	886	28	6.6	48.5	13.7	49.0	9.5	34	30	8.4
J ^{d/}	46 ^{d/}	Rfo Lempa	116	3.7	895	28.5					3.6	11	10	2.6

- a/ Estimado con base en el balance hidrológico subterráneo.
b/ Caudal estimado con base en registros disponibles.
c/ Caudal estimado por relación directa entre área total y área controlada.
d/ Cuenca internacional; valores referentes a Guatemala únicamente.
e/ Valor estimado.
f/ Valor estimado como 1.25 veces la infiltración bruta calculada.

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 disponibles señala la existencia de una época de aguas altas de mayo a noviembre y una de aguas bajas entre diciembre y abril. En la época de aguas altas se observa una doble onda en la que el caudal medio más elevado tiene lugar en septiembre u octubre, y un máximo secundario ocurre en julio o junio. Durante la época de aguas bajas el caudal mensual mínimo se produce usualmente en marzo, aunque la variación de caudales entre enero y mayo es mínima.

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

La porción de escurrimiento que fluye durante los meses comprendidos entre junio y noviembre --que corresponden al mayor aporte-- oscila entre 60 por ciento en la estación 10-01-02 del río Madre Vieja y 90 por ciento para el río Tapalapa en la estación 18-02-01; sin embargo, en la mayoría de los sitios controlados este valor oscila entre el 68 y el 78 por ciento. (Véase el cuadro 6.)

El coeficiente de irregularidad de los ríos --obtenido al dividir el volumen de agua que se precisaría embalsar para obtener regulación total, entre el escurrimiento anual-- oscila entre 0.10 en la estación 10-01-02 del río Madre Vieja y 0.39 para el río Chixoy en la estación 03-02-01. (Véase nuevamente el cuadro 6.)

iv) Aguas de interés internacional. Las aguas de las grandes cuencas A, D₁, E₁, I₁ y J₁ tienen importancia internacional por el hecho de provenir de países vecinos o desaguar en ellos, o porque algunos de sus ríos sirven de límite internacional

En la gran cuenca A, drenada por los ríos Selegua, Usumacinta y Hondo, se estima que unos 1 341 metros cúbicos por segundo fluyen hacia territorio

Cuadro 5
 GUATEMALA: CAUDALES MENSUALES Y ANUALES DE ALGUNOS RIOS
 (Metros cúbicos por segundo)

Rfo y caudal	Estación	Superficie (km ²)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Vertiente del Atlántico															
Chixoy	Chixoy	6 020													
Medio	03-02-01		24.3	19.3	16.4	18.3	18.6	55.4	74.5	60.4	108.9	98.1	48.8	32.1	47.9
Máximo			33.3	29.8	38.7	64.2	87.0	201.0	215.0	182.0	297.0	443.0	124.4	49.5	443.0
Mínimo			18.0	16.1	12.7	11.2	10.5	12.6	26.4	28.5	32.3	41.5	33.4	24.0	10.5
Cahabón	Chajcar	380													
Medio	15-02-01		18.9	13.2	11.3	9.1	5.2	17.3	37.8	25.8	36.7	44.3	31.7	24.0	23.6
Máximo			49.4	41.5	47.0	55.3	10.1	71.0	66.8	59.0	88.3	100.0	100.0	86.9	100.0
Mínimo			9.4	8.2	6.2	4.4	3.8	3.9	13.4	9.4	9.6	18.1	14.0	9.7	3.8
Pixcayá	El Tesoro	155													
Medio	19-02-01		0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	1.1	1.4	1.2	2.3	2.2	1.1	0.9	1.2
Máximo			1.3	1.2	1.2	1.6	2.0	6.2	3.0	2.2	8.9	5.4	1.6	1.3	8.9
Mínimo			0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0	0.7	0.8	0.6
Vertiente del Pacífico															
Samalá	Candelaria	849													
Medio	04-01-03		8.1	7.3	6.7	6.8	7.4	11.6	11.7	9.8	12.9	14.8	11.1	8.9	9.8
Máximo			14.0	12.8	29.2	19.9	10.9	27.0	36.0	30.0	46.0	24.9	22.2	13.3	46.0
Mínimo			4.5	5.4	3.4	4.7	6.8	8.1	5.9	5.1	6.8	8.5	7.6	3.0	3.0
Nahualate	Sta. Catarina	145													
Medio	08-02-01		1.2	1.0	0.9	0.9	0.9	2.9	2.9	1.8	5.1	4.6	2.3	1.4	2.2
Máximo			1.4	1.4	1.2	7.3	10.8	23.3	10.8	4.4	50.0	30.5	12.0	3.8	50.0
Mínimo			0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1	1.2	1.2	1.6	1.1	1.0	0.6
Madre Vieja	Palmira	344													
Medio	10-01-02		9.1	6.6	6.4	6.6	7.2	11.3	10.9	9.8	14.1	15.2	10.9	8.2	9.8
Máximo			27.5	7.7	11.2	8.4	21.1	46.0	40.0	38.0	41.0	52.0	28.6	11.4	52.0
Mínimo			6.0	5.4	5.4	2.7	2.3	6.2	6.8	7.1	7.4	10.4	7.7	7.4	2.3

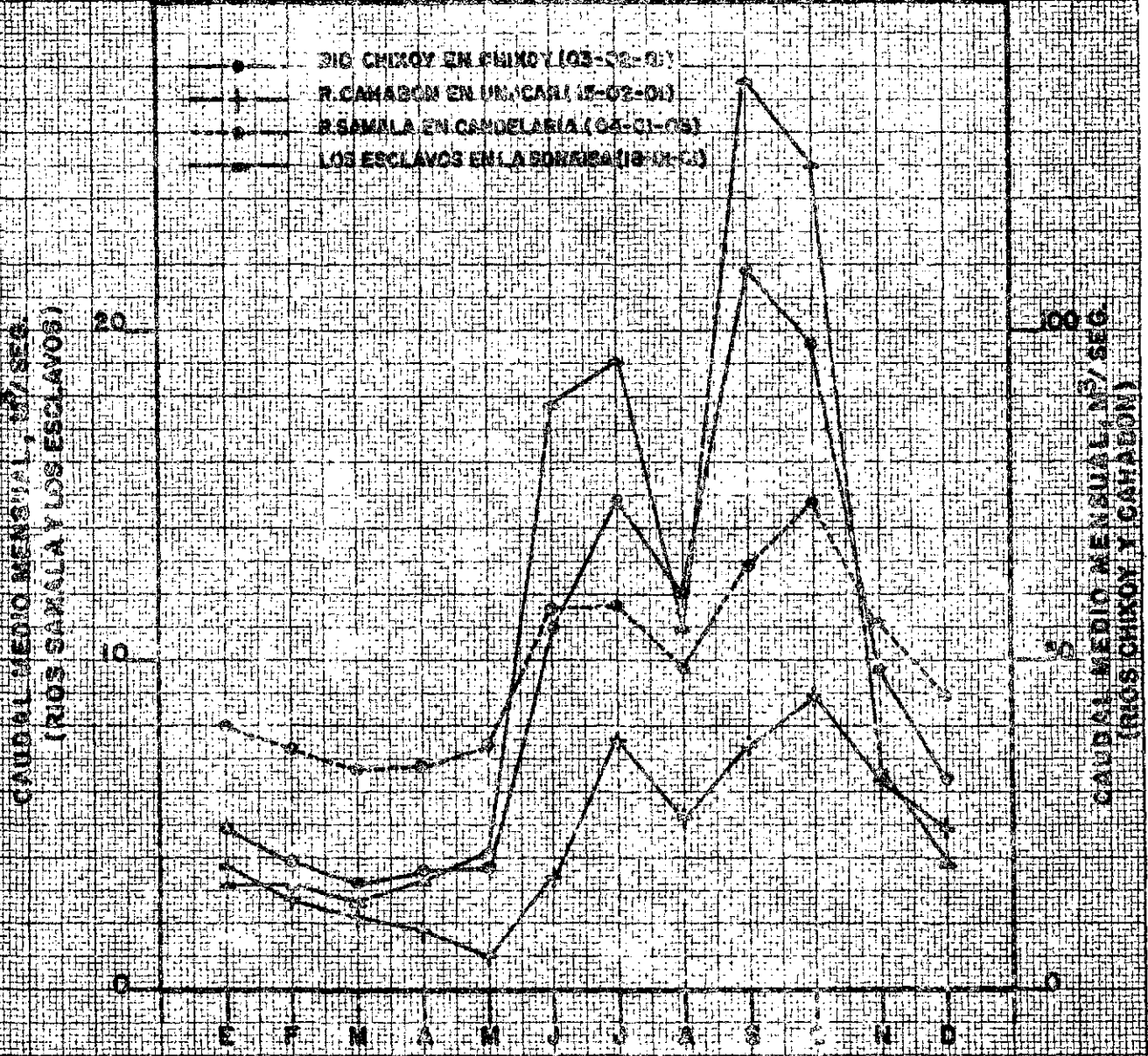
Cuadro 5 (Conclusión)

Rfo y caudal	Estación	Superficie (km ²)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Madre Vieja	Panibaj 10-01-01	165	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	2.9	1.9	1.4	2.8	1.6	1.0	0.9	1.4
			1.2	1.2	1.2	2.5	2.8	<u>45.0</u>	13.0	9.2	15.0	15.8	1.9	1.1	45.0
			0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	<u>0.7</u>	<u>0.6</u>	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.6
Xayá	La Sierra 12-02-01	86	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.8	0.9	1.5	1.1	0.5	0.4	0.6
			0.6	0.6	0.7	0.6	0.9	2.4	1.6	2.0	3.0	<u>3.4</u>	1.0	0.8	3.4
			0.2	0.2	<u>0.2</u>	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Aguacapa	Agua Caliente 16-04-01	351	4.8	4.8	4.7	4.8	5.0	10.1	16.4	15.2	31.1	19.1	9.3	5.7	10.9
			5.9	7.2	7.2	6.9	10.0	48.1	105.0	115.0	<u>115.1</u>	115.0	28.0	9.4	115.1
			3.6	<u>3.5</u>	4.1	3.8	3.9	3.6	3.8	4.9	<u>6.3</u>	5.6	5.4	4.8	3.5
Los Esclavos	La Sonrisa 18-01-01	1 553	3.3	3.2	2.8	3.5	4.3	17.8	19.2	11.0	27.6	25.5	6.7	3.9	10.6
			4.0	3.7	3.3	4.6	5.1	24.9	26.4	13.3	<u>39.8</u>	30.4	8.9	4.4	39.8
			3.0	2.5	<u>2.4</u>	2.7	3.3	9.3	8.0	9.8	20.9	18.0	5.2	3.5	2.4

Cuadro 6

GUATEMALA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

Río	Lugar	Nomenclatura de la estación	Superficie (km ²)	Caudales (m ³ /s)			Coeficiente de irregularidad	Porcentaje escurrido de junio a noviembre	Período del registro
				Medios	Máximos	Mínimos			
<u>Vertiente del Atlántico</u>									
Chixoy	Chixoy	03-02-01	6 020	47.90	443.00	10.50	0.39	77	1962-66
Cahabon	Chajcar	15-02-01	380	23.61	100.00	3.85	0.18	69	1962-66
Pixcayá	El Tesoro	19-02-01	155	1.19	8.85	0.57	0.14	68	1963-66
<u>Vertiente del Pacífico</u>									
Samalá	Candelaria	04-01-03	849	9.75	46.00	3.00	0.13	62	1962-66
Nahualate	Sta. Catarina Ixtahuacán	08-02-01	145	2.15	50.00	1.65	0.27	76	1962-66
Madre Vieja	Palmira	10-01-02	344	9.82	52.00	2.31	0.10	60	1963-66
Madre Vieja	Panibaj	10-01-01	165	1.40	45.00	0.53	0.21	69	1962-66
Xayá	La Sierra	12-02-01	86	0.62	3.39	0.17	0.20	76	1963-66
Aguacapa	Agua Caliente	16-04-01	351	10.88	115.00	3.55	0.30	78	1962-66
Tapalapa	Poza Escondida	18-02-01	95	2.04	12.00	0.03	0.31	90	1963-66



GUATEMALA
 CAUDAL MEDIO MENSUAL
 DE RÍOS SELECTOS.

GRAFICO I

mexicano. La gran cuenca E_1 del río Suchiate, compartida también con México, aporta unos 67.7 metros cúbicos por segundo desde territorio guatemalteco. En la cuenca del río Motagua se generan un total de 252 metros cúbicos por segundo, de los cuales 189 provienen de territorio guatemalteco (gran cuenca D_1).

En la gran cuenca I del río Paz, cuyo territorio es compartido con El Salvador, unos 24.6 metros cúbicos por segundo son generados en la porción guatemalteca. Del caudal total del río Lempa, en la gran cuenca J, unos 28.5 metros cúbicos por segundo provienen de Guatemala.

En total, 1 651 metros cúbicos por segundo (44.6 por ciento del caudal medio nacional) tienen implicaciones internacionales.

Los caudales estimados en las grandes cuencas J_1 , I_1 y D_1 han sido estimados por relación directa de las precipitaciones caídas en Guatemala, Honduras y El Salvador. Las cifras aquí presentadas por lo tanto deben considerarse indicativas del orden de magnitud de su valor real.

c) Precipitación y caudales durante 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 la variabilidad de la precipitación publicada recientemente (9) (10). 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 asumiendo 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 de las vertientes y del país ya que la sequía suele ocurrir en regiones de menor extensión.

Cuadro 7

GUATEMALA: ESTIMACION DE PRECIPITACION Y ESCORRENTIA EN AÑOS SECOS

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km ²)	Precipitación			Escorrentía		
				Año normal (millones de m ³)	Coefficiente de sequía a/	Año seco b/ (millones de m ³)	Coefficiente de escorrentía c/	Millones de m ³	Año seco b/ m ³ /s
<u>Total nacional</u>			<u>131 800</u>	<u>286 868</u>					
<u>Total vertiente del Atlántico</u>			<u>108 420</u>	<u>234 393</u>					
A ^{d/}	1 ^{d/} , 3 ^{d/} , 5 ^{d/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	59 400	140 985	0.85	119 837	0.30	35 951	1 139.6
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice, y otros	21 487	37 817	0.85	32 144	0.40	12 858	407.6
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona puerto Barrios	13 583	38 572	0.84	32 400	0.60	19 440	616.2
D ₁ ^{d/}	19 ^{d/}	Motagua	13 950	17 019	0.84	14 296	0.35	5 004	158.6
<u>Total vertiente del Pacífico</u>			<u>23 380</u>	<u>52 475</u>					
E ₁ ^{d/}	2 ^{d/}	Suchiate	1 270	3 556	0.80	2 845	0.60	1 707	54.1
E ₂	-	Entre 2 y 4	3 276	8 583	0.77	6 609	0.65	4 296	136.2
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, etc.	7 714	20 211	0.77	15 652	0.65	10 115	320.6
G	14, 16	Achiguate, María Linda	3 950	10 349	0.77	7 969	0.55	4 383	138.9
H	18	Los Esclavos	3 200	5 248	0.78	4 093	0.35	1 433	45.4
I ₁ ^{d/}	20 ^{d/}	Paz	1 310	2 214	0.80	1 771	0.40	708	22.4
J ₁ ^{d/}	46 ^{d/}	Lempa	2 660	2 314	0.80	1 851	0.385	718	22.6

a/ Corresponde a un año seco con recurrencia de 10 años.

b/ No se indican sumas por vertientes o nacionales, ya que la sequía usualmente abarca regiones menores.

c/ Se supuso la misma relación que para años normales.

d/ Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

En términos generales puede decirse que la precipitación y la escorrentía, en las grandes cuencas consideradas, oscilan durante un año seco entre el 77 y el 85 por ciento de los valores normales; el rango de variación es más amplio si se consideran localidades individuales o cuencas de limitada extensión.

d) Aguas subterráneas

La siguiente estimación de disponibilidades de agua del subsuelo se refiere exclusivamente a las grandes cuencas de la vertiente del Pacífico, por haberse considerado insuficiente la información disponible sobre la vertiente del Atlántico.

1) Evaluación de la ecuación hidrológica subterránea. Para estimar el rendimiento seguro de los depósitos subterráneos de la vertiente del Pacífico, se realizó inicialmente una evaluación preliminar de la siguiente ecuación de balance hidrológico subterráneo:^{4/}

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

en la cual P_i es la precipitación infiltrada hacia los depósitos; ET_{sb} , la evapotranspiración directa del agua subterránea en zonas de tabla freática somera y donde existe vegetación freatófita; D_{sb} , el deflujo subterráneo al 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 Δs , cualquier cambio neto en el almacenamiento de los depósitos.

Con base en los resultados obtenidos en estudios geohidrológicos realizados en zonas hidrogeológicamente similares de países vecinos (11, 12, 13, 14, 15) se asignaron los siguientes valores conservadores de infiltración, en función de la lluvia, a las diversas unidades hidrogeológicas identificadas: a) materiales volcánicos no consolidados del Cuaternario (Q_v), 45 por ciento; b) materiales aluvionales recientes y cuaternarios (Q_{al}), y depósitos de pómez del Cuaternario (q_p), 35 por

^{4/} Se supuso que no hay flujo subterráneo entre cuencas.

ciento, y c) materiales no diferenciados del Terciario, Cretácico y Precretácico (KT), 5 por ciento.

Sobre el mapa hidrogeológico (lámina 2) se determinó la extensión de cada unidad empleándose los valores citados de infiltración para obtener un coeficiente ponderado para cada cuenca; este último, al multiplicarse por la precipitación, permitió obtener una estimación burda de la infiltración anual. En total, unos 15 550 millones de metros cúbicos se infiltran hacia los depósitos de la vertiente del Pacífico durante un año normal, equivalentes al 30 por ciento de la precipitación.

Empleando el método de Blaney-Criddle (16) se calculó que unos 1 030 millones de metros cúbicos se pierden por evapotranspiración directa del agua subterránea en zonas de tabla freática somera y en las que existen condiciones pantanosas cuya extensión había sido previamente estimada (17).

Utilizando los valores aproximados de las características físicas e hidráulicas de los acuíferos costeros, se estimó que unos 3 600 millones de metros cúbicos anuales defluyen subterráneamente hacia el Pacífico.

No se tomaron en cuenta la extracción anual efectiva y los cambios netos en almacenamiento de los depósitos por ser las extracciones actuales de magnitud limitada.

El caudal base de los ríos que desaguan al Pacífico formado por el rebalse de los depósitos que en la actualidad están llenos a causa de la recarga y de no ser explotados en gran escala, se calculó en 10 930 millones de metros cúbicos anuales por la diferencia entre los alujos y los deflujos en la ecuación de balance subterráneo. Este volumen equivale a un caudal medio de 347 metros cúbicos por segundo, y representa un 70 por ciento de la infiltración estimada y un 36 por ciento del caudal medio de los ríos.

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 por el volumen almacenado, sino por la tasa de renovación o de recarga del depósito. Considerando que la recarga procedente de la precipitación es la que

/genera los

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 recuperarse de los deflujos --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 (18).

Se estimó que en respuesta a la subsidencia regional del nivel freático resultante de una extracción en gran escala, podría recuperarse un 30 por ciento de la evapotranspiración directa del agua subterránea en la vertiente del Pacífico, con lo cual se obtendrían 310 millones de metros cúbicos por año.

Suponiendo la implantación de sistemas de pozos diseñados exclusivamente para el propósito, parece factible recuperar un 9 por ciento del actual deflujo al océano Pacífico, equivalente a 340 millones de metros cúbicos anuales.

Por lo que respecta al caudal base recuperable, se ha estimado que un 50 por ciento de su valor anual podría recuperarse mediante la implantación de sistemas eficientes de pozos que indujese una notable subsidencia del nivel freático e interceptase el flujo subterráneo antes de llegar a los ríos, y mediante un sistema de captación de manantiales y ríos menores. Con ello se obtendrían unos 5 460 millones de metros cúbicos por año en la vertiente del Pacífico.

Se estima factible recuperar en total unos 6 110 millones de metros cúbicos anuales, equivalentes al 39 por ciento del volumen infiltrado. El volumen recuperable así calculado podría representarse como un caudal medio constante de 194 metros cúbicos por segundo, que equivaldría a un 20 por ciento del caudal medio de los ríos que desaguan al Pacífico.

El rendimiento seguro estimado en esta forma podría distribuirse, con base en las características hidrogeológicas de las grandes cuencas, como sigue:

/Gran cuenca

Gran cuenca	Cuenca	Río	Rendimiento seguro	
			Millones de metros cúbicos	Metros cúbicos por segundo
E ₁ ^{5/}	2 ^{5/}	Suchiate	400	13
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	1 100	35
F	4 a 12	Somalá; Nahualate, Madre Vieja, etc.	2 400	76
G	14, 16	Achiguate, María Linda	1 650	52
H	18	Los Esclavos	350	11
J ₁ ^{5/}	20 ^{5/}	Paz	150	5
J ₁ ^{5/}	46 ^{5/}	Lempa	50	1.5

El más elevado potencial corresponde a las grandes cuencas F, G y E₂, pero la disponibilidad no se distribuye uniformemente en el espacio por lo que será menester realizar estudios detallados para determinar la ubicación y las características de los depósitos individuales.

e) Sumario de recursos disponibles

En el cuadro 8 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 Guatemala unos 286 868 millones de metros cúbicos de agua, de los cuales un 81 por ciento ocurre en la vertiente del Atlántico y el resto en la del Pacífico. La escorrentía superficial correspondiente es de 3 697 metros cúbicos por segundo, de la cual el 74 por ciento fluye hacia el Atlántico y el resto hacia el Pacífico. Existe en el país por lo tanto una disponibilidad media de 22 200 metros cúbicos anuales por habitante (1970), y de 28 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie.

Una estimación del caudal superado el 95 por ciento del tiempo arroja cifras de 510 metros cúbicos por segundo, que equivalen a un 14 por ciento de la escorrentía media del país y pueden considerarse representativos de los caudales de estiaje.

^{5/} Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

Cuadro 8

GUATEMALA: RESUMEN DE RECURSOS HIDRAULICOS DISPONIBLES

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Superficie (km ²)	Precipitación (millones de m ³)		Escorrentía superficial (m ³ /s)		Agua subterránea: rendimiento seguro estimado ^{b/} (m ³ /s)	
				Año normal	Año seco ^{a/}	Año normal	Año seco ^{a/}		
<u>Total del país</u>			<u>131 800</u>	<u>286 868</u>		<u>3 697</u>	<u>510</u>	...	
<u>Total vertiente del Atlántico</u>			<u>108 420</u>	<u>234 393</u>		<u>2 744</u>	<u>298</u>	...	
^{c/}	^{c/} ^{c/} ^{c/}								
A	1, 3, 5	Selagua, Usumacinta, Hondo	59 400	140 985	119 837	1 341	1 140	134	...
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	21 487	37 817	32 144	480	408	48	...
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona puerto Barrios	13 583	38 572	32 400	734	616	88	...
^{c/}	^{c/}								
D	19	Matagua	13 950	17 019	14 296	189	159	28	...
I									
<u>Total vertiente del Pacífico</u>			<u>23 380</u>	<u>52 475</u>		<u>953</u>	<u>212</u>	<u>193</u>	
^{c/}	^{c/}								
E	2	Suchlate	1 270	3 556	2 845	68	54	17	13
I									
E	-	Entre 2 y 4	3 276	8 583	6 609	177	136	44	35
2									
F	4 a 12	Samatá, Nahualate, etc.	7 714	20 211	15 562	417	321	80	76
G	14, 16	Achiguate, María Linda	3 950	10 349	7 969	180	139	54	52
H	18	Los Esclavos	3 200	5 248	4 093	58	45	6	11
^{c/}	^{c/}								
I	20	Paz	1 310	2 214	1 771	25	22	8	5
^{c/}	^{c/}								
J	46	Lempa	2 660	2 318	1 851	28	23	3	1

^{a/} No se presentan sumas para las vertientes o el país, porque la sequía usualmente abarca regiones menores.

^{b/} La utilización en gran escala del agua subterránea disminuiría los caudales superficiales.

^{c/} Cuenca Internacional; los valores se refieren a Guatemala únicamente.

Cálculos realizados indican que durante un año seco con recurrencia de 10 años, se producen precipitaciones y escurrimientos superficiales equivalentes a entre el 77 y el 85 por ciento de los valores normales, en las grandes cuencas consideradas.

El rendimiento seguro de los depósitos de agua subterránea existentes en la vertiente del Pacífico se estima en unos 193 metros cúbicos por segundo, equivalentes a cerca del 20 por ciento de los caudales superficiales medios. El aprovechamiento en gran escala de los recursos del subsuelo podría significar una disminución del orden del 9 por ciento de la escorrentía superficial, por corresponder parte del rendimiento seguro al caudal base de los ríos que sería interceptado antes de aparecer en los cauces.

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 ha evaluado cada uno de los factores del ciclo, se presenta aquí una evaluación cuantitativa preliminar del balance de aguas. Para ello se han tomado como base las dos vertientes principales, al no haberse considerado la información disponible adecuada para elaborar balances sobre cada una de las grandes cuencas consideradas.

