

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



E/CN.12/CCE/SC.5/76  
TAC/LAT/104/Regional  
Noviembre de 1973

ORIGINAL: ESPAÑOL

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

ISTMO CENTROAMERICANO. PROGRAMA DE EVALUACION DE  
RECURSOS HIDRAULICOS

VII. Istmo Centroamericano

(Informe regional)

Informe elaborado por el ingeniero J. Roberto Jovel, Asesor Regional en Recursos Hidráulicos de las Naciones Unidas asignado a la Subsede de la CEPAL en México, con base en estudios previos realizados por la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos y por el Grupo de Recursos Naturales CEPAL/OCT/OMM/OMS(OPS) adscrito a la Secretaría de la CEPAL en Santiago de Chile.

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

	<u>Página</u>
Presentación	1
Introducción	3
I. Potencial de los recursos de agua	7
1. Características meteorológicas generales	7
a) Factores determinantes del clima	7
b) Causas meteorológicas de las precipitaciones	8
2. Descripción resumida de la hidrografía	10
3. Características hidrogeológicas generales	14
4. Estimaciones de las disponibilidades de agua	16
a) Precipitación	17
b) Escorrentía superficial	19
c) Precipitación y caudales en años secos	24
d) Aguas subterráneas	26
e) Sumario de recursos hídricos disponibles	30
5. Estimación del potencial hidroeléctrico	33
6. Estimación provisional del balance de aguas	36
a) Estimación de la evapotranspiración	37
b) Evaluación de la ecuación hidrológica	38
7. Factores naturales que influyen en la disponibilidad y el aprovechamiento de las aguas	40
a) Topografía	40
b) Geología	40
c) Suelos agrícolas	41
d) Cobertura vegetal y evapotranspiración	42
II. Utilización actual y futura del agua	43
1. Aspectos generales	43
2. Riego de productos agrícolas	45
a) Potencial de irrigación	46
b) Usos del agua en 1970	46
c) Usos proyectados del agua	49

	<u>Página</u>
3. Suministros de agua y alcantarillado sanitario	57
a) Usos actuales del agua (1970)	59
b) Usos proyectados del agua	63
c) Contaminación del agua	63
4. Generación de energía hidroeléctrica	66
a) Utilización del agua en 1970	66
b) Utilización prevista para 1980 y 1990	71
c) Grado de aprovechamiento del potencial hidroeléctrico	73
5. Navegación fluvial	75
a) Usos actuales del agua	75
b) Usos proyectados	77
6. Otros usos y problemas relacionados con el agua	78
a) Recreación	78
b) Pesca, caza y cría de peces	79
c) Crecidas e inundaciones	79
d) Erosión y sedimentación	79
e) Drenaje	80
f) Contaminación	80
7. Resumen de usos y requerimientos de agua	81
a) Utilización del agua en 1970	81
b) Utilización proyectada para 1980	85
c) Utilización prevista para 1990	86
8. Balance de usos y disponibilidades de agua	86
a) Grado de aprovechamiento hídrico en 1970	88
b) Grado de utilización proyectada para 1980	90
c) Grado de utilización prevista para 1990	90
9. Cuencas hidrográficas prioritarias	91

	<u>Página</u>
III. Aspectos economicofinancieros, institucionales, legales e internacionales	99
1. Aspectos economicofinancieros	99
a) Inversiones	99
b) Financiamiento	101
c) Funcionamiento de la inversión	103
2. Aspectos institucionales	108
a) Riego y drenaje	108
b) Suministro de agua y alcantarillado sanitario	109
c) Generación de energía hidroeléctrica	110
d) Navegación fluvial	110
e) Evaluación del recurso	111
f) Programación del uso del recurso	112
3. Aspectos legales	113
a) Normas de ámbito continental	113
b) Normas de ámbito regional	114
c) Normas bilaterales	116
d) Normas internas o nacionales	117
4. Aspectos internacionales	118
a) Desarrollo regional integrado de los recursos de agua	118
b) Cuencas de interés internacional	120
c) El desarrollo hídrico como ahorro de divisas	121
IV. Conclusiones y recomendaciones	122
1. Conclusiones	122
a) Recursos disponibles	122
b) Utilización del agua en 1970	124
c) Utilización proyectada del agua	126
d) Aspectos economicofinancieros	128
e) Aspectos institucionales	129
f) Aspectos legales	130
g) Aspectos internacionales	131

	<u>Página</u>
2. Recomendaciones	132
a) Política general	132
b) Estudios a realizar	134
c) Aspectos legales	135
d) Aspectos institucionales	136
e) Aspectos economicofinancieros	137
Bibliografía	139

## INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		
1	Superficie de los países y sus vertientes	11
2	Superficie de las cuencas internacionales	13
3	Población de los países y sus vertientes en 1970	15
4	Precipitación anual media de los países y sus vertientes	18
5	Caudales medios superficiales por país y vertiente	21
6	Caudales disponibles en el estiaje	22
7	Caudales de ríos con interés internacional	25
8	Evaluación provisional de la ecuación hidrológica subterránea	28
9	Estimación provisional del rendimiento seguro de los depósitos de agua subterránea	31
10	Sumario de recursos hídricos disponibles	32
11	Disponibilidad media unitaria de recursos hidráulicos	34
12	Estimación provisional del potencial hidroeléctrico práctico	35
13	Superficie potencialmente regable	47
14	Superficie bajo riego y uso del agua en 1970	48
15	Demanda interna y exportaciones de cultivos anuales fuera del área centroamericana, estimadas para 1980 y 1990	51
16	Rendimientos agrícolas actuales y mejorados, 1967 a 1969, 1980 y 1990	53

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
17	Superficie a cultivar y regar en 1980 y 1990 para satisfacer la demanda de producción agrícola	54
18	Requerimientos de tierra y agua para riego estimados para 1980 y 1990	56
19	Porcentajes de población beneficiada y servida con sistemas de suministro de agua potable y eliminación de excreta a fines de 1970	58
20	Estimaciones de población para 1970, 1980 y 1990	60
21	Dotaciones per cápita de agua potable, 1970, 1980 y 1990	61
22	Requerimientos de agua para satisfacer necesidades domésticas e industriales, 1970, 1980 y 1990	62
23	Efluentes urbanos contaminados y caudales requeridos para dilución natural, 1970, 1980 y 1990	65
24	Demanda máxima de potencia y energía, 1970, 1980 y 1990	67
25	Participación de la hidroelectricidad en la producción de energía, 1970, 1980 y 1990	68
26	Características principales y uso del agua en centrales hidroeléctricas, 1970, 1980 y 1990	69
27	Grado de aprovechamiento del potencial hidroeléctrico práctico, 1970, 1980 y 1990	74
28	Longitud de ríos navegables y requerimientos de agua para navegación fluvial mínima e interoceánica, 1970, 1980 y 1990	76
29	Clasificación de los usos del agua, 1970, 1980 y 1990	82
30	Utilización sectorial del agua en los países, 1970, 1980 y 1990	83
31	Grados de utilización actual y proyectada de los recursos hídricos disponibles, 1970, 1980 y 1990	89
32	Características principales de las cuencas hidrográficas prioritarias, 1970, 1980 y 1990	93
33	Importancia de las cuencas prioritarias en el aprovechamiento hídrico de la región, 1970, 1980 y 1990	95
34	Grado de aprovechamiento en las cuencas hidrográficas prioritarias, 1970, 1980 y 1990	96

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
35	Inversiones sectoriales en actividades de evaluación y aprovechamiento del agua, acumuladas hasta fines de 1970	100
36	Inversiones sectoriales en actividades de evaluación y aprovechamiento del agua, programadas de 1971 hasta 1975	102
37	Fuentes de financiamiento de las inversiones realizadas hasta 1970 para la evaluación y el aprovechamiento del agua	104
38	Financiamiento previsto para las inversiones programadas en desarrollo hídrico, 1971 a 1975	105
39	Presupuesto anual y personal empleado por los sectores que evalúan y utilizan las aguas, 1971	107

INDICE DE LAMINAS\*

Lámina

- 1 Mapa hidrográfico
- 2 Mapa hidrogeológico preliminar
- 3 Isoyetas anuales medias

\* Se incluyen al final del documento.



## 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 1973 para conocer los problemas que plantea en el Istmo Centroamericano la utilización de las aguas disponibles y, en especial, su desarrollo integrado y con propósitos múltiples.

La serie mencionada consta de seis informes que corresponden a los seis países del Istmo, sobre la disponibilidad y utilización de los recursos hídricos en cada uno; a cada uno acompañan anexos sobre hidrología, meteorología y agua subterránea, abastecimiento de agua y desagües, riego y aspectos legales e institucionales. El estudio regional conjunto sintetiza la información de los estudios nacionales, incluye conclusiones y recomendaciones aplicables al Istmo Centroamericano y concluye la serie.

La elaboración del documento regional estuvo a cargo del ingeniero J. Roberto Jovel, Asesor Regional de las Naciones Unidas e integrante de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la CEPAL, que utilizó estudios y trabajos elaborados por expertos de la Oficina de Cooperación Técnica de las Naciones Unidas asignados a la Subsección de la CEPAL en México y por expertos del Grupo de Recursos Naturales CEPAL/OCT/OMM/OMS(OSP), adscrito a la Secretaría de la CEPAL en Santiago, y un experto de la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México. Se contó también con la colaboración de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Oficina Sanitaria Panamericana (CSP/OMS), y los organismos nacionales que tienen relación con los diversos sectores que usan el agua.

/INTRODUCCION



## 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, realizase "un examen preliminar de la situación relativa a los recursos hidráulicos en América Latina, su aprovechamiento actual o futuro en lo posible para fines múltiples tales como la energía, el riego, el suministro de agua y defensa contra inundaciones, tomando en cuenta otros factores y beneficios que se derivan de la construcción de las obras del uso del agua".

De acuerdo con lo señalado se analizó la disponibilidad y el aprovechamiento de los recursos de agua de Chile, el Ecuador, Venezuela, Bolivia, Colombia, la Argentina, Perú, el Uruguay y la Norpatagonia.

Por su parte, los gobiernos 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; debía incluir, además de las disponibilidades de agua, una proyección de la que se requiera para los diferentes usos; la determinación del papel que correspondería a los recursos hídricos --a mediano y largo plazo-- en el desarrollo económico y social de la región; la formulación de bases que permitieran adoptar una política coordinada en materia de utilización y conservación de los recursos; la identificación de los problemas con que tropieza la región en la actualidad para el mejor aprovechamiento de las aguas, recomendando medidas concretas que permitan solucionarlos a corto plazo; el análisis de los programas hidráulicos nacionales y la formulación de proyectos adicionales que tomen en cuenta posibilidades de desarrollo regional; el examen de la actual organización institucional y de las disposiciones legales vigentes a niveles nacionales, con miras a lograr su mejoramiento a nivel regional y, si fuere necesario, el establecimiento de una organización que tuviera

/a su cargo

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".

Concluidos los estudios y documentos relativos a Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, en el presente documento sobre el Istmo Centroamericano en conjunto, se sintetizan y articulan las conclusiones de los informes nacionales señalados, y se indican las posibilidades de un desarrollo regional integrado.

El documento incluye una estimación preliminar de las disponibilidades de agua superficial y subterránea; una evaluación de los usos actuales y previstos del recurso (hasta 1990) y un análisis de los aspectos económico-financieros, legales, institucionales e internacionales relacionados con el uso y conservación del agua. Describe los principales problemas que impiden o restringen el racional desarrollo del recurso, y señala medidas que podrían adoptarse para resolverlos.

Una vez definida la disponibilidad de recursos, el informe señala la forma en que habrán de ir disminuyendo en el futuro las disponibilidades per cápita a causa de la expansión demográfica. Se estiman las utilizaciones actuales (1970) del agua, realizadas por los diversos sectores de la economía que la requieren, y se proyectan estas demandas con base en el crecimiento demográfico anticipado y teniendo en cuenta las variaciones en el uso que resultan del incremento en el ingreso per cápita.

De la comparación entre requerimientos y disponibilidades del recurso se deduce que en las principales cuencas hidrográficas del Istmo --ubicadas generalmente en la vertiente del Pacífico-- la demanda excederá a la oferta en el futuro inmediato, situación que deberá resolverse a base de utilizaciones repetidas y complementarias del recurso y de la conservación adecuada de la calidad de las aguas.

De otra parte, el desarrollo de los recursos hídricos permitirá a los países lograr una progresiva disminución de importaciones netas de los sectores energético y agropecuario, con la consiguiente menor dependencia de los mercados externos y mejoría de sus balanzas de pagos.

El desarrollo hídrico también propiciaría un ambiente más sano para la población al proveerla de facilidades de acueducto y alcantarillado sanitario, permitiría un más amplio desarrollo de la industria, y favorecería la expansión del sistema de transportes a base de navegación fluvial.

En el informe se señala que si los países de la región lograran desarrollar sus recursos en forma integrada, podría racionalizarse y disminuir los requerimientos de capital con relación al desarrollo individual o nacional, al aprovecharse al máximo las diferencias de clima, hidrología y topografía de la región.

El documento también señala que no existen, por otro lado, las facilidades necesarias completas para lograr un óptimo desarrollo de los recursos en la región. A nivel nacional se presentan desbalances entre demandas y disponibilidades de agua, al encontrarse las primeras concentradas generalmente en zonas de menores recursos; las estructuras administrativas y los regímenes legales en vigencia presentan marcadas deficiencias que imponen restricciones al desarrollo; no se cuenta con todos los cuadros técnicos que serían de desear para cubrir todas las actividades del sector, y existen problemas de insuficiencia de financiamiento y de carencia de regímenes tarifarios adecuados para algunos subsectores. A nivel regional, a pesar de que una buena fracción de la superficie y los recursos de agua del área corresponden a cuencas de carácter internacional, se observa la falta de los acuerdos bilaterales o multilaterales y de los organismos tecnoadministrativos que serían necesarios para impulsar su desarrollo integrado.

Sería deseable, en consecuencia, la formulación y adopción --a nivel nacional y regional-- de una política de aprovechamiento hídrico que permitiera obtener los más altos beneficios económicos y sociales para la población, y también la realización de estudios pormenorizados sobre disponibilidad y utilización de recursos, así como sobre el amplio desarrollo de la irrigación y del potencial hidroeléctrico. Se expresa asimismo la conveniencia de fortalecer y mejorar las estructuras administrativas nacionales y de crear los organismos regionales que exigiría el amplio desarrollo previsto. Los regímenes legales de los países habrán de ampliarse,

/actualizarse

actualizarse y hacerse más flexibles para que incluyan todos los aspectos relacionados con el desarrollo y la conservación de las aguas; finalmente, se precisaría su armonización recíproca para facilitar la concertación de acuerdos dirigidos al aprovechamiento máximo de las aguas internacionales.