En la sección 4, referente a la estimación de disponibilidades de agua, se presentan las evaluaciones de los factores de precipitación, escorrentía total y algunas estimaciones sobre el balance hídrico subterráneo. A continuación se describe brevemente el procedimiento seguido para calcular la evapotranspiración.

a) Estimación de la evapotranspiración

Debe señalarse que, durante la época lluviosa, la evapotranspiración ocurre a una tasa regida por factores climatológicos y por las características fisiológicas de las plantas; durante el período seco, en cambio, la evapotranspiración se ve limitada al consumo de la humedad disponible en los suelos dentro del alcance de la zona radicular de las plantas, y a una buena fracción de las reducidas precipitaciones que ocurren durante dicho período (17).

/El método

El método empleado para el cálculo es el de Blaney-Criddle, (16) debidamente modificado para tomar en cuenta las variaciones mensuales de disponibilidad de agua para el consumo.

Estableciendo una relación entre la elevación y la temperatura media anual (17,19) se elaboró inicialmente un mapa de isopletas de evapotranspiración potencial para el país, y se determinó el valor medio de ésta para cada vertiente.

Con base en el conocimiento de la cobertura vegetal del país, y empleando los siguientes valores del coeficiente de consumo, se calcularon coeficientes ponderados para cada vertiente, y después se adoptaron los siguientes valores del coeficiente de consumo de los cultivos:

<u>Vegetación o cultivo</u>	<u>Coeficiente de consumo</u>
Bosques, sin diferenciar	0.65
Café	0.70
Pastos, natural y artificial	0.70
Cultivos anuales	0.75 ^{6/}
Lagos y pantanos	1.00

Se prosiguió por un estudio detallado sobre la distribución mensual de la precipitación en cada vertiente para concretar los períodos de disponibilidad de agua suficiente para el consumo, determinándose que en la vertiente del Pacífico la precipitación mensual durante el período mayo a octubre es superior a la demanda de agua de las plantas, y que en la vertiente del Atlántico dicho período se extiende hasta noviembre;^{7/} para dichos períodos el consumo real se calculó como el producto del coeficiente de consumo más la evapotranspiración potencial. Como durante el período seco la precipitación mensual es insuficiente para abastecer la demanda, se asumió que durante esos meses el consumo real equivale a la precipitación efectiva^{8/} más unos 100 milímetros de humedad almacenada en los suelos.

^{6/} Valor ponderado que incluye todos los cultivos anuales existentes en el país.

^{7/} Excepto en la franja de baja precipitación anual donde prácticamente existen deficiencias a lo largo de todo el año.

^{8/} Calculada como el 75 por ciento de la precipitación observada.

La cifra total obtenida para el país fue de 1 213 milímetros de lámina, equivalentes a un volumen anual de 159 810 millones de metros cúbicos. El consumo en la vertiente del Atlántico es de 137 690 millones de metros cúbicos (1 270 mm), y el de la del Pacífico, de 22 120 (946 mm).

b) Evaluación de la ecuación hidrológica

Con los valores obtenidos de evapotranspiración, y con los de los otros factores hidrológicos indicados en los cuadros 1, 3 y 8, se incluye a continuación una evaluación cuantitativa provisional del balance de aguas para el país y sus grandes vertientes, empleando el metro como unidad de lámina anual:

<u>Factor hidrológico</u>	<u>Total nacional</u>	<u>Vertiente del Atlántico</u>	<u>Vertiente del Pacífico</u>
1. Precipitación	2.18	2.16	2.24
2. Escorrentía total	0.89	0.80	1.29
a) Escorrentía directa	...	...	0.82
b) Caudal base	...	...	0.47
3. Deflujo subterráneo al mar	...	...	0.15
4. Evapotranspiración	1.21	1.27	0.95
a) Del agua subterránea	...	...	0.04
b) De la precipitación	...	...	0.91
5. Diferencia: aflujo menos deflujo	...	...	(-)0.15

Para el caso de la vertiente del Atlántico no existe información sobre los deflujos subterráneos al océano, razón por la cual el balance de dicha vertiente, y el del total del país, está incompleto. Para la vertiente del Pacífico se cuenta con toda la información, y se logra un cierre del balance con un error inferior al 7 por ciento, que se considera aceptable para la clase de estudio realizado.

Si se estima el deflujo subterráneo al océano por diferencia entre aflujos y deflujos, para la vertiente del Atlántico podría adoptarse la siguiente distribución porcentual de los rubros de deflujo del ciclo hidrológico:

/Total

	<u>Total del país</u>	<u>Vertiente del Atlántico</u>	<u>Vertiente del Pacífico</u>
1. Escorrentía total	41	37	54
2. Evapotranspiración total	55	59	40
3. Deflujo subterráneo al océano	4	4	6

Los resultados indicados se confirman con los obtenidos en un estudio independiente a base de información más detallada (17).

6. Factores naturales que influyen en la disponibilidad y utilización de las aguas

a) Topografía

Guatemala está atravesada de este a oeste por las cadenas montañosas denominadas Sierra Madre, Chuacus, Las Minas, Cuchumatanes y Santa Cruz. La Sierra Madre está relativamente próxima al océano Pacífico por lo que los ríos de esa vertiente poseen recorridos cortos y fuertes pendientes en su tramo inicial. En la vertiente del Atlántico, las pendientes medias de las cuencas con menores y los recorridos de los ríos, más amplios. (Véase la lámina 4.)

Las elevaciones absolutas más notables del país se encuentran en las cabeceras de los ríos Selegua y Usumacinta (gran cuenca A), lo mismo que en las de las grandes cuencas E₁, E₂ y F.

Las altas pendientes y los cortos recorridos de los ríos en la vertiente del Pacífico, inciden en la ocurrencia de avenidas de corta duración y picos elevados; por el contrario, las crecidas en la vertiente del Atlántico son de más larga duración y con picos de forma más aplanada.

La topografía del país --que en la vertiente del Atlántico permite la regularización de caudales mediante presas almacenadoras y en la del Pacífico el aprovechamiento de fuertes pendientes-- facilitaría el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos.

/b) Geología

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 --ubicados en su mayor parte en la vertiente del Pacífico y parcialmente en la del Atlántico-- se caracterizan por altas tasas de infiltración, con lo cual se favorece la ocurrencia del agua subterránea y de filtraciones en los embalses almacenadores. Los materiales más antiguos, pertenecientes al Terciario, Cretácico y anteriores --ubicados principalmente en las grandes cuencas A, B, C y D₁ de la vertiente del Atlántico, y en parte de las cuencas del Pacífico-- parecen más apropiados para obtener éxito en la construcción de grandes obras civiles, pero sus características acuíferas (salvo algunas excepciones) son limitadas.

c) Suelos

La lámina 5 incluye un mapa generalizado de suelos del país, elaborado con base en el estudio sobre uso potencial de la tierra (20).

Existen en total 960 380 hectáreas de tierras de primera clase aptas para la agricultura intensiva de cultivos anuales y capaces de proporcionar rendimientos unitarios elevados mediante el empleo de prácticas modernas de producción; estas tierras, identificadas con el símbolo A en la lámina 5, se encuentran generalmente en las partes planas de las grandes cuencas E₂, F y G de la vertiente del Pacífico, y en las de las grandes cuencas A, D y D₁ en la vertiente del Atlántico. Un total de 641 200 hectáreas de suelos apropiados para la agricultura intensiva de cultivos permanentes, identificados con el símbolo B en el mapa, existen en las grandes cuencas E₁, E₂, F y G, así como en la gran cuenca A. Existen, además, alrededor de 2 644 650 hectáreas de tierras de segunda, aptas para la agricultura extensiva, con bajos rendimientos unitarios y a veces sujetas a problemas de erosión; estas tierras se identifican con el símbolo C en el mapa y abundan en las grandes cuencas A₁, D₁, E₂ y H, así como en áreas dispersas del resto del país. Las tierras señaladas con los

/símbolos D

símbolos D y DF son de uso muy extensivo (D) o de vocación forestal (DF); ocurren en regiones de alto y bajo relieve, especialmente en la vertiente del Atlántico, y en las cabeceras de la del Pacífico.

Las áreas susceptibles de cultivo bajo riego están comprendidas generalmente dentro de las tierras tipo A y parcialmente dentro de las B; 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 perenne favorece la retención del agua precipitada con la consecuente mayor oportunidad de infiltración y menor posibilidad de erosión de los suelos; los cultivos estacionales en laderas de pendiente pronunciada favorecen la erosión.

Así, puede pensarse en una mayor escorrentía directa proveniente de las áreas cubiertas por vegetación estacional y una mayor ocurrencia de retención e infiltración en las zonas de cobertura vegetal permanente. También puede hablarse, en términos generales, de cultivos perennes en las zonas donde la precipitación está más uniformemente distribuida a lo largo del año, y de cultivos estacionales para aprovechar la humedad derivada de las lluvias concentradas durante la estación lluviosa.

La escorrentía directa y la subterránea se ven afectadas por la tasa de transpiración y evaporación de las cuencas, que a su vez están gobernadas por las características fisiológicas de las plantas y por la magnitud y variación de la temperatura y otros factores meteorológicos. El valor ponderado de la evapotranspiración para el país se ha estimado en unos 1 213 milímetros anuales; en la vertiente del Atlántico la evapotranspiración anual es de 1 270 milímetros y en la del Pacífico es sólo 946, debido a que no existe disponibilidad uniforme de agua para el consumo. La evaporación de superficies de agua libre en el país oscila entre más de 2 100 milímetros anuales en la vecindad de las costas y menos de 1 400 en las partes altas de las cordilleras.

II. UTILIZACION ACTUAL Y FUTURA DEL AGUA

Se estima a continuación el uso actual de los recursos hidráulicos, y se extrapolan sus demandas para los años 1980 y 1990 sobre la base de satisfacer las necesidades básicas 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 de los recursos y prever posibles aprovechamientos conflictivos o conjuntos por los diferentes sectores usuarios del agua.

La suma aritmética de los requerimientos sectoriales representa la utilización bruta o total del agua en un año dado; restando de esa suma los usos que no disminuyen ni contaminan los recursos se obtiene la utilización neta del agua. Una porción de los usos netos^{9/} se pierde por diferentes procesos (usos consuntivos) y el resto retorna a los cuerpos de agua después de adquirir cierto grado de contaminación (usos contaminantes) como resultado de la recepción de desechos domésticos e industriales y de excedentes agrícolas (sales, fertilizantes, pesticidas).

Para la estimación de los usos presentes del agua se dispuso de información proporcionada por los diferentes organismos nacionales encargados de los sectores que utilizan el agua; la estimación de los requerimientos futuros se ha basado, según el caso, en proyecciones de población realizadas con base en las tendencias históricas y en el crecimiento probable de los sectores hidroeléctricos y de riego. Las dotaciones o requerimientos unitarios para cada uso han sido estimados con base en técnicas usuales que toman en cuenta el incremento en consumo del agua potable en relación con el aumento en los ingresos per cápita de la población y los incrementos probables de los rendimientos agrícolas bajo riego. Las utilidades actuales y futuras han sido calculadas tomando como base las grandes cuencas sobre las que se han efectuado estimaciones sobre disponibilidades de agua en el capítulo anterior.

^{9/} Comprenden las utilidades de los sectores de riego y abastecimiento doméstico e industrial.

Cabe señalar, sin embargo, que las proyecciones sólo pueden considerarse confiables para la década de 1970 a 1979; no lo son totalmente para la siguiente porque pueden producirse cambios importantes en los patrones y en las tasas de crecimiento aplicados a la proyección. En el caso del agua potable, tanto la población por cuencas como las dotaciones unitarias supuestas pueden experimentar alteraciones significativas debidas a cambios notables en las estructuras socioeconómicas del país; en el sector irrigación, el patrón futuro de cultivos y la política nacional de importación-exportación pueden diferir de las aquí supuestas; en el sector de electricidad, la distribución en el uso del agua por cuencas puede alterarse significativamente, puesto que no se cuenta todavía con un programa definitivo de adiciones de centrales generadoras. Las proyecciones para 1990, por lo tanto, sólo deben considerarse indicativas de la posible magnitud del uso del agua.

1. Riego

En Guatemala sólo se cultiva actualmente una fracción de las tierras del país y como consecuencia se importan anualmente productos básicos por valor de varios millones de dólares. Existen, sin embargo, aproximadamente 1 600 000 hectáreas de tierras de primera calidad, apropiadas para la agricultura intensiva, y aproximadamente 2 950 000 hectáreas de tierras aptas para cultivos extensivos (20); se dispone, por consiguiente en la actualidad de las extensiones necesarias para abastecer de alimentos básicos a la población. Por otra parte, al ser un alto porcentaje de las tierras de primera susceptible de riego, podría incrementarse la producción más todavía.

Existen en Guatemala problemas similares a los del resto de los países del Istmo que dificultan el desarrollo, en gran escala, de la irrigación. Es serio el problema del régimen de la tenencia de la tierra, que se deriva del hecho de que la mayor parte de la superficie regable pertenece a pocos propietarios; no existe una tradición de riego a escala nacional, por lo que se dificulta tanto la construcción como la operación de sistemas de riego y se carece de una legislación adecuada que permita el eficiente aprovechamiento del agua con propósitos de riego.

El planeamiento y desarrollo del riego corresponde a la División de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Agricultura, que está llevando a cabo un programa de pequeña irrigación con financiamiento externo y aportes estatales; a la fecha, sin embargo, no se ha planificado la ejecución de grandes obras de riego. Las empresas bananeras y los particulares tienen en operación pequeñas y medianas obras de riego en distintos lugares del país.

a) Potencial de irrigación

La superficie susceptible de ser regada en el país se ha definido con base en el mapa de uso potencial de la tierra (20), del que la lámina 5 es una adaptación. En general, las áreas regables corresponden a las tierras de primera (clase A) aptas para cultivos intensivos y ubicadas en todas las grandes cuencas con excepción de la C y la E₁.

Así, la superficie regable desde el punto de vista de suelo y clima se ha estimado en 630 500 hectáreas cuya distribución por vertiente y grandes cuencas se indica en el cuadro 9. El mayor potencial de riego corresponde a las grandes cuencas A, G y F; las áreas regables en la gran cuenca A, sin embargo, carecen de obras de infraestructura como drenaje, caminos, etc.

b) Usos actuales

La superficie bajo riego en el país según datos de la División de Recursos Hidráulicos y otras fuentes, se estima en la actualidad en 19 110 hectáreas, que equivalen apenas al 3 por ciento del área total nacional regable. Puede afirmarse que se trata de obras de pequeña y mediana irrigación con limitada técnica de aplicación del agua, cuyas extensiones aparecen en el cuadro 10. En general, las tierras regadas son de primera calidad salvo contadas excepciones.

El uso total del agua ha sido estimado en 19.1 metros cúbicos por segundo, a base de una dotación de un litro por segundo por hectárea; el uso consuntivo se estima en 9.4 metros cúbicos por segundo, suponiendo una eficiencia del 49 por ciento para distribución y aplicación del agua. (Véase de nuevo el cuadro 10.)

Cuadro 9

GUATEMALA: DISTRIBUCION DEL AREA POTENCIALMENTE REGABLE, POR
 GRANDES CUENCAS

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Superficie regable (ha)	Porcentaje del total
<u>Total del país</u>			<u>630 500</u>	<u>100.0</u>
<u>Total vertiente Atlántico</u>			<u>277 500</u>	<u>44.0</u>
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta y Hondo	235 500	37.3
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	34 500	5.5
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona puerto Barrios	-	-
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	7 500	1.2
<u>Total vertiente Pacífico</u>			<u>353 000</u>	<u>56.0</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	-	-
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	14 500	2.3
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	125 000	19.8
G	14, 16	Achiguate, María Linda	150 000	23.8
H	18	Los Esclavos	41 300	6.6
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	7 800	1.2
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	14 400	2.3

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a Guatemala únicamente.

Cuadro 10

GUATEMALA: SUPERFICIE BAJO RIEGO Y USO ACTUAL DEL AGUA, 1970

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie regada (ha)	Uso estimado del agua (m ³ /s)	
				Total <u>a/</u>	Consuntivo <u>b/</u>
<u>Total del país</u>			<u>19 110</u>	<u>19.1</u>	<u>9.4</u>
<u>Total vertiente Atlántico</u>			<u>6 975</u>	<u>7.0</u>	<u>3.4</u>
A ^{c/}	3 ^{c/}	Usumacinta	1 200	1.2	0.6
D ₁ ^{c/}	19 ^{c/}	Motagua	5 775	5.8	2.8
<u>Total vertiente Pacífico</u>			<u>12 135</u>	<u>12.1</u>	<u>6.0</u>
E ₂	-	Entre 2 y 4	1 500	1.5	0.7
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, etc.	4 000	4.0	2.0
G	14, 16	Achiguate, María Linda	4 225	4.2	2.1
H	18	Los Esclavos	1 410	1.4	0.7
J ₁ ^{c/}	46 ^{c/}	Lempa	1 000	1.0	0.5

Fuente: División de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Agricultura.

a/ Calculado a base de una dotación de un litro por segundo por hectárea.

b/ 49 por ciento del uso total.

c/ Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

c) 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 de mantener el volumen actual de las exportaciones que salen fuera del área centroamericana. Los requerimientos de agua de riego se estimaron a base de características climáticas, tipo de cultivo y eficiencia razonables en la distribución y aplicación del agua.

Sólo se consideró para las proyecciones 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.

1) Proyección de la demanda agrícola. La demanda interna de producción agrícola se estimó con base en el estudio realizado en 1969 por el Batelle Memorial Institute para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (21).

Las proyecciones de la demanda de producción agrícola para 1980 fueron efectuadas por Batelle, con información sobre consumo aparente del período 1962 a 1964; determinó la demanda per capita de cultivos importantes de consumo básico, y efectuó una extrapolación hasta 1980 sobre la base del crecimiento demográfico y teniendo en cuenta la variación del consumo resultante de la variación del ingreso. Las proyecciones para 1990, efectuadas por la CEPAL, se apoyaron en las mismas bases de Batelle y admitieron iguales tasas de crecimiento.

Por lo que respecta a las exportaciones, se calculó el volumen promedio referente al período 1967 a 1969 y se llegó a la conclusión de que se exportaban fuera del área unas 95 000 toneladas de azúcar y 70 000 toneladas de algodón. Se asumió conservadoramente que en los próximos veinte años se mantendrían los mismos niveles de exportación.

Las demandas totales proyectadas para 1980 y 1990 se indican en el cuadro 11.

Cuadro 11

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

(Miles de toneladas)

Cultivo	1980 ^{a/}	1990 ^{b/}
Maíz	1 114	1 620
Arroz	20	31
Trigo	177	265
Frijol	70	104
Azúcar (de caña) ^{c/}	321	425
Hortalizas	366	530
Papa	19	30
Algodón ^{d/}	114	130
Tabaco	4	5

a/ Tomado del cuadro 124 del informe de Batelle (21).

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

c/ Incluye 95 000 toneladas de exportación.

d/ Incluye 70 000 toneladas de exportación.

ii) Requerimientos de tierra para abastecer la demanda. Tomando como base la demanda de producción indicada en el cuadro 11, se calcularon las extensiones a cultivar en 1980 y 1990 para lo cual se estimaron los rendimientos unitarios de los cultivos considerados bajo diferentes grados de tecnología agrícola y en tierras de primera categoría solamente, como se indica a continuación. (Véase el cuadro 12.)

1) Rendimientos bajos. Valores correspondientes a los períodos 1962 a 1964 y 1967 a 1969, que implican en términos nacionales la inexistencia de prácticas agrícolas modernas^{10/} y la utilización en parte de tierras de segunda;

2) Rendimientos intermedios. Se obtendrían en tierras de primera calidad aptas para cultivo intensivo, mediante el empleo de técnicas agrícolas modernas (uso de semillas mejoradas, fertilizantes, pesticidas, drenaje, etc.) durante la estación lluviosa;^{11/}

3) Rendimientos elevados. Se obtendrían en tierras de primera calidad, 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 los altos se adoptaron después de comparar los actuales del país con los característicos de otros países de tecnología agrícola más avanzada (22).

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; la extensión requerida para producir la demanda sería entonces de 903 000 hectáreas de tierras de primera. Se ha supuesto, sin embargo, que en dicho año sólo se dispondría de 764 000 hectáreas^{12/} para la agricultura intensiva de cultivos anuales, razón por la cual sería necesario regar para abastecer la demanda.

^{10/} Excepto en el arroz que se riega.

^{11/} Obsérvese que estos rendimientos implican aumentos en relación con los actuales (1967 a 1969), de hasta 75 por ciento anual.

^{12/} El resto corresponde a tierras ubicadas en la vertiente atlántica con problemas de drenaje y sin medios adecuados de comunicación.

Cuadro 12

GUATEMALA: RENDIMIENTOS AGRICOLAS UNITARIOS BAJO
DIFERENTES GRADOS DE TECNOLOGIA

(Kilogramos por hectárea)

Cultivo	Bajos		Intermedios ^{a/}		Altos ^{b/}	
	1962-64	1967-68	1980	1990	1980	1990
Mafz	878	1 030	2 200	2 500	4 400	5 000
Arroz	1 575	2 770	2 600	2 600	5 200	5 200
Trigo	779	...	1 200	1 500	2 400	3 000
Frijol	631	935	1 500	1 800	3 000	3 600
Azúcar (de caña)	5 900	...	10 000	15 000	13 000	20 000
Hortalizas ^{c/}	...	...	12 500	12 500	25 000	25 000
Papa	...	...	10 000	10 000	20 000	20 000
Algodón	767	850	900	1 000	1 300	1 500
Tabaco	891	...	1 200	1 500	2 400	3 000

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

b/ Rendimientos equivalentes a agricultura tecnificada, en tierras de primera clase, durante todo el año, incluyendo riego suplementario.

c/ Tomando el tomate como valor promedio.

/Por aproximaciones

Por aproximaciones sucesivas, y considerando los cultivos de mayor demanda de superficie, se estimó que para satisfacer la demanda de producción de 1980 sería preciso regar el 30 por ciento del maíz y el 20 por ciento del trigo, lo cual --sumado al riego actual de 1 300 hectáreas de banano-- arroja una superficie total regada de 144 300 hectáreas. (Véase el cuadro 13.)

La proyección de 1990 indica que, de no existir riego, bajo rendimientos intermedios se requeriría un total de 1 102 000 hectáreas. Por el mismo procedimiento de aproximaciones sucesivas, y suponiendo que la extensión de tierras disponible sería de 813 000 hectáreas,^{13/} se estimó que se precisaría regar el 50 por ciento del maíz y el 30 por ciento del trigo y el frijol para abastecer la demanda, lo cual arrojaría una superficie total a regar de 262 500 hectáreas. (Véase nuevamente el cuadro 13.)

Las proyecciones y estimaciones anteriores suponen incrementos en el área regada de 12 500 hectáreas anuales en la presente década y de 11 800 en la de 1980 a 1989. Los planes actuales no prevén tal situación, por lo que será preciso fortalecer estas actividades así como las de investigación y extensión agrícola.

Debe insistirse en que las proyecciones realizadas suponen el autoabastecimiento de la demanda interna y el mantenimiento del nivel actual de las exportaciones que salen fuera del área; en el caso de que no se alcanzaran las metas de riego antes indicadas o los requerimientos unitarios señalados para los cultivos, el país tendría que importar dichos productos, sustituirlos por otros de menor requerimiento en extensión cultivada, reducir sus exportaciones, o desarrollar adecuadamente las amplias extensiones de la vertiente atlántica. Evidentemente, la posibilidad de especializar la agricultura para que produzca artículos de alto rendimiento económico, a calidad y precios competitivos en el mercado regional o mundial, permitiría la importación de alimentos para atender la demanda interna y ello modificaría las proyecciones anteriores.

^{13/} Se admite que podrán incorporarse 50 000 hectáreas más que en 1980 como resultado de mejoras en la infraestructura de la vertiente del Atlántico.

Cuadro 13

GUATEMALA: SUPERFICIE A CULTIVARSE Y REGARSE EN 1980 Y 1990

(En cultivos anuales solamente)

Cultivos anuales	1980			1990		
	Demanda (miles de toneladas)	Superficie a cultivar (miles de hectáreas)		Demanda (miles de toneladas)	Superficie a cultivar (miles de hectáreas)	
		Total	Regada		Total	Regada
Total		<u>764</u>	<u>143.0</u>		<u>813</u>	<u>261.2</u>
Maiz	1 114	398	119.4	1 620	415	207.5
Arroz	20	8	-	31	12	-
Trigo	177	118	23.6	265	136	40.8
Frijol	70	47	-	104	43	12.9
Azúcar (de caña)	321	32	-	425	28	-
Hortalizas	366	29	-	530	43	-
Papa	19	2	-	30	3	-
Algodón	114	127	-	130	130	-
Tabaco	4	3	-	5	3	-

iii) Requerimientos de agua para riego. Se adoptaron las siguientes dotaciones brutas de agua, calculadas a base de las características de clima y suelo, una eficiencia de 49 por ciento para distribución y aplicación del agua y la experiencia obtenida en proyectos centroamericanos y mexicanos:

Hortalizas, caña de azúcar y arroz:	1.2 l/s/ha; ^{14/}
Todos los demás cultivos:	1.0 l/s/ha

La distribución de la superficie a regar entre las grandes cuencas se basó en la proporción directa con el potencial de riego para cultivos anuales, exceptuándose de ello las grandes cuencas A y B de la vertiente atlántica por carecer sus extensiones regables de la infraestructura adecuada. (Véase el cuadro 14.)

La utilización total del agua en 1980 sería de 144.3 metros cúbicos por segundo y, descontando los retornos estimados, el uso consuntivo sería de 70.7 metros cúbicos por segundo. El riego así proyectado en la vertiente del Pacífico podría desarrollarse mediante derivación simple, mediante la utilización de retornos, y mediante el amplio empleo del agua subterránea en las grandes cuencas G, H y J₁.

En 1990 la utilización total del agua sería de 262.5 metros cúbicos por segundo y se consumirían 128.5, aprovechamientos que supondrían, además de la utilización de retornos y el empleo en gran escala del agua subterránea, la construcción de embalses reguladores del caudal en las grandes cuencas G, H y J₁ de la vertiente del Pacífico.

iv) Retornos contaminados. Los retornos del agua de riego vuelven a los cuerpos de agua generalmente acompañados de los excedentes de sales, fertilizantes y pesticidas, que se les incorporan en las parcelas agrícolas. La concentración de algunos elementos en el agua puede ser nociva para la salud humana y animal e impedir su reutilización, por lo que se precisa controlar el grado de contaminación de los retornos y realizar una utilización racional de los insumos agrícolas antes señalados.

14/ Litros por segundo por hectárea regada.

Cuadro 14

GUATEMALA: REQUERIMIENTOS DE TIERRA Y AGUA PARA RIEGO, PROYECTADOS PARA 1980 Y 1990

Gran Cuenca	Cuenca	Río	1980			1990		
			Superficie a regar (miles de hectáreas)	Caudal requerido (m ³ /s)		Superficie a regar (miles de hectáreas)	Caudal requerido (m ³ /s)	
			Total ^{a/}	Consuntivo ^{b/}		Total ^{a/}	Consuntivo ^{b/}	
<u>Total del país</u>			<u>144.3</u>	<u>144.3</u>	<u>70.7</u>	<u>262.5</u>	<u>128.5</u>	
<u>Total vertiente del Atlántico</u>			<u>7.0</u>	<u>7.0</u>	<u>3.4</u>	<u>7.0</u>	<u>3.4</u>	
A ^{c/}	3 ^{c/}	Usumacinta	1.2	1.2	0.6	1.2	0.6	
D ₁ ^{c/}	19 ^{c/}	Motagua	5.8 ^{d/}	5.8	2.8	5.8 ^{d/}	2.8	
<u>Total vertiente del Pacífico</u>			<u>137.3</u>	<u>137.3</u>	<u>67.3</u>	<u>255.5</u>	<u>125.1</u>	
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	5.6	5.6	2.7	10.5	5.1	
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	48.6	48.6	23.8	90.5	44.3	
G	14, 16	Achiguate, María Linda	58.4	58.4	28.7	108.4	53.2	
H	18	Los Esclavos	16.1	16.1	7.9	30.0	14.7	
I ₁ ^{c/}	20 ^{c/}	Paz	3.0	3.0	1.5	5.6	2.7	
J ₁ ^{c/}	46 ^{c/}	Lempa	5.6	5.6	2.7	10.5	5.1	

a/ Estimado a base de un litro por segundo por hectárea.

b/ 49 por ciento del requerimiento total.

c/ Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

d/ Incluye 1 300 hectáreas de banano que se riegan actualmente.

Los retornos nacionales del sector riego se calculan para 1980 en unos 74 metros cúbicos por segundo, y para 1990, en 134 metros cúbicos por segundo. Es imposible predecir el grado de contaminación de estos retornos pero, dada la magnitud de los caudales, tendría que prestárseles especial atención para evitar o prevenir situaciones indeseables.

2. Abastecimiento de agua y desagües

El Departamento de Acueductos y Alcantarillados del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas tiene a su cargo la construcción de sistemas de agua para las ciudades del interior del país, y la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, lo propio con respecto al ámbito rural; estos sistemas son entregados a las municipalidades para su operación y mantenimiento. En la capital, la Municipalidad de Guatemala y la Compañía del Agua del Mariscal, S. A., (empresa privada de servicio público) desempeñan todas estas funciones. Numerosos organismos estatales y privados han colaborado en la construcción de sistemas de agua. El Instituto de Fomento Municipal proporciona ayuda técnico-financiera a las municipalidades para estos propósitos.

La proliferación de organismos con las mismas atribuciones y la inexistencia de una coordinación efectiva --a pesar de contarse con el Comité del Agua Potable-- dificulta encontrar solución a los problemas del suministro de agua y de los desagües.

Datos de 1967 indican que los sistemas de abastecimiento de agua beneficiaban al 70 por ciento de la población urbana, y que se encontraba servido con conexiones domiciliarias sólo el 45 por ciento; en el ámbito rural, sólo el 12 por ciento de los habitantes gozaba de sistemas de acueducto. Alrededor del 62 por ciento de la población de la zona metropolitana y del 14 por ciento del resto de población urbana disponía de instalaciones de alcantarillado sanitario pero sólo el 0.5 por ciento de la población rural disponía de ellas.

Las aguas residuales se vierten crudas en los ríos, excepto en algunas instalaciones individuales. No se ha efectuado estudio sistemático alguno ni existe el menor control sobre la contaminación de corrientes.

a) Usos actuales del agua

Para calcular la utilización actual del agua por este sector se efectuaron estimaciones de población para cada gran cuenca, a base de los municipios en ellas comprendidos y las cifras de población que aparecen en el cuadro 15. Los requerimientos de aguas se basan en las siguientes dotaciones per cápita: a) 100 litros por día en todas las zonas urbanas, excepto para 710 000 habitantes de la zona metropolitana a los que se asignaron 215 litros diarios;^{15/} 60 litros diarios para el 25 por ciento de la población en zonas rurales, y 10 litros por día para el resto de la población.

La utilización estimada sobre estas bases se indica en el cuadro 16, donde se señalan la utilización total y el consumo real. Para este propósito 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 en las zonas rurales. Los resultados indican una utilización total de 4.1 metros cúbicos por segundo; la consuntiva se estima en 1.4 metros cúbicos por segundo. Las principales cuencas usuarias son la D₁ y la G, debido a la concentración de la demanda en la zona metropolitana.

Tanto en utilización unitaria del agua como en población servida, Guatemala es uno de los países más atrasados del Istmo Centroamericano y no parece factible que pueda cumplir con las metas que se señalaron en Punta del Este.

^{15/} Estas dotaciones urbanas incluyen usos domésticos, públicos e industriales.

Cuadro 15

GUATEMALA: 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
Total nacional			5 241.1	1 874.6	3 366.5	7 039.7	2 661.3	4 378.9	9 504.0	3 779.5	5 724.5
Total vertiente Atlántico			2 867.4	1 036.9	1 830.5	3 854.0	1 490.1	2 363.9	5 211.3	2 141.4	3 069.9
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	1 007.1	148.1	859.0	1 353.4	210.8	1 142.6	1 828.0	298.0	1 530.0
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	113.2	64.2	49.0	129.2	73.1	56.1	147.3	83.4	63.9
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona Puerto Barrios	410.6	73.3	337.3	570.9	115.1	455.8	798.0	180.0	618.0
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	1 336.5	751.3	585.2	1 800.5	1 091.1	709.4	2 438.0	1 580.0	858.0
Total vertiente Pacífico			2 373.7	837.7	1 536.0	3 185.7	1 171.7	2 014.0	4 292.7	1 638.1	2 654.6
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	74.9	7.2	67.7	100.7	10.3	90.4	148.6	14.8	133.8
E ₂	-	Entre 2 y 4	373.5	88.5	285.0	501.9	126.0	375.9	674.5	178.5	496.0
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	858.2	254.6	603.6	1 153.4	362.6	790.8	1 552.0	517.0	1 035.0
G	14, 16	Achiguate, María Linda	620.3	377.3	243.0	829.2	516.0	313.2	1 109.0	705.0	404.0
H	18	Los Esclavos	167.1	37.9	129.2	224.6	54.0	170.6	303.0	77.0	226.0
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Faz	58.3	10.8	47.5	78.4	15.4	63.0	105.6	21.8	83.8
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Iempa	221.4	61.4	160.0	297.5	87.4	210.1	400.0	124.0	276.0

a/ Cuenca internacional; los valores se refieren a Guatemala únicamente.

Cuadro 16

GUATEMALA: REQUEJIMIENTOS DE AGUA ESTIMADOS PARA ABASTECER NECESIDADES DOMESTICAS E INDUSTRIALES EN 1970, 1980 Y 1990

(Metros cúbicos por segundo)

Pág. 56

Gran cuenca	Cuenca	Río	1970		1980		1990	
			Total	Consuntivo	Total	Consuntivo	Total	Consuntivo
<u>Total nacional</u>			<u>4.1</u>	<u>1.4</u>	<u>7.7</u>	<u>2.1</u>	<u>11.1</u>	<u>3.1</u>
<u>Total vertiente Atlántico</u>			<u>2.4</u>	<u>0.8</u>	<u>4.7</u>	<u>1.2</u>	<u>6.6</u>	<u>1.8</u>
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	0.4	0.2	0.7	0.2	0.9	0.3
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona						
		Puerto Barrios	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.2
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	1.7	0.5	3.6	0.9	5.0	1.3
<u>Total vertiente Pacífico</u>			<u>1.7</u>	<u>0.6</u>	<u>3.0</u>	<u>0.9</u>	<u>4.5</u>	<u>1.3</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
E ₂ ^{a/}	-	Entre 2 y 4	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1
F ²	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	0.5	0.2	0.8	0.3	1.2	0.4
G	14, 16	Achiguate, María Linda	0.8	0.2	1.6	0.4	2.2	0.6
H	18	Los Esclavos	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	0.1	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1

a/ Cuenca internacional; las cifras corresponden a Guatemala únicamente.

b) Usos proyectados

Para calcular la utilización del agua en 1980 y 1990 por este sector, se efectuaron proyecciones de población por grandes cuencas, tomando en cuenta el crecimiento histórico de los municipios. Las cifras estimadas aparecen en el cuadro 15.

Las recuperaciones o retornos del agua servida se supusieron en la misma proporción que en 1970 y las dotaciones por habitante asumidas para cada caso fueron las siguientes:

	<u>Litros por día</u>	
	<u>1980</u>	<u>1990</u>
<u>Zonas urbanas</u>		
Area metropolitana ^{16/}	280	350
Otras áreas urbanas	150	150
<u>Zonas rurales</u>		
25 por ciento de la población	60	60
75 por ciento de la población	10	10

En esa forma, la demanda total y consuntiva para 1980 sería de 7.7 y 2.1 metros cúbicos por segundo y para 1990 de 11.6 y 3.1 metros cúbicos por segundo, respectivamente, en todo el país. En ambos casos, las grandes cuencas D₁ y G acusarían la mayor demanda. (Véase nuevamente el cuadro 16.)

c) Contaminación del agua

1) Conceptos generales. En el proceso de utilización de las aguas, los volúmenes no consumidos retornan a los cuerpos de agua acompañados de un deterioramiento de su calidad derivado de la recepción de desechos humanos e industriales. Los retornos urbanos no tratados contaminan directamente los cuerpos de agua superficial a los que desaguan por sistemas de alcantarillado; en el ámbito rural, la existencia de tanques sépticos para la colección de desechos da por resultado la contaminación del agua subterránea poco profunda.

16/ Para 941 000 habitantes en 1980 y 1 200 000 en 1990.

Al mezclarse las aguas residuales no tratadas con las de los ríos, puede producirse una dilución natural de los desechos, y alcanzar la mezcla un nivel mínimo de calidad si el caudal diluyente es lo suficientemente amplio. Ello sucede cuando la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) del agua permite la vida de los peces y no se producen sabores u olores dañinos para la población; usualmente, esta demanda bioquímica de oxígeno se estima en 4.5 partes por millón, aunque el número de bacilos coliformes pueda ser lo bastante elevado para impedir el consumo doméstico del agua (23). Los caudales requeridos para que se produzca la dilución natural de las aguas residuales no tratadas pueden estimarse haciendo un balance del oxígeno del agua.

ii) Requerimientos para dilución natural. El análisis efectuado se limita a los retornos urbanos y se basa en las estimaciones siguientes: la cantidad de oxígeno disuelto (DO) en las aguas no contaminadas de los ríos del país se supuso de 9.0 partes por millón sobre la base de una temperatura media de 25.5°C y una elevación media de 547 metros sobre el nivel del mar; los retornos urbanos del país llegan actualmente a 2.34 metros cúbicos por segundo, que equivalen a 108 litros diarios por habitante. Si se admite que los retornos vienen acompañados de unos 47 gramos de desechos per cápita, cifra usual en ciudades similares de México y los Estados Unidos, ello resulta en una demanda bioquímica de oxígeno de 440 ppm en las aguas residuales.

El balance de oxígeno para esas condiciones indica que actualmente se requiere un caudal de 232 metros cúbicos en todo el país para que ocurra dilución natural de los retornos urbanos contaminados y que en 1980 y 1990 se requerirán caudales nacionales respectivos de 328 y 462 metros cúbicos por segundo. En el cuadro 17 se incluyen las cifras correspondientes a las grandes cuencas.

Particular mención merecen las grandes cuencas D₁ y G, que acusan más del 70 por ciento del requerimiento nacional. En la gran cuenca D₁ del río Motagua, los caudales del estiaje ya resultan insuficientes para la dilución natural, y a partir de 1980 ni los caudales medios bastarán para

Cuadro 17

GUATEMALA: 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 de dilución a/	Retorno urbano	Requerimiento de dilución b/	Retorno urbano	Requerimiento de dilución c/
<u>Total nacional</u>			<u>2.32</u>	<u>232.0</u>	<u>5.04</u>	<u>328.1</u>	<u>7.10</u>	<u>462.2</u>
<u>Total vertiente Atlántico</u>			<u>1.38</u>	<u>118.0</u>	<u>3.05</u>	<u>198.5</u>	<u>4.32</u>	<u>281.4</u>
A ^{c/}	1 ^{c/} , 3 ^{c/} , 5 ^{c/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	0.12	12.0	0.28	18.2	0.39	25.3
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	0.05	5.0	0.10	6.5	0.11	7.1
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, zona Puerto Barrios	0.06	6.0	0.15	9.8	0.23	15.0
D ₁ ^{c/}	19 ^{c/}	Motagua	1.15	115.0	2.52	164.0	3.59	234.0
<u>Total vertiente Pacífico</u>			<u>0.94</u>	<u>94.0</u>	<u>1.99</u>	<u>129.6</u>	<u>2.78</u>	<u>180.8</u>
E ₁ ^{c/}	2 ^{c/}	Suchiate	0.01	1.0	0.01	0.7	0.02	1.3
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	0.08	8.0	0.17	11.1	0.23	15.0
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.	0.22	22.0	0.47	30.6	0.67	43.6
G	14, 16	Achiguate, María Linda	0.54	54.0	1.14	74.2	1.57	102.0
H	18	Los Esclavos	0.03	3.0	0.07	4.5	0.10	6.5
I ₁ ^{c/}	20 ^{c/}	Paz	0.01	1.0	0.02	1.3	0.03	2.0
J ₁ ^{c/}	46 ^{c/}	Lempa	0.05	5.0	0.11	7.2	0.16	10.4

a/ base de una razón de dilución de 100 a 1.

b/ A base de una razón de dilución de 65 a 1.

c/ Cuenca internacional, los valores indicados se refieren a Guatemala únicamente.

alcanzarla.^{17/} En la gran cuenca G los caudales de estiaje no llegan a permitir la dilución natural, la cual indica la existencia de corrientes contaminadas y exige el tratamiento de las aguas residuales, especialmente en la vecindad inmediata de los centros urbanos.

3. Hidroelectricidad

La empresa estatal productora de energía eléctrica para servicio público en Guatemala es el Instituto Nacional de Electricidad. Existen además la Empresa Eléctrica de Guatemala, de propiedad privada, que tiene una concesión para la distribución de energía en la capital, y varias empresas de propiedad municipal.

Los requerimientos de generación y potencia en Guatemala, variaron de la manera siguiente en los últimos años: (24)

	<u>1960</u>	<u>1965</u>	<u>1969</u>
Energía, GWh	185	361	587
Demanda máxima, MW	41	76	151

Las tasas anuales de crecimiento de estos requerimientos para el período arriba indicado fueron de 13.0 y 11.5 por ciento para la energía y la potencia, respectivamente, siendo más altas que el promedio centroamericano. (24)

Durante 1970, de un total de 610 Gigavatios-hora generados, 330 fueron originados en centrales hidroeléctricas (54 por ciento); la potencia total instalada era de 191 Megavatios, de los cuales 102.6 correspondían a plantas hidráulicas (54 por ciento del total). (25)

a) Potencial hidroeléctrico del país

Se efectuó una evaluación del potencial hidroeléctrico teórico del país, dividido en sus grandes cuencas, a base de los valores de caudales

^{17/} La contaminación proviene principalmente del Valle de Guatemala, donde la disponibilidad de agua es aún menor y hace más grave la situación anotada.

superficiales obtenidos en el capítulo anterior y de las elevaciones medias de las mismas, obtenidas mediante el planimetrado de áreas entre curvas sucesivas de nivel del mapa topográfico del país. También se estimó provisionalmente el potencial hidroeléctrico práctico como una fracción del valor teórico.

Para calcular el potencial hidroeléctrico teórico se empleó la siguiente fórmula:

$$Et = \frac{QH}{367}$$

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

Los valores del potencial hidroeléctrico teórico se calcularon utilizando los caudales medio y 95 por ciento; los primeros podrían considerarse representativos para cuencas con amplias posibilidades de regulación que permitan aprovechar la totalidad de los caudales, y los segundos, de aquéllas en las que sólo fuese posible aprovechar los caudales de estiaje.

De acuerdo con los cálculos realizados, el potencial hidroeléctrico teórico de Guatemala, a base de caudales medios, es de unos 179 130 Gigavatios-hora, de los cuales el 64 por ciento pertenece a cuencas de la vertiente atlántica. Para caudales de estiaje, el potencial teórico del país sería de 27 390 Gigavatios-hora, de los cuales el 53 por ciento correspondería a la vertiente del Pacífico. (Véase el cuadro 18.)

Para estimar el potencial hidroeléctrico práctico se recurrió a coeficientes empíricos derivados de la experiencia de algunos países europeos (26). Se supuso que el potencial práctico equivalía a un 20 por ciento del potencial teórico, lo cual se traduce en cifras de 35 970 Gigavatios-hora si se utilizan los caudales medios, y en 5 480 GWh para caudales de estiaje. De acuerdo con las estimaciones a base de caudales medios,

GUATEMALA: EVALUACION PRELIMINAR DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO TEORICO Y PRACTICO

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Superficie (miles de km ²)	Caudales disponibles		Elevación media (m)	Energía teórica (TWh) ^{a/}		Energía práctica (GWh) ^{b/}		Potencia práctica (MW) ^{c/}		Potencia media unitaria (kW/km ²)
				Año medio (miles de millones de m ³)	95 por ciento (m ³ /s)		Media	95 por ciento	Media	95 por ciento	Media	95 por ciento	
<u>Total del país</u>			<u>171.80</u>	<u>116.68</u>	<u>510</u>	<u>179.13</u>	<u>27.39</u>	<u>35 970</u>	<u>5 480</u>	<u>4 090</u>	<u>608</u>	<u>31.0</u>	
<u>Total vertiente del Atlántico</u>			<u>108.42</u>	<u>86.52</u>	<u>298</u>	<u>114.49</u>	<u>12.83</u>	<u>22 910</u>	<u>2 560</u>	<u>2 610</u>	<u>291</u>	<u>24.1</u>	
A ^{d/}	1 ^{d/} , 3 ^{d/} , 5 ^{d/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	59.40	42.30	134	492 ^{d/}	56.70	5.65	11 340	1 130	1 290	129	21.7
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	21.49	15.13	48	212	8.72	0.87	1 750	170	200	19	9.3
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, etc.	13.58	23.14	88	526	33.17	3.96	6 650	790	760	90	56.0
D ^{d/}	19 ^{d/}	Motagua	13.95	5.96	28	979	15.90	2.35	3 170	470	360	53	25.8
<u>Total vertiente del Pacífico</u>			<u>23.38</u>	<u>30.16</u>	<u>212</u>	<u>64.64</u>	<u>14.56</u>	<u>13 060</u>	<u>2 920</u>	<u>1 480</u>	<u>317</u>	<u>63.3</u>	
E ₁ ^{d/}	2 ^{d/}	Suchiate	1.27	2.13	17	1 526	8.88	2.23	1 780	450	200	51	157.8
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	3.28	5.58	44	547	8.32	2.07	1 670	410	190	46	58.0
F	4 a 12	Samalá, Nahualate, etc.	7.71	13.14	80	779	27.89	5.33	5 600	1 070	640	122	83.0
G	14, 16	Achiguate, Marfa Linda, etc.	3.95	5.69	54	832	12.90	3.85	2 680	770	300	88	75.9
H	18	Los Esclavos	3.20	1.84	6	651	3.26	0.33	650	70	70	8	21.9
I ^{d/}	20 ^{d/}	Paz	1.31	0.89	8	919	2.23	0.63	450	130	50	1.5	38.2
J ^{d/}	46 ^{d/}	Lempa	2.66	0.89	3	475 ^{f/}	1.16	0.12	230	20	30	0.2	11.3

a/ Estimada con base en la fórmula $E_t = Qh/367$ (1 teravatio-hora = 1 000 GWh).

b/ Estimada como el 20 por ciento de la energía teórica.

c/ Estimada como la energía práctica dividida entre 8 760 horas.

d/ Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

e/ Elevación media de 692 m menos aproximadamente 200 m a la salida a México.

f/ Elevación media de 975 m menos aproximadamente 500 m a la salida a El Salvador.

Guatemala cuenta con una potencia media práctica de 4 090 Megavatios y una potencia constante media unitaria de 31 kilovatios por kilómetro cuadrado de superficie (asumiendo 8 760 horas anuales de utilización de las centrales). (Véase nuevamente el cuadro 18.)

En términos de potencial absoluto, Guatemala ocupa el primer lugar entre los países del área centroamericana y su potencial unitario es ligeramente inferior al promedio regional.

En términos de grandes cuencas, y admitiendo la misma proporción entre potencial teórico y práctico, en cifras absolutas predominan la gran cuenca A (1 290 MW), la C (760 MW); en cifras unitarias predomina la E₁ (156 kW/km²), la F (83 kW/km²) y la G (76 kW/km²). En potencial con caudales de estiaje las grandes cuencas A (129 MW) y F (122 MW) serían las más importantes, seguidas por las C y G con alrededor de 90 MW.

b) Usos actuales del agua.

Se ha efectuado una estimación de la utilización del agua por las centrales hidroeléctricas del país con base en las características propias de cada una, que aparecen en el cuadro 19.

Los volúmenes de agua utilizados para la generación de cada central se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{450}{EH}$$

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

Los valores así estimados se indican en el cuadro 20, donde puede observarse que la utilización total del agua para generación fue en 1970 de 38.9 metros cúbicos por segundo para todo el país; de ellos, 33.3 metros cúbicos por segundo (85 por ciento) fueron utilizados en la vertiente del Pacífico. Al tener en cuenta el uso repetido de la misma agua por centrales

GUATEMALA: CARACTERISTICAS DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS EXISTENTES Y EN PROYECTO, 1970 A 1990

Gran cuenca	Cuenca	Río	Central o proyecto	1970			1980			1990		
				Potencia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Potencia (GW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)
<u>Total nacional</u>				<u>98.5</u>	<u>373.5</u>		<u>357.5</u>	<u>1 851.5</u>		<u>1 239.5</u>	<u>4 664.5</u>	
<u>Total vertiente Atlántico</u>				<u>4.3</u>	<u>18.7</u>		<u>263.3</u>	<u>1 496.7</u>		<u>553.3</u>	<u>2 889.7</u>	
A							<u>259.0</u>	<u>1 478.0</u>		<u>399.0</u>	<u>2 213.0</u>	
	3	Chixoy	Chixoy 25S				74.0	405.0	90			
	3	Chixoy	Chixoy 10.5N				115.0	628.0	145			
	3	Chixoy	Chixoy 17.5N				70.0	445.0	90			
	3	Chixoy	Chixoy 72 N							140.0	735.0	90
C				<u>0.6</u>	<u>2.6^{a/}</u>		<u>0.6</u>	<u>2.6</u>		<u>150.6</u>	<u>660.6</u>	
	15	Cahabón	Chichaic	0.6	2.6	11	0.6	2.6	11	0.6	2.6	11
	15	Cahabón	Cahabón							150.0	658.0	500
D ₁				<u>3.7</u>	<u>16.1</u>		<u>3.7</u>	<u>16.1</u>		<u>3.7</u>	<u>16.1</u>	
	19	Pixcayá	E. Selle	0.9	3.9 ^{a/}	67						
	19	El Zapote	Zapote	0.4	1.7 ^{a/}	28						
	19	Colorado	Río Hondo	2.4	10.5 ^{a/}	300						
<u>Total vertiente Pacífico</u>				<u>94.2</u>	<u>354.8</u>		<u>94.2</u>	<u>354.8</u>		<u>686.2</u>	<u>1 774.8</u>	
F				<u>8.4</u>	<u>36.8</u>		<u>8.4</u>	<u>36.8</u>		<u>490.4</u>	<u>1 036.8</u>	
	4	Samalá	Sta. María	5.9	25.8 ^{a/}	112						
	4	Samalá	Zupil	1.0	4.4 ^{a/}	31						
	4	Samalá	Cantel 2	0.8	3.5 ^{a/}	47						
	4	Samalá	Cantel 1	0.7	3.1 ^{a/}	21						
	8		Chuisibel							68.0	284.0	669
	8		Atitlán 1							212.0	358.0	494
	8		Atitlán 2							212.0	358.0	493

Cuadro 19 (Conclusión)

Gran cuenca	Cuenca	Río	Central o proyecto	1970		1980		1990	
				Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)
G	14	Guacalate	Modelo	72.8	252.0	72.8	252.0	172.8	672.0
	16	Michatoya	Palín	0.7	3.1 ^{a/}				
	16	Michatoya	San Luis	1.6	7.0 ^{a/}				
	16	Michatoya	El Salto	5.0	21.9 ^{a/}				
	16	Michatoya	Jurún	5.5	24.0 ^{a/}				
	16	Aguacapa	Aguacapa	60.0	196.0			100.0	420.0
H	18	Los Esclavos	Los Esclavos	13.0	66.0	13.0	66.0	13.0	66.0
									600

a/ Estimado a base de 4 380 horas de operación.