## I. POTENCIAL DE LOS RECURSOS DE AGUA

Para la descripción de las características hidrológicas, meteorológicas e hidrogeológicas de la región, se ha seguido el sistema de numeración de cuencas y estaciones establecido por el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano;<sup>1/</sup> de acuerdo con dicho sistema, las cuencas que desaguan hacia el Atlántico se designan con números impares y las que lo hacen al Pacífico, con números pares.

Se estudiaron grandes cuencas constituidas por agrupaciones de hoyas hidrográficas de limitada extensión con el propósito de analizar regiones de posible desarrollo hídrico integrado, con lo cual se reducirían además las posibilidades de error en los cálculos hidrológicos. (Véase la lámina 1.)<sup>2/</sup>

Las cifras sobre disponibilidades de agua que se presentan en este informe señalan el orden de magnitud de los valores reales, puesto que la información básica de que se dispuso al realizar los cálculos sólo ha permitido evaluaciones provisionales.<sup>3/</sup> Los valores señalados constituyen, sin embargo, una base valiosa para propósitos de planeamiento general hidráulico.

Mayores detalles sobre los diversos aspectos estudiados en este documento pueden encontrarse en los informes nacionales y sus anexos.

### 1. Características meteorológicas generales

#### a) Factores determinantes del clima

Se resumen enseguida los factores geográficos, oceanográficos y meteorológicos que contribuyen a formar el clima de la región.

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 informe.

2/ Las láminas que se citan en el texto aparecen al final del documento.

3/ En la fecha de elaboración de los cálculos del informe, la superficie con cobertura hidrométrica y meteorológica abarcaba aproximadamente un tercio de la región; como resultado del Proyecto Hidrometeorológico (PNUD/QMM) se cuenta ya con una cobertura que permitiría actualizar las cifras presentadas.

El territorio del Istmo, situado en el hemisferio norte entre las latitudes 7°10' y 18°30' y entre las longitudes oeste 77°10' y 91°30', está cruzado por cadenas montañosas que modifican las condiciones generales del clima tropical y determinan zonas con características locales donde se producen variaciones de clima a cortas distancias; el relieve, además de afectar al régimen térmico --ya que produce disminución de temperatura con la altura-- afecta a la circulación atmosférica de la región 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 que tienen lugar con las circulaciones atmosféricas que pasan sobre las mismas y más tarde sobre la región.

Desde el anticiclón semipermanente del Atlántico norte<sup>4/</sup> se generan los vientos alisios que llegan, en las capas bajas de la atmósfera, con dirección noreste, y se manifiestan en múltiples situaciones sinópticas (perturbaciones del clima normal) de intensidad variada. Las masas de aire tropical que usualmente cubren la región son húmedas y calientes, y por lo general condicionalmente inestables, liberando su humedad como precipitación mediante procesos dinámicos de ascenso por convergencia, calentamiento desde la superficie, o ascenso favorecido por la topografía. Masas de aire polar que se presentan habitualmente entre octubre y febrero, producen descensos de temperatura<sup>5/</sup> y precipitaciones; dependiendo de la ruta seguida, estas masas pueden venir acompañadas de mayor o menor temperatura y humedad.<sup>6/</sup>

#### b) Causas meteorológicas de las precipitaciones.

Las masas de aire portadoras de la humedad necesitan de los mecanismos dinámicos citados para que se produzca la precipitación, que sólo ocurre en presencia de una humedad suficiente.

<sup>4/</sup> Se refiere a la zona de alta presión ubicada cerca de las Bermudas.

<sup>5/</sup> En las más altas montañas de Guatemala, El Salvador y Costa Rica, se han observado temperaturas inferiores a cero grados centígrados como resultado de estos frentes fríos (2).

<sup>6/</sup> Si la trayectoria seguida es sobre el Golfo de México, estas masas adquieren mayor temperatura y humedad; cuando pasan sobre la meseta mexicana conservan más las características originales.



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

Los frentes fríos que llegan del norte producen lluvias aisladas y ligeras que aumentan en las zonas montañosas. Su efecto es notable en las zonas orientales de Guatemala, Honduras y Nicaragua; se reduce al mínimo más al sur y en la vertiente del Pacífico. (3)

Las ondas del este que se presentan en la corriente de los alisios producen lluvias intensas, de importancia notable cuando se hacen estacionarias y su extremo sur se asocia con la zona de convergencia intertropical.(4)

Las circulaciones locales constituyen procesos importantes en la evolución del clima y se deben a los calentamientos diferenciales que se relacionan con distintas superficies, como mar y tierra, o con irregularidades topográficas. La débil circulación general de la atmósfera que caracteriza a la región facilita el desarrollo de estas corrientes locales que se presentan en extensiones limitadas y en períodos de corta duración durante el día.

Los huracanes<sup>7/</sup> del Caribe y el Golfo de México afectan asimismo directamente a la región al penetrar o pasar cerca de las costas atlánticas de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica e indirectamente al resto del área por las alteraciones del flujo que se producen en la vecindad del huracán propiamente dicho; de cualquier manera, causan fuertes

<sup>7/</sup> Se refiere a centros de baja presión en los que se desarrollan vientos fuertes con velocidades superiores a 118 kilómetros por hora.

precipitaciones que se traducen en graves inundaciones con el consiguiente daño para la economía.<sup>8/</sup> Los ciclones tropicales (menos intensos que los huracanes) afectan directamente a la región en forma de precipitaciones de tipo atemporalado de reducida intensidad y relativamente larga duración.

Los temporales causan también lluvias de larga duración y baja intensidad que provocan usualmente crecidas en los ríos, y pueden llegar a alcanzar hasta un 15 por ciento de la precipitación anual.

## 2. Descripción resumida de la hidrografía

Los ríos de la región se dividen en dos grandes vertientes; la del Atlántico o mar Caribe, que abarca el 70 por ciento de la superficie total, y la del Pacífico, que ocupa el 30 por ciento restante. (Véase de nuevo la lámina 1.)

La divisoria de aguas se localiza a lo largo de las cadenas montañosas que se extienden desde la frontera de México con Guatemala hasta la de Panamá con Colombia. La divisoria se encuentra por lo general más cerca de la costa del Pacífico, por lo que los ríos que desaguan en este océano tienen recorridos más cortos y áreas de drenaje menores que los que vierten al Caribe.

Cabe señalar en este sentido que Guatemala, Honduras y Nicaragua poseen más del 80 por ciento de su territorio en la vertiente atlántica; El Salvador, Panamá y Costa Rica, en cambio, poseen entre el 100 y el 54 por ciento de su territorio en la del Pacífico. (Véase el cuadro 1.)

Los ríos de mayor área drenada en la vertiente del Pacífico son el Lempa (gran cuenca J) con alrededor de 19 000 kilómetros cuadrados, y el sistema Chucunaque-Tuira (gran cuenca SS), con cerca de 15 000. Les sigue, en orden decreciente, las de los ríos Choluteca (gran cuenca 04, 8 400 km<sup>2</sup>), Grande de Térraba (gran cuenca GG, 4 870 km<sup>2</sup>) y Bayano (gran cuenca RR, 4 630 km<sup>2</sup>).

<sup>8/</sup> Los siguientes huracanes y tormentas tropicales penetraron o pasaron cerca de territorio centroamericano durante el período 1960-69: Abby (60), Anna (61), Hattie (61), Sin nombre (64), Francelia (69) y Martha (69).

Cuadro 1

## ISTMO CENTROAMERICANO: SUPERFICIE DE LOS PAISES Y SUS VERTIENTES

País	Superficie total (km <sup>2</sup> )	Vertiente del Atlántico		Vertiente del Pacífico	
		Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del total	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del total
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>523 355</u>	<u>366 228</u>	70.0	<u>157 127</u>	30.0
Costa Rica	50 700	23 520	46.4	27 180	53.6
El Salvador	20 000	-	0.0	20 000	100.0
Guatemala <sup>a/</sup>	131 800	108 420	82.3	23 380	17.7
Honduras	115 205	95 138	82.6	20 067	17.4
Nicaragua	130 000	116 630	89.7	13 370	10.3
Panamá	75 650	22 520	29.8	53 130	70.2

Fuente: CEPAL

a/ Incluye Belice.

Los correspondientes a la vertiente del Caribe son el San Juan (gran cuenca AA) y el Usumacinta (gran cuenca A), con superficies superiores a 30 000 kilómetros cuadrados. Siguen en importancia las de los ríos Coco (gran cuenca V, 26 550 km<sup>2</sup>), Patuca (gran cuenca T, 25 650 km<sup>2</sup>), Ulúa (gran cuenca Q, 22 560 km<sup>2</sup>), y Grande de Matagalpa (gran cuenca X, 19 690 km<sup>2</sup>).

Lagos y lagunas abundan en la región, cubriendo incluso superficies extensas y regulando el escurrimiento superficial. Los de mayor importancia por su superficie son los de Nicaragua (8 624 km<sup>2</sup>) y Managua (1 042 km<sup>2</sup>) en la gran cuenca AA, el de Izabal (590 km<sup>2</sup>) en la gran cuenca B, el de Atitlán (138 km<sup>2</sup> y 1 560 metros de elevación) en la gran cuenca F, el de Yojoa (90 km<sup>2</sup> y 635 metros de elevación) en la gran cuenca Q, y el de Coatepeque (68 km<sup>2</sup>) en la gran cuenca J. Han sido construidos algunos lagos artificiales, como el de Gatún en la gran cuenca KK, para efectuar aprovechamientos con propósitos múltiples.

Varios ríos y lagos revisten carácter internacional al ser compartidas sus cuencas de drenaje por dos o más países vecinos, o servir sus cauces de frontera entre ellos.<sup>9/</sup> Su importancia es notable ya que las superficies de sus cuencas abarcan unos 185 800 kilómetros cuadrados lo cual equivale al 36 por ciento del territorio de la región;<sup>10/</sup> adicionalmente, cerca de 1 500 kilómetros lineales de sus cauces constituyen límite internacional. (Véase el cuadro 2.)

Es interesante señalar que, de los 16.4 millones de habitantes de la región en 1970, el 40 por ciento residía en la vertiente atlántica y el 60 por ciento, en la del Pacífico. La densidad de la población regional es de 31.3 habitantes por kilómetro cuadrado, correspondiendo a la

<sup>9/</sup> En la vertiente atlántica las cuencas de los ríos Selegua-Usumacinta-Hondo (A), Motagua (D), Coco o Segovia (V), San Juan (AA) y Sixaola-Changuinola (II) son internacionales; en la del Pacífico, lo son las de los ríos Suchiate (E<sub>1</sub>), Paz (I), Lempa (J), Goascofán (O<sub>2</sub>) Choluteca (O<sub>4</sub>) y Negro (O<sub>5</sub>).

<sup>10/</sup> La importancia de estas cuencas varía de un país a otro, ya que los porcentajes, con relación a la superficie nacional, son: Guatemala, 60 por ciento; El Salvador, 59; Nicaragua, 37; Costa Rica, 35; Honduras, 22, y Panamá, 5 por ciento.

Cuadro 2

## ISTMO CENTROAMERICANO: SUPERFICIE DE LAS CUENCAS INTERNACIONALES

País	Superficie total del país (km <sup>2</sup> )	Cuencas internacionales	
		Superficie de las cuencas (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de la superficie total
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>523 355</u>	<u>185 822</u>	<u>35.5</u>
Costa Rica	50 700	17 557	34.6
El Salvador	20 000	11 766	58.8
Guatemala <sup>a/</sup>	131 800	78 590	59.6
Honduras	115 205	25 792	22.4
Nicaragua	130 000	48 462	37.3
Panamá	75 650	3 655	4.8

Fuente: CEPAL.

<sup>a/</sup> Incluye Belice.

vertiente del Atlántico una densidad de 17.8 habitantes por kilómetro cuadrado y una de 62.7 a la del Pacífico. (Véase el cuadro 3.)

El país más poblado es Guatemala (5.2 millones de habitantes) y Panamá posee la menor población (1.5 millones). El Salvador acusa la mayor densidad demográfica (170 h/km<sup>2</sup>), y Nicaragua la menor (14.8 h/km<sup>2</sup>). (Véase de nuevo el cuadro 3.)

### 3. Características hidrogeológicas generales

La descripción de las características hidrogeológicas generales de la región se orienta especialmente a la identificación de zonas que puedan garantizar aprovechamientos en gran escala del agua subterránea. Se basa en estudios y mapas geológicos disponibles (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19) y en los resultados de investigaciones cuantitativas llevadas a cabo en áreas o cuencas específicas (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30).

Constituyen importantes zonas de recarga y almacenamiento o depósito de agua subterránea las siguientes formaciones geológicas (véase la lámina 2): i) depósitos de materiales aluvionales de los períodos Cuaternario y Reciente, identificados en el mapa con los símbolos Qal y Qta, que se ubican en las planicies costeras e interiores de la región; ii) disposiciones de materiales volcánicos no consolidados de carácter variado --identificados con los símbolos Qv, TQv, Qp, Qpa, Qpr, Qp-- que pertenecen a los períodos comprendidos desde el Plio-pleistoceno al Reciente, y están ubicados en las cadenas montañosas costeras que sirven de divisoria continental y de parte-aguas entre cuencas vecinas.

Se han localizado áreas de descarga natural de agua subterránea en las planicies costeras donde ocurren deflujos subterráneos hacia el mar, y en numerosas zonas de escasa altitud donde la tabla freática no es profunda y ocurre evapotranspiración directa de agua subterránea.