Cuadro 20

GUATEMALA: UTILIZACION ACTUAL Y FUTURA DEL AGUA PARA GENERACION HIDROELECTRICA

E/CN.12/OCDE/SC.5/72
Pág. 66

Gran cuenca	Cuenca	Río	Proyecto	Requerimiento de agua, (M ³ /s)					
				1970		1980		1990	
				Total	No repetido	Total	No repetido	Total	No repetido
Total nacional				<u>38.9</u>	<u>24.6</u>	<u>235.9</u>	<u>95.6</u>	<u>408.5</u>	<u>177.4</u>
Total vertiente Atlántico				<u>5.6</u>	<u>5.6</u>	<u>202.6</u>	<u>76.6</u>	<u>338.4</u>	<u>138.0</u>
A						<u>197.0</u>	<u>71.0^{a/}</u>	<u>314.0</u>	<u>117.0^{b/}</u>
	3	Chixoy	Chixoy 25 S			64.0			
	3	Chixoy	Chixoy 10.5 N			62.0			
	3	Chixoy	Chixoy 17.5 N			71.0			
	3	Chixoy	Chixoy 72 N					117.0	
C				<u>3.4</u>	<u>3.4</u>	<u>3.4</u>	<u>3.4</u>	<u>22.2</u>	<u>18.8^{c/}</u>
	15	Cahabón	Chichaic	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	
	15	Cahabón	Cahabón					18.8	
D1				<u>2.2</u>	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>
	19	Pixcayá	E. Selle	0.8					
	19	El Zapote	Zapote	0.9					
	19	Colorado	Río Hondo	0.5					
Total vertiente Pacífico				<u>33.3</u>	<u>19.0</u>	<u>33.3</u>	<u>19.0</u>	<u>70.1</u>	<u>39.4</u>
F				<u>8.5</u>	<u>3.3^{d/}</u>	<u>8.5</u>	<u>3.3^{d/}</u>	<u>35.2</u>	<u>13.6^{e/}</u>
	4	Samalá	Santa María	3.3					
	4	Samalá	Zunil	2.0					
	4	Samalá	Cantel - 2	1.1					
	4	Samalá	Cantel - 1	2.1					
	8		Chuisibel					6.1	
	8		Atitlán - 1					10.3	
	8		Atitlán - 2					10.3	

/ (Continúa)

Cuadro 20 (Conclusión)

Gran cuenca	Cuenca	Río	Proyecto	Requerimiento de agua, (m ³ /s)					
				1970		1980		1990	
				Total	No repetido	Total	No repetido	Total	No repetido
G				<u>15.9</u>	<u>6.8^{f/}</u>	<u>15.9</u>	<u>6.8^{f/}</u>	<u>26.0</u>	<u>16.9^{g/}</u>
	14	Guacalate	Modelo	2.5					
	16	Michatoya	Palín	1.2					
	16	Michatoya	San Luis	4.1					
	16	Michatoya	El Salto	3.8					
	16	Michatoya	Jurún	4.3					
	16	Aguacapa	Aguacapa					10.1	
H	18	Los Esclavos	Los Esclavos	<u>8.9</u>	<u>8.9</u>	<u>8.9</u>	<u>8.9</u>	<u>8.9</u>	<u>8.9</u>

- a/ Proyectos en cascada; domina Chixoy 17.5 N.
 b/ Proyectos en cascada; domina Chixoy 72 N.
 c/ Proyectos en cascada; domina Cahabón.
 d/ Proyectos en cascada; domina Santa María.
 e/ Proyectos en cascada; comina Santa María y Atitlán-2.
 f/ Proyectos en cascada; dominan Modelo y Jurún
 g/ Proyectos en cascada; dominan Modelo, Jurún y Aguacapa.

que se encuentran "en cascada" sobre un mismo río, las cifras anteriores se reducen a 24.6 metros cúbicos por segundo para todo el país.

c) Usos proyectados del agua

Los requerimientos de potencia y generación para los próximos años se estiman como sigue:

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Energía, GWh	1 224	2 126	3 700	6 450
Demanda máxima, MW	260	449	780	1 360

Las cifras correspondientes al período 1975 a 1985 han sido adaptadas de las incluidas en el informe sobre posibilidades de interconexión (24) y las correspondientes al año de 1990 han sido estimadas suponiendo las mismas tasas de crecimiento que para el período 1975 a 1985.

Para atender esos requerimientos, y en vista de que el INDE no cuenta todavía con un programa definido de adiciones de centrales, se ha supuesto el plan de desarrollo que se detalla a continuación elaborado con base en opiniones expresadas por personeros del INDE, en los planes descritos en el estudio sobre la zona norte (26), y referido exclusivamente a centrales mayores de 60 MW. (Véase nuevamente el cuadro 19.)

1) Entre 1971 y 1980. Tres proyectos hidroeléctricos sobre el río Chixoy (gran cuenca A), proporcionarán una potencia instalada de 259 MW y generarán 1 478 GWh^{18/} y se pondrán en marcha varias centrales térmicas con unidades de 30 a 60 MW de potencia. Con ello se podrán satisfacer adecuadamente las demandas estimadas.

Como se señala en el cuadro 20, en 1980 se estaría utilizando un caudal de unos 236 metros cúbicos por segundo para la generación hidroeléctrica en todo el país; un 86 por ciento de cuyo caudal correspondería a la vertiente del Atlántico. El incremento de utilización del agua en este sector, con respecto a 1970, sería de un 500 por ciento y descontando los usos repetitivos del agua por centrales ubicadas "en cascada" a lo largo de un mismo río, el requerimiento de agua sería de 96 metros cúbicos por segundo únicamente, de los cuales 77 corresponderían a cuencas que drenan al Atlántico.

^{18/} Como alternativa se cuenta con los proyectos Atitlán y Chuisibel que se mencionan más adelante para 1981-90.

La gran cuenca de mayor utilización del agua sería la A en el Atlántico, con cifras totales y no repetitivas de 197 y 71 metros cúbicos por segundo respectivamente.

ii) Entre 1981 y 1990. Para satisfacer la demanda hasta 1990 se agregarían nuevas centrales térmicas con unidades de 60 a 100 MW de potencia; en la gran cuenca A se construiría el cuarto proyecto sobre el río Chixoy (140 MW y 735 GWh); en la gran cuenca C, el proyecto de Cahabón con 150 MW y 658 GWh; en la gran cuenca F, los proyectos Atitlán (424 MW y 716 GWh) y Chuisibel (68 MW y 284 GWh); y en la gran cuenca G, el proyecto Aguacapa (100 MW y 420 GWh).

Como se anota en el cuadro 19, Guatemala tendría 1 240 MW de potencia instalada y podría generar 4 665 Gigavatios-hora en 1990 sólo en sus centrales hidroeléctricas; sumada la potencia y energía de las plantas térmicas podría atenderse adecuadamente la demanda.

De acuerdo con las cifras del cuadro 20, la utilización del agua para proyectos hidroeléctricos sería en 1990 de unos 408 metros cúbicos por segundo, de los cuales 338 pertenecerían a proyectos ubicados en ríos que drenan al Atlántico y 70 a proyectos de la vertiente pacífica. Al descontar los usos repetitivos, la utilización del agua sería de 177 metros cúbicos por segundo en todo el país; de los cuales, 138 serían utilizados en la vertiente atlántica y 39 en proyectos de la vertiente del Pacífico. Prácticamente se duplicaría la utilización del agua, en relación con el aprovechamiento de la década anterior.

La gran cuenca A sería también la principal usuaria del agua.

d) Grado de utilización del potencial hidroeléctrico práctico

Los grados de utilización del potencial hidroeléctrico práctico se han determinado con base en los requerimientos actuales y proyectados de energía hidroeléctrica descritos. Ello permite conocer la forma en que avanzará el país en la utilización del potencial práctico de la energía hidroeléctrica media, y de la comparación de los requerimientos con la

/disponibilidad

disponibilidad práctica para caudales de estiaje puede derivarse la necesidad de recurrir a embalses reguladores de caudal. Las comparaciones aparecen en el cuadro 21.

i) 1970. La utilización actual del potencial medio del país sobre la base de 374 GWh de energía disponible, es de apenas el uno por ciento; la utilización del potencial para caudales de estiaje es del 7 por ciento. Es decir, a escala nacional se está haciendo un uso mínimo del potencial disponible.

Merecen mención, sin embargo, las grandes cuencas H (río Los Esclavos) y G (ríos Achiguatate y María Linda). La primera utiliza un 10 por ciento de la energía media disponible y el 95 por ciento de la energía correspondiente a caudales de estiaje; la segunda emplea un 9 por ciento de la energía media y un 33 por ciento de la disponible para caudales de estiaje.

ii) 1980. Los porcentajes de utilización se quintuplicarían con relación a 1970, siendo la vertiente atlántica la responsable del incremento.

Específicamente, en la gran cuenca A se utilizaría el 13 por ciento de la energía media y el 131 de la correspondiente al estiaje, lo cual se explica por el hecho de que los proyectos sobre el río Chixoy contarían con embalses para la regularización de caudales. (Véase nuevamente el cuadro 21.)

iii) 1990. La utilización de la energía media llegaría al 13 por ciento para todo el país; y se utilizaría además el 85 por ciento de la energía de caudales de estiaje.

En lo relativo al empleo de la energía media, las grandes cuencas A, C, F, G y H acusarían cifras de entre el 10 y el 25 por ciento; la utilización de energía de estiaje en estas cuencas oscilaría entre el 84 por ciento (gran cuenca C) y el 195 por ciento (gran cuenca A). Algunos de los proyectos previstos requerirían embalses reguladores de caudal, puesto que el porcentaje de utilización de la energía de estiaje se acercaría o pasaría de 100. (Véase nuevamente el cuadro 21.)

Merece especial mención el hecho de que incluso en 1990 sólo se emplearía una fracción del potencial disponible, y de que en algunas grandes cuencas no se habrían utilizado todavía porcentajes significativos de la energía disponible.

Cuadro 21

GUATEMALA: GRADO DE UTILIZACION ACTUAL Y PROYECTADO DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO PRACTICO

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Energía práctica (Gwh)		Energía disponible (Gwh)	1970 Porcentaje de uso de la energía		Requerimiento (Gwh)	1980 Porcentaje de uso de la energía		Requerimiento (Gwh)	1990 Porcentaje de uso de la energía	
			Media	95 por ciento		Media	95 por ciento		Media	95 por ciento		Media	95 por ciento
Total nacional			<u>35 970</u>	<u>5 480</u>	<u>374</u>	<u>1.0</u>	<u>6.8</u>	<u>1 852</u>	<u>5.1</u>	<u>33.7</u>	<u>4 665</u>	<u>13.0</u>	<u>85.0</u>
Total vertiente del Atlántico			<u>22 910</u>	<u>2 560</u>	<u>19</u>	<u>0.1</u>	<u>0.7</u>	<u>1 497</u>	<u>6.5</u>	<u>58.7</u>	<u>2 890</u>	<u>12.6</u>	<u>113.0</u>
A ^{a/}	1 ^{a/} 3 ^{a/} 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta, Mondo	11 340	1 130	-	-	-	1 478	13.0	130.6	2 213	19.4	195.0
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice, etc.	1 750	170	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, etc.	6 650	790	3	0.1	0.4	3	0.1	0.4	661	9.9	83.9
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	3 170	470	16	0.5	3.4	16	0.5	3.4	16	0.5	3.4
Total vertiente del Pacífico			<u>13 060</u>	<u>2 920</u>	<u>355</u>	<u>2.7</u>	<u>12.2</u>	<u>355</u>	<u>2.7</u>	<u>12.2</u>	<u>1 775</u>	<u>13.6</u>	<u>61.0</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	1 780	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	1 670	410	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	4 a 12	Samalá, Nahualate y otros	5 600	1 070	37	0.7	3.5	37	0.7	3.5	1 037	18.5	96.7
G	14, 16	Achiguate, María Linda	2 680	770	252	9.4	32.8	252	9.4	32.8	672	25.1	87.2
H	18	Los Esclavos	650	70	66	10.2	94.7	66	10.2	94.7	66	10.2	94.7
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	450	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	230	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a/ Cuenca Internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

4. Otros usos y problemas relacionados con el agua

a) Navegación fluvial

La navegación fluvial ha tenido hasta ahora relativamente poca importancia, siendo muy limitada su complementariedad o competencia con los otros medios de transporte. El uso de los ríos se reduce en este sentido al transporte de unas cuantas toneladas de granos y otros productos locales, a base de embarcaciones pequeñas y medianas.

Guatemala posee un total estimado de 1 135 kilómetros de ríos navegables, que resultan de un índice de navegabilidad de 8.6 metros por kilómetro cuadrado de superficie; de ellos, 1 025 kilómetros corresponden a la vertiente del Atlántico y 110 a la del Pacífico.

El caudal requerido para navegación mínima en los ríos se estableció en forma provisional sobre la base de una sección con dimensiones mínimas de 20 metros de ancho en el fondo, 22 metros de ancho en la superficie y un metro de profundidad; las pendientes fueron estimadas sobre los mapas topográficos con curvas de nivel cada 100 metros.

El flujo total requerido en el país para navegación mínima es de unos 42 metros cúbicos por segundo, un 95 por ciento del cual corresponde a la vertiente del Atlántico. La distribución por grandes cuencas de este caudal y de la longitud navegable se indica en el cuadro 22. Nótese que estos requerimientos de agua se mantendrán esencialmente constantes en el futuro.

Requieren especial mención los proyectos de complementarización de transporte fluvial y terrestre en el Petén (gran cuenca A), del lago de Izabal (gran cuenca C), y el canal de Chiquimulilla.

b) Recreación

En los lagos naturales y ríos de corriente permanente se desarrollan espontáneamente diversas formas de recreación; en los lagos artificiales esta utilización recreativa no puede permitirse cuando el propósito del aprovechamiento es el abastecimiento de agua potable.

Esta actividad tiene considerable importancia en la actualidad e irá adquiriendo importancia cada vez mayor.

Cuadro 22

GUATEMALA: LONGITUDES DE RIOS NAVEGABLES Y REQUERIMIENTOS
 DE AGUA PARA NAVEGACION MINIMA

Gran cuenca	Cuenca	Río	Pendiente estimada	Longitud navegable (km)	Caudal mínimo (m ³ /s)
Total nacional				1 135	44.4
Total vertiente del Atlántico				1 025	39.8
A ^{a/}	3 ^{a/}	Usumacinta	1/5 300	610	18.5
	3 ^{a/}	San Pedro	1/13 300	210	10.1
	3 ^{a/}	Pasión	1/13 300	150	4.2
	3 ^{a/}			250	4.2
C	13	Sarstún	1/6 000	215	11.8
	15	Lago Izábal	1/100 000	58	9.5
				157	2.3
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	1/6 000	200	9.5
Total vertiente del Pacífico				110	4.6
G.		Canal de Chiquimulilla	1/100 000	50	2.3
H		Canal de Chiquimulilla	1/100 000	60	2.3

a/ Cuenca internacional; los valores indicados corresponden a Guatemala únicamente.

c) Pesca y caza

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

Estas actividades son mínimas a escala nacional en la actualidad, pero podrían llegar a constituir asimismo importantes fuentes de alimentación e ingresos 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 y donde los ríos tienen cauces inestables, y ocasionan considerables daños a la agricultura y ganadería e incluso pérdidas de vidas.

La construcción de bordos en las riberas de los ríos brinda alguna protección contra las inundaciones, así como la corrección de los cauces de los ríos; la construcción de presas almacenadoras de caudal da por resultado la regularización del flujo de los ríos y la atenuación de las crecidas, con el consiguiente beneficio para la reducción o eliminación de las inundaciones.

e) Erosión y sedimentación

Los ríos acarrean 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 los bosques y el cultivo de cereales y otros productos estacionales en las cabeceras de las cuencas y otras zonas de alta pendiente aumentan la concentración de los sedimentos y disminuyen la infiltración y la recarga a los depósitos de agua subterránea, aparte de modificar el régimen hidrológico de los ríos.

Esta situación se observa en prácticamente todas las grandes cuencas de la vertiente del Pacífico y en algunas de las del Atlántico. Se deberán tomar cuanto antes medidas correctivas, por consiguiente, para evitar el azolvamiento de las obras de aprovechamiento y mantener las tasas de renovación de los recursos hídricos del subsuelo.

/f) Drenaje

f) Drenaje

Para satisfacer las demandas futuras de producción agropecuaria se requerirá una amplia e intensiva utilización de todas las tierras del país y ello exige la rehabilitación y el mejoramiento de amplias extensiones de tierras que actualmente no cuentan con un adecuado sistema de evacuación de aguas o se encuentran casi permanentemente anegadas.

g) Contaminación

La contaminación de los recursos hidráulicos es nociva para la salud del hombre y de los animales, e impide la utilización de los retornos.

La contaminación del agua de los ríos ocurre al descargar en ellos las aguas residuales crudas --o parcialmente tratadas-- de los sectores doméstico e industrial y los retornos de riego que vienen acompañados de excedentes de sales, fertilizantes y pesticidas. El agua subterránea se contamina por la existencia de tanques sépticos en las zonas rurales o por la infiltración de aguas superficiales contaminadas.

La magnitud de la contaminación aumenta a medida que se incrementa la utilización del agua y el grado de contaminación del recurso depende del tipo, la magnitud y la concentración de los desechos humanos, agropecuarios e industriales.

No se ha contado con la necesaria información sobre el tipo y la concentración de los retornos agropecuarios e industriales pero la contaminación causada por el sector doméstico se ha calculado con base en una demanda bioquímica de oxígeno estimada de los retornos.

Se llega así a la conclusión de que la magnitud de los retornos contaminados de todos los sectores será de 79 y 142 metros cúbicos en 1980 y 1990 respectivamente; para la reoxigenación natural de los retornos urbanos se requerirán 328 y 462 metros cúbicos por segundo en 1980 y 1990, respectivamente, caudales que en algunas cuencas no se encontrarán disponibles durante buena parte del año.

No cabe duda de que para la conservación de la salud humana y animal y de la calidad del recurso agua --cuya disponibilidad es constante en contraposición con una demanda siempre creciente-- es indispensable el conocimiento del tipo y la concentración de los desechos humanos, industriales y agropecuarios, así como tratar adecuadamente las aguas residuales de los sectores doméstico e industrial y hacer un uso racional de fertilizantes y pesticidas.

5. Resumen de los usos y requerimientos del agua

Los usos brutos del agua están representados por la suma aritmética de los requerimientos de cada sector, incluyendo la utilización repetida del recurso. La utilización neta del agua se refiere exclusivamente en cambio, a la suma de los usos de los sectores riego y abastecimiento doméstico e industrial, puesto que los demás sectores no causan consumo real o contaminación dignos de mención. Una parte de los usos netos 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 23 se muestra la clasificación de los usos nacionales del agua y la participación sectorial en la utilización bruta; en el cuadro 24 se indica la utilización por grandes cuencas.

a) Utilización actual

La utilización bruta actual del país asciende a 106.4 metros cúbicos por segundo, que equivalen a 3 350 millones de metros cúbicos anuales. El requerimiento para navegación mínima representa el 42 por ciento del uso total; la demanda para generación hidroeléctrica, el 37 por ciento; la de riego, el 18 por ciento y la del sector agua potable e industrial el restante 3 por ciento. Las grandes cuencas G. A y D₁ son las de mayor utilización.

Los usos netos del país son 23.2 metros cúbicos por segundo, que se traducen en un volumen anual de 730 millones de metros cúbicos. La utilización neta per cápita promedio para el país es de 140 metros cúbicos anuales, cifra más baja del Istmo Centroamericano. Un alto porcentaje de la utilización neta está concentrado en la vertiente pacífica; las grandes cuencas de mayor utilización son la D₁, la G y la F.

En relación con la utilización consuntiva, el país consume un caudal de 10.8 metros cúbicos por segundo, equivalentes a un volumen anual de 340 millones de metros cúbicos. La distribución del consumo por vertientes y grandes cuencas es esencialmente igual a la de los usos netos.

El uso nacional contaminante, estimado por diferencia entre la utilización neta y la consuntiva, es de unos 12.4 metros cúbicos por segundo.

Cuadro 23

GUATEMALA: CLASIFICACION DE LOS USOS NACIONALES DEL AGUA, 1970, 1980 Y 1990

Utilizaciones	Caudales requeridos m ³ /s		
	1970	1980	1990
<u>Todos los sectores</u>			
Bruta ^{a/}	106.5	432.3	726.5
Neta ^{b/}	23.2	152.0	273.6
Consuntiva ^{c/}	10.8	72.8	131.6
Contaminante ^{d/}	12.4	79.2	142.0
<u>Riego</u>			
Total	19.1	144.3	262.5
Consuntiva	9.4	70.7	128.5
Contaminante	9.7	73.6	134.0
<u>Agua potable</u>			
Total	4.1	7.7	11.1
Consuntiva	1.4	2.1	3.1
Contaminante	2.7	5.6	8.0
<u>Hidroelectricidad</u>	38.9	235.9	408.5
<u>Navegación fluvial</u>	44.4	44.4	44.4

a/ Suma aritmética de todos los usos y requerimientos sectoriales del 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 e industrial.

Cuadro 24

GUATEMALA: SUMARIO DE USOS Y DEMANDAS ACTUALES Y PROYECTADAS DEL AGUA, 1970 A 1990

(Metros cúbicos por segundo)

Gran cuenca	Cuenca	Río	1970			1980			1990		
			Bruto	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo
<u>Total nacional</u>			<u>106.4</u>	<u>23.2</u>	<u>10.8</u>	<u>432.3</u>	<u>152.0</u>	<u>72.8</u>	<u>726.5</u>	<u>273.6</u>	<u>131.6</u>
<u>Total vertiente Atlántico</u>			<u>54.8</u>	<u>9.4</u>	<u>4.2</u>	<u>254.1</u>	<u>11.7</u>	<u>4.6</u>	<u>391.8</u>	<u>13.6</u>	<u>5.2</u>
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	20.1	1.6	0.8	217.4	1.9	0.8	334.6	2.1	0.9
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, etc.	15.4	0.2	0.1	15.5	0.3	0.1	34.5	0.5	0.2
D ₁ ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	19.2	7.5	3.3	21.1	9.4	3.7	22.5	10.8	4.1
<u>Total vertiente Pacífico</u>			<u>51.7</u>	<u>13.8</u>	<u>6.6</u>	<u>178.2</u>	<u>140.3</u>	<u>68.2</u>	<u>334.7</u>	<u>260.0</u>	<u>126.4</u>
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	1.7	1.7	0.8	5.9	5.9	2.8	10.9	10.9	5.2
F	4 a 12	Samalá, Nahualate y otros	13.0	4.5	2.2	57.9	49.4	24.1	126.9	91.7	44.7
G	14, 16	Achiguate, María Linda	23.2	5.0	2.3	78.2	60.0	29.1	138.9	110.6	53.8
H	18	Los Esclavos	12.7	1.5	0.8	27.4	16.2	7.9	41.4	30.2	14.8
I ₁ ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	1.5	5.7	5.7	2.8
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	1.1	1.1	0.5	5.8	5.8	2.8	10.8	10.8	5.2

a/ Cuenca internacional; los valores corresponden a Guatemala únicamente.

Para que ocurra reoxigenación natural de las aguas del sector urbano solamente --2.3 metros cúbicos por segundo-- se requiere un caudal de 232 metros cúbicos por segundo.

b) Utilización proyectada para 1980

De acuerdo con los planes de desarrollo descritos la demanda bruta del agua en el país llegaría en 1980 a los 432 metros cúbicos por segundo (13 600 millones de metros cúbicos anuales) lo cual implica cuadruplicar la utilización actual del agua. La composición porcentual por sector se verá modificada ya que --de la demanda bruta total-- la generación hidroeléctrica ocupará el 54 por ciento, el sector riego un 34 por ciento, el requerimiento para navegación mínima, un 10 por ciento, y el abastecimiento de agua potable e industrial, el 2 por ciento restante. En la vertiente del Atlántico se utilizará el 59 por ciento de la demanda total; la gran cuenca A (ríos Usumacinta, Selegua, Hondo) será la de mayor utilización bruta (217 metros cúbicos por segundo).

La utilización neta del agua en el país sería de 152 metros cúbicos por segundo (volumen anual de 4 780 millones de metros cúbicos y uso anual de 680 metros cúbicos por habitante).^{19/} La mayor utilización neta correspondería a las cuencas de la vertiente del Pacífico, a causa del riego en gran escala; sobresaldrán por sus altas demandas las grandes cuencas G (ríos Achiguate y María Linda) y F (Samalá, Nahualate, Madre Vieja, etc.)

El uso consuntivo llegaría a los 73 metros cúbicos por segundo para todo el país, lo cual habrá de traducirse en un volumen de 2 300 millones de metros cúbicos anuales y representa siete veces la cifra correspondiente a 1970. El 94 por ciento del consumo tendrá lugar en la vertiente del Pacífico, especialmente en las grandes cuencas G y F.

Los usos contaminantes del país serían de aproximadamente 79 metros cúbicos por segundo, y para que se produzca la reoxigenación natural de los retornos municipales no tratados (que serán 5 metros cúbicos por segundo), se requerirá un caudal de 328 metros cúbicos por segundo.

^{19/} Esta cifra se compara favorablemente con la de México en 1965, donde se utilizaban 838 metros cúbicos anuales por habitante, y con el resto de las proyectadas para los demás países del Istmo para 1980.

c) Utilización proyectada para 1990

De llevarse a cabo los planes de desarrollo descritos, la demanda bruta del agua en el país llegaría en 1990 a los 727 metros cúbicos por segundo (volumen anual de 22 900 millones de metros cúbicos) que representan siete veces el aprovechamiento actual. De dicha cifra, el sector hidroelectricidad ocupará el 56 por ciento; el riego, un 36 por ciento; el requerimiento de agua para navegación mínima, el 6 por ciento y el abastecimiento de agua potable e industrial, el 2 por ciento restante. Sobresalen por los altos caudales a utilizarse las grandes cuencas A (ríos Usumacinta, Selegua, Hondo), G (ríos Achiguate y María Linda) y F (ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja y otros).

La utilización neta nacional sería de 274 metros cúbicos por segundo (8 600 millones de metros cúbicos por año y 908 metros cúbicos anuales por habitante). La utilización neta prevista representa cerca de doce veces la cifra actual. El 95 por ciento del uso neto correspondería a las cuencas que vierten sus aguas en el Pacífico, especialmente en las grandes cuencas G y F, como en 1980.

Los usos consuntivos llegarían a los 132 metros cúbicos por segundo o 4 100 millones de metros cúbicos anuales; es decir, cerca de 12 veces el consumo actual. La distribución por vertientes y las grandes cuencas de mayor consumo serían esencialmente las mismas que se señalaron para el uso neto.

Los retornos contaminados del país alcanzarían a 142 metros cúbicos por segundo y las aguas municipales no tratadas del sector urbano (que llegarían a los 7.1 metros cúbicos por segundo) requerirán un caudal de 462 metros cúbicos por segundo para lograr una reoxigenación mínima del agua. (Véanse nuevamente los cuadros 23 y 24).

6. Comparación de usos y disponibilidades de agua

De la comparación entre las disponibilidades de agua y los usos y requerimientos actuales de la misma se puede deducir el grado actual de aprovechamiento. Una comparación con los requerimientos proyectados para satisfacer las necesidades de la creciente población del país permitiría anticipar

/posibles

posibles conflictos entre sectores usuarios, así como la necesidad de efectuar aprovechamientos con propósitos múltiples y la conveniencia de celebrar tratados bilaterales para la utilización de las aguas internacionales, y prever incluso la insuficiencia del recurso para satisfacer las necesidades al nivel de cuencas. Adicionalmente, la comparación serviría de base para la formulación de una política nacional de aprovechamiento del agua, que permitiera el uso racional y óptimo 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 el 95 por ciento del tiempo en los ríos señala 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 proyectar aprovechamientos que requieran embalses de regulación anual.

Por la importancia de estos parámetros hidrológicos, en los párrafos siguientes se aplicarán, tanto como patrón de comparación para determinar el grado de utilización de los recursos, como para señalar los tipos de aprovechamiento que requieren los desarrollos programados.

La comparación de los usos brutos con el caudal medio revela la eficiencia y complementaridad con que deben utilizarse los recursos; la comparación de los usos netos y consuntivos con el agua disponible permite conocer el grado de utilización efectiva del agua y el grado de disminución real de los recursos, respectivamente.

De singular importancia resulta identificar las siguientes eventualidades. Cuando el uso bruto resulte superior al caudal medio superficial se necesitará recurrir a utilidades repetitivas por uno o más sectores usuarios. El uso neto anual no podrá exceder del caudal medio a menos que exista reutilización de los retornos, y lo mismo se aplica al caudal del año seco, salvo en el caso de que se cuente con embalses cuya capacidad de regulación sea plurianual. El uso neto sólo podrá exceder de las disponibilidades de estiaje en el caso de que se utilicen los retornos, se emplee el agua subterránea y/o se construyan obras de regularización de caudales, el uso

/consuntivo

consuntivo sólo podrá exceder del caudal 95 por ciento si se construyen embalses de regulación que incrementen el valor actual de este último y/o se haga un uso amplio de los recursos hídricos subterráneos. Si el agua disponible es inferior al requerimiento para dilución natural de las aguas residuales, se precisará tratar artificialmente los efluentes para garantizar la salud del hombre, asegurar la supervivencia de la fauna acuática y permitir la utilización de los retornos.

Debe recordarse que las disponibilidades de agua se refieren al caudal de cada cuenca en la desembocadura de los ríos; en cambio los usos del agua están generalmente concentrados en forma no uniforme dentro de las cuencas, lo cual implica la necesidad de llevar la investigación al nivel de subcuencas cuando se tengan demandas concentradas que representen porcentajes significativos de los caudales disponibles.

a) Grado de utilización actual de los recursos

La utilización bruta del agua en el país es de un 3 por ciento del caudal medio mientras el grado efectivo de utilización, como resultado de usos netos, y el grado de disminución real de los recursos, debido a utilización consuntiva, no sobrepasan del uno por ciento. Tomando como punto de comparación el caudal de estiaje, la utilización efectiva es del 4.5 por ciento y el consumo real causa una disminución equivalente al 2 por ciento de los recursos. Evidentemente, los grados de aprovechamiento y consumo de los recursos, a escala nacional, son bajos; algunas grandes cuencas acusan sin embargo porcentajes de utilización y de disminución de sus disponibilidades relativamente altos. (Véase el cuadro 25.)

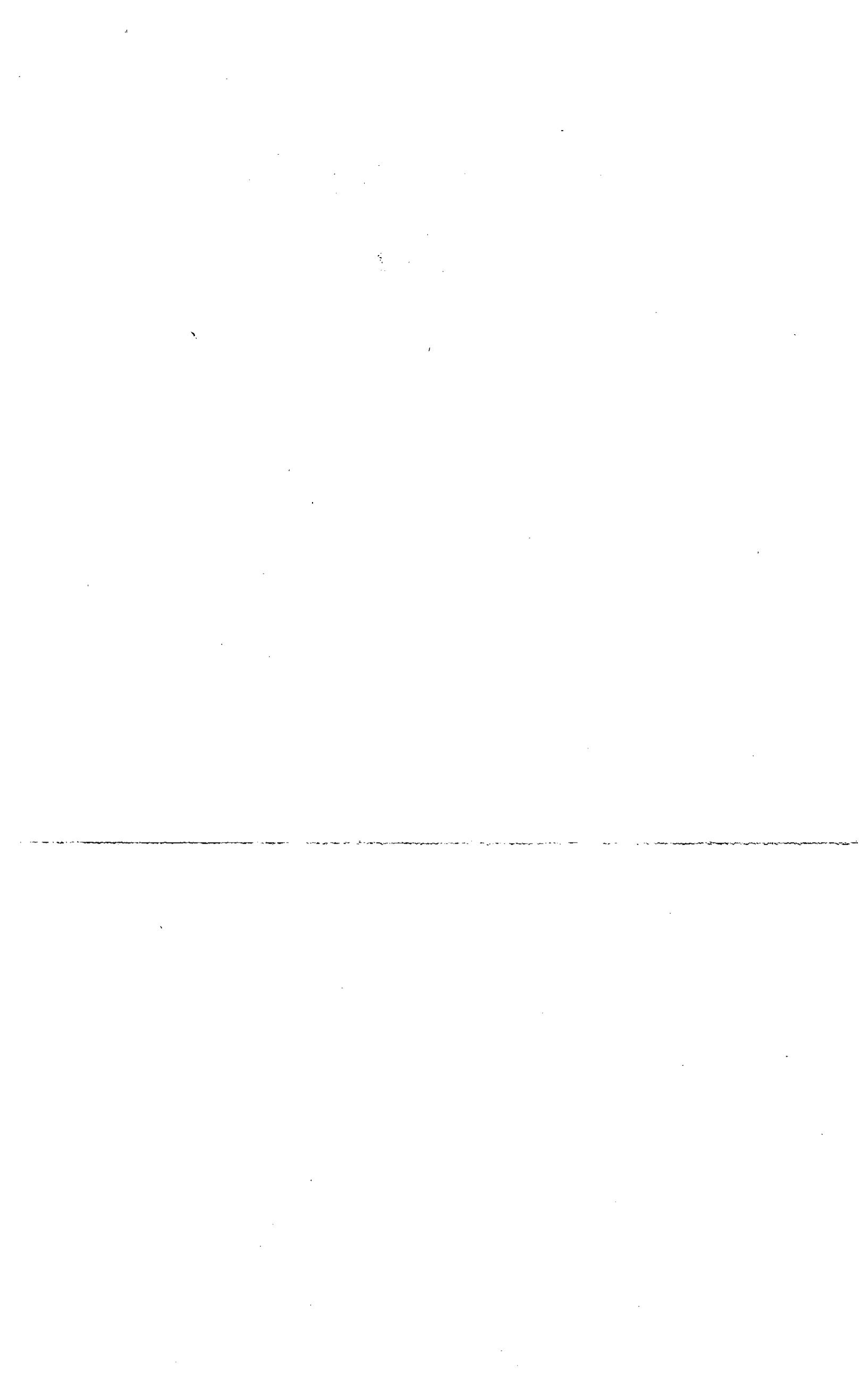
Los requerimientos para dilución natural de retornos urbanos contaminados, a nivel nacional, son inferiores a los caudales medio y de estiaje pero exceden este último en algunas grandes cuencas, lo que indica la existencia de corrientes contaminadas y señala la necesidad de tratar artificialmente las aguas residuales, problema que se acentúa en las subcuencas de mayor concentración urbana.

GUATEMALA: GRADOS DE UTILIZACION ACTUAL Y PROYECTADO DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Aqua disponible (m ³ /s)		Grado de utilización expresado como porcentaje de:																	
			Año		1970					1980					1990							
			Normal	Seco	Caudal 95 por ciento	Agua subterránea	Caudal medio			Caudal 95 por ciento		Caudal medio			Caudal 95 por ciento		Caudal medio			Caudal 95 por ciento		
							Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo	Bruto	Neto	Consumitivo	Neto	Consumitivo	
Total nacional			3 697		510	...	2.9	0.6	0.3	4.5	2.1	11.7	4.1	2.0	29.8	14.3	19.7	7.4	3.6	53.8	25.8	
Total vertiente del Atlántico			2 744		298	...	2.0	0.3	0.2	3.1	1.4	9.3	0.4	0.2	3.9	1.5	14.3	0.5	0.2	4.6	1.7	
A ^{a/}	1 ^{a/} , 3 ^{a/} , 5 ^{a/}	Selegua, Usumacinta, Hondo	1 341	1 140	134	...	1.5	0.1	0.0	1.2	0.6	16.2	0.1	0.0	1.4	0.6	25.0	0.2	0.1	1.6	0.7	
B	7, 9, 11	Nuevo, Belice y otros	480	408	48	...	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
C	13, 15, 17	Moho, Dulce, etc.	734	616	88	...	2.1	0.0	0.0	0.2	0.1	2.1	0.0	0.0	0.3	0.1	4.7	0.1	0.0	0.6	0.2	
D ^{a/}	19 ^{a/}	Motagua	189	159	28	...	10.1	4.0	1.8	26.8	11.8	11.2	5.0	2.0	33.7	13.2	11.9	5.7	2.2	38.6	14.7	
Total vertiente del Pacífico			953		212	193	5.4	1.4	0.7	6.5	3.1	18.7	14.8	7.2	66.4	32.3	35.1	27.2	13.3	122.8	59.8	
E ₁ ^{a/}	2 ^{a/}	Suchiate	68	54	17	13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	0.0	
E ₂	-	Entre cuencas 2 y 4	177	136	44	35	1.0	1.0	0.5	3.9	1.8	3.3	3.3	1.6	13.4	6.4	6.2	6.2	2.9	24.7	11.8	
F	4 a 12	Samalá, Nahuiate, Madre Vieja, etc.	417	321	80	76	3.1	1.1	0.5	5.6	2.8	13.9	11.8	5.8	61.9	30.0	30.5	22.0	10.7	114.8	56.0	
G	14, 16	Achiguate, María Linda	180	139	54	52	12.9	2.8	1.3	9.3	4.3	43.5	33.3	16.2	111.2	53.8	77.2	61.3	30.0	205.0	99.0	
H	18	Los Esclavos	58	45	6	11	21.8	2.6	1.4	25.0	13.3	47.2	28.0	13.7	270.0	132.0	71.5	52.0	25.6	502.0	247.0	
I ^{a/}	20 ^{a/}	Paz	25	22	8	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0	6.0	37.5	18.7	22.8	22.8	10.8	71.2	33.8	
J ₁ ^{a/}	46 ^{a/}	Lempa	28	23	3	1	3.9	3.9	1.8	36.7	16.7	20.8	21.7	10.0	194.0	93.4	38.6	38.6	18.6	360.0	164.0	

a/ Cuenca Internacional; los valores se refieren a Guatemala únicamente.

/No se conoce



No se conoce con exactitud el grado actual de aprovechamiento del agua subterránea, pero este recurso es sin duda lo suficientemente amplio para abastecer por sí solo las necesidades actuales de los sectores de riego y abastecimiento doméstico e industrial. En la zona metropolitana, un porcentaje considerable del abastecimiento doméstico e industrial proviene de pozos y el resto de manantiales y fuentes.

b) Grado de utilización proyectado para 1980

Para satisfacer la demanda proyectada para 1980 se precisará utilizar en bruto el 12 por ciento del caudal medio nacional; el grado efectivo de aprovechamiento, como resultado de usos netos, será del 4 por ciento del caudal medio y la disminución de los caudales medios por utilizaciones consuntivas, del 2 por ciento. Con referencia al caudal de estiaje, el grado efectivo de aprovechamiento por utilización neta será del 30 por ciento y el consumo real resultará en una disminución equivalente al 14 por ciento del caudal de época seca. (Véase de nuevo el cuadro 25.)

Los requerimientos nacionales para dilución natural de retornos urbanos no tratados serán inferiores al caudal medio normal y al caudal de estiaje, con la importante excepción de las grandes cuencas D_1 (río Motagua), G (ríos Achiguate y María Linda) y J_1 (río Lempa) en las que estos requerimientos sobrepasarán el caudal de época seca.

Los altos porcentajes de utilización efectiva previstos para algunas grandes cuencas ubicadas especialmente en la vertiente pacífica indican que los aprovechamientos proyectados sólo podrán llevarse a cabo mediante el uso amplio, complementario y repetido de los recursos superficiales y del subsuelo; mediante la construcción, en algunos casos, de embalses de regularización que permitan incrementar las disponibilidades de agua en el estiaje; mediante el adecuado tratamiento de las aguas municipales residuales para poder utilizar los retornos y garantizar la salud humana y animal, y mediante el uso de fertilizantes e insecticidas en forma racional para evitar asimismo la contaminación de los retornos de riego.

/c) Grado de

c) Grado de utilización proyectada para 1990

Para satisfacer la demanda nacional de 1990 se estima que será preciso utilizar en bruto el 20 por ciento del caudal medio; la utilización efectiva por usos netos será de un 7.4 por ciento y la disminución de caudales por utilizations consuntivas representará el 3.6 por ciento. Tomando el caudal de estiaje como base de comparación, la utilización efectiva sería del 54 por ciento y el consumo real llegaría al 26 por ciento. (Véase el cuadro 25.)

Los requerimientos nacionales para dilución natural de efluentes urbanos no tratados habrán de resultar inferiores al caudal medio y al de estiaje; en la gran cuenca D₁ (río Matagua) estos requerimientos excederán del caudal medio y en las grandes cuencas G (ríos Achiguate y María Linda) y J₁ (río Lempa), excederán del caudal de estiaje.

Aunque a escala nacional los porcentajes de aprovechamiento previstos sean relativamente bajos, a escala de gran cuenca --especialmente en las de la vertiente del Pacífico-- se precisará, además del amplio, complementario y repetido uso de las aguas superficiales y subterráneas, construir presas almacenadoras que incrementen los flujos de estiaje, dar un adecuado tratamiento a las aguas municipales servidas, y emplear racionalmente los fertilizantes y pesticidas para evitar la contaminación de las aguas.

7. Análisis de grandes cuencas importantes

Se analizan a continuación las cuencas de mayor importancia por su elevado potencial hidráulico y/o por el alto grado actual o proyectado de sus recursos.

a) Grandes cuencas F, G y H

Están constituidas por las áreas de drenaje de los ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja y otros (F), Achiguate y María Linda (G) y Los Esclavos (H), y ubicadas en la parte central de la vertiente del Pacífico. Juntas abarcan el 11 por ciento del territorio, albergan el 31 por ciento de la población nacional y un 36 por ciento de la urbana, las disponibilidades

/de caudales

de caudales de superficie representa un quinto del potencial nacional y a ellas corresponde el 50 por ciento del área regable del país.

En la actualidad se encuentran entre las mayores usuarias de sus recursos; sin embargo, las demandas actuales se satisfacen mediante la derivación de caudales de estiaje, el aprovechamiento de agua subterránea y alguna regulación de caudal en la gran cuenca H.

Los desarrollos proyectados (véanse nuevamente los cuadros 24 y 25) evidencian la necesidad de efectuar aprovechamientos amplios, complementarios y repetidos de todos los recursos, y de construir presas reguladoras de caudal para incrementar las disponibilidades de agua en el estiaje. Además será necesario tratar adecuadamente los retornos municipales y aplicar razonablemente fertilizantes y pesticidas en la agricultura para evitar la contaminación, permitir la utilización de los retornos, y garantizar la salud humana y animal, como se ha señalado repetidamente.

b) Gran cuenca A (ríos Selegua, Usumacinta y Hondo)

Está constituida por las áreas drenadas por los ríos Selegua, Usumacinta y Hondo, cuyas aguas desembocan en el golfo de México después de atravesar territorio mexicano. Ocupa el 45 por ciento del territorio nacional y posee el 36 por ciento de los recursos de agua superficial y el 37 por ciento de la superficie regable del país; en ella está asentada el 19 por ciento de la población nacional y el 8 por ciento de la urbana.

Esta cuenca representa la posibilidad de expandir la actual frontera agrícola del país por sus abundantes recursos naturales aunque para ello se requerirán fuertes inversiones en obras de infraestructura. El desarrollo hidroeléctrico futuro del país está basado, en buena parte, en la realización de varios proyectos sobre el río Chixoy, en la parte alta de la cuenca del Usumacinta.

Dado el alto potencial y el elevado grado de desarrollo previsto, esta cuenca tiene importancia fundamental. A ello debe agregarse que los aprovechamientos previstos implican la celebración de convenios con México por el carácter de internacionalidad de las aguas.

/c) Grandes

c) Grandes cuencas J₁ (río Paz) y J₁ (río Lempa)

Ubicadas en el extremo occidental del país, poseen limitados recursos hídricos y moderadas extensiones regables; ambas tienen carácter internacional por ser compartidas con El Salvador.

La satisfacción de las necesidades básicas de la población exigirá efectuar en el futuro importantes obras para el aprovechamiento del agua en estas cuencas. Para ello se precisará hacer un uso amplio, complementario y repetido de los recursos superficiales y del subsuelo, la regulación de caudales para incrementar las disponibilidades en el estiaje, y el tratamiento de las aguas residuales. (Véanse de nuevo los cuadros 24 y 25.)

Para el aprovechamiento óptimo de los recursos de estas cuencas será necesario realizar convenios especiales con El Salvador.

d) Otras grandes cuencas

El resto de las grandes cuencas --con la importante excepción de la D₁-- acusa utilizaciones actuales brutas inferiores al 2 por ciento del caudal medio, y sus requerimientos de dilución natural para retornos municipales no tratados son sólo una fracción del agua disponible. Por otra parte, los aprovechamientos futuros sólo prevén el empleo de bajos porcentajes del agua disponible.

La gran cuenca D₁ del río Motagua, sin embargo, acusa utilizaciones actuales de magnitud considerable, especialmente durante el período seco, y sus requerimientos para dilución natural de retornos urbanos contaminados exceden del caudal de estiaje. Estos grados de utilización se incrementarán en el futuro y los requerimientos de dilución natural llegarán a sobrepasar el caudal medio disponible.^{20/} (Véanse de nuevo los cuadros 24 y 25.) Se impondrá por consiguiente la necesidad de tratar artificialmente las aguas servidas y de emplear racionalmente los fertilizantes y pesticidas para poder controlar la contaminación, permitir la utilización de los retornos y garantizar la salud.

^{20/} Esta situación es causada por las cargas contaminantes que proceden del Valle de Guatemala y son descargadas en el río Las Vacas, afluente del Motagua, en el que las disponibilidades de agua son muy limitadas; por ello la situación apuntada es verdaderamente crítica.

III. ASPECTOS ECONOMICOFINANCIEROS Y LEGALES E INSTITUCIONALES

Estimadas las disponibilidades y usos actuales del agua, y los requerimientos futuros de la misma, se analizan a continuación los aspectos económico-financieros y legales e institucionales de los organismos estatales y privados que tienen a su cargo el aprovechamiento del recurso, para conocer los problemas que pueden restringir o impedir los desarrollos programados.

1. Aspectos económico-financieros

a) Acueductos y alcantarillados

Como ya se señaló, en el diseño y construcción de acueductos y alcantarillados participan numerosos organismos estatales y privados; la operación y el mantenimiento de los sistemas, sin embargo, se encuentra generalmente en manos de las municipalidades.

A fines de 1970, las inversiones fijas en operación de este sector ascendían a aproximadamente 50.4 millones de dólares y existían obras en construcción y estudios por valor de 4 millones. (Véase el cuadro 26.) Para financiar esas inversiones los particulares habían aportado 27.8 millones, el gobierno 14.2 millones y se habían obtenido préstamos externos a bajo interés y largo plazo por valor de 12.3 millones.

El programa de inversiones para el quinquenio de 1971 a 1975 asciende a 59.7 millones de dólares y en su mayor parte consiste en proyectos para llevar agua adicional a la capital. (Véase el cuadro 27.) Estas inversiones requerirán financiamiento exterior por cerca de 43 millones, siendo el resto aportes gubernamentales y generación interna, de efectivo de la municipalidad de Guatemala y otras fuentes.

Los aportes del estado para este sector ascenderán aproximadamente a 3.87 millones en 1971.

El personal dedicado a estas actividades por los diferentes organismos, sin incluir al personal de operación y mantenimiento de las municipalidades del interior del país, suma 421 personas de las cuales 48 son profesionales y técnicos especializados; el presupuesto nacional de funcionamiento es de 3.2 millones de dólares anuales. (Véase el cuadro 28.)

Cuadro 26

GUATEMALA: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS; INVERSIONES
 AL 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo	Inversión (miles de dólares)			Suministro (millones de litros diarios)	Población (miles de habitantes)
	Total	Obras	Estudios		
<u>Total nacional</u>	<u>54 377</u>	<u>53 615</u>	<u>762</u>		
Acueductos	40 851	40 279	572		
Alcantarillados	13 586	13 336	190		
Municipalidad de Guatemala	<u>22 614</u>	<u>21 984</u>	<u>630</u>	<u>112</u>	-
Acueductos	16 334	15 894	440	112	737
Alcantarillados	6 280	6 090	190	-	300
Compañía del Agua del Mariscal, S. A.	1 930	1 930	-	15	71
Dirección de Obras Públicas e INFOM	<u>19 253</u>	<u>19 253</u>	-		
Acueductos	15 107	15 107	-	...	...
Alcantarillados	4 146	4 146	-	...	...
División de Saneamiento Ambiental, MSP	<u>6 230</u>	<u>6 230</u>	-	...	...
Ministerio de Defensa ^{a/}	110	110	-	...	23
Empresa privada Puerto Barrios <u>a/</u>	200	200	-	...	150
Desagües privados de la capital <u>a/</u>	3 100	3 100	-	...	...
Proyecto Xayá-Pixcayá	940	808	132	-	-

^{a/} Inversiones hasta diciembre de 1967.

Cuadro 27

GUATEMALA: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS; PROGRAMA DE INVERSIONES,
 1971 A 1975

Organismo	<u>Inversión (miles de dólares)</u>			Suministro de agua (millones de litros diarios)	Población beneficiada (miles de habitantes)
	Total	Obras	Estudios		
<u>Total nacional</u>	<u>59 746</u>	<u>55 796</u>	<u>3 950</u>		
División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud	5 000	5 000	-	24	400
Dirección General de Obras Públicas	8 740	7 490	1 250	...	...
Instituto de Fomento Municipal	1 359	1 359	-	...	...
Municipalidad de Guatemala	21 600	18 900	2 700	33	300
Acueducto Xayá-Pixcayá	23 047	23 047	-	...	...