Las formaciones volcánicas, sedimentarias y metamórficas de los períodos Terciario, Cretácico y anteriores, señaladas con el símbolo KT en la lámina 2 y ubicadas en regiones muy extensas de la región, salvo

Cuadro 3

## ISTMO CENTROAMERICANO: POBLACION DE LOS PAISES Y SUS VERTIENTES EN 1970

País	Total del país		Vertiente del Atlántico			Vertiente del Pacífico		
	Población (miles de habitantes)	Densidad demográ- fica (h/km <sup>2</sup> )	Población (miles de habitantes)	Por ciento del total	Densidad demográ- fica (h/km <sup>2</sup> )	Población (miles de habitantes)	Por ciento del total	Densidad demográ- fica (h/km <sup>2</sup> )
Istmo Centroamericano	<u>16 356.4</u>	31.3	<u>6 500.0</u>	39.7	17.8	<u>9 856.9</u>	60.3	62.7
Costa Rica	1 756.9	34.5	342.8	19.6	14.6	1 414.1	80.4	52.2
El Salvador	3 393.5	169.7	-	-	-	3 393.5	100.0	169.7
Guatemala	5 241.1	39.8	2 867.4	54.7	26.5	2 373.7	45.3	102.0
Honduras	2 556.2	22.2	1 554.4	60.8	16.3	1 002.3	29.2	49.9
Nicaragua	1 920.7	14.8	1 496.2	77.9	12.9	424.5	22.1	31.8
Panamá	1 488.0	19.7	239.2	16.1	10.7	1 248.8	83.9	23.5

Fuente: CEPAL.

excepciones, <sup>11/</sup> poseen características adversas para el aprovechamiento en gran escala del agua subterránea; pueden, sin embargo, proveer caudales limitados localmente para abastecer necesidades municipales y domésticas.

La siguiente podría ser una generalización provisional de los valores de permeabilidad de algunas de las unidades hidrogeológicas identificadas:

	Coeficiente de permeabilidad <sup>12/</sup>	
	l/m/m <sup>2</sup>	GPD/pie <sup>2</sup>
Materiales volcánicos no consolidados del Cuaternario, Qv	28 - 140	1 000 - 5 000
Materiales aluvionales, cuaternarios y recientes, Qal	9 - 28	300 - 1 000
Materiales volcánicos de carácter riolítico y andesítico del Pliopleistoceno, Qr y Qpa	3 - 11	100 - 400
Materiales piroclásticos Pliopleistocénicos, Qp y Qup	1.5 - 10	50 - 350

El rendimiento específico de dichos materiales oscila, en todos los casos, entre el 2 y el 30 por ciento.

Existe la posibilidad de que una extracción en gran escala provoque intrusión de agua salada en los acuíferos costeros conectados hidráulicamente con el océano cuando la elevación y la pendiente de la tabla freática sean limitadas.

#### 4. Estimaciones de las disponibilidades de agua

La evaluación de las disponibilidades de agua sólo debe considerarse indicativa del orden de magnitud de su valor real por no haber permitido estimaciones de mayor precisión la información de que se dispuso, aunque fue procesada por procedimientos altamente confiables. Las cifras obtenidas deben considerarse, en cualquier caso, de utilidad definitiva para propósitos de planificación general del aprovechamiento del recurso.

<sup>11/</sup> Algunas formaciones sedimentarias constituidas por areniscas y calizas ubicadas en Guatemala y Panamá podrían constituir depósitos de alguna importancia y rendir caudales razonables mediante pozos.

<sup>12/</sup> Litros por minuto, por metro cuadrado; galones por día por pie cuadrado.



a) Precipitación

1) Distribución geográfica. En las estimaciones realizadas se ha considerado únicamente la precipitación pluvial, sin tomar en cuenta el rocío, el granizo o la nieve.<sup>13/</sup>

Las precipitaciones anuales medias en la región oscilan entre más de 6 000 y menos de 500 milímetros, como puede apreciarse en la lámina 3.

Núcleos de precipitaciones anuales superiores a los 4 000 milímetros se observan en Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, generalmente en las partes bajas de la vertiente atlántica. Se observan dos franjas con precipitaciones inferiores a 1 000 milímetros, una en la parte central de Guatemala y la otra entre Honduras y Nicaragua.

ii) Precipitación anual promedia. El volumen precipitado en la región durante un año normal, calculado a base del mapa de isoyetas, se estima en 1 137 400 millones de metros cúbicos, o en una lámina equivalente de 2.17 metros. Corresponden a la vertiente del Atlántico 305 900 millones de metros cúbicos y a la del Pacífico 339 500; las láminas respectivas son de 2.20 y 2.10 metros. (Véase el cuadro 4.)

Los países que reciben el mayor volumen son Guatemala y Nicaragua (288 900 y 278 100 millones de metros cúbicos, respectivamente), pero acusan la mayor lámina Costa Rica y Panamá (2.79 y 2.58 metros, respectivamente). El Salvador recibe el menor volumen total (36 370 millones de metros cúbicos) y Honduras la menor lámina (1.71 metros)

Las vertientes atlánticas de Costa Rica y Panamá resultan más lluviosas al recibir más de 3 000 milímetros; las más secas son las del Pacífico en Honduras y Nicaragua, con láminas inferiores a 1.5 metros.

iii) Régimen de las precipitaciones. La distribución de la precipitación a lo largo del año acusa una marcada distribución estacional en

<sup>13/</sup> La nieve y el granizo ocurren sólo ocasionalmente en regiones de limitada extensión por la relativamente alta temperatura media de la región. El rocío no se tomó en cuenta al no existir mediciones de su magnitud, aunque se reconozca la importancia que tiene para la evapotranspiración durante los meses de la estación seca.

Cuadro 4

## ISTMO CENTROAMERICANO: PRECIPITACION ANUAL MEDIA DE LOS PAISES Y SUS VERTIENTES

País	Total del país		Vertiente			
	Volumen (millones de m <sup>3</sup> )	Lámina (metros)	Del Atlántico		Del Pacífico	
			Volumen (millones de m <sup>3</sup> )	Lámina (metros)	Volumen (millones de m <sup>3</sup> )	Lámina (metros)
Istmo Centroamericano	1 137 430	2.17	305 885	2.20	329 545	2.10
Costa Rica	141 523	2.79	70 027	2.98	71 496	2.63
El Salvador	36 367	1.82	-	-	36 367	1.82
Guatemala	288 868	2.18	234 393	2.16	52 475	2.24
Honduras	197 462	1.71	169 787	1.78	27 675	1.38
Nicaragua	278 060	2.14	257 683	2.21	20 372	1.52
Panamá	195 150	2.58	73 990	3.28	121 170	2.28

Fuente: CEPAL.

la mayor parte de la región ya 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 regiones extensas de la vertiente del Caribe, sin embargo, llueve en realidad durante todo el año, con ligeras disminuciones durante el período comprendido entre febrero y abril.

La estacionalidad de las precipitaciones va aumentando desde las costas del Atlántico hacia las del Pacífico. Puede decirse que a todo lo largo de la costa del Caribe ocurre menos del 70 por ciento de la precipitación anual durante el período mayo-octubre, mientras en la costa del Pacífico (con excepción de Panamá) dicho porcentaje oscila entre 90 y más de 95.

Durante el período de mayores lluvias se presentan dos máximas mensuales, la primera en junio o julio y la segunda en septiembre u octubre, con variaciones según la zona de que se trate. Los menores valores mensuales ocurren entre febrero y abril, siendo febrero y marzo usualmente los más bajos.

Las variaciones que experimentan las lluvias de un año a otro desde el punto de vista de su utilidad son de gran importancia, al igual que su distribución a lo largo del año. En estaciones con registros de larga duración, análisis de precipitación han permitido establecer desviaciones con respecto al promedio que generalmente oscilan entre -10 y +10 por ciento, aunque se hayan observado extremos de -19 y +31 por ciento.

Los coeficientes de variación determinados para los valores anuales de estaciones seleccionadas están comprendidos entre el 10 y el 40 por ciento; la mayoría lo está entre el 12 y el 24 por ciento y no se aprecia ninguna variación regional definida. Los valores mensuales correspondientes oscilan dentro de un rango más amplio, que va desde 10 a más de 600 por ciento.

b) Escorrentía superficial

i) Caudales medios superficiales. Las estimaciones efectuadas se basan en información disponible para la parte de la región que posee control hidrométrico y se han hecho a base de correlaciones simples para poder aplicarlas a toda la región.

/Se estima

Se estima que unos 629 000 millones de metros cúbicos escurren superficialmente hacia los océanos durante un año de precipitación normal, lo cual supone un coeficiente promedio de escorrentía del 56 por ciento. El caudal equivalente es de 19 950 metros cúbicos por segundo; de ellos, 14 160 (el 71 por ciento) desaguan hacia el Atlántico y 5 790 hacia el Pacífico. Los valores extremos entre países corresponden a Nicaragua ( $5\,520\text{ m}^3/\text{s}$ ) y El Salvador ( $601\text{ m}^3/\text{s}$ ). (Véase el cuadro 5.)

El rendimiento unitario promedio para la región es de 38 litros por segundo por kilómetro cuadrado, correspondiendo a las cuencas que drenan hacia el Atlántico un rendimiento de  $38.7\text{ l/s/km}^2$ , y a las que lo hacen al Pacífico uno de  $36.7\text{ l/s/km}^2$ . Los valores más altos pertenecen a la vertiente atlántica de Panamá ( $70\text{ l/s/km}^2$ ) y Costa Rica ( $67\text{ l/s/km}^2$ ); el más bajo, a la vertiente pacífica de Honduras ( $14\text{ l/s/km}^2$ ). (Véase de nuevo el cuadro 5.)

Sobre la base de la población estimada para 1970, la región contaba con una disponibilidad media de 38 500 metros cúbicos anuales por habitante, de  $68\,700\text{ m}^3/\text{h/año}$  para los de la vertiente atlántica y de 18 500 para los del Pacífico. Evidencia lo anterior una desproporción entre los recursos de agua y la población, que se torna aún más significativa si se advierte que en las cuencas de la vertiente atlántica de Panamá se encuentran disponibles 209 400 metros cúbicos por cápita mientras en El Salvador sólo se cuenta con 5 600. (Véase de nuevo el cuadro 5.)

ii) Caudales disponibles durante el estiaje. Como los caudales medios sólo pueden aprovecharse a base de costosas obras de almacenamiento de agua, es importante conocer los caudales mínimos que podrían utilizarse mediante aprovechamientos económicos por derivación. Para ello se calculó el caudal superado el 95 por ciento del tiempo que representa las disponibilidades durante el estiaje, a base de los registros hidrológicos disponibles.

Se estima una disponibilidad de unos 2 675 metros cúbicos por segundo en los ríos de la región durante el estiaje; de ellos,  $1\,830\text{ m}^3/\text{s}$  (el 68 por ciento) corresponden a los ríos que desembocan al Atlántico y 845 a los que desaguan al Pacífico. (Véase el cuadro 6.)

Cuadro 5

## ISTMO CENTROAMERICANO: CAUDALES MEDIOS SUPERFICIALES POR PAIS Y VERTIENTES

País	Total del país				Vertiente del Atlántico				Vertiente del Pacífico			
	Disponibilidad absoluta		Disponibilidad unitaria		Disponibilidad absoluta		Disponibilidad unitaria		Disponibilidad absoluta		Disponibilidad unitaria	
	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h/año a/	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h/año a/	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	l/s/km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h/año a/
Istmo Centroamericano	628 977 <sup>b/</sup>	19 950 <sup>b/</sup>	38.1	38.5	446 607	14 160	38.7	68.7	182 370 <sup>b/</sup>	5 790 <sup>b/</sup>	36.7	18.5
Costa Rica	95 218	3 019	59.6	54.2	49 807	1 579	67.0	145.3	45 411	1 440	53.0	32.1
El Salvador	18 953 <sup>c/</sup>	601 <sup>c/</sup>	30.0	5.6	-	-	-	-	18 953 <sup>c/</sup>	601 <sup>c/</sup>	30.0	5.6
Guatemala	116 681	3 697	28.2	22.3	86 522	2 744	25.3	30.2	30 159	953	40.8	12.7
Honduras	101 844	3 229	28.1	39.8	92 945	2 947	30.9	59.8	8 899	282	14.1	8.9
Nicaragua	174 112	5 529	42.5	90.7	167 249	5 302	45.4	111.8	6 363	218	16.4	16.2
Panamá	127 010	4 038	53.6	85.4	50 084	1 588	70.3	209.4	76 926	2 450	46.0	61.6

Fuente: CEPAL.

a/ A base de estimaciones de población para 1970.

b/ Se excluyen del total 4 841 millones de metros cúbicos (153.5 m<sup>3</sup>/s) de acuerdo con la nota c.c/ Incluyen 4 841 millones de metros cúbicos (153.5 m<sup>3</sup>/s que se originan en Honduras y Guatemala).

Cuadro 6

## ISTMO CENTROAMERICANO: CAUDALES DISPONIBLES EN EL ESTIAJE

País	Total del país		Vertiente			
	Caudal de estiaje (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal medio	Del Atlántico		Del Pacífico	
			Caudal de estiaje (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal medio	Caudal de estiaje (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal medio
Istmo Centroamericano	2 673 <sup>a/</sup>	13.4	1 823	12.9	845 <sup>a/</sup>	14.6
Costa Rica	496	16.5	270	17.1	226	15.7
El Salvador	90 <sup>b/</sup>	15.0	-	-	90 <sup>b/</sup>	15.0
Guatemala	510	13.8	298	10.9	212	22.3
Honduras	434	13.4	394	13.4	40	14.2
Nicaragua	564	10.2	552	10.4	12	5.5
Panamá	592	14.7	314	19.7	278	11.3

Fuente: CEPAL.

<sup>a/</sup> Excluye 13 metros cúbicos por segundo de acuerdo con la nota b.<sup>b/</sup> Incluye 13 metros cúbicos por segundo que se originan en Honduras y Guatemala.

La desproporción antes señalada entre población y agua disponible, se pone más de relieve al considerar estas cifras.

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

La alimentación de los ríos es exclusivamente pluvial; la presencia de algunos lagos de considerable extensión regula el escurrimiento de los ríos en algunas cuencas y la respuesta a las lluvias ocurre con un cierto desfase en relación a la precipitación, que depende de las características geológicas, topográficas, de vegetación y uso de las cuencas, lo mismo que del contenido de humedad en los suelos. La respuesta de los ríos resulta más rápida en la estación lluviosa<sup>14/</sup> por la saturación de los suelos; en la época seca, la reacción es más lenta debido a la reducida humedad de los suelos, a las menores lluvias y la mayor oportunidad de evaporación; llegan así a interrumpir su flujo algunos ríos de la vertiente del Pacífico.

A pesar de las grandes distancias que pueda haber entre los ríos de la región, algunas características les son comunes en relación a su escurrimiento: un período de aguas altas se inicia en mayo y se extiende hasta noviembre o diciembre, y otro de aguas bajas se presenta entre enero y abril.

El análisis de los caudales medios mensuales indica que durante la época de aguas altas ocurre una doble onda similar a la de la precipitación, en la que el máximo absoluto se produce entre septiembre y noviembre y el secundario en junio o julio;<sup>15/</sup> a partir de diciembre los caudales decrecen rápidamente, siendo marzo y abril los meses de los menores caudales.