Cuadro 28

GUATEMALA: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS; PERSONAL Y PRESUPUESTO DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo y actividad	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total	Profesional	
Total nacional	<u>421</u>	<u>48</u>	<u>3 230</u>
Dirección y administración	85	8	
Planeamiento y diseño	113	28	
Operación y mantenimiento	223	12	
División de Saneamiento Ambiental, MSP	<u>41</u>	<u>6</u>	495
Dirección y administración	19	1	
Planeamiento	18	5	
Operación y mantenimiento	4	-	
Dirección General de Obras Públicas a/	<u>77</u>	<u>16</u>	210
Dirección y administración	7	1	
Planeamiento y diseño	70	15	
Instituto de Fomento Municipal			
Operación y mantenimiento	<u>8</u>	<u>4</u>	45
Compañía del Agua del Mariscal, S. A.	<u>100</u>	<u>4</u>	40
Dirección y administración	29	2	
Operación y mantenimiento	71	2	
Municipalidad de Guatemala	<u>185</u>	<u>18</u>	2 440
Dirección y administración	20	4	
Planeamiento	25	8	
Operación y mantenimiento	140	6	

a/ Las municipalidades operan y mantienen los sistemas; no hay información al respecto.

/b) Riego

b) Riego y avenamiento

La acción del sector público para impulsar el riego que corresponde al país, a través de la División de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Agricultura, ha sido significativa en los últimos años.

A fines de 1970 las inversiones en obras de riego --a veces acompañadas de mejoras conexas como avenamiento y conservación de suelos-- y en estudios, alcanzaban 11 millones de dólares aproximadamente, de los cuales un 57 por ciento correspondía a inversión estatal; las inversiones en obras en operación ascendían a unos 9.7 millones que representan un costo unitario promedio de 500 dólares por hectárea regada. (Véase el cuadro 29.)

Estas inversiones se financiaron mediante un préstamo del exterior por valor de 1 400 000 dólares; aportes estatales de 4.8 millones y aportes de particulares por 4.7 millones de dólares.

Aunque las inversiones para el quinquenio 1971 a 1975 no están totalmente definidas, la División de Recursos Hidráulicos estima que ascenderán a 8.5 millones, a base de los cuales (asumiendo el mismo costo unitario anterior) podrían ponerse bajo riego unas 17 000 hectáreas adicionales. (Véase el cuadro 30.) Para financiar esas inversiones se cuenta con un préstamo del exterior, a largo plazo y bajo interés, por 4.5 millones de dólares; el Estado aportaría los 4 millones restantes a través de su presupuesto de inversión.

El presupuesto normal de funcionamiento del gobierno para este sector llega a los 624 000 dólares en 1971; un total de 66 personas, de las cuales 13 son profesionales, se dedican a esta actividad en forma permanente. (Véase el cuadro 31.)

c) Hidroelectricidad

El Instituto Nacional de Electricidad y varias empresas municipales y privadas de servicio público, han efectuado inversiones en centrales para generación hidroeléctrica. A fines de 1970, las inversiones totales de obras en funcionamiento ascendían a 28.5 millones de dólares y se habían invertido 2.4 millones en estudios. (Véase el cuadro 32.) Dichas

Cuadro 29

GUATEMALA: RIEGO Y AVENAMIENTO, INVERSIONES AL
31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo	Inversión (miles de dólares)			Superficie regada (hectáreas)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>10 994</u>	<u>10 324</u>	<u>670</u>	<u>19 110</u>
División de Recursos Hidráulicos del MAG	6 256	5 586 ^{a/}	670	7 265
Particulares	4 738	4 738 ^{b/}	-	11 845

a/ Incluye 666 000 dólares de obras en construcción cuya superficie aproximada es de 2 400 hectáreas.

b/ Estimado a razón de 400 dólares por hectárea.

Cuadro 30

GUATEMALA: RIEGO Y AVENAMIENTO, PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo	Inversiones programadas (miles de dólares)			Superficie a regar (hectáreas)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>8 500</u>	<u>8 500</u>	-	
División de Recursos Hidráulicos del MAG	8 500	8 500	-	...
Particulares	...	...	-	...

Cuadro 31

GUATEMALA: RIEGO Y AVENAMIENTO, PERSONAL Y PRESUPUESTO
 DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total	Profesional	
<u>Total nacional</u>	<u>66</u>	<u>13</u>	<u>624</u>
División de Recursos Hidráulicos del MAG	<u>66</u>	<u>13</u>	<u>624</u>
Dirección y administración	6	1	20
Planeamiento y diseño	10	2	33
Operación y mantenimiento	50	10	571

Cuadro 32

GUATEMALA: HIDROELECTRICIDAD, INVERSIONES AL 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo	Inversión (miles de dólares)			Potencia instalada (kW)
	Total	Obras	Estudios	
Total nacional	30 909	28 500	2 409	102 312
Instituto Nacional de Electrificación	29 083	27 024	2 059	94 931
Central Los Esclavos	5 988	5 468	520	13 000
Centrales San Lu'is, Palín, El Salto	1 949	1 949	-	12 132
Central Jurún Marinalá	17 374	16 100	1 274	60 000
Cental Santa María	1 835	1 835	-	5 049
Central El Porvenir	870	870	-	2 200
Central Río Hondo	722	722	-	2 400
Central Santa Rosalía	80	80	-	150
Estudios Atitlán	265	-	265	-
Empresas municipales y privadas de servicio público	1 476	1 476 ^{a/}	-	7 381
Estudio zona norte	350	-	350	-

Fuente: Instituto Nacional de Electrificación.

a/ Se estimó a 200 dólares el kilovatio instalado.

cifras señalan una inversión unitaria de 304 dólares por kilovatio instalado, cerca del 95 por ciento de la cual corresponde a centrales del INDE. Para financiar esas inversiones se ha contado con préstamos del extranjero por valor de 16.1 millones de dólares, bonos nacionales por valor aproximado de 10.2 millones, y aportes estatales por 4.6 millones aproximadamente.

El programa provisional de inversiones del INDE en hidroelectricidad para el quinquenio 1971 a 1975 implica un gasto aproximado de 30.7 millones de dólares, en el que se incluye el inicio de la construcción del proyecto Chixoy y estudios por valor de 6.8 millones. (Véase el cuadro 33.) Estas inversiones se financiarán mediante créditos externos por valor de 26.1 millones, aportaciones de capital del gobierno por 4 millones y 600 000 dólares de generación interna de efectivo del INDE.

El presupuesto de funcionamiento del INDE en 1971 representa 1 003 200 dólares; a estas actividades están dedicadas 564 personas, de las cuales 25 son profesionales. (Véase el cuadro 34.)

d) Navegación fluvial

El planeamiento y la ejecución de obras de transporte fluvial corresponde a la Dirección General de Caminos, con la que han colaborado en el pasado entidades como el FYDEP y el Ferrocarril de Verapaz, en el norte del país.

Las inversiones realizadas en este sector hasta fines de 1970, ascendían a 622 000 dólares aproximadamente, distribuidas en obras de mejoramiento de cauces e instalaciones portuarias en el sistema del lago Izábal-Bahía de Amatique y en la construcción y mejoramiento del canal de Chiquimulilla. (Véase el cuadro 35.) Estas inversiones han sido financiadas por el gobierno (440 000 dólares) y por el Ferrocarril de Verapaz.

El programa de inversiones de la Dirección General de Caminos para el quinquenio de 1971 a 1975 asciende en este sector a 3.4 millones de dólares; se pretende mejorar y ampliar con ese financiamiento el canal de Chiquimulilla y efectuar trabajos de canalización en los ríos Achiguate, Madre Vieja y Motagua. (Véase el cuadro 36.) Para ello se utilizarán exclusivamente fondos del gobierno central.

Cuadro 33

GUATEMALA: HIDROELECTRICIDAD, PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismos y proyectos	Inversión programada (miles de dólares)			Potencia a instalar (kW)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>30 705</u>	<u>23 900</u>	<u>6 805</u>	<u>942 000</u>
Instituto Nacional de Electrificación	30 705	23 900	6 805	942 000
Proyecto Atitlán	1 505	-	1 505	492 000
Proyecto Aguacapa	1 200	-	1 200	100 000
Proyectos Chixoy	28 000	23 900	4 100	350 000

Fuente: INDE

Cuadro 34

GUATEMALA: HIDROELECTRICIDAD, PERSONAL Y
PRESUPUESTO DE FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismos	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total	Profesional	
<u>Total nacional</u>	<u>564</u>	<u>25</u>	<u>1 003.2</u>
Instituto Nacional de Electrificación	564	25	1 003.2
Planeamiento y diseño	77	18	346.6
Operación y mantenimiento	487	7	656.6
Otras empresas	...	...	...

Fuente: Instituto Nacional de Electrificación.

Cuadro 35

GUATEMALA: NAVEGACION FLUVIAL. INVERSIONES AL 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo y sistema	Inversión (miles de dólares)			Longitud navegable (kilómetros)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>622</u>	<u>622</u>	-	
Sistema Bahía de Amatique- ríos Sarstún y Dulce-Lago de Izábal	<u>242</u>	<u>242</u>	-	215
FYDEP	60	60	-	
Ferrocarril Verapaz	182	182	-	
Dirección General de Caminos Canal de Chiquimulilla	<u>380</u>	<u>380</u>	-	110

Cuadro 36

GUATEMALA: NAVEGACION FLUVIAL. PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo y sistema	Inversión programada (miles de dólares)			Longitud navegable (kilómetros)
	Total	Obras	Estudios	
<u>Total nacional</u>	<u>3 388</u>	<u>3 388</u>	-	
Dirección General de Caminos	<u>3 388</u>	<u>3 388</u>	-	...
Canal de Chiquimulilla	1 793	1 793	-	110
Ríos Achiguate, Madre Vieja y Motagua	1 595	1 595	-	...

Fuente: Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones.

No existe un presupuesto ni personal permanente para las obras de mantenimiento en este sector; todo se financia a base de presupuesto de inversión.

e) Hidrología y meteorología

Las actividades básicas de hidrología y meteorología son realizadas por el Observatorio Nacional del Ministerio de Agricultura, la Dirección de Aeronáutica Civil y el Instituto Geográfico del Ministerio de Comunicaciones, el Instituto Nacional de Electrificación y, en menor grado, por la Municipalidad de Guatemala y otros organismos estatales y privados. Existe una Comisión Coordinadora de Hidrología y Meteorología (CCHM) para atender las actividades del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, y una comisión para el Decenio Hidrológico Internacional; su efectividad ha sido limitada.

Las inversiones en estas actividades hasta el 31 de diciembre de 1970 alcanzaban 1 584 000 dólares, encontrándose instaladas 80 estaciones hidrométricas, 13 estaciones meteorológicas principales (tipo A), 34 meteorológicas ordinarias (tipo B) y unas 337 pluviométricas (tipo C). (Véase el cuadro 37.)

Estas inversiones se han financiado con aportes del gobierno de más de un millón de dólares y con aportes del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, por valor de 296 000 dólares, y del INDE, por 232 000 dólares.

Las inversiones programadas para el próximo quinquenio llegan a 3.3 millones de dólares, de los cuales cerca de dos millones serían aportados por el gobierno central, 863 000 por las Naciones Unidas (PNUD) y otros organismos internacionales y 580 000 por el Instituto Nacional de Electrificación. (Véase el cuadro 38.)

De acuerdo con el presupuesto de funcionamiento, en 1971, 185 personas, excluyendo observadores a tiempo parcial, se dedicaban a estas actividades, 12 de las cuales eran profesionales especializados en la materia. Los gastos de funcionamiento son de 266 000 dólares. (Véase el cuadro 39.)

Cuadro 37

GUATEMALA: HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA; INVERSIONES AL
 31 DE DICIEMBRE DE 1970

Organismo	Inversiones (miles de dólares)			Número de estaciones			
	Total	Hidrología	Meteorología	Hidro métricas	Tipo A	Tipo B	Tipo C
<u>Total nacional</u>	<u>1 584</u>	<u>1 066</u>	<u>518</u>	<u>80</u>	<u>13</u>	<u>34</u>	<u>337</u>
Instituto Geográfico Nacional	234	234	-	7 ^{a/}	-	-	4
Observatorio Nacional	260	151	109	14	3	10	210
Instituto Nacional de Electrificación	250	200	50	25	1	2	31
Dirección Aeronáutica Civil	74	-	74	-	5	1	-
Municipalidad de Guatemala	5	3	2	2	-	-	22 ^{b/}
Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano	759	478	281	32	4	21	30
Ferrocarriles Internacionales de Centroamérica (FIDECA)	1	-	1	-	-	-	29
Empresa Eléctrica de Guatemala	1	-	1	-	-	-	11

a/ Incluye 3 mareógrafos y 4 estaciones en lagos.

b/ Estaciones termopluviométricas.

Cuadro 38

GUATEMALA: HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA; PROGRAMA DE INVERSIONES, 1971 A 1975

Organismo	Inversión programada (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>3 322</u>	<u>2 577</u>	<u>745</u>	<u>143</u>	<u>20</u>	<u>61</u>	<u>400</u>
Instituto Geográfico Nacional	146	146 ^{a/}	-	...	...	...	...
Observatorio Nacional	780	452	328	20	5	20	300
Instituto Nacional de Electrificación	684	513	171	100	5	10	60
Dirección Aeronáutica Civil	38	-	38	-	1	1	-
Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano	524 ^{b/}	316	208	23	9	30	40
Proyecto agua subterránea	1 150 ^{c/}	1 150	-	...	...	...	...

a/ Programa normal de evaluación de recursos de agua.

b/ No incluye la segunda fase del proyecto propuesta.

c/ Nuevo proyecto con financiamiento PNUD/IGN, a partir de 1973.

Cuadro 39

GUATEMALA: HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA; PERSONAL Y PRESUPUESTO DE
 FUNCIONAMIENTO, 1971

Organismo	Personal		Presupuesto (miles de dólares)
	Total a/	Profesional	
<u>Total nacional</u>	<u>185</u>	<u>12</u>	<u>266</u>
Instituto Geográfico Nacional	33	4	73
Observatorio Nacional	50	6	71
Instituto Nacional de Electrificación	67	2	64
Dirección Aeronáutica Civil	35	-	58

a/ No incluye observadores a tiempo parcial.

/f) Sumario

f) Sumario de aspectos económico-financieros

Al 31 de diciembre de 1970 las inversiones acumuladas en la medición y utilización del agua en el país, alcanzaban cifras de 98.5 millones de dólares (19 dólares por habitante) correspondiendo al 92 por ciento a sistemas en operación y el resto a construcciones en proceso y a estudios. El total de las inversiones estaba distribuido por sectores de la siguiente manera:

	<u>Porcentaje</u>
Acueductos y alcantarillados	55.2
Hidroelectricidad	31.4
Riego y avenamiento	11.2
Hidrología y meteorología	1.6
Navegación fluvial	0.6

Las inversiones en obras en operación del sector público representa el 89 por ciento del total; sólo en riego y en acueductos y alcantarillados alcanza la participación de la empresa privada un porcentaje significativo. Las obras han sido financiadas mediante préstamos a largo plazo, aportes gubernamentales y privados, y otras fuentes; los primeros han contribuido con el 40 por ciento del costo total de las inversiones y de la suma total prestada el 75 por ciento es de origen externo, a largo plazo y con bajo interés. El gobierno central ha contribuido a través de su presupuesto al financiamiento de las obras con aproximadamente 25.3 millones de dólares (el 25 por ciento del total invertido), correspondiendo al sector de acueductos y alcantarillados los mayores aportes. (Véase el cuadro 40.)

El sector público ha elaborado un programa de inversiones para el quinquenio de 1971 a 1975 por valor de 105.7 millones, con lo cual se duplican las inversiones actuales y se contribuye a superar los déficit existentes en algunos sectores. En dicho presupuesto la participación que corresponde a acueductos y alcantarillados es el 57 por ciento; la de hidroelectricidad, el 29 por ciento; la de riego un 8 por ciento y la navegación fluvial e hidrología y meteorología, un 3 por ciento para cada una. Para financiar el costo de estas inversiones programadas se

Cuadro 40

GUATEMALA: INVERSIONES TOTALES ACUMULADAS EN LA UTILIZACION DEL AGUA, 1970

(Miles de dólares)

Pág. 104

Concepto	Total todos los sectores	Acueductos y alcantarillados	Riego y avenamiento	Hidroelectricidad	Navegación fluvial	Hidrología y meteorología
Inversiones	<u>98 486</u>	<u>54 377</u>	<u>10 994</u>	<u>30 909</u>	<u>622</u>	<u>1 584</u>
Fijas en operación	90 735	50 371	9 658	28 500	622	1 584
Sector público	80 760	45 141	4 920	28 500	622	1 577
Sector privado	9 975	5 230	4 738	-	-	7
En construcción	3 910	3 244	666	-	-	-
Estudios y otros	3 841	762	670	2 409	-	-
Deuda a largo plazo	<u>40 096</u>	<u>12 310</u>	<u>1 436</u>	<u>26 350</u>	-	-
Extranjera	29 896	12 310	1 436	16 150	-	-
Nacional	10 200	-	-	10 200 ^{a/}	-	-
Patrimonio	<u>58 390</u>	<u>42 067</u>	<u>9 558</u>	<u>4 559</u>	<u>622</u>	<u>1 584</u>
Aportes del gobierno	25 098	14 223	4 820	4 559	440	1 056
Otros aportes	33 292	27 844	4 738	-	182	528

^{a/} Bonos; cantidad estimada a prorrata entre inversión en hidroelectricidad e inversión total.

utilizarán: 1) Préstamos de agencias financieras internacionales por valor de 73.7 millones de dólares (70 por ciento del total), un 47 por ciento de lo cual ha sido ya negociado; 2) Aportes gubernamentales por 26.8 millones (25 por ciento del total); 3) Recursos propios provenientes de generación interna de efectivo por 4.3 millones (4 por ciento); y 4) Otras fuentes. Los aportes del gobierno central en 1971, ascenderán a 7.8 millones de dólares aproximadamente. (Véase el cuadro 41.)

Según los presupuestos de 1971, los gastos de funcionamiento en el sector aguas ascienden a 5.1 millones de dólares, que representan un 7.3 por ciento de las inversiones acumuladas por el sector hasta 1970. En 1971, un total de 1 236 personas se dedicaban al planeamiento, aprovechamiento y medición del agua en el país, 98 de las cuales eran profesionales. (Véase el cuadro 42.)

La cifra unitaria de inversiones actuales por habitante es baja, e indica deficiencias en algunos servicios como acueductos y alcantarillados; las fuertes inversiones programadas contribuirán a solucionar esta deficiencia. La relación entre presupuesto de funcionamiento e inversión total es bastante elevada, probablemente la más alta de Centroamérica.

2. Aspectos legales e institucionales

Se resume en esta sección el extenso trabajo sobre la materia que se incluye como anexo a este informe (E/CN.12/CCE/SC.5/72/Add.4; TAO/LAT/104/Guatemala), y se toma en cuenta un informe sobre los mismos aspectos elaborado en 1968 por un experto de la FAO (27).

a) Breve descripción del derecho de aguas

1) Formulación de la política de aguas. No existe una formulación unitaria sobre política de aguas ni se han previsto los mecanismos para que el Poder Ejecutivo la establezca. Los instrumentos legales vigentes favorecen una pluralidad de políticas e incluso dan lugar a actividades contradictorias o conflictivas en el aprovechamiento y manejo del recurso.

Cuadro 41

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

(Miles de dólares)

Concepto	Total todos los sectores	Acueductos y alcantarillados	Riego y avenamiento	Hidroelectricidad	Navegación fluvial	Hidrología y meteorología
Costo del programa	<u>105 661</u>	<u>59 746</u>	<u>8 500</u>	<u>30 705</u>	<u>3 388</u>	<u>3 322</u>
Financiamiento						
Préstamos	<u>73 705</u>	<u>43 100</u>	<u>4 500</u>	<u>26 105</u>	-	-
Exterior, obtenidos	34 450	20 950	4 500	9 000	-	-
Exterior, a obtener	39 255	22 150	-	17 105	-	-
Nacionales	-	-	-	-	-	-
Aportaciones de capital	<u>31 956</u>	<u>16 646</u>	<u>4 000</u>	<u>4 600</u>	<u>3 388</u>	<u>3 322</u>
Del gobierno	26 759	13 492	4 000	4 000	3 388	1 879
Recursos propios	4 334	3 154	-	600	-	580
Otros	863	-	-	-	-	863
Aportes gubernamentales, 1971	7 818	3 874	800	2 000	880	264

Cuadro 42

GUATEMALA: PERSONAL Y COSTO DE FUNCIONAMIENTO EN LA
UTILIZACION DEL AGUA, 1971

Concepto	Total todos los sectores	Acueductos y alcantarillados	Riego y avenamiento	Hidroelectricidad	Navegación fluvial	Hidrología y Meteorología
<u>Presupuesto, miles de dólares</u>	<u>5 123</u>	<u>3 230</u>	<u>624</u>	<u>1 003</u>	-	<u>266</u>
<u>Total personal</u>	<u>1 236</u>	<u>421</u>	<u>66</u>	<u>564</u>	-	<u>185</u>
Administrativo	...	85	6	-		...
Planeamiento y diseño	...	113	10	77		...
Operación y mantenimiento	...	223	50	487		...
Personal profesional ^{a/}	98	48	13	25	-	12

a/ Ya incluido en la suma de personal total.

ii) Planificación, programación y coordinación del uso del agua. La planificación del desarrollo está a cargo del Consejo Nacional de Planificación Económica, donde, hasta la fecha, parece no haberse tenido suficientemente en cuenta la unidad del ciclo hidrológico, la interdependencia de los sectores económicos que resulta de la comunidad física del recurso, la necesidad de concentrar la información básica que se necesita para formular una política de desarrollo hidráulico, ni la debida coordinación del desarrollo del recurso.

En vez de un organismo único que centralice, estudie y difunda la información hidrológica y meteorológica básica que requiere la programación del desarrollo, varios organismos estatales, autónomos y municipales realizan independientemente estas tareas. Un comité coordina las actividades de hidrología y meteorología, y otro las del Decenio Hidrológico Internacional; la funcionalidad de ambos es sólo relativa.

En vez de un organismo nacional que coordine el aprovechamiento y la conservación del agua del país, cada sector desarrolla independientemente sus programas o proyectos de aprovechamiento.

iii) Propiedad de las aguas y cosas conexas. Pertenecen a la nación los lagos, ríos navegables y flotables y sus riberas; los ríos, vertientes y arroyos que sirven de límite internacional, y las caídas y nacimientos de aguas aprovechables para generación hidroeléctrica; las aguas no aprovechadas por particulares; y las pluviales que discurren por barrancos o ramblas de cauce natural.

Son del dominio nacional los cauces de los ríos navegables y flotables y de los límítrofes, cuyo límite está fijado por la altura que alcanzan las aguas en sus mayores avenidas ordinarias.

Son del dominio privado las aguas que caen en un predio mientras discurren por él; las aguas continuas o discontinuas que nacen en predio privado, mientras discurren por él; las aguas subterráneas obtenidas por medios artificiales en propiedad particular; las aguas alumbradas en minas, socavones y galerías de desagüe de minas; las lagunas aprovechadas por particulares.

La atribución del dominio de algunas aguas a los particulares no ha causado problemas para su aprovechamiento; en el futuro cercano, sin embargo, los aprovechamientos previstos hacen necesaria la incorporación de prácticamente todas las aguas al dominio público, y el establecimiento de concesiones o permisos para su aprovechamiento.

iv) Derecho al aprovechamiento y uso de las aguas. Las aguas públicas pueden ser aprovechadas por todos los habitantes, con sujeción a las restricciones impuestas por la ley. Su aprovechamiento exclusivo requiere concesión de acuerdo con el Código Civil, o autorización del Instituto Nacional de Transformación Agraria. Se prevén casos de aprovechamiento por disposición legal y por algunos sectores de la administración pública.

El aprovechamiento del agua puede efectuarse de las siguientes maneras: a) para el estado; b) para aprovechamiento común; c) para aprovechamiento especial por imperio de ley, y d) mediante concesión.

Múltiples organismos centralizados, municipales o autónomos efectúan aprovechamientos para el estado. En los aprovechamientos por imperio de ley los ribereños pueden extraer agua de los ríos navegables por medios mecánicos, siempre que no se perjudique a la navegación; los ribereños de cursos de agua no navegables ni flotables pueden aprovecharlos sin previa autorización, y los dueños de predios contiguos a vías públicas pueden recoger las aguas pluviales que por ellas discurran y aprovecharlas para el riego.

Requieren concesión, de acuerdo con el Código Civil, aprovechamientos para el abastecimiento de poblaciones y servicios de utilidad pública; el abastecimiento de ferrocarriles; el riego; los canales de navegación; los beneficios de café, molinos y otras fábricas, y los estanques para cría de peces. La Ley de Transformación Agraria permite autorizaciones para el aprovechamiento de las aguas, pero no especifica la clase de aprovechamiento que ampara.

El régimen de preferencias es confuso, y resulta de las múltiples excepciones, presiones y compromisos que caracterizan la legislación actual del sector.

Las concesiones se otorgan cuando, de acuerdo con las disponibilidades normales de agua, existe caudal disponible sin perjuicio de terceros, dejando los derechos particulares sin responsabilidad por falta o disminución del agua. Las concesiones ordinarias recaen en la Presidencia de la República; las autorizaciones previstas por la Ley de Transformación Agraria son otorgadas por el INTA. En el instrumento de concesión se señala la naturaleza, dotación y duración de las mismas, pero las modalidades de la concesión pueden ser modificadas por el INTA. Las concesiones traen implícitamente la de los terrenos públicos que se requieran para las obras de presa, canales y acequias así como la servidumbre sobre los terrenos privados. Las concesiones se inscriben en el Registro de la Propiedad, y no existe un organismo único encargado de su vigilancia.

En resumen, la programación y operación de los proyectos futuros de desarrollo se vería dificultada o impedida a causa de la multiplicidad de organismos públicos que pueden aprovechar aguas o constituir derechos para aprovechamientos privados, del complicado sistema de prioridades, del derecho de los ribereños a derivar agua sin concesión ni permiso, de la preferencia establecida a los aprovechamientos cronológicamente anteriores en caso de escasez, y del otorgamiento de concesiones sin perjuicio de terceros que no asegura al usuario toda el agua necesaria y lo supedita al uso discrecional de los ribereños.

v) Desmembramiento, limitaciones y gravámenes al dominio en interés del aprovechamiento y conservación de las aguas. Para facilitar la conservación y el aprovechamiento de las aguas, el derecho establece relaciones a favor de las mismas, su beneficiario o el objeto beneficiado y bienes o personas ajenas; dichas relaciones pueden ser de imposición legal o administrativa.

De acuerdo con las primeras, se prohíbe ejecutar labores o construir obras que puedan variar el curso natural de las aguas que corren por cauces privados; se legisla la servidumbre de uso público --para flotación, pesca y salvamento-- que grava las riberas de los ríos navegables y se restringe

/la explotación

la explotación de tierras forestales en beneficio de la conservación de las aguas. Por imposición administrativa se rige la servidumbre forzosa de acueducto con derecho al paso para su ejercicio; las servidumbres de estribo, electroducto y partidior; y el abrevadero y toma de agua a favor de población o caserío.

No se prevén, la servidumbre legal de recibir aguas que fluyen naturalmente, las servidumbres o restricciones al dominio necesarias para construir obras de defensa contra crecidas, la ocupación temporal de bienes para propósitos de estudios, ni la de paso para aprovechamientos comunes. Sería conveniente incluir estas restricciones al dominio y ampliar a otros fines las servidumbres de bocatoma, partidior y abrevadero.

b) Normas especiales para los distintos aprovechamientos del agua

i) Abastecimiento doméstico y urbano, y alcantarillado. Se trata de un servicio de prestación y regulación municipal, y las obras requeridas tienen preferencia sobre cualquier otra obra municipal.

El Departamento de Acueductos y Alcantarillados de la Dirección de Obras Públicas tiene a su cargo el suministro de agua potable en las cabeceras de municipios, excepto la capital; la Dirección General de Salud Pública, la referente a pequeñas comunidades rurales; el Instituto de Fomento Municipal financia, supervisa y administra obras municipales de acueducto y alcantarillado. También intervienen la Secretaría de Bienestar Social, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, y otros organismos. El Comité de Agua potable debería coordinar estas labores. Existe un "Reglamento para la operación de sistemas rurales de agua potable" que establece una tarifa reducida, y centraliza en una autoridad la construcción, operación y mantenimiento de acueductos rurales.

En la capital no se permite la instalación de nuevos núcleos de población fuera de la zona cubierta por los servicios municipales. Puede decretarse la expropiación forzosa de aguas particulares para el abastecimiento de una población cuando se establezca la falta de aguas públicas que puedan emplearse racionalmente para ese propósito.

ii) Energía. Sólo disposiciones aisladas rigen al sector energético.

En la constitución se establece que son de dominio nacional las caídas y fuentes de agua para aprovechamiento energético y se declara de urgencia nacional la electrificación con base en planes formulados por el Estado.

El aprovechamiento hidroeléctrico no es objeto expreso de legislación, aunque se le considera incluido en los servicios de utilidad pública con primera prioridad. No se prevé el otorgamiento de concesiones para servicio privado.

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE) es el organismo autónomo encargado de las funciones reguladoras, técnicas, productivas y de programación para este sector. Fija las tarifas a cobrar por sus servicios y reinvierte los beneficios. La Empresa Eléctrica de Guatemala, de propiedad privada, ha venido prestando el servicio eléctrico en algunos departamentos del país incluyendo la capital.

iii) Agricultura. El aprovechamiento de agua para fines agrícolas es libre cuando lo efectúan ribereños de ramblas, barrancas, vías de comunicación o cursos de agua públicos; es común para el riego de plantas sis-ladas. Para aprovechamientos exclusivos se requiere concesión.

Las aguas públicas y privadas están sujetas a expropiación cuando excedan de la cantidad requerida para la utilización racional de la tierra, no se usen para irrigación, o no cumplan una función necesaria para el servicio de la comunidad.

El Ministerio de Agricultura, a través de las Divisiones de Recursos Hidráulicos y del Observatorio Nacional, se ocupa del agua para la agricultura.

Los beneficiarios de obras de riego, drenaje o control de inundaciones pagan total o parcialmente sus costos en proporción a los beneficios recibidos.

iv) Navegación y flotación. Las relaciones jurídicas privadas que se derivan de la navegación comercial se rigen por el Código de Comercio pero éste no se refiere al uso del agua en sí misma; por otra parte, al estar concebido para la navegación marítima, sus disposiciones sólo excepcionalmente son aplicables al caso fluvial.

La navegación constituye un aprovechamiento común. No se define ni legisla la flotación; algunas disposiciones legales tienden a que los diversos usos del agua no obstaculicen la navegación.

El Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas estudia, planifica y dirige las obras para el mejoramiento de las vías navegables. Una empresa estatal explota la navegación en la cuenca del lago de Izábal.

v) Industria. Para este propósito puede extraerse agua, mediante vasijas, de los acueductos, canales y acequias descubiertos ubicados terrenos públicos y que conduzcan aguas derivadas de su cauce natural. Ningún sector de la administración pública controla los pozos que para este propósito se perforan libremente en la capital.

vi) Pesca. En las aguas no marítimas rige el principio de la libertad de pesca sujeta a reglamentación; consecuentemente no pueden otorgarse monopolios, pero sí concesiones y arrendamientos.

Para la pesca se requiere obtener una licencia, que otorgan las municipalidades; sólo puede usarse cierto tipo de instrumentos y pescarse especies de dimensiones determinadas por la ley; se prohíben procedimientos que las municipalidades consideren que puedan ocasionar perjuicios a la conservación de las especies.

Las concesiones de agua para establecer viveros son otorgadas por las municipalidades de acuerdo con el Ministerio de Agricultura; éste puede arrendar en pública subasta porciones de cursos públicos de agua, por un plazo de diez años, para estos propósitos.

vii) Minería. El concesionario de minas tiene derecho a usar libremente las aguas de dominio nacional y las que broten o aparezcan durante el curso de sus labores; para usar las aguas privadas ajenas debe existir indemnización previa; y para usar las aguas aprovechadas por otro concesionario, debe proporcionar agua suficiente al concesionario e indemnizarle si ocurren perjuicios.

c) Normas especiales para distintas clases de agua.

Las aguas pluviales y los manantiales discontinuos, que fluyen ocasionalmente por barrancos o ramblas nacionales y vías públicas, pertenecen

/al dominio

al dominio nacional; los dueños de predios contiguos a éstos pueden recoger las aguas que por ellos discurren para el riego de sus terrenos. Pertenecen al dominio privado las aguas que se aprovechan en predios privados mientras no salgan de sus límites.

Se definen como aguas subterráneas las que escurren naturalmente bajo tierra, aunque en algún momento hayan sido superficiales. Pertenecen al dominio público, con excepción de las alumbradas y aprovechadas por el dueño de la superficie y las alumbradas por los concesionarios de minas. Se señala un radio en torno a determinadas obras y fuentes de agua, dentro del que no pueden efectuarse obras de alumbramiento sin el permiso respectivo. No se prevé --y no existe-- la recopilación y concentración sistemática de información sobre perforaciones de pozos y sobre las extracciones.

Dado el alto grado de aprovechamiento previsto para los próximos años, parece imprescindible legislar sobre el aprovechamiento y conservación de las aguas subterráneas y para reforzar el suministro y centralización de la información hidrogeológica así como el control de las extracciones: resulta también necesario legislar o reglamentar el aprovechamiento de aguas precipitadas sobre bases que eviten los conflictos entre usuarios.

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

i) Defensa contra inundaciones y avenamiento. El Instituto de Transformación Agraria tiene a su cargo estas obras, cubriéndose los costos total o parcialmente por los beneficiarios.

ii) Conservación. La ley forestal declara de utilidad pública las plantaciones destinadas a la conservación del suelo, protección de cuencas y desecación de pantanos; establece además reserva forestal en los terrenos nacionales o municipales ubicados en laderas de zonas accidentadas de ríos, en cuencas hidráulicas que tengan una densidad forestal mínima, y en manantiales o fuentes de cursos de agua.

iii) Contaminación. Se prohíbe verter en los cuerpos de agua sustancias químicas, desechos o residuos agrícolas o industriales,

plantas o substancias nocivas para la pesca, ganadería o salud humana, y se impone colocar dispositivos de depuración o filtración en las letrinas que se encuentran en las márgenes.

Toda agua que se descargue en cuerpos de agua que se utilizan para servicio público, o que sea necesario mantener en condiciones sanitarias o de comodidad y estética, debe ser convenientemente tratada.

e) Aguas de interés internacional

Una Comisión Internacional de Límites y Aguas se ocupa de los problemas de agua entre Guatemala y México. Con Honduras y El Salvador se convino coordinar las actividades para proteger el régimen de las aguas en las zonas fronterizas, y se está gestionando la creación de comisiones como la que existe con México.

El río Suchiate en su centro, desde su desembocadura hasta tres leguas aguas arriba y de ahí en adelante por el canal más profundo, sirve de límite internacional con México. El río Usumacinta sirve también de límite internacional con dicho país en gran parte de su cauce.

La frontera con El Salvador aunque fijada sobre diversos cursos de agua, el principal de los cuales es el río Paz, está señalada por los hitos colocados por la Comisión Mixta de Límites. El agua de esa cuenca puede ser usada por mitades para fines agrícolas e industriales, pero no concedida a empresas extranjeras. La frontera cruza el lago de Güija, atribuyendo a El Salvador aproximadamente siete décimos de la superficie de agua; su aprovechamiento para fines hidroeléctricos y de control de crecidas ha sido llevado a cabo por El Salvador sobre la base de un tratado y un protocolo firmados en 1957 pero no ratificados por el Congreso de Guatemala.

La frontera con Honduras, fijada en definitiva en 1933, sigue la divisoria de aguas, cabeceras, confluencias y líneas medias de diversos cursos de agua y el nivel del agua en las crecidas ordinarias de la margen derecha de los ríos Tinto y Motagua.

Los tratados existentes son inadecuados para la realización de las obras de aprovechamiento hidráulico que requiere el país, por lo que convendrá iniciar prontamente las gestiones necesarias para su actualización.

/f) Análisis

f) Análisis de la 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 examina 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 sus diversos componentes.

El gráfico 2 es el organigrama de la administración pública relacionado con el sector agua. En el cuadro 43 se incluyen 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. En el cuadro 44 se indican los alcances de las distintas actividades que realiza la administración pública sobre las aguas; su división en columnas tiene por objeto identificar los distintos sectores de la administración pública relacionados con las aguas, a partir de su actividad.

La lectura en sentido horizontal del cuadro 44 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. Por la lectura en sentido vertical se comprende, en general, que los organismos sectoriales que construyen independientemente las obras también las planean, programan y financian. No existe, por lo tanto, una adecuada coordinación en el planea~~...~~miento del uso y conservación del agua, y se producen duplicaciones de funciones en el desarrollo de estas actividades.

Este problema impide un desarrollo óptimo y racional del recurso: la urgente necesidad de satisfacer ordenada y económicamente las crecientes demandas de agua impone un ordenamiento de la estructura administrativa. Desde el punto de vista del uso del recurso, lo más sencillo sería concentrar horizontalmente lo más posible las distintas dependencias que se ocupan del agua; sin embargo, a pesar de que la concentración horizontal es necesaria para su planificación integral, podría obstaculizarse su funcionamiento y perjudicarse indirectamente la actividad que se pretende

Cuadro 43

GUATEMALA: ACTIVIDADES DE LA ADMINISTRACION PUBLICA RELATIVAS AL AGUA

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
1. PE Presidencia de la República	Conceder el uso y aprovechamiento del agua	Todos
2. CNPE Consejo Nacional de Planificación Económica	Elaborar los planes económicos generales y evaluar su ejecución	Administración Pública
3. MAG Ministerio de Agricultura	Estudiar, evaluar, conservar y aprovechar los recursos naturales. Dar su conformidad para que las municipalidades otorguen concesiones de agua para establecer viveros y arrendar porciones de cursos de agua para la pesca. Velar por el cumplimiento de disposiciones contra la contaminación de cuerpos de agua.	Todos Pescadores
4. DGRNR Dirección General de Recursos Naturales Renovables	Evaluar, conservar y aprovechar para fines agropecuarios los recursos del agua, suelo, flora y fauna. Elaborar los planes y programas para su evaluación y desarrollo con fines agropecuarios Mantener, operar y ampliar las redes de estaciones de medida y control para mantener actualizada la información sobre la situación y mejoramiento de los recursos naturales y de los fenómenos meteorológicos. Realizar estudios, divulgar sus resultados, establecer y operar los servicios de protección y mejoramiento de los recursos naturales renovables.	Productores agropecuarios. Pescadores
5. DRH División de Recursos Hidráulicos	Promover y encauzar el estudio, construcción y funcionamiento de obras de riego, avenamiento, regulación, limpieza, canalización de ríos, desagües de lagos, pantanos y tierras anegadizas y obras similares cuyo objeto sea la recuperación, defensa o mejoramiento de tierras y participar con otras dependencias en la elaboración de proyectos de usos múltiples.	Productores agropecuarios
6. DRF División de Recursos Forestales	Vigilar que la explotación de los bosques no perjudiquen las aguas	Explotador de bosques
7. DS División de suelos	Evaluar los suelos en áreas en que se proyecten obras de riego	

Cuadro 43 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
8. DF División de Fauna	Vigilar y asesorar sobre aprovechamiento pesquero	Pescadores
9. DON División del Observatorio Nacional	Mantener y operar la red de estaciones meteorológicas, hidrológicas e hidrométricas	
10. MCOP Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas	Estudiar, planificar y dirigir la construcción, conservación y mejoramiento de las vías navegables y supervisar la construcción de acueductos y alcantarillas	Constructores de acueductos y alcantarillas
11. DGOP Dirección General de Obras Públicas	Construir obras de abastecimiento de aguas y alcantarillado en las cabeceras de Municipios. También podría hacerlo para otras ciudades, excepto la capital. Construir y mantener obras navegables.	Municipalidades
12. DAA Departamento de Acueductos y Alcantarillados	Proyectar y diseñar obras de abastecimiento de agua y alcantarillado para las cabeceras de municipios. También podría hacerlo para otras ciudades excepto la capital	Municipalidades
13. DGAC Dirección General de Aeronáutica Civil	Operar estaciones meteorológicas con fines aeronáuticos	
14. IGN Instituto Geográfico Nacional	Inventariar y publicar el conocimiento hidrológico con fines múltiples. Recopilar y divulgar sistemáticamente el estudio morfométrico de las cuencas. Efectuar, mediante convenio con la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un programa de investigación de los recursos de agua del país. Comprende, entre otras cosas, un reconocimiento limnológico del lago de Atitlán y la realización de trabajos de tesis sobre temas específicos. Mantener y operar estaciones de control de nivel en lagos y lagunas. Efectuar levantamientos hidrográficos.	

/Continúa

Cuadro 43 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
15. MSPAS Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Velar por el cumplimiento de disposiciones contra la contaminación de cuerpos de agua	Todos
16. CNAP Comité Nacional de Agua Potable	Coordinar las labores de los organismos que se ocupan del sector	
17. DGSP Dirección General de Sanidad Pública	Reglamentar los aspectos sanitarios de la erección o ampliación de poblaciones y la ejecución de obras de saneamiento, la potabilidad de las aguas que se suministre a poblaciones, el uso de las aguas de albañales públicos o privados. Autorizar el uso de aguas de albañales. Construir obras de saneamiento o adaptar las existencias a las necesidades de la higiene.	
18. DSA Departamento de Saneamiento Ambiental	Perforar pozos para el abastecimiento de pequeñas comunidades rurales	Comunidades rurales
19. DIS Departamento de Ingeniería Sanitaria	Diseñar y construir obras de abastecimiento y evacuación de aguas en poblaciones rurales. Colaborar en su operación con los Comités de Agua Potable. No construye alcantarillas. De hecho asesora a los diversos organismos que construyen obras rurales de ese tipo.	Aldeas
20. DLAI Dirección de Límites y Aguas Internacionales	Estudiar y dictaminar sobre navegación de ríos y lagos internacionales, proyectos de planificación de zonas fronterizas susceptibles de aprovechar las aguas de los ríos y lagos internacionales, de uso, distribución y aprovechamiento internacional de las aguas de los ríos y lagos fronterizos y sus afluentes. Estudiar los casos de cambios de curso de ríos limítrofes, las obras que se desee construir en sus cauces y lagos fronterizos. Estudiar los trabajos y dirigirlos para establecer y fijar el cauce definitivo de los ríos limítrofes divagantes y las obras de defensa de las márgenes nacionales. Supervisar los estudios y documentación sobre ríos y lagos internacionales.	

/Continua

Cuadro 43 (continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
21. ACE Acción Cívica del Ejército	Perforar pozos e instalar bombas para el abastecimiento de agua potable a poblaciones rurales pequeñas	Poblaciones rurales
22. ME Ministerio de Economía	Autorizar prescribiendo las medidas de seguridad adecuadas para la realización de labores mineras dentro del radio de protección (300 m) de acueductos, puertos, sitios destinados a captación de agua de uso público, obras de embalse y lagos. Sólo puede autorizarlas con la opinión favorable de la Dirección General de Minería e Hidrocarburos y las Dependencias relacionadas con esas aguas.	Mineros
23. DGMH Dirección General de Minas e Hidrocarburos	Conceder aguas para la explotación minera Conceder la explotación de minerales de aluvión que se hallen en ríos de dominio público. Imponer la realización conjunta de labores necesarias para evitar el peligro de inundación, detenerlo o desaguar las minas inundadas.	Mineros
24. INFOM1 Instituto de Fomento Municipal	Financiar, regular, supervisar y administrar obras y servicios públicos municipales de introducción de agua y alcantarillado. Administrar el programa de acueductos y alcantarillados para municipalidades amparado por el préstamo BID 21-TF-GU de 3 500 000 dólares y un aporte estatal de 1 500 000 quetzales.	Municipios
25. INDE Instituto Nacional de Electrificación	Regular el servicio eléctrico y aplicar las leyes que lo regulan. Unificar los esfuerzos para satisfacer la necesidad de energía eléctrica y estimular su uso. Incrementar la investigación tecnológica para la mejor explotación de las fuentes de riqueza del país. Imponer la forestación de las márgenes y orillas de determinadas fuentes de agua. Conservar y defender los recursos hidráulicos, protegiendo las cuencas, las fuentes y los cauces de los ríos y corrientes. Supervisar, controlar y dar cumplimiento a los contratos celebrados entre empresas hidroeléctricas del estado y las municipalidades. Autorizar ampliaciones o modificaciones de plantas generadoras no estatales. Determinar técnica y jurídicamente la capacidad hidroeléctrica del país. Administrar estaciones de medición de aguas en áreas montañosas.	

Cuadro 43 (Continuación)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
26. INTA Instituto Nacional de Transformación Agraria	<p>Vigilar y supervisar la construcción de acueductos para riegos de cultivos y pastos, usos domésticos, forestales, de empresas agrícolas y de industrias derivadas de la agricultura, ganadería y actividades conexas.</p> <p>Suspender, revocar o modificar los derechos al uso del agua de dominio público de empresarios agrícolas e industriales en los casos previstos por la ley.</p> <p>Autorizar la realización de proyectos particulares para el aprovechamiento racional y adecuado de las aguas.</p> <p>Reglamentar el uso de los cauces que sirvan de desagüe y dictar las disposiciones necesarias para impedir la contaminación de las aguas que pueda afectar la salud pública, la fauna y la flora.</p> <p>Redactar Planes Generales de Desarrollo de Zonas de Desarrollo Agrario que incluyen diversas obras hídricas, y construirlas en algunos casos.</p> <p>Atribuir la carga de obras que acuerde realizar, de riego, drenaje o control de inundaciones a los distintos beneficiarios.</p> <p>Servir de conducto para la regulación de las aguas públicas que efectúe el Organismo Ejecutivo.</p> <p>No actúa en el Petén.</p>	
27. ENPMG Empresa Nacional Portuaria Matías de Gálvez a/	<p>Explotar la navegación, realizar y conservar las obras necesarias para ello en la cuenca del lago Izabal</p>	Cargadores y pasajeros
28. U de SC Universidad de San Carlos (Facultad de Ingeniería)	<p>Cumplir un programa de investigaciones de los recursos de agua de Guatemala</p>	
29. FYDEP Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo del Petén	<p>Proteger, administrar, fomentar y explotar científicamente los recursos naturales del Petén.</p> <p>Cumplir las funciones del Instituto Nacional de Transformación Agraria en el Petén</p>	Pobladores y Empresarios del Petén

Cuadro 43 (Conclusión)

Institución	Actividades	Principales sujetos afectados
30. CCDHI Comité Coordinador del Decenio Hidro- lógico Internacional	Coordinar las actividades que su nombre indica	
31. CCDHM Comité Coordinador de Hidrología y Meteorología	Coordinar los programas que para la obtención de datos hidrológicos y meteorológicos cumpla el estado y el presente programa	
32. Municipalidades	Estudiar, proyectar, construir, reglamentar y administrar obras para el abastecimiento de aguas a poblaciones y evacuación de las residuales. Construir viveros de peces. Conceder aguas (con acuerdo del Ministerio de Agricultura para establecer viveros de peces) Conceder licencias para pescadores y matricular sus instrumentos de pesca.	
33. CAP Consejos de Agua Potable	Operar obras de abastecimiento y evacuación de aguas en aldeas	Aldeas
34. JC Juzgado de lo Civil	Resolver los conflictos entre particulares en materia de agua	Todos
35. JP Juzgado de lo Penal	Investigar y castigar los delitos relativos a las aguas	Todos
36. TCA Tribunal de lo Con- tencioso Administra- tivo	Resolver los recursos intentados contra la administración pública en materia de aguas	Usuarios del agua

a/ Actualmente Santo Tomás de Castilla.

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	Metéóricas			
Programación	2 CNPE 26 INTA		17 DGSP 24 INFOM 32 Mun	10 MCOP	25 INDE	4 DGRNR	4 DGRNR	4 DGRNR								4 DGRNR	
Estudios, investigación o recopilación de información básica	9 DON 14 IGN 25 INDE 28 U de SC 32 Mun a/		17 DGSP 24 INFOM 28 U de SC 32 Mun	10 MCOP	24 INFOM 25 INDE	4 DGRNR 5 DRH 7 DS						14 IGN 28 U de SC		4 DGRNR 9 DON 13 DGAC 14 IGN 25 INDE 28 U de SC 32 Mun a/		5 DRH	5 DRH
Reglamentación			17 DGSP 32 Mun		25 INDE 32 Mun											26 INTA	
Autorización, concesión o reserva	4 PE 26 INTA 29 PYDEP b/	1 PE 26 INTA	1 PE 17 DGSP 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 25 INDE 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 3 MAG 26 INTA 32 Mun	1 PE 26 INTA	1 PE 23 DGMH 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 26 INTA	1 PE 17 DGSP 26 INTA	1 PE 23 DGMH 26 INTA	
Policía, supervisión o vigilancia	29 FYDEP		24 INFOM 26 INTA		24 INFOM 25 INDE	26 INTA	26 INTA	8 DF 32 Mun	26 INTA							3 MAG 6 DRF 15 MSPAS 25 INDE	
Protección de derechos	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 35 JP 36 TCA	34 JC 35 JP 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 36 TCA	34 JC 35 JP 36 TCA	34 JC 35 JP 36 TCA	
Asignación de cargas, tarifas o precios			32 Mun			26 INTA									26 INTA	26 INTA	

/(Continúa)

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	Metéóricas		
Construcción, mantenimiento, operación, explotación	29 FYDEP		11 DGOP 17 DGSP 18 DSA 19 DIS 21 ACE 26 INTA 32 Mun 33 CAP	10 MCOP 27 INPMG	25 INDE	4 DGRAR 26 INTA	4 DGRNR	4 DGRNR 23 Mun				11 DGOP 19 DIS 21 ACE 32 Mun			15 MSPAS 26 INTA	26 INTA
Financiación			24 INFOM		24 INFOM											
Asesoramiento			19 DIS 24 INFOM		24 INFOM 25 INDE			8 DF								

a/ Municipalidad de Guatemala.
 b/ FYDEP cumple en El Petén las funciones del INTA.

racionalizar. La concentración vertical, sin embargo, sólo puede hacerse con limitaciones porque dichas actividades exigen una estrecha interacción entre las generales y sintéticas señaladas en la parte superior del cuadro 44 y las particulares analíticas diferenciadas en la base.