La fracción del escurrimiento total que se observa durante los seis meses consecutivos de mayor derrame --entre junio y noviembre, excepto

<sup>14/</sup> A la estación lluviosa se le llama erróneamente "inverno", cuando en realidad corresponde al verano astronómico.

<sup>15/</sup> En las cuencas altas de los ríos Patuca (gran cuenca T) y Choluteca (04), el máximo principal se observa entre junio y julio.

para Panamá donde es entre julio a diciembre-- oscila entre 52 y 95 por ciento. Puede comprobarse que los valores menores corresponden a la vertiente atlántica, y los mayores a los ríos que desaguan al Pacífico; en general, los ríos del Atlántico en Costa Rica y Panamá acusan los valores más bajos de la región.

El coeficiente de irregularidad de los ríos --obtenido de dividir el volumen que se precisaría almacenar para obtener una regulación total entre el escurrimiento anual-- acusa valores más altos en la vertiente del Pacífico, con excepción de la zona occidental de Guatemala; los valores menores corresponden a las cuencas del Atlántico, en especial de Costa Rica y Panamá.

iv) Aguas de interés internacional. Numerosos son los ríos de la región que tienen cuencas de recogimiento compartidas por dos o más países (el 36 por ciento de la superficie de la región aproximadamente); a ellas corresponde un caudal de unos 5 225 metros cúbicos por segundo que representa el 26 por ciento del caudal total estimado para la región y señala la importancia de estos recursos. La proporción varía de un país a otro, oscilando entre un máximo de 75 por ciento para El Salvador y un mínimo de 5 por ciento para Panamá. (Véase el cuadro 7.)

Debe tenerse en cuenta que los caudales indicados en el cuadro han sido estimados en relación directa con las precipitaciones caídas en cada país, por lo que sólo deben considerarse indicadores de un orden de magnitud.

c) Precipitación y caudales en años secos

Para obtener una primera aproximación de la magnitud de los recursos disponibles en años secos se analizó la información referente a variabilidad de la precipitación (31, 32) y se calcularon los coeficientes de sequía o aridez para años secos con recurrencia de una vez cada diez años, para cada gran cuenca considerada.<sup>16/</sup>

<sup>16/</sup> El coeficiente de sequía o aridez es la relación entre la precipitación excedida el 90 por ciento del tiempo y la excedida sólo el 50 por ciento del mismo.



Cuadro 7

## ISTMO CENTROAMERICANO: CAUDALES DE RIOS CON INTERES INTERNACIONAL

País	Total del país		Vertiente del Atlántico		Vertiente del Pacífico	
	Caudal de ríos internacionales (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal (total)	Caudal de ríos internacionales (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal (total)	Caudal de ríos internacionales (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje del caudal (total)
Istmo Centroamericano	5 226 <sup>a/</sup>	26.2	4 539	32.1	687 <sup>a/</sup>	11.9
Costa Rica	989	32.8	989	62.7	-	0.0
El Salvador	451 <sup>b/</sup>	75.0	-	-	451 <sup>b/</sup>	75.0
Guatemala	1 651	44.6	1 530	55.8	121	12.7
Honduras	581	18.0	338	11.5	243	86.2
Nicaragua	1 491	27.0	1 465	27.7	26	12.0
Panamá	217	5.4	217	13.7	-	0.0

Fuente: CERIL.

a/ Excluye del total 154 m<sup>3</sup>/s de acuerdo con la nota b.b/ Incluye 154 m<sup>3</sup>/s originados en Honduras y Guatemala.

La precipitación del año seco se obtuvo multiplicando la correspondiente al año normal por el coeficiente de sequía y se calculó la escorrentía del año seco suponiendo el mismo coeficiente de escurrimiento que en el caso de años normales.

Puede afirmarse que durante un año seco con recurrencia de una vez cada 10 años, la precipitación y la escorrentía en las grandes cuencas consideradas oscila entre el 68 y el 85 por ciento de los valores normales. Los valores menores corresponden a las cuencas de la vertiente del Pacífico, los mayores, a las del Atlántico.

Como las sequías afectan usualmente a regiones de limitada extensión, no se señalan precipitaciones o caudales totales para los países o las vertientes.<sup>17/</sup> En el caso de cuencas, subcuencas y localidades en particular, el rango de variación arriba señalado sería más amplio.

d) Aguas subterráneas

Se calcula a continuación el rendimiento seguro probable de los depósitos de agua subterránea de la región que corresponden a formaciones volcánicas y aluvionales de los períodos Pliopleistocénico al Reciente, aunque por la escasa información hidrogeológica cuantitativa disponible los resultados señalados deban considerarse sólo indicativos de un orden de magnitud.<sup>18/</sup>

i) Evaluación de la ecuación hidrológica subterránea. Se evaluó con carácter provisional la ecuación de balance hidrológico subterráneo, partiendo del supuesto de que todos los depósitos individuales estuvieran agrupados imaginariamente en una sola unidad.

Con base en estudios hidrogeológicos realizados en áreas o cuencas específicas de la región (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) se

<sup>17/</sup> Tal es el caso de la sequía que afectó algunas cuencas de la vertiente del Pacífico el año de 1972, ubicadas principalmente en Nicaragua, Costa Rica, Honduras y El Salvador.

<sup>18/</sup> De las estimaciones se excluye la vertiente atlántica de Guatemala por haberse dispuesto a su respecto de información muy limitada.

asignaron los siguientes valores conservadores de infiltración, expresados como porcentajes de la lluvia anual, a las diversas unidades hidrogeológicas identificadas:

	<u>Coefficiente de infiltración (porcentaje)</u>
Materiales volcánicos no consolidados del Cuaternario, Qv	45 - 60
Materiales volcánicos no consolidados, del Pliopleistoceno (TQv, Qp, Qvp, Qpr, Qpa)	15 - 50
Materiales aluvionales, cuaternarios y recientes, Qal y Qta	35 - 50
Materiales no diferenciados del Terciario, Cretácico y anteriores, KT	2 - 7

Después de medir sobre el mapa hidrogeológico la extensión de cada unidad, se calcularon coeficientes ponderados de infiltración para cada cuenca, que, al multiplicarse por la precipitación, permitieron obtener una primera estimación de la infiltración anual por cuencas. En total, más de 130 000 millones de metros cúbicos parecen infiltrarse hacia los depósitos subterráneos durante un año de precipitación normal; esa cantidad supone entre el 10 y el 30 por ciento de la precipitación en las vertientes de los países de la región. (Véase el cuadro 8.)

La evapotranspiración directa de agua subterránea que ocurre en zonas de tabla freática somera y en las que existen condiciones pantanosas --cuya extensión fue previamente determinada (33)-- se estimó por el método de Blaney y Criddle (34); se calcula así su valor en más de 25 000 millones de metros cúbicos para la región, lo cual equivale al 20 por ciento de la infiltración estimada.

Empleando valores aproximados de las características físicas e hidráulicas de los acuíferos costeros, se calculó provisionalmente que unos 17 000 millones de metros cúbicos defluyen subterráneamente hacia el mar, deflujo subterráneo que representaría un 13 por ciento de la infiltración.

Cuadro 8

ISTMO CENTROAMERICANO: EVALUACION PROVISIONAL DE LA ECUACION  
HIDROLOGICA SUBTERRANEA

(Millones de metros cúbicos)

País	Infiltración total de la precipitación	Evapotrans- piración directa	Deflujo sub- terráneo al océano	Caudal base <u>a/</u>
Istmo Centroamericano	<u>132 800</u>	<u>26 441</u>	<u>17 168</u>	<u>89 203</u>
Costa Rica	23 523	1 920	4 295	17 308
El Salvador	6 875	696	2 313	3 865
Guatemala <sup>b/</sup>	15 550	1 030	3 600	10 930
Honduras	24 400	5 650	350	18 400
Nicaragua	42 055	14 745	4 610	22 700
Panamá	20 400	2 400 <sup>c/</sup>	2 000 <sup>c/</sup>	16 000 <sup>c/</sup>

Fuente: CEPAL.

a/ Obtenido por diferencia entre aflujo y deflujos, suponiendo que no hay cambio en almacenamiento.

b/ Incluye solamente la vertiente del Pacífico.

c/ Cifras redondeadas; estimación burda.

Se desestimaron la extracción anual efectiva y los cambios netos en almacenamiento de los depósitos para los efectos del balance general de la región por ser de limitada magnitud las extracciones existentes.

El caudal base de los ríos, formado por el rebalse de los depósitos subterráneos que se encuentran llenos por causa de la recarga y por la falta de aprovechamientos en gran escala, se calculó en unos 90 000 millones de metros cúbicos anuales, por diferencia entre aflujo y deflujos en la ecuación de balance hídrico subterráneo. Este volumen equivale a un caudal medio cercano a 2 850 metros cúbicos por segundo, y representa un 67 por ciento de la infiltración total estimada o un 14 por ciento del caudal total de los ríos.

La evaluación de los componentes de la ecuación hidrológica subterránea para la región y para cada país en particular, se indica en el cuadro 8.

ii) Rendimiento seguro de los depósitos. La tasa de aprovechamiento de los depósitos subterráneos se estimó con base en la tasa de recarga o renovación de los mismos. El rendimiento seguro de los depósitos equivale a la suma de las porciones recuperables de los componentes de deflujo en el balance, siempre que se mantenga un balance de largo plazo en el almacenamiento de los depósitos (35).

Se ha estimado que podría recuperarse un 30 por ciento de la evapotranspiración directa del agua subterránea (7 900 millones de metros cúbicos por año), como resultado de la subsidencia del nivel freático inducida por una extracción en gran escala. Parece factible recuperar alrededor del 5 por ciento del deflujo subterráneo al océano que ocurre en formaciones aluvionales y volcánicas de los períodos Cuaternario y Reciente (780 millones de metros cúbicos) por medio de sistemas de pozos instalados exclusivamente para este propósito. El caudal base recuperable, mediante la operación de sistemas de pozos que induzcan descensos notables en el nivel freático e interceptan el flujo subterráneo antes de que aparezca en los ríos, podría acercarse al 43 por ciento del total, o sea unos 39 000 millones de metros cúbicos.

/En total,

En total, como se anota en el cuadro 9, se estima factible recuperar unos 48 300 millones de metros cúbicos por año, equivalentes al 36 por ciento del volumen total infiltrado. Ello puede representarse como un caudal medio de unos 1 500 metros cúbicos por segundo.

Cabe señalar que dichos caudales constituyen una fracción significativa del agua total disponible en la región, aunque estén parcialmente incluidos en la cifra correspondiente a caudal superficial. Es importante recordar también que el potencial de agua subterránea no está distribuido uniformemente en el espacio por lo que se precisará realizar estudios detallados para determinar la ubicación y las características de los depósitos individuales. De otra parte, debe señalarse la posibilidad de intrusión de agua salada en los acuíferos costeros de realizarse extracciones elevadas sin el debido control.

e) Sumario de recursos hídricos disponibles

Durante un año de precipitación normal recibe la región aproximadamente 1.1 billones (1 137 400 millones) de metros cúbicos de agua, el 70 por ciento de los cuales corresponde a la vertiente del Atlántico y el 30 por ciento restante a la del Pacífico. La escorrentía superficial correspondiente es de 19 950 metros cúbicos por segundo, que implican un coeficiente medio de escurrimiento de 56 por ciento para la región; de ello, 14 160 metros cúbicos por segundo escurren en ríos que desaguan al Atlántico y 5 790, en los que desaguan al Pacífico. Existe, por lo tanto, una disponibilidad media por habitante de 30 500 metros cúbicos anuales (1970), siendo el caudal unitario para la región de 38.1 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie. (Véase el cuadro 10.)

El caudal disponible durante el estiaje se estima en unos 2 675 metros cúbicos por segundo (13 por ciento del caudal medio) de los cuales en la vertiente atlántica escurren 1 830 metros cúbicos por segundo, y en la del Pacífico unos 845. (Véase de nuevo el cuadro 10.)

El rendimiento seguro de los depósitos existentes de agua subterránea en la región se estima en unos 1 500 metros cúbicos por segundo, cifra significativa parcialmente incluida en los caudales de superficie. (Véase de nuevo el cuadro 10.)

Cuadro 9

ISTMO CENTROAMERICANO: ESTIMACION PROVISIONAL DEL RENDIMIENTO  
 SEGURO DE LOS DEPOSITOS DE AGUA SUBTERRANEA

País	Total del país		Vertiente del Atlántico		Vertiente del Pacífico	
	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	Millones de m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s
Istmo Centroamericano	<u>48 303</u>	<u>1 531</u>	<u>29 992</u>	<u>951</u>	<u>18 311</u>	<u>580</u>
Costa Rica	10 540	334	6 145	195	4 395	139
El Salvador	2 635	83	-	-	2 635	83
Guatemala <sup>a/</sup>	6 110	194	...	...	6 110	194
Honduras	9 095	288	8 022	254	1 073	34
Nicaragua	16 630	527	15 380	488	1 250	39
Panamá	3 293	105	445	14	2 848	91

Fuente: CEPAL.

a/ Incluye solamente la vertiente del Pacífico.

Cuadro 10

## ISTMO CENTROAMERICANO: SUMARIO DE RECURSOS HIDRICOS DISPONIBLES

(Metros cúbicos por segundo)

País	Total del país			Vertiente del Atlántico			Vertiente del Pacífico		
	Caudal medio	Caudal de estiaje	Agua subterránea	Caudal medio	Caudal de estiaje	Agua subterránea	Caudal medio	Caudal de estiaje	Agua subterránea
Istmo Centroamericano	19 950 <sup>a/</sup>	2 673 <sup>b/</sup>	1 531	14 160	1 828	951	5 790 <sup>a/</sup>	845 <sup>b/</sup>	580
Costa Rica	3 019	496	334	1 579	270	195	1 440	226	139
El Salvador	601 <sup>c/</sup>	90 <sup>d/</sup>	83	-	-	-	601 <sup>c/</sup>	90 <sup>d/</sup>	83
Guatemala	3 697	510	194	2 744	298	...	953	212	194
Honduras	3 229	434	288	2 947	394	254	262	40	34
Nicaragua	5 520	564	527	5 302	552	488	218	12	39
Panamá	4 038	592	105	1 500	314	14	2 450	278	91

Fuente: CEPAL.

a/ Excluye del total 154 m<sup>3</sup>/s de acuerdo con la nota c.b/ Excluye del total 13 m<sup>3</sup>/s de acuerdo con la nota d.c/ Incluye 154 m<sup>3</sup>/s que se originan en Honduras y Guatemala.d/ Incluye 13 m<sup>3</sup>/s que se originan en Honduras y Guatemala.



Las cifras anteriores indican una amplia disponibilidad de aguas a nivel regional; sin embargo, la distribución espacial del recurso no es uniforme, y a las zonas de mayor densidad poblacional corresponden áreas con menores recursos hídricos. (Véase el cuadro 11.)

### 5. Estimación del potencial hidroeléctrico

Se estimó el potencial hidroeléctrico de la región sobre la base de las disponibilidades de agua superficial y de los valores correspondientes de elevación media de las grandes cuencas, calculados éstos con base en los mapas topográficos disponibles.

Se calculó inicialmente el potencial hidroeléctrico teórico como la energía que podría generarse al emplear todo el caudal superficial si se contase con toda la caída teóricamente disponible;<sup>19/</sup> el potencial práctico se calculó enseguida como una fracción del valor teórico, compensándose el hecho de que no toda el agua ni toda la diferencia de niveles puede encontrarse disponible simultáneamente.<sup>20/</sup>

Se estimaron valores de potencial hidroeléctrico práctico, utilizando el caudal medio y el de estiaje; los primeros podrían considerarse representativos para cuencas en las que pueda disponerse de regulación anual de caudales, y los segundos determinan la potencia firme en centrales a filo de agua.

De acuerdo con los cálculos realizados, cuyos resultados aparecen en el cuadro 12, la región cuenta con un potencial práctico medio de 155 600 Gigavatios-hora, de los cuales un 65 por ciento correspondería a cuencas del Atlántico y el 35 por ciento restante a las del Pacífico. Si se asume utilización constante de las centrales (8 760 horas anuales de operación), la región contaría con una potencia media práctica de 17 700 megavatios, y una potencia media unitaria de 33.7 kilovatios por kilómetro cuadrado de superficie.

<sup>19/</sup> El cálculo se efectuó a base de la ecuación  $E_t = QH/367$  en donde  $E_t$  es la energía teórica disponible (en Gigavatios-hora); Q es el volumen anual escurrido (en millones de metros cúbicos), y H es la diferencia teórica de niveles (en metros).

<sup>20/</sup> El potencial práctico se estimó como un 20 por ciento del valor teórico

Cuadro 11

## ISTMO CENTROAMERICANO: DISPONIBILIDAD MEDIA UNITARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

País	Total del país			Vertiente del Atlántico			Vertiente del Pacífico		
	Densidad demográfica $\frac{a}{(h/km^2)}$	Agua disponible $\frac{1/s/km^2}{Miles de m^3/h/año}$	Miles de $m^3/h/año$	Densidad demográfica $\frac{a}{(h/km^2)}$	Agua disponible $\frac{1/s/km^2}{Miles de m^3/h/año}$	Miles de $m^3/h/año$	Densidad demográfica $\frac{a}{(h/km^2)}$	Agua disponible $\frac{1/s/km^2}{Miles de m^3/h/año}$	Miles de $m^3/h/año$
Istmo Centroamericano	<u>31.3</u>	<u>38.1</u>	<u>38.5</u>	<u>17.8</u>	<u>38.7</u>	<u>68.7</u>	<u>62.7</u>	<u>36.7</u>	<u>18.5</u>
Costa Rica	34.5	59.6	54.2	14.6	67.0	145.3	52.2	53.0	32.1
El Salvador	169.7	30.0	5.6	-	-	-	169.7	30.0	5.6
Guatemala	39.8	28.2	22.3	26.5	25.3	30.2	102.0	40.8	12.7
Honduras	22.2	28.1	39.8	16.3	30.9	59.8	49.5	14.1	8.9
Nicaragua	14.8	42.5	90.7	12.9	45.4	111.8	31.8	16.4	16.2
Panamá	19.7	53.6	85.4	10.7	70.3	209.4	23.5	46.0	61.6

Fuente: CEPAL

a/ Calculada a base de la población estimada para 1970.

Cuadro 12

## ISTMO CENTROAMERICANO: ESTIMACION PROVISIONAL DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO PRACTICO

País	Total del país					Vertiente del Atlántico					Vertiente del Pacífico				
	Energía prác- tica (GWh)		Potencia prác- tica (MW) a/		Potencia media unitaria (kW/km <sup>2</sup> )	Energía prác- tica (GWh)		Potencia prác- tica (MW) a/		Potencia media unitaria (kW/km <sup>2</sup> )	Energía prác- tica (GWh)		Potencia prác- tica (MW) a/		Potencia media unitaria (kW/km <sup>2</sup> )
	Media	De estiaje	Media	De estiaje		Media	De estiaje	Media	De estiaje		Media	De estiaje	Media	De estiaje	
Istmo Centroamericano	155 630	25 140	17 713	2 848	33.9	101 690	16 410	11 600	1 871	31.7	53 940	8 730	6 113	977	38.9
Costa Rica	30 900	5 140	3 500	585	69.0	16 800	2 760	1 920	314	81.4	14 100	2 380	1 580	271	58.2
El Salvador	6 430	800	734	91	36.7	-	-	-	-	-	6 430	800	734	91	36.7
Guatemala	35 970	5 480	4 090	608	31.0	22 910	2 560	2 610	291	24.1	13 060	2 920	1 480	317	63.3
Honduras	34 930	4 710	3 982	539	34.7	31 080	4 160	3 544	476	37.2	3 850	550	438	63	21.9
Nicaragua	20 020	4 900	2 285	558	17.6	19 280	4 840	2 201	552	18.9	740	60	84	6	6.3
Panamá	27 380	4 110	3 122	467	41.3	11 620	2 090	1 325	238	58.8	15 760	2 020	1 797	229	33.8

Fuente: CEPAL.

a/ Suponiendo utilización continua de las centrales (8 760 horas por año).

El potencial práctico referido a caudales de estiaje, alcanza cifras de 25 150 GWh y su equivalente de 2 850 megavatios; un 66 por ciento del mismo correspondería a ríos que desaguan en el Atlántico y el 34 por ciento restante a los que desembocan en el Pacífico.

En valores absolutos, Guatemala y Honduras poseen el potencial práctico más elevado, con alrededor de 4 000 megavatios; en valores unitarios, sobresale Costa Rica con  $69 \text{ kW/km}^2$ . El Salvador posee el menor potencial absoluto, 734 MW, dada su más limitada extensión territorial; Nicaragua acusa el menor valor unitario.<sup>21/</sup>

La vertiente atlántica de Costa Rica y Panamá, y la del Pacífico en Guatemala, acusan mayores potenciales unitarios. (Véase de nuevo el cuadro 12.)

Salta a la vista la posibilidad de que los países de mayor potencial hidroeléctrico absoluto y unitario --como Costa Rica, por ejemplo-- puedan eventualmente exportar energía y potencia a los países de menores disponibilidades. A mediano y largo plazo, la interconexión de los sistemas eléctricos nacionales de la región, habrá de traducirse obviamente en sustanciales ahorros para los países, aspecto que deberá requerir una seria atención en el futuro cercano.<sup>22/</sup>

#### 6. Estimación provisional del balance de aguas

Con el propósito de conocer la distribución relativa de los diferentes componentes del ciclo hidrológico y de obtener una indicación de la precisión con la que se han evaluado cada uno de los rubros que lo forman, se realizó para la región una evaluación cuantitativa provisional de su balance de aguas. Para realizarlo se tomaron como base las dos vertientes principales, al no considerarse la información disponible adecuada para elaborar balances de unidades hidrológicas de menor extensión.

<sup>21/</sup> En Nicaragua, corresponden áreas de menores desniveles a las zonas de mayor precipitación y viceversa.

<sup>22/</sup> La interconexión de los sistemas de Honduras y Nicaragua está realizándose y se efectúan estudios de factibilidad sobre la posible interconexión entre Costa Rica y Nicaragua.

En los acápites anteriores se presentaron los valores de precipitación y escorrentía y algunas estimaciones sobre el balance hídrico subterráneo. Se describe enseguida el procedimiento empleado para evaluar la evapotranspiración.

a) Estimación de la evapotranspiración

La evapotranspiración tiene lugar durante la época lluviosa a una tasa regida por factores climatológicos y por las características de consumo de las plantas; en cambio se ve limitada durante el período seco al consumo de la humedad que se encuentra en los suelos al alcance de la zona radicular de las plantas, y a una fracción de las precipitaciones limitadas que ocurren en dicho período. (33)<sup>23/</sup>

Se aplicó el método de cálculo de Blaney y Criddle (34), modificado para tomar en cuenta las variaciones mensuales de disponibilidad de agua para el consumo.<sup>24/</sup>

La determinación del valor promedio de la evapotranspiración potencial para cada vertiente se hizo empleando un mapa que indica la variación regional de dicho factor (35), y fue obtenido estableciendo una relación entre la elevación y la temperatura media anual.

Se adoptaron los siguientes coeficientes de consumo para la región, con base en el clima húmedo imperante (33,35):

	<u>Coeficiente de consumo</u>
Bosques, sin diferenciar	0.65
Café	0.70
Pastos	0.70
Cultivos anuales	0.75 <sup>25/</sup>
Lagos y pantanos	1.00

<sup>23/</sup> La humedad aportada por el rocío para el consumo durante la época seca puede ser significativa. No se tomó en cuenta, sin embargo, al no haberse podido estimar el rocío dentro de la precipitación por no existir mediciones de su magnitud para la región.

<sup>24/</sup> Otros métodos que toman en cuenta mayor número de factores climáticos podrían proporcionar resultados más precisos que el método de Blaney y Criddle, pero la información climatológica disponible en la región desaconseja su utilización. Por otra parte, al tratarse de un estudio preliminar, los resultados del método empleado resultan totalmente aceptables y confiables.

<sup>25/</sup> Valor ponderado que incluye todos los cultivos anuales existentes en la región.

Con base en los valores anteriores y en la extensión cubierta por cada tipo de vegetación --estimada a base de publicaciones de la AID (8, 11, 13, 14, 18)-- se calcularon valores ponderados del coeficiente de consumo para cada vertiente.

Se estudió la disponibilidad mensual de precipitación en toda la región para definir los períodos y las zonas en los que existe disponibilidad suficiente para el consumo. Para dichos períodos se calculó el consumo total como el producto de la evapotranspiración potencial y el coeficiente ponderado de consumo. En el caso de la época seca se supuso que el consumo real equivalía a la precipitación efectiva<sup>26/</sup> que ocurre durante esos meses, más unos 100 milímetros de humedad almacenada en los suelos.

Se estimó que el consumo regional total de agua asciende a unos 592 900 millones de metros cúbicos por año, lo que equivale a una lámina promedio de unos 1 133 milímetros. El consumo en la vertiente del Atlántico es de 450 500 millones de metros cúbicos (1 230 milímetros), y en la del Pacífico, de 142 400 (906 mm).<sup>27/</sup>

Debe advertirse que las cifras anteriores no incluyen el consumo de agua por los cultivos que se riegan durante el período seco. El volumen así utilizado, aunque significativo en algunas cuencas y países, no afecta al balance hídrico regional.

#### b) Evaluación de la ecuación hidrológica

Con los valores de evapotranspiración obtenidos y con los de los otros factores hidrológicos indicados en los acápites anteriores, se presenta a continuación la evaluación provisional del balance de aguas para la región y sus vertientes, empleando el milímetro como unidad de lámina anual:<sup>28/</sup>

<sup>26/</sup> La precipitación efectiva equivale al 75 por ciento de la precipitación real observada.

<sup>27/</sup> La diferencia en consumo unitario reside en el hecho de que en la vertiente atlántica la disponibilidad de agua es más uniforme a lo largo del año, por lo que sólo en cortos períodos hay insuficiencia de agua para el consumo.

<sup>28/</sup> Las cifras referentes al balance hídrico del subsuelo para Guatemala, Panamá y Honduras han sido estimadas, a fin de presentar el balance completo para la región.

<u>Factor hidrológico</u>	<u>Total de la región</u>	<u>Vertiente del Atlántico</u>	<u>Vertiente del Pacífico</u>
Precipitación	2 174	2 201	2 097
Escorrentía	1 202	1 220	1 161
a) Escorrentía directa	1 014	1 041	950
b) Caudal base	188	179	211
Deflujo subterráneo al mar	51	49	55
Evapotranspiración	1 133	1 230	906
a) Del agua subterránea	60	68	40
b) De la precipitación	1 073	1 162	866
Diferencia: aflujo menos deflujos	-212	-298	-35

Según las cifras anteriores, aparece un error de cierre en el balance total que alcanza cifras del 9 por ciento de la suma de los deflujos; en el caso de la vertiente atlántica el error sería del 12 por ciento, y en la del Pacífico, de menos del 2 por ciento.

El mayor error en los cálculos para la vertiente del Atlántico se explica al considerar que dicha región posee una cobertura hidrométrica y meteorológica insuficiente, por lo que las estimaciones efectuadas acusan menor precisión. Aunque se trata en este caso de un estudio de carácter provisional puede concluirse que posibles errores en la evaluación de los factores del ciclo hidrológico no afectan a las conclusiones decisivamente. En consecuencia, puede adoptarse la siguiente distribución porcentual tentativa de los componentes de deflujo en el balance:

	<u>Total de la región</u>	<u>Vertiente del Atlántico</u>	<u>Vertiente del Pacífico</u>
Escorrentía total	<u>50</u>	<u>49</u>	<u>55</u>
a) Escorrentía directa	43	42	45
b) Caudal base	7	7	10
Deflujo subterráneo al océano	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Evapotranspiración total	<u>48</u>	<u>49</u>	<u>43</u>
a) Del agua subterránea	3	3	2
b) De la precipitación	45	46	41

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

a) Topografía

Entre los sistemas orográficos del Istmo Centroamericano sobresalen la Sierra Madre y los Cuchumatanes en Guatemala; las cordilleras del Merendón, Celaque, Opalaca, Comayagua, Sulaco, Agalta, Misoco y Dipilto en Honduras; las de Guanacaste, Central y de Talamanca en Costa Rica, y las de Talamanca y Darién en Panamá; como dichas cordilleras --cuyos picos en general constituyen la divisoria continental de agua-- están más próximas al océano Pacífico, los cursos de los ríos de esa vertiente son más cortos y llegan en dirección normal a la costa; las de los ríos que desaguan al Atlántico son más extensas, y parte considerable de los tramos inferiores son navegables para pequeñas y medianas embarcaciones.

Las regiones de relieve más abrupto coinciden, salvo excepción, con las zonas de mayores precipitaciones, por lo que representan un potencial hidroeléctrico relativamente alto.<sup>29/</sup> Al bajo relieve, la reducida pendiente y las altas precipitaciones de la costa atlántica, se deben sectores pantanosos extensos cuya eliminación exigiría grandes obras de drenaje.