En consecuencia, parecería lógico crear un organismo centralizador que se integrase con los distintos sectores relacionados con el agua, como primer paso para una programación adecuada del desarrollo del recurso; en el se centralizarían las actividades comunes de medición e investigación, concesión y vigilancia, y coordinación del aprovechamiento del agua para asegurar su distribución racional.

A esta misma autoridad de aguas convendría asignarle atribuciones que le permitieran resolver los conflictos administrativos que se planteasen sobre la materia, así como su intervención preventiva y represiva, delegando funciones de vigilancia en las autoridades de cuenca o regiones, de ser ello conveniente.

Los aspectos comunes del aprovechamiento de las aguas, como la operación de obras de propósito múltiple, podrían ser atendidas 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 dependería de que se lograra una educación especial del usuario, razón por la cual la legislación tendría que prever la intervención estatal para apuntalar su funcionamiento y suplir sus deficiencias.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se resumen a continuación las conclusiones del estudio sobre los recursos hidráulicos de Guatemala, que incluye la estimación de los usos actuales y proyectados del agua, y el análisis de los aspectos económico-financieros y legales e institucionales, así como la identificación de los problemas que impiden o restringen el racional desarrollo de los recursos disponibles. Se presentan asimismo recomendaciones que permitirían mejorar la situación actual en materia de disponibilidad de información básica y de adaptación de los instrumentos legales e institucionales, como medida indispensable para satisfacer la demanda futura del agua.

1. Conclusionesa) Recursos disponibles

1) Guatemala cuenta con un caudal medio superficial de 3 697 metros cúbicos por segundo, el 74 por ciento del cual desagua hacia el Atlántico; esta disponibilidad se traduce en 22 200 metros cúbicos anuales por habitante (1970) y en 28 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie. Se ha estimado que durante un año seco, con recurrencia de una vez en diez años, el caudal superficial oscila entre el 77 y el 85 por ciento del valor normal. El caudal superado el 95 por ciento del tiempo, o caudal de estiaje, se estimó en unos 510 metros cúbicos por segundo que equivalen al 14 por ciento del caudal medio. Estimaciones efectuadas para la vertiente del Pacífico indican que el rendimiento seguro de los depósitos de agua subterránea es de unos 193 metros cúbicos por segundo, caudal parcialmente incluido en la cifra citada del caudal de superficie.

2) Por lo que respecta a grandes cuencas, las de más elevados recursos son la A de los ríos Selegua, Usumacinta y Hondo ($1\,341\text{ m}^3/\text{s}$); la C de los ríos Moho, Dulce y otros ($734\text{ m}^3/\text{s}$); y las B (ríos Nuevo, Belice y otros) y F (Samalá, Nahualate, Madre Vieja y otros) con caudales ligeramente superiores a los 400 metros cúbicos por segundo; el mayor potencial corresponde evidentemente a la vertiente atlántica, donde las demandas son menores.

/3) Del

3) Del caudal disponible en el país, el 44.5 por ciento tiene repercusiones internacionales por escurrir en ríos cuyas cuencas de drenaje son compartidas con países vecinos.

4) Guatemala posee aproximadamente 630 500 hectáreas de tierras regables de primera calidad para la agricultura intensiva de cultivos anuales en las que, a base de riego durante la estación seca, podría aumentarse la producción agrícola. Un considerable porcentaje de las mismas está ubicado en la vertiente atlántica y carece de las obras de infraestructura adecuadas para su desarrollo.

5) El potencial hidroeléctrico práctico del país, a base de utilización continua de las centrales, se estima en 4 090 megavatios, o su equivalente de 35 970 gigavatios-hora de energía, un 64 por ciento de lo cual corresponde a cuencas de la vertiente atlántica. La potencia media unitaria es de 31 kilovatios por kilómetro cuadrado de superficie. Las grandes cuencas de más alto potencial son la A (1 290 MW) y la C (760 MW) en la vertiente atlántica, y la F (540 MW) en la del Pacífico.

6) Sólo una fracción del territorio nacional posee una adecuada cobertura hidrométrica y meteorológica, y es escasa la información hidrogeológica cuantitativa disponible, hechos que dificultan la evaluación del potencial y el desarrollo de los recursos existentes.

b) Utilización actual del agua

1) En la actualidad se riegan en el país unas 19 100 hectáreas, lo cual supone utilizations neta y consuntiva del agua de 19 y 9.4 metros cúbicos por segundo, respectivamente. Esta superficie representa alrededor del 3 por ciento de la extensión regable en el país.

2) El sector doméstico e industrial acusa una utilización total y consuntiva que se estima en 4 y 1.4 metros cúbicos por segundo, respectivamente. Los retornos urbanos contaminados del sector alcanzan cifras de 2.3 metros cúbicos por segundo; como su demanda bioquímica de oxígeno es de aproximadamente 440 partes por millón, se requeriría un total de 232 metros cúbicos por segundo para lograr un nivel mínimo de oxígeno disuelto en el agua.

3) En la generación de energía hidroeléctrica se emplean 39 metros cúbicos por segundo; al descontar los usos repetidos del agua por centrales situadas a lo largo de un mismo río, el uso resulta ser de 25 metros cúbicos por segundo. La capacidad instalada actual es de 98.5 megavatios que representan el 2.4 por ciento del potencial práctico estimado.

4) Los requerimientos de agua para una navegación fluvial mínima mediante pequeñas y medianas embarcaciones, son 44 metros cúbicos por segundo.

5) La utilización nacional bruta del agua --obtenida como la suma aritmética de todos los usos y requerimientos sectoriales-- es de 106 metros cúbicos por segundo. La utilización neta o efectiva, que comprende los usos que resultan en consumo y contaminación, es de 23 metros cúbicos por segundo. La utilización consuntiva es de 11 metros cúbicos por segundo. El uso contaminante, obtenido por diferencia entre usos netos y consuntivos, es de 12 metros cúbicos por segundo.

6) En términos nacionales, la utilización bruta del agua requiere el empleo de sólo el 3 por ciento de los caudales de un año normal; la utilización efectiva basada en los usos netos, representa el 0.6 por ciento del caudal medio y el 4.5 por ciento del flujo de estiaje; la disminución de los recursos por efecto de utilizaciones consuntivas llega al 0.3 por ciento del caudal normal y al 2 por ciento del caudal de estiaje; los requerimientos para la dilución natural de las aguas residuales no tratadas del sector urbano son inferiores a las disponibilidades nacionales de agua. Todo ello indica que, a escala nacional, se efectúa un aprovechamiento relativamente bajo de los recursos disponibles y que la reoxigenación de las aguas residuales municipales podría realizarse por dilución natural.

7) A escala de gran cuenca, sin embargo, merecen especial mención la G (ríos Achiguaté y María Linda), la F (ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja y otros) y la D₁ (río Motagua), que acusan utilizaciones brutas superiores al 10 por ciento del caudal medio y al 40 por ciento del caudal de estiaje, una utilización efectiva de más del 10 por ciento, y disminuciones por utilización consuntiva que exceden del 5 por ciento del caudal de estiaje. Además, en las grandes cuencas G y D₁ los caudales disponibles durante la estación seca resultan insuficientes para lograr la dilución natural de las aguas residuales, por lo que existen

/corrientes

corrientes contaminadas, especialmente en las cercanías de los centros urbanos, donde las condiciones de contaminación son críticas, y se hace necesario el tratamiento artificial de los retornos. Evidentemente, la mayor demanda de utilización del agua ocurre en las cuencas de la vertiente del Pacífico, donde las disponibilidades son reducidas.

c) Utilización proyectada del agua

1) La disponibilidad de agua por habitante se verá disminuida a 16 600 metros cúbicos anuales en 1980 y a 12 300 en 1990, como resultado del crecimiento demográfico estimado.

2) Sobre la base de autoabastecer la demanda interna de alimentos básicos y de mantener las exportaciones actuales que van fuera del área centroamericana, se estima que se precisaría tener bajo riego 144 000 hectáreas en 1980 y 263 000 hectáreas en 1990. En el sector de abastecimiento doméstico e industrial se atenderían las necesidades de la creciente población urbana y rural. La generación hidroeléctrica se estimó teniendo en cuenta los programas provisionales del INDE y buscando el mayor grado de autoabastecimiento energético, llegándose a una potencia instalada de 358 MW en 1980 y de 1 240 MW en 1990. Se estimaron los requerimientos de agua para dilución natural de retornos municipales no tratados sobre la base de lograr un nivel mínimo de calidad en el agua que permita reutilizar los retornos y que garantice la salud humana y animal.

3) Para abastecer la demanda estimada de 1980, los requerimientos brutos del agua llegarían a los 432 metros cúbicos por segundo. Lo cual implica cuadruplicar el aprovechamiento actual; de dicha demanda nacional, al sector hidroelectricidad correspondería un 54 por ciento, al sector riego el 34 por ciento, al requerimiento de navegación mínima el 10 por ciento, y al sector de abastecimiento doméstico e industrial el 2 por ciento restante. La utilización neta del agua alcanzaría a 152 metros cúbicos por segundo, lo que implica un uso anual de 680 metros cúbicos por habitante. Los usos consuntivos del agua serán de 73 metros cúbicos por segundo, y el requerimiento para la dilución natural de las aguas urbanas residuales llegará a los 328 metros cúbicos por segundo.

4) La satisfacción de las necesidades de 1990 implicará una utilización bruta de 727 metros cúbicos por segundo, lo cual septuplica el aprovechamiento actual; de dicha cifra, la demanda para generación hidroeléctrica será el 56 por ciento; el riego, el 36 por ciento; el requerimiento para navegación mínima, el 6 por ciento, y el abastecimiento de agua potable é industrial, el 2 por ciento. La utilización neta del agua llegará a 274 metros cúbicos por segundo, lo cual implica un uso unitario de 908 metros cúbicos anuales por habitante. Los usos consuntivos serán de 132 metros cúbicos por segundo, y el requerimiento de dilución natural de retornos municipales contaminados, de 462 metros cúbicos por segundo.

5) Para abastecer esos requerimientos se precisará una utilización bruta relativamente baja de los recursos nacionales, que llegaría al 20 por ciento del caudal medio; durante el estiaje, sin embargo, la utilización nacional efectiva y el consumo real llegarán a representar el 54 y el 26 por ciento de los caudales disponibles. La disponibilidad de aguas será, en todo tiempo, superior al requerimiento nacional para la dilución de aguas residuales urbanas no tratadas.

6) A escala de vertiente y de gran cuenca, sin embargo --especialmente en la vertiente del Pacífico y en las grandes cuencas F, G, H, D₁, I₁ y J₁--, será necesario emplear altos porcentajes de los recursos disponibles especialmente durante la época seca, durante la cual no existirá además disponibilidad suficiente para diluir naturalmente los retornos municipales no tratados y se presentarán problemas de utilización conflictiva entre sectores usuarios.

Por ello será menester un uso eficiente, repetido, escalonado y complementario de los recursos hídricos superficiales y del subsuelo, requiriéndose además la construcción de embalses reguladores de caudal para aumentar las disponibilidades durante el estiaje, así como la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales y el uso racional de pesticidas y fertilizantes para evitar la contaminación, permitir la utilización de retornos y garantizar la salud.

d) Aspectos económico-financieros

1) Las inversiones acumuladas en la investigación y utilización del recurso agua ascendían, a fines de 1970, a un total de 98.5 millones de dólares; ello equivale a 19 dólares por habitante, la cifra más baja de Centroamérica. El total de las inversiones estaba distribuido por sectores de la manera siguiente: acueductos y alcantarillados, 55 por ciento; hidroelectricidad, 31 por ciento; riego y avenamiento, 11 por ciento; hidrología y meteorología, 2 por ciento; y navegación fluvial, uno por ciento.

2) Las inversiones del sector público representan el 89 por ciento del total; sólo en acueductos y alcantarillados, y en riego, ha habido una participación más activa del sector privado. Las inversiones han sido financiadas mediante préstamos a largo plazo, aportes gubernamentales y privados, y otras fuentes. Es significativo el hecho de que los préstamos a largo plazo sumen el 40 por ciento del costo total de las obras, y que del total prestado el 75 por ciento sea de origen externo a largo plazo y bajo interés. El gobierno central ha aportado el 25 por ciento del costo de las obras.

3) Para el quinquenio 1971 a 1975, el sector público ha elaborado un programa de inversiones por valor de 105.7 millones de dólares, a base del cual se duplicarían las inversiones actuales y se disminuirán las deficiencias en algunos servicios. En dicho programa el sector acueductos y alcantarillados absorbería el 57 por ciento; el de hidroelectricidad, el 29 por ciento; el de riego, el 8 por ciento; y los de navegación e hidrología y meteorología, un 3 por ciento cada uno. Estas inversiones se pretende financiarlas mediante préstamos de organismos financieros internacionales por valor de 73.7 millones (el 70 por ciento del total), casi la mitad de lo cual ha sido negociada; aportes gubernamentales por 26.8 millones (25 por ciento); generación interna de efectivo y otras fuentes. Los aportes del gobierno central, en 1971 solamente, serán de alrededor de 7.8 millones de dólares.

4) De acuerdo con los presupuestos de 1971, los gastos del sector de aguas ascienden a 5.1 millones de dólares, 7.3 por ciento de las inversiones acumuladas hasta 1970 en dicho sector. Para ese año, un total de 1 236 personas se dedicaba a la investigación, planeamiento y aprovechamiento del agua; 98 de ellas eran profesionales y técnicos especializados.

e) Aspectos legales e institucionales

El examen de la estructura administrativa relacionada con el agua revela que:

1) 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.

2) El organismo que se ocupa de la planificación general del desarrollo del país, parece no tener lo bastante presente para ello la unidad del ciclo hidrológico, ni la interdependencia de los sectores económicos que resulta de la comunidad física del recurso, ni la coordinación del desarrollo del recurso o la necesidad de concentrar la información básica que se necesita para formular una política de desarrollo hídrico.

3) Las actividades básicas de medición e investigación del agua son realizadas por el Ministerio de Agricultura y el de Comunicaciones y por el Instituto Nacional de Electrificación y las de concesión y vigilancia de las aguas se realizan independientemente por diversos organismos estatales, autónomos y municipales.

4) Los organismos sectoriales llevan a cabo independientemente todas las etapas de los proyectos individuales de desarrollo, con lo cual pueden presentarse conflictos de intereses. Muchos organismos estatales y privados tienen a su cargo el suministro de aguas y la construcción de alcantarillados.

El análisis del régimen legal vigente en materia de aguas indica que:

1) Se carece de una formulación unitaria de política sobre el aprovechamiento del agua y los instrumentos legales en vigor pueden dar lugar a actividades contradictorias o conflictivas.

2) La atribución del dominio de algunas aguas a los particulares, y en especial los privilegios de que gozan los ribereños para aprovechar el agua sin concesión ni permiso, constituyen un obstáculo para el desarrollo futuro del recurso.

3) Existen dos enunciados diferentes del régimen de preferencias para el otorgamiento de concesiones, que favorecen confusiones y posibles conflictos de intereses.

4) No se prevé servidumbre o restricciones al dominio que permitan la construcción de obras de defensa contra crecidas, que aseguren el paso para aprovechamientos comunes del agua o la ocupación temporal de bienes para propósitos de estudio.

5) No se han reglamentado los usos urbanos industriales, eléctricos y pecuarios ni está regulado el uso de vías navegables y flotables. Para la amortización de obras y servicios sólo se contemplan casos de pago parcial por determinadas categorías de beneficiarios.

6) La libre explotación de las aguas subterráneas permitidas por la legislación actual puede conducir a su manejo irracional; no se ha legislado sobre el aprovechamiento de las aguas pluviales.

7) Los tratados existentes no permiten un aprovechamiento adecuado y la conservación de las aguas de interés internacional, aspectos ineludibles para la satisfacción de las necesidades futuras del país.

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 que se base en el aprovechamiento racional de los recursos de cada cuenca, a base del control de los caudales de los ríos y el amplio

/aprovechamiento

aprovechamiento de las aguas superficiales y del subsuelo, y a través de aprovechamientos múltiples, escalonados y repetidos del agua, además de establecerse adecuadas 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 indispensable a los organismos encargados de dichas tareas.

5) Convendrá señalar prioridad a las actividades y obras que tiendan a la conservación de suelos y a la reforestación de las cuencas, porque aumentan la retención de las aguas precipitadas, proporcionan tasas más elevadas de infiltración y de recarga de los depósitos subterráneos y evitan la erosión de los suelos y el azolvamiento de las obras de aprovechamiento del agua; asimismo, convendrá fomentar las obras de protección contra crecidas en los ríos, y de avenamiento de tierras que tienden a evitar o reducir los daños causados por las inundaciones y permiten poner bajo producción intensiva extensiones que se encuentran anegadas en la actualidad.

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 (especialmente los retornos urbanos) para evitar la contaminación de las aguas y poder fomentar los usos repetidos de dichas aguas.

8) Habrá de señalarse la debida prioridad al desarrollo integral de los recursos de la zona atlántica del país.

b) Estudios a realizar

Se recomienda:

1) Realizar un estudio que, utilizando la información amplia y actualizada que pueda obtenerse de una red de estaciones de la densidad adecuada, permita conocer las características hidrometeorológicas generales del país, y las disponibilidades firmes --en cantidad y calidad, y su variación en

/el tiempo

el tiempo y en el espacio- del agua de superficie en las grandes cuencas de mayor potencial y/o utilización futura prevista. 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) Realizar un estudio general para definir pormenorizadamente las características geohidrológicas básicas (infiltración, caudal base, etc.) de las cuencas de alto potencial de agua subterránea en el país, y establecer el rendimiento seguro (en cantidad y calidad) y las características de los aprovechamientos posibles en las cuencas de la vertiente del Pacífico. Para ello habrá de apoyarse efectivamente la realización del proyecto Estudios sobre el agua subterránea en el Valle de Guatemala, cuya realización se está gestionando en la actualidad.

3) Llevar a cabo un inventario permanente de las utilizaciones del agua por todos los sectores usuarios y realizar proyecciones detalladas de demandas sectoriales, para prever posibles problemas por utilizaciones conflictivas.

4) Realizar un estudio sobre posibilidades de aprovechamiento del agua con énfasis en los proyectos de propósitos múltiples en las siguientes cuencas prioritarias: F, G y H (ríos Samalá, Nahualate, Madre Vieja, Achihuate, María Linda, Los Esclavos y otros) junto con la porción de la gran cuenca D₁ que comprende el Valle de Guatemala; A (ríos Selegua, Usumacinta y Hondo), especialmente en su parte alta; I₁ y J₁ (ríos Paz y Lempa). Su propósito sería definir un calendario de ejecución de proyectos a realizar que asegurase la utilización integral y óptima de los recursos.

5) Elaborar un código general de aguas que tenga presentes todos los aspectos del aprovechamiento y conservación de los recursos, que presente en forma congruente y reunida todas las disposiciones actualmente desperdigadas por las leyes de cada sector.

c) Aspectos institucionales

Se recomienda asimismo:

1) Crear un organismo consultivo integrado por los funcionarios de más alto nivel de todos los organismos que tuviesen relación con el recurso agua. Este organismo recibiría las mayores atribuciones del Poder Ejecutivo para: a) recomendar la política de aprovechamiento hidráulico de la nación; b) coordinar los programas y planes sectoriales de investigación, aprovechamiento, manejo y conservación de los recursos; c) impulsar la elaboración del inventario nacional centralizado de las aguas; d) dictaminar sobre impuestos, tasas y contribuciones relativos al aprovechamiento del agua, así como sobre las medidas necesarias para fomentar su conservación y controlar la contaminación; e) impulsar la promulgación del Código Nacional de Aguas y de las leyes sobre aprovechamiento sectorial.

2) Crear una dirección ejecutiva para que lleve a la práctica las decisiones o lineamientos de política que emanen del organismo consultivo. Algunas de sus atribuciones podrían ser: a) realizar el inventario permanente de la cantidad y calidad de las aguas nacionales y de interés internacional; b) elaborar el proyecto de Código Nacional de Aguas y recomendar cualquier reforma administrativa que pueda precisarse para el mejor cumplimiento de los programas de desarrollo y conservación de las aguas, así como las reglamentaciones respectivas; c) recomendar sobre el otorgamiento de concesiones y permisos para el uso de las aguas; d) llevar un registro catastral de los derechos constituidos, y proponer las normas necesarias para su debido control; e) establecer las prioridades para el otorgamiento y ejercicio de las concesiones y decidir sobre el establecimiento o supresión de reservas hídricas.

3) Buscar la manera de centralizar en el menor número posible de organismos las actividades de suministro de agua y la evacuación de los residuos.

d) Aspectos internacionales

En esta materia se recomienda:

1) Concertar acuerdos bilaterales específicos con México, El Salvador y Honduras para el aprovechamiento coordinado, con propósitos múltiples, y para la conservación de las aguas de interés internacional.

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.

3) Fomentar y continuar la participación en proyectos regionales relacionados con la investigación y el aprovechamiento de las aguas.

BIBLIOGRAFIA

1. PNUD/OMM, Rol de estaciones hidrológicas y meteorológicas en el Istmo Centroamericano. Publicación No. 23, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, San José, Costa Rica, 1968.
2. G. Hoffmann, Die mittleren jährlichen und absoluten extrementemperaturen der Erde. Meteorologische Abhandlungen des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Freien Universität Berlin, 1960.
3. Howell Williams, Volcanic History of the Guatemalan Highlands. University of California publications in Geological Sciences, Vol. 38. Berkeley, California, 1960.
4. Howell Williams et. al., Geological Reconnaissance of Southeastern Guatemala. University of California publications in Geological Sciences, Vol. 50. Berkeley, California, 1964.
5. Compilación geológica provisional de la República de Guatemala. Dirección General de Minería e Hidrocarburos. Guatemala, 1968.
6. Gabriel Dengo, Estructura geológica, historia tectónica, y morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. México, 1968.
7. Samuel Bonis, Comunicación particular. Instituto Geográfico Nacional. Guatemala, 1968.
8. Atlas Climatológico de Guatemala. Observatorio Nacional. Guatemala, 1964.
9. Eduardo Basso, Variación de las precipitaciones en el Istmo Centroamericano. Publicación 58, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica, 1969.
10. Roberto Jovel, Estimación preliminar de la magnitud de la pluviosidad durante años secos y húmedos en el Istmo Centroamericano. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica, 1970.
11. David Wozab et. al., Final Report, Ground-Water Exploratory Project in Lower San Miguel River Basin, El Salvador. UN-FAO. Rome, Italy, 1964.
12. Roberto Jovel et al. Reconocimiento hidrogeológico de la planicie costera central, El Salvador. Dirección General de Obras de Riego. San Salvador, El Salvador, 1967.
13. Roberto Jerez B., Estudio hidrogeológico preliminar de la planicie costera oriental, El Salvador. Universidad de El Salvador, 1967.

14. Leif Ahlgren et al. Estudio hidrológico de la cuenca del Río Virilla, Costa Rica. Proyecto Investigación de Aguas Subterráneas y Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, San José, Costa Rica, 1968.
15. Roberto Jovel, Estudio hidrológico de tres cuencas seleccionadas en Costa Rica. Publicación 50, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica, 1970.
16. Harry Blaney and Wayne Griddle Determining Consumptive Use for Planning Water Developments. En: Methods for Estimating Evapotranspiration, Irrigation and Drainage Specialty Conference. American Society of Civil Engineers. New York, 1966.
17. L. Ahlgren, E. Basso and R. Jovel, Preliminary Evaluation of the Water Balance in the Central American Isthmus. Proceedings, Symposium on The Water Balance of North America. American Water Resources Association. Urbana, Illinois, 1969.
18. Ground-water Basin Management. Committee on Ground Water, American Society of Civil Engineers. New York, 1961.
19. Roberto Jovel, Evapotranspiración, Capítulo 3, "Evaluación preliminar del balance de aguas en el Istmo Centroamericano". Publicación No. 18, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica, 1968.
20. A.J. van der Sluis y C.V. Plath, Uso potencial de la tierra; III.. Guatemala. Informe AT-2234, UN-FAO. Roma, Italia, 1967.
21. Batelle Memorial Institute. Projections of Supply and Demand for Selected Agricultural Products in Central America through 1980. Informe para el U.S. Department of Agriculture. Jerusalem, Israel, 1969.
22. Production Yearbook 1969. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia, 1970.
23. G.M. Fair and J. Ch. Geyer. Water Supply and Waste Disposal. John Wiley and Sons, Inc. New York, N.Y., 1963.
24. Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos. La interconexión eléctrica en el Istmo Centroamericano; evaluación de interconexiones para sistemas eléctricos combinados, Guatemala-El Salvador, El Salvador-Honduras, Nicaragua-Costa Rica, Costa Rica-Panamá. CEPAL/MEX/69/20. Comisión Económica para América Latina, México, D. F., 1969.
25. Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos. Istmo Centroamericano: reseña de actividades en el sector eléctrico; segundo semestre de 1970. (CEPAL/MEX/71/2). Comisión Económica para América Latina, México, D. F., 1971.

26. The Harza-Berger Association. Northern Guatemala Water and Related Land Resource Study; Volume I, Inventory Report. Informe para el Consejo Nacional de Planificación Económica. Guatemala, 1970.
27. Dante Caponera, Informe sobre política, administración y legislación de los recursos hidráulicos al nivel regional centroamericano. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Informe AT-2603, Roma, Italia, 1968.