Exceptuando algunas regiones de Panamá, Costa Rica y Guatemala, la topografía general de la región favorece la regularización de caudales a base de presas almacenadoras, y el desarrollo de grandes proyectos hidráulicos de propósito múltiple en consecuencia.

b) Geología

La lámina 2 ofrece una idea generalizada de la geología de la región.

Puede afirmarse en términos generales que en los materiales volcánicos no consolidados y aluvionales de los períodos Cuaternario a Reciente, la infiltración es elevada, hecho que favorece la abundancia del agua subterránea; la alta permeabilidad de estas formaciones, sin embargo,

<sup>29/</sup> La región central de Guatemala y toda Nicaragua se caracterizan por la falta de coincidencia entre elevadas precipitaciones y disponibilidad de caída para generación hidroeléctrica.



podría significar serias limitaciones para la construcción de presas almacenadoras. Todos los materiales pertenecientes a los períodos Terciario, Cretácico y anteriores, sin diferenciar, parecen más apropiados para la construcción de presas almacenadoras, aunque su capacidad acuífera es en cambio muy limitada; se trata, por lo demás de materiales usualmente consolidados que ofrecen mayor seguridad desde el punto de vista estructural, para la construcción de obras civiles.

c) Suelos agrícolas

De acuerdo con el estudio de FAO sobre el uso potencial de la tierra (36), existe en la región un total cercano a 3.8 millones de hectáreas de tierras de primera calidad, aptas para agricultura intensiva de cultivos anuales y capaces de proporcionar rendimientos unitarios elevados si se aplican prácticas agrícolas modernas. Se localizan generalmente en las planicies costeras e interiores y un porcentaje significativo, por hallarse ubicado en las regiones deshabitadas de la vertiente atlántica, carece de la infraestructura necesaria para su desarrollo. Desde el punto de vista del suelo se trata de tierras regables aunque las ubicadas del lado del Atlántico suelen recibir precipitación abundante y oportuna, por lo que no requieren irrigación.

Cerca de dos millones de hectáreas (1 883 000) de tierras de primera calidad aptas para agricultura intensiva de cultivos permanentes, ubicadas generalmente en regiones menos planas de ambas vertientes, podrían ser objeto de explotación racional intensiva.

Existe también un millón de hectáreas (1 183 700) de tierras de segunda, apropiadas para una agricultura extensiva de cultivos anuales y más de 9 millones (9 931 800 hectáreas) de la misma clase para cultivos permanentes, ubicadas en regiones de alta pendiente y por lo general con problemas de erosión. Con algunas prácticas conservacionistas y empleando los insumos agrícolas del caso, estas tierras podrían proporcionar rendimientos moderados.

Adicionalmente se dispone de 20.8 millones de hectáreas con vocación forestal, ubicadas en su mayor parte en la vertiente atlántica, y 12.3 millones de hectáreas sólo apropiadas para una agricultura muy extensiva.

/d) Cobertura

d) Cobertura vegetal y evapotranspiración

El tipo de cobertura vegetal influye directamente en la disponibilidad de agua de una cuenca. La vegetación perenne favorece la retención del agua precipitada con la consecuente mayor oportunidad de infiltración y menor erosión de los suelos. Los cultivos estacionales en laderas de alta pendiente favorecen en cambio la erosión.

Puede pensarse como consecuencia en una mayor escorrentía directa de las áreas cubiertas por vegetación estacional, y en una mayor ocurrencia de infiltración en las zonas con cobertura vegetal permanente. También puede señalarse, en términos generales, que existen cultivos permanentes en las zonas donde la precipitación está más uniformemente distribuida a lo largo del año --como sucede en gran parte de la vertiente atlántica-- y cultivos estacionales para aprovechar la humedad derivada de las lluvias sólo durante parte del año, en casi toda la vertiente del Pacífico.

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, el viento y otros factores meteorológicos. El valor promedio de la evapotranspiración de la región se ha estimado en unos 1 133 milímetros por año, correspondiendo a la vertiente atlántica 1 230 milímetros y a la del Pacífico 906 porque durante la época seca es limitada la disponibilidad de agua para el consumo. La evaporación de superficies de agua libre en la región oscila entre más de 2 100 milímetros por año en la vecindad de las costas y menos de 1 600 milímetros anuales en las partes altas de las cordilleras.

## II. UTILIZACION ACTUAL Y FUTURA DEL AGUA

### 1. Aspectos generales

El desarrollo de los recursos hidráulicos tiende en último término a la producción de bienes y servicios para satisfacer necesidades de la población. Considérese, por ejemplo, que un proyecto de control de crecidas proporciona seguridad económica y social al defender la vida y propiedad de las personas; una adecuada disponibilidad de agua para riego contrarresta las sequías y aumenta la producción agrícola, y a su vez se traduce en un mayor grado de seguridad y estabilidad económicas; la energía hidroeléctrica es un insumo básico para estimular el crecimiento económico y elevar los niveles de vida; el manejo de cuencas hidrográficas es esencial para evitar la erosión de los suelos y la contaminación de las aguas, conservando, en consecuencia, la riqueza del país; los sistemas de acueducto y alcantarillado sanitario desempeñan un papel importante en el mantenimiento de un ambiente adecuado, esencial para la salud pública y para el desarrollo económico a largo plazo; el crecimiento urbano impone, en fin, necesidades recreativas para las personas, que bien pueden satisfacerse mediante obras de aprovechamiento hidráulico.

Se estima enseguida la utilización actual por sectores de los recursos hidráulicos de la región, y se extrapolan las demandas de agua requeridas para satisfacer las necesidades básicas de la población del Istmo en los años 1980 y 1990. Se comparan los usos actuales y previstos 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.

/Para estimar

Para estimar los usos actuales del agua se dispuso de información proporcionada por los diferentes organismos encargados de los sectores que la utilizan. La estimación de los requerimientos futuros se basó en proyecciones de población realizadas con base en las tendencias históricas, y también en el crecimiento probable de los sectores de energía y agropecuario. Las dotaciones o requerimientos unitarios para cada uso han sido estimados por procedimientos usuales que toman en cuenta el incremento del consumo que resulta del aumento del ingreso de la población, y del incremento posible de los rendimientos unitarios agrícolas.

Las proyecciones efectuadas para la década de 1981-1990, se consideran menos confiables que las de la actual, por la posibilidad de que ocurran cambios significativos en los patrones y en las tasas de crecimiento adoptadas para los cálculos en un futuro inmediato, proporcionan no obstante un panorama de conjunto sobre la situación en 1990 e indican el orden de magnitud de los problemas.

La suma aritmética de los requerimientos sectoriales representa la utilización bruta o total del agua en un año dado, y la utilización neta se refiere exclusivamente a los usos que resultan en consumo y contaminación del agua.<sup>1/</sup> Una parte de los usos netos se pierde por diferentes procesos (uso consuntivo) y el resto retorna a los cuerpos de agua acompañado de cierto grado de contaminación (uso contaminante) por haber recibido desechos humanos e industriales, y excedentes del sector agropecuario (sales, pesticidas, fertilizantes).

<sup>1/</sup> Los usos netos comprenden normalmente las utilizaciones para riego y suministro de agua potable; en el caso de Panamá, el caudal utilizado para la operación del Canal Interoceánico y para generar electricidad en la central de Gatón se considera consuntivo porque al descargarse al nivel del mar no puede volver a utilizarse.

## 2. Riego de productos agrícolas

El riego se considera uno de los factores que, en el marco de la agricultura tecnificada, permitiría incrementar la producción a base de un uso continuo de la tierra al eliminar las deficiencias de agua durante la estación seca; el hecho implica, en la mayoría de los casos, la obtención de una doble cosecha en cultivos estacionales. El riego puede considerarse, por otro lado, como el medio para atenuar los efectos adversos sobre la producción que resultan de las sequías que con frecuencia ocurren en la región. (37)

Se considera sin embargo que, antes de recurrir al riego en gran escala como medio de incrementar la producción, debe procurarse la tecnología de los agricultores --recurriendo al empleo de semillas mejoradas, pesticidas y fertilizantes-- y resolver paralelamente los problemas de comercialización y almacenamiento de la producción, crédito oportuno a los agricultores, seguro de cosechas, etc. Por otra parte, es evidente la conveniencia de iniciar la irrigación a base de pequeños y medianos sistemas de regadío obtenidos de la derivación de los caudales de los ríos, dejando para el futuro el establecimiento de grandes obras de riego que requieran el empleo del agua subterránea y obras costosas para el almacenamiento y la conducción del agua de superficie. Adicionalmente, será indispensable encontrar la forma de realizar desarrollos hídricos con propósitos múltiples para que puedan compartirse los costos y beneficios entre el riego y otros usos del agua.

Simultáneamente a la realización de estudios y diseños de las obras de riego que se requieran en el futuro, será menester crear conciencia en los agricultores sobre la conveniencia de la irrigación, ya que no existe en la región tradición de dicha práctica; asimismo, será necesario encarar y resolver el problema de la tenencia de la tierra, dado que la mayor parte de la superficie regable pertenece actualmente a unos cuantos propietarios; la legislación de los países habrá de contemplar específica y adecuadamente el uso del agua para propósitos de riego, y será necesario crear o fortalecer los organismos sectoriales que deban planear y realizar las obras.

/El problema

El problema de la irrigación en la región se plantea entonces como el medio de lograr el autoabastecimiento de productos agrícolas básicos en cada país, una vez alcanzado un significativo grado de tecnificación agrícola. Con tal propósito, se estimaron las superficies a regar en 1980 y 1990 tomando en cuenta también la extensión potencialmente regable de la región y las superficies que se encontraban bajo riego en 1970.

a) Potencial de irrigación<sup>2/</sup>

La superficie que podría ser regada en la región ha sido definida con base en el mapa de uso potencial de la tierra (36) y teniendo en cuenta las características climáticas.

Por lo general, las áreas regables corresponden a tierras de primera clase, aptas para agricultura intensiva de cultivos anuales, ubicadas en la vertiente del Pacífico y en partes de la vertiente atlántica de Guatemala, Honduras y Nicaragua; algunas extensiones menores de tierras de segunda clase se han considerado regables asimismo. Las tierras de primera ubicadas en la vertiente del Caribe, donde ocurre precipitación abundante y oportuna, no requieren de riego suplementario; el resto de las tierras del Istmo no se considera apropiado para riego económico.

Así, la superficie regable en la región, desde el punto de vista de suelo y clima, se estima en 2 514 600 hectáreas; su distribución por vertientes y por países aparece en el cuadro 13.

b) Usos del agua en 1970

La superficie regada en 1970 --según datos de los organismos nacionales correspondientes-- se estima en unas 204 800 hectáreas que equivalen apenas al 8 por ciento del potencial regable estimado para la región. Puede afirmarse que, en términos generales, con la importante excepción del banano se trata de obras de pequeña y mediana irrigación, con una limitada técnica de aplicación del agua. (Véase en el cuadro 14 la superficie regada, por países.)

<sup>2/</sup> Se refiere exclusivamente al riego de cultivos anuales o estacionales; no se ha estimado el referente a cultivos permanentes.

Cuadro 13

ISTMO CENTROAMERICANO: SUPERFICIE POTENCIALMENTE REGABLE<sup>a/</sup>

País	Total del país		Vertiente del Atlántico		Vertiente del Pacífico	
	Superficie (hectáreas)	Porcentaje del total	Superficie (hectáreas)	Porcentaje del total	Superficie (hectáreas)	Porcentaje del total
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>2 514 630</u>	<u>100.0</u>	<u>809 300</u>	<u>100.0</u>	<u>1 705 330</u>	<u>100.0</u>
Costa Rica	430 560	17.1	9 500	11.7	421 060	24.7
El Salvador	350 870	14.0	-		350 870	20.6
Guatemala	630 500	25.0	277 500	34.2	353 000	20.7
Honduras	399 900	15.9	340 900	42.0	59 000	3.5
Nicaragua	391 600	15.6	181 400	22.3	210 200	12.3
Panamá	311 200	12.4	-		311 200	18.2

Fuente: CEPAL.

a/ Desde el punto de vista de suelo y clima, para cultivos anuales solamente.

Cuadro 14

## ISTMO CENTROAMERICANO: SUPERFICIE BAJO RIEGO Y USO DEL AGUA EN 1970

País	Superficie regada (hectáreas)	Uso del agua (m <sup>3</sup> /s)	
		Total	Consuntivo a/
Istmo Centroamericano	204 812	196.3	96.2
Costa Rica	45 693 <sup>b/</sup>	39.6	19.4
El Salvador	23 560	23.6	11.6
Guatemala	19 110 <sup>c/</sup>	19.1	9.4
Honduras	49 800 <sup>d/</sup>	40.8	20.0
Nicaragua	43 287 <sup>e/</sup>	49.4	24.3
Panamá	23 362 <sup>f/</sup>	23.8	11.5

Fuente: CEPAL.

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

b/ Incluye 23 000 hectáreas de banano.

c/ Incluye 1 300 hectáreas de banano.

d/ Incluye 32 000 hectáreas de banano.

e/ Incluye 5 600 hectáreas de banano.

f/ Incluye 8 600 hectáreas de banano.



El uso total del agua se ha estimado en 196 metros cúbicos por segundo y el consuntivo, en unos 96 metros cúbicos por segundo, admitiéndose una eficiencia del 49 por ciento en la distribución y aplicación del agua. Debe advertirse, sin embargo, que estos caudales sólo se emplean de 3 a 6 meses en el año.<sup>3/</sup> (Véase de nuevo el cuadro 14.)

De la superficie total regada, el 35 por ciento (70 500 hectáreas) corresponde a plantaciones de banano, propiedad de empresas extranjeras, que generalmente emplean sistemas de riego por aspersión.

c) Usos proyectados del agua

Se elaboró una proyección de los requerimientos de tierra y agua para riego en 1980 y 1990, a base de la cual podrían satisfacerse las demandas agrícolas de la población estimada para la región y mantenerse por lo menos el volumen actual de las exportaciones que salen del Istmo Centroamericano. Los requerimientos de agua para el riego se estimaron a base de las características climáticas, los tipos de cultivo y eficiencias razonables en la distribución y aplicación del agua.

En las proyecciones sólo se ha tomado en cuenta la demanda de cultivos anuales y estacionales, a base de la cual --después de conocerse las extensiones disponibles en la región para su producción<sup>4/</sup> y los rendimientos unitarios de cada cultivo bajo diferentes grados de tecnología agrícola-- se estimó la superficie que en el futuro habría de ponerse bajo riego.

i) Proyecciones de demanda agrícola. La demanda de producción agrícola para consumo de la región se calculó con base en el estudio realizado en 1969 por el Batelle Memorial Institute (38). Por lo que respecta a las exportaciones extracentroamericanas, se calculó el volumen exportado en el período 1967/69 y se supuso conservadoramente que en los próximos años habrían de mantenerse los mismos niveles de exportación.

<sup>3/</sup> El volumen total empleado en 1970 alcanzaría cifras de entre 15 500 y 31 000 millones de metros cúbicos; el consuntivo, de entre 7 600 y 15 200.

<sup>4/</sup> Se parte del supuesto de que se haría un uso racional del suelo empleándose las tierras de vocación y calidad adecuadas y que se obtendrían de las mismas elevados rendimientos unitarios.

En el estudio del Instituto Batelle, se estima la demanda de producción agrícola de 1980 a base de un cálculo de la población para dicho año y de una demanda per cápita de cultivos básicos, teniendo en cuenta la variación del consumo que resulta del aumento en los ingresos; el consumo per cápita se estimó con base en el consumo aparente de dichos cultivos indicado en los censos agropecuarios de principios de la década de los sesenta. Las proyecciones para 1990 fueron efectuadas por CEPAL apoyándose en las mismas bases del informe de Batelle y admitiendo iguales tasas de crecimiento

En el cuadro 15 se indican las demandas totales proyectadas de los cultivos importantes considerados, para los años 1980 y 1990.

11) Requerimientos de tierra para abastecer la demanda. Tomando como base la demanda de producción indicada en el cuadro 15, se calcularon las extensiones a cultivar en 1980 y 1990 para lo cual se estimaron los rendimientos de los cultivos considerados bajo diferentes grados de tecnología agrícola en los países, teniendo en cuenta que se emplearían tierras de primera clase,<sup>5/</sup> como se indica a continuación. (Véase de nuevo el cuadro 14.)

1. Rendimientos bajos. Los que se obtuvieron en los países durante el período 1967 a 1969 que implican, a escala nacional, la ausencia de prácticas agrícolas modernas y la utilización de tierras de segunda y tercera clase;

2. Rendimientos intermedios. Los que podrían obtenerse en el futuro, en tierras de primera calidad,<sup>6/</sup> aplicando técnicas agrícolas modernas (uso de semilla mejorada, fertilizantes, pesticidas, drenaje, etc.) durante la estación lluviosa;<sup>7/</sup>

<sup>5/</sup> Las tierras de segunda también fueron tomadas en cuenta, suponiendo que podrían rendir un 50 por ciento de las de primera.

<sup>6/</sup> O su equivalente en tierras de segunda.

<sup>7/</sup> Los rendimientos en cada país suponen aumentos, con relación a los de 1967-69, que exceden la tasa anual de crecimiento demográfico; para alcanzarlos será menester realizar serios esfuerzos en investigación y extensionismo agrícolas.

Cuadro 15

ISTMO CENTROAMERICANO: DEMANDA INTERNA Y EXPORTACIONES DE CULTIVOS ANUALES FUERA DEL AREA CENTROAMERICANA, ESTIMADAS PARA 1980 Y 1990

(Miles de toneladas)

Cultivo	1980							1990						
	Total	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Maíz	2 727	86	525	1 114	653	240	109	4 138	127	790	1 620	1 070	370	161
Frijol	286	30	57	70	65	48	16	438	45	88	104	107	74	20
Arroz	352	68	48	20	37	52	127	546	99	79	31	65	87	185
Trigo	485	116	-	177	64	59	69	758	173	-	265	111	103	106
Algodón	284 <sup>a/</sup>	7	47	114	11	102	3	315 <sup>a/</sup>	9	55	130	12	104	5
Azúcar de caña	1 295	229	285	321	126	222	112	1 779 <sup>b/</sup>	306	398	425	207	294	149
Tabaco	22	3	8	4	5	2	3	34	4	12	5	7	2	4
Hortalizas	538	32	29	366	27	46	38	807	46	47	530	46	78	60
Papa	184	28	8	19	8	10	112 <sup>c/</sup>	279	41	15	30	15	17	163
Sorgo	455	-	194	-	164	82	15	734	-	312	-	273	127	22

Fuente: Batelle Memorial Institute y CEPAL.

a/ Incluye 217 000 toneladas para exportación (Nicaragua, 100 000; Honduras, 8 000; Guatemala, 70 000; El Salvador, 35 000; Costa Rica, 4 000).

b/ Incluye 354 000 toneladas para exportación (Panamá 45 000; Nicaragua, 70 000; Honduras, 15 000; Guatemala, 95 000; El Salvador, 65 000; Costa Rica, 64 000).

c/ Incluye papa, ñame, yuca.

3. Rendimientos altos. Se obtendrían de tierras de primera clase (o su equivalente en tierras de segunda) como resultado del empleo de prácticas agrícolas modernas durante todo el año, para lo cual se requeriría riego durante la estación seca. El resultado sería duplicar los rendimientos intermedios, a base de dos cosechas, en la mayoría de los casos.

Para las proyecciones se supuso que en 1980 y 1990 se alcanzarían los rendimientos unitarios intermedios indicados en el cuadro 16, según los cuales la extensión requerida en la región para producir la demanda serían unos 3.2 y unos 4.0 millones de hectáreas en 1980 y 1990, respectivamente. Se estima, sin embargo, que para esos años sólo podrá disponerse de unos 2.5 y 2.8 millones de hectáreas para el cultivo, respectivamente, porque el resto de las tierras adecuadas se encuentra en zonas alejadas que carecen de infraestructura. Se precisará el riego, por consiguiente, para poder atender la demanda a base de dos cosechas de alto rendimiento. (Véase el cuadro 17.)

En 1980 se requerirían regar en la región unas 581 600 hectáreas de cultivos anuales; agregando la superficie de bananos que se riega actualmente se precisarían regar 652 000 hectáreas dicho año.

En 1990 habría que regar más de 1.1 millones de hectáreas de cultivos anuales, y unas 100 000 hectáreas más al sumar las correspondientes al banano. (Véase nuevamente el cuadro 17.)

Estas proyecciones y estimaciones suponen incrementos del área regada actualmente en la región a una tasa de cerca de 45 000 hectáreas por año en la década 1971-80 y de más de 58 000 en la década 1981-90. Los planes actuales de los países no contemplan esta circunstancia, por lo que se impone una mayor acción de los gobiernos para planear y ejecutar obras de riego, fortaleciendo adecuadamente los organismos sectoriales correspondientes.

Un estudio agroeconómico realizado por CEPAL con posterioridad a las estimaciones antes señaladas confirma, en términos generales, las superficies a regar en la región; las correspondientes a los países, sin embargo, difieren en algunos casos.

Cuadro 16

ISTMO CENTROAMERICANO: RENDIMIENTOS AGRICOLAS ACTUALES Y MEJORADOS,  
1967 A 1969, 1980 Y 1990 a/

(Kilogramos por hectárea)

Cultivo	Actuales 1967-69	Mejorados	
		1980	1990
Maíz	850 - 1 350	1 000 - 3 200	1 200 - 3 200
Frijol	340 - 935	500 - 1 500	700 - 1 800
Arroz	1 100 - 3 170 <sup>b/</sup>	1 500 - 2 600	1 850 - 2 600
Trigo	... - 779	1 000 - 1 500	1 000 - 1 500
Algodón	520 - 850	800 - 1 000	900 - 1 000
Azúcar de caña	1 370 - 13 760 <sup>b/</sup>	3 000 - 15 000	4 900 - 15 000
Tabaco	760 - 1 500	1 000 - 1 500	1 200 - 1 500
Hortalizas <sup>c/</sup>	... ..	8 000 - 12 500	12 000 - 12 500
Papa	... ..	7 500 - 10 000	10 000
Sorgo	960 - 1 090	1 200 - 1 500	1 400 - 1 500

Fuente: Batelle Memorial Institute y CEPAL.

a/ Los rangos que se indican corresponden a valores promedio en los países.

b/ Valores altos que se obtienen con riego.

c/ Tomando el tomate como promedio.

Cuadro 17

ISTMO CENTROAMERICANO: SUPERFICIE A CULTIVAR Y REGAR EN 1980 Y 1990 PARA SATISFACER  
LA DEMANDA DE PRODUCCION AGRICOLA

Pag. 54

(Miles de hectáreas)

País	1980				1990			
	Superficie reque- rida	Superficie dispo- nible a/	Superficie a regar Para cul- tivos anuales	Total b/	Superficie reque- rida	Superficie dispo- nible a/	Superficie a regar Para cul- tivos anuales	Total b/
Istmo Centroamericano	3 170	2 616	581.6	652.1	3 966	2 806	1 159.6	1 234.1
Costa Rica	255	227	32.2	55.2	367	302	77.3	100.3
El Salvador	426	346	81.6	81.6	649	346	308.0	308.0
Guatemala	903	764	143.0	144.3	1 102	813	261.2	262.5
Honduras	695	550	158.9	190.9	860	600	266.8	298.8
Nicaragua	549	443	109.8	115.4	593	443	157.8	167.4
Panamá	342	286	56.1	64.7	395	302	88.5	97.1

Fuente: CEPAL.

a/ Tierras de primera clase y el equivalente de tierras de segunda.

b/ Incluye la superficie regada de banano.

Cabe insistir en que las proyecciones realizadas implican el auto-abastecimiento de la demanda interna de cultivos anuales en la región y el mantenimiento del volumen actual de las exportaciones al resto del mundo. La región tendría que importar dichos productos, sustituirlos por otros de menor requerimiento de superficie cultivada, reducir sus exportaciones extracentroamericanas o desarrollar adecuadamente las regiones agrícolas que actualmente carecen de obras de infraestructura, en el caso de no alcanzarse las metas de riego o los rendimientos unitarios señalados. Evidentemente, la especialización de la agricultura para producir artículos de alto rendimiento económico, a calidad y precios competitivos en el mercado mundial, permitiría la importación de alimentos para satisfacer la demanda interna, y ello modificaría las proyecciones anteriores.

iii) Requerimientos de agua para riego. Las utilidades (total y consuntiva) del agua para propósitos de riego se estimaron con base en las características de clima y suelo, una eficiencia de distribución y aplicación del agua del 49 por ciento, y la experiencia adquirida en sistemas de riego en México y la región. En términos generales, se adoptó una dotación promedio de un litro por segundo por hectárea regada, la cual se redujo al 80 por ciento en algunas regiones semihúmedas de la costa atlántica.

La utilización total del agua por el sector en la región sería en 1980 de unos 640 metros cúbicos por segundo, y la consuntiva, de 315 metros cúbicos por segundo aproximadamente. (Véase el cuadro 18.) Se estima que estos aprovechamientos podrían desarrollarse, en términos generales, mediante derivación del caudal de estiaje de los ríos, utilización de retornos y empleo amplio del agua subterránea; se trataría, en general, de obras de pequeña a mediana irrigación.

En 1990, la utilización total del agua para riego en la región pasaría de los 1 200 metros cúbicos por segundo y la consuntiva llegaría casi a los 600. (Véase de nuevo el cuadro 18.) Estos aprovechamientos requerirían obras de pequeña y grande irrigación a base de presas almacenadoras

Cuadro 18

ISTMO CENTROAMERICANO: REQUERIMIENTOS DE TIERRA Y AGUA  
PARA RIEGO ESTIMADOS PARA 1980 Y 1990

País	Superficie a regar (miles de hectáreas)	Caudal requerido (m <sup>3</sup> /s)		Superficie a regar (miles de hectáreas)	Caudal requerido (m <sup>3</sup> /s)	
		Total	Consuntivo <sup>a/</sup>		Total	Consuntivo <sup>a/</sup>
<u>Istmo Centro- americano</u>	<u>652.1</u>	<u>639.3</u>	<u>313.7</u>	<u>1 234.1</u>	<u>1 214.8</u>	<u>595.9</u>
Costa Rica	55.2	56.2	27.5	100.3	98.8	48.4
El Salvador	81.6	84.0	41.2	308.0	313.9	153.9
Guatemala	144.3	144.3	70.7	262.5	262.5	128.5
Honduras	190.9	167.0	82.0	298.8	263.1	129.2
Nicaragua	115.4	119.1	58.5	167.4	172.3	84.8
Panamá	64.7	68.7	33.8	97.1	104.2	51.1

Fuente: CEPAL.

a/ Calculado como el 49 por ciento del requerimiento total.



de caudal que incrementarían las disponibilidades,<sup>8/</sup> además del uso amplio y repetido de caudales de estiaje y del agua subterránea.

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

Los retornos de riego en la región se aproximarán a los 325 metros cúbicos por segundo en 1980 y a los 620 en 1990. Es imposible predecir el tipo y grado de contaminación de estos retornos<sup>9/</sup> pero la magnitud de los caudales requiere que se les conceda especial atención para evitar o prevenir situaciones indeseables.

### 3. Suministro de agua y alcantarillado sanitario

El suministro de agua para satisfacer necesidades domésticas e industriales y la evacuación sanitaria de aguas residuales han recibido prioridad en las inversiones públicas de los países de la región durante los últimos años.

A fines de 1970, el servicio de acueducto beneficiaba al 89 por ciento de la población urbana y al 25 de la rural; disponía de conexión domiciliaria el 59 por ciento de los habitantes de poblaciones urbanas y el 7 por ciento de los del área rural. Por lo que respecta a la disposición sanitaria de excreta, en la misma fecha disfrutaba un 40 por ciento de la población urbana del servicio de alcantarillado y un 12 por ciento adicional contaba con tanques sépticos y letrinas sanitarias; los sistemas de alcantarillado eran muy limitados en el sector rural y sólo un 19 por ciento de la población poseía letrinas sanitarias. (Véase el cuadro 19.) Las aguas residuales se vierten prácticamente crudas en

<sup>8/</sup> Convendría efectuar estas obras en combinación con aprovechamientos hidroeléctricos para reducir los costos.

<sup>9/</sup> Algunos ríos de la región presentan en la actualidad concentraciones significativas de DDT y de otros insumos agropecuarios.

Cuadro 19

ISTMO CENTROAMERICANO: PORCENTAJES DE POBLACION BENEFICIADA Y SERVIDA CON SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y ELIMINACION DE EXCRETA A FINES DE 1970.

País	Suministro de agua potable						Desagüe sanitario					
	Area urbana		Total	Area rural		Ser- vida	Area urbana			Area rural		
	Benefi- ciada	Ser- vida		Beneficiada	Acue- ducto		Pozos	Total	Alcanta rillado	Tanque séptico	Total	Alcanta rillado
<u>Istmo Centro- americano</u>	<u>89.3</u>	<u>59.3</u>	<u>25.3</u>	<u>21.8</u>	<u>3.5</u>	<u>7.4</u>	<u>52.1</u>	<u>40.4</u>	<u>11.6</u>	<u>19.2</u>	<u>0.1</u>	<u>19.1</u>
Costa Rica	100.0	93.0	71.0	56.5	14.5	39.5	59.3	24.3	35.0	44.0	...	44.0
El Salvador	73.0	40.0	29.0	29.0	...	5.0	30.0	30.0	...	27.2	0.4	26.8
Guatemala	90.0	40.5	12.6	12.6	...	0.9	55.1	41.0	14.2 <sup>a/</sup>	4.4	...	4.4
Honduras	93.6	61.6	10.4	10.2	0.2	6.3	53.3	50.2	3.1	8.3	0.1	8.2
Nicaragua	96.1	75.6	15.7	15.7	...	8.0	45.9	44.6	1.3	14.3	<sup>c/</sup>	14.3
Panamá	100.0	90.3	70.8	41.1	29.7	6.5	93.0	68.0	25.0 <sup>b/</sup>	68.3	0.5	67.8

Fuente: CEPAL a base de información suministrada por OMS/OPS.

a/ Se refiere a letrinas sanitarias exclusivamente.

b/ Un 17.5 por ciento corresponde a población con letrinas sanitarias.

c/ No existe ningún sistema de alcantarillado rural.

ríos, lagos y playas, al existir únicamente algunas plantas de tratamiento en algunas ciudades de Honduras y Costa Rica que cubren parte del alcantarillado, y reciben inadecuado mantenimiento. Lo anterior, sumado al hecho de que las descargas sean concentradas y los cuerpos receptores no proporcionen dilución natural, da por resultado corrientes y otros cuerpos de agua con contaminación progresiva, con el natural peligro para la salud; a pesar de ello, sólo en El Salvador, se lleva a cabo un programa de control de la calidad del agua para conocer el tipo y el grado de contaminación.

Como puede observarse en el cuadro 19, a pesar de los esfuerzos realizados la región no ha logrado en términos generales las metas establecidas en la reunión de Punta del Este (cobertura del 75 por ciento en el área urbana y 50 por ciento en la rural), aunque en Panamá y Costa Rica se haya superado la meta para las áreas urbanas, y esté próxima a alcanzarse la del sector rural.

Se espera que en la década de 1971-80 los países concentrarán sus esfuerzos en alcanzar las metas anotadas y controlar la contaminación a base del tratamiento de las aguas servidas.

#### a) Usos actuales del agua (1970)

Para calcular la utilización actual del agua en este sector se estimó la población urbana y rural, en cada cuenca de la región, a base de las unidades geográfico-políticas en ellas comprendidas; los resultados aparecen indicados en el cuadro 20.

Se estimaron las utilidades per cápita promedio para cada país, habiéndose adoptado los valores diarios que se indican en el cuadro 21.

La utilización estimada sobre estas bases se señala en el cuadro 22, donde se indican requerimiento total y consumo real. Para este efecto se supuso que los retornos a los cuerpos de agua superficial y subterránea serían del 75 por ciento del requerimiento en los sistemas urbanos, y del 50 por ciento en las zonas rurales.<sup>10/</sup> Los resultados

<sup>10/</sup> En Panamá, las ciudades de Panamá y Colón descargan sus alcantarillados directamente al océano, por lo que los retornos fueron considerados nulos.

Cuadro 20

## ISTIMO CENTROAMERICANO: ESTIMACIONES DE POBLACION PARA 1970, 1980 Y 1990

(Miles de habitantes)

País	1970			1980			1990		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>16 356.4</u>	<u>6 134.4</u>	<u>10 222.0</u>	<u>22 684.3</u>	<u>9 164.7</u>	<u>13 519.1</u>	<u>31 684.3</u>	<u>13 724.2</u>	<u>17 960.1</u>
Costa Rica	1 756.9	619.1	1 137.8	2 603.6	952.9	1 650.7	3 866.0	1 470.5	2 395.5
El Salvador	3 393.5	1 460.8	1 932.7	4 739.2	2 218.0	2 521.2	6 660.7	3 367.6	3 293.1
Guatemala	5 241.1	1 874.6	3 366.5	7 039.7	2 661.3	4 377.9	9 504.0	3 779.5	5 724.5
Honduras	2 566.2	664.6	1 891.6	3 608.3	1 044.1	2 564.2	5 112.3	1 625.4	3 486.9
Nicaragua	1 920.7	841.2	1 079.5	2 644.8	1 269.4	1 375.4	3 678.5	1 922.8	1 755.7
Panamá	1 488.0	674.1	813.9	2 048.7	1 019.0	1 029.7	2 862.8	1 558.4	1 304.4

Fuente: CEPAL.

Cuadro 21

ISTMO CENTROAMERICANO: DOTACIONES PER CAPITA DE AGUA POTABLE, 1970, 1980 Y 1990

(Litros diarios por habitante)

	<u>Costa Rica</u>			<u>El Salvador</u>			<u>Guatemala</u>			<u>Honduras</u>			<u>Nicaragua</u>			<u>Panamá</u>		
	1970	1980	1990	1970	1980	1990	1970	1980	1990	1970	1980	1990	1970	1980	1990	1970	1980	1990
<u>Areas urbanas</u>																		
Zona metropolitana	350	350	350	275	350	350	215	280	350	200	230	250	235	330	340	330	340	350
Otras zonas urbanas	250	250	250	150	150	150	100	150	150	150	150	150	100	150	180	200	250	250
<u>Area rural</u>																		
25 por ciento de la población	-	-	-	60	70	70	60	60	60	60	60	-	60	60	60	-	-	-
75 por ciento de la población	-	-	-	10	10	10	10	10	10	10	10	-	10	10	10	-	-	-
50 por ciento de la población	150	180	200	-	-	-	-	-	-	-	-	60	-	-	-	40	40	40
50 por ciento de la población	30	30	40	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	10	10

Fuente: CEPAL.

Cuadro 22

ISTMO CENTROAMERICANO: REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA SATISFACER  
NECESIDADES DOMESTICAS E INDUSTRIALES, 1970, 1980 Y 1990

(Metros cúbicos por segundo)

País	1970		1980		1990	
	Total	Consum tivo	Total	Consum tivo	Total	Consum tivo
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>18.8</u>	<u>8.1</u>	<u>33.5</u>	<u>13.6</u>	<u>50.0</u>	<u>19.8</u>
Costa Rica	3.4	1.1	5.5	1.8	8.7	3.0
El Salvador	3.8	1.1	7.1	2.0	10.9	3.1
Guatemala	4.1	1.4	7.7	2.1	11.1	3.1
Honduras	1.8	0.4	2.9	0.8	4.5	1.4
Nicaragua	1.7	0.5	3.9	1.1	6.1	1.6
Panamá <sup>a/</sup>	4.0	3.6	6.4	5.8	8.7	7.6

Fuente: CEPAL.

a/ Las aguas servidas de los principales núcleos urbanos (Panamá y Colón) descargan directamente al mar, por lo que el consumo es un alto porcentaje del uso total.

indican un requerimiento total de 19 metros cúbicos por segundo y una utilización consuntiva de más de 8 metros cúbicos por segundo, aproximadamente. Cabe señalar que un alto porcentaje de estas demandas corresponde a los principales centros urbanos de cada país.

b) Usos proyectados del agua

Para estimar el uso del agua en este sector para los años 1980 y 1990, se efectuaron proyecciones de poblaciones urbana y rural por cuencas, tomando en cuenta el crecimiento histórico de las unidades geopolíticas en ellas comprendidas. Las cifras estimadas aparecen también en el cuadro 20.

Los porcentajes de retorno del agua servida se supusieron de la misma magnitud que para 1970. Se incluyen también en el cuadro 21 las dotaciones por habitante adoptadas en cada país (en litros por días por persona) para 1980 y 1990.

Los resultados así calculados indican un requerimiento total y un consumo de unos 34 y 14 metros cúbicos por segundo para 1980, respectivamente, cifras que para 1990 se elevarían a unos 50 y 20 metros cúbicos por segundo, respectivamente. (Véase de nuevo el cuadro 22.) Estas estimaciones implican triplicar prácticamente el uso del agua por el sector para 1990, así como significativos esfuerzos de los organismos que tienen a su cargo estas actividades; de acuerdo con los programas de expansión existentes, se estima que para 1980 todos los países habrán alcanzado las metas de Punta del Este en las áreas urbanas y que Costa Rica, Panamá y El Salvador pueden haber llegado también a las señaladas para el sector rural.

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 deterioro de su calidad derivado de la recepción de desechos humanos e industriales. Los efluentes urbanos no tratados contaminan directamente los cuerpos de agua superficial a los que desaguan por el sistema de alcantarillado; en el sector rural, los tanques sépticos y las letrinas que reciben los desechos contaminan el agua subterránea poco profunda.

/Al mezclarse

Al mezclarse las aguas residuales no tratadas con las de los ríos o lagos receptores, puede producirse una dilución natural de los desechos y alcanzar la mezcla un nivel mínimo de calidad cuando el caudal (o volumen) diluyente es lo suficientemente amplio. Así sucede cuando la demanda bioquímica de oxígeno (BOD) en el agua permite la vida de los peces y no se producen sabores u olores dañinos para la población; esta demanda bioquímica de oxígeno se estima usualmente en 4.5 partes por millón, aunque el contenido de bacilos coliformes exceda la tolerancia indicada para el consumo doméstico del agua.

Los caudales requeridos para diluir naturalmente las aguas residuales no tratadas pueden estimarse mediante un balance de oxígeno del agua.

ii) Requerimientos para dilución natural. Se han calculado los caudales que se requerirían para diluir los efluentes urbanos no tratados teniendo en cuenta que el oxígeno disuelto en el agua de los cuerpos receptores oscila entre 8.5 y 9.0 partes por millón, y suponiendo que dichos efluentes vienen acompañados de unos 47 gramos de desechos por habitante. Los resultados aparecen en el cuadro 23.

Indican los cálculos que en 1970 se requería un caudal cercano a 790 metros cúbicos por segundo en la región, para alcanzar una dilución natural de los desechos; para 1980 ese caudal se estima en más de 1 200 metros cúbicos por segundo y para 1990, en cerca de 1 800.

Como los efluentes son descargados en forma concentrada hacia los cuerpos de agua cercanos a las capitales y otros centros urbanos importantes, que suelen encontrarse en regiones de limitada disponibilidad de agua, los requerimientos calculados muy frecuentemente no están disponibles durante buena parte del año. Se produce por lo tanto una contaminación progresiva en los cuerpos receptores con el consiguiente peligro para la salud y la imposibilidad de reutilización del agua para ciertos propósitos.

Se comprende por esa razón la necesidad de tratar artificialmente los efluentes para obtener un nivel mínimo de calidad en los cuerpos receptores, acorde con las posibilidades económicas de los países y con los requerimientos para la reutilización del agua. Tal es el caso de las ciudades capitales de la región, cuyos sistemas de alcantarillado descargan en cuerpos de agua que, cuando menos durante el estiaje, adquieren condiciones sépticas.



Cuadro 23

ISTMO CENTROAMERICANO: EFLUENTES URBANOS CONTAMINADOS Y CAUDALES REQUERIDOS  
PARA DILUCION NATURAL, 1970, 1980 Y 1990

País	1970				1980				1990			
	Efluente urbano (m <sup>3</sup> /s)	BOD ppm <sup>b</sup> /	Razón de dilución	Caudal de dilución (m <sup>3</sup> /s)	Efluente urbano (m <sup>3</sup> /s)	BOD ppm <sup>b</sup> /	Razón de dilución	Caudal de dilución (m <sup>3</sup> /s)	Efluente urbano (m <sup>3</sup> /s)	BOD ppm <sup>b</sup> /	Razón de dilución	Caudal de dilución (m <sup>3</sup> /s)
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>10.51</u>			<u>787.3</u>	<u>19.31</u>			<u>1 212.8</u>	<u>29.71</u>			<u>1 766.9</u>
Costa Rica	1.69	200	50:1	84.5	2.65	200	50:1	132.5	4.22	200	50:1	211.5
El Salvador	2.46	320	80:1	184.5	4.46	287	70:1	312.7	7.20	254	60:1	432.0
Guatemala	2.32	440	100:1	232.0	5.04	288	65:1	328.1	7.10	288	65:1	462.2
Honduras	0.98	360	90:1	87.8	1.61	330	85:1	138.0	2.46	307	75:1	185.0
Nicaragua	1.10	400	100:1	110.5	2.55	265	65:1	167.0	4.07	255	65:1	266.2
Panamá <sup>a/</sup>	1.96	190	45:1	88.0	3.00	180	45:1	134.5	4.66	175	45:1	210.0

Fuente: CEPAL.

a/ Un elevado porcentaje de estos efluentes descarga directamente al océano.

b/ Estimado con base a 47 gramos diarios de desechos por habitante.

#### 4. Generación de energía hidroeléctrica

La electrificación de los países en la región se encuentra a cargo de organismos estatales autónomos, aunque algunas instituciones privadas generen y distribuyan energía para servicio público.

Los requerimientos regionales de generación y potencia durante la década anterior se incrementaron a tasas anuales de 12 y 10.8 por ciento, respectivamente. La demanda de energía llegó en 1970 a 4 407 GWh y la de potencia a los 845 megavatios. (39). (Véase el cuadro 24.)

La generación de electricidad en las plantas hidroeléctricas de la región fue creciendo a una tasa superior al 11 por ciento anual durante la década 1960-70, habiendo llegado en 1970 a una capacidad instalada de 517 MW y generándose un total de 2 531 GWh. (39). Se generaba entonces en las centrales hidráulicas el 58 por ciento de la demanda total de energía eléctrica, sobresaliendo Costa Rica con un 92 por ciento de su demanda, por una parte, y Panamá con sólo el 24, por la otra. (Véase el cuadro 25.)

Se anticipa que los requerimientos de generación y capacidad instalada habrán de crecer durante el período 1970-90 a una tasa cercana al 10 por ciento anual, llegando en 1990 a 30 000 GWh y 5 900 MW, respectivamente. (39). (Véase de nuevo el cuadro 24.)

##### a) Utilización del agua en 1970

Se estima que la utilización del agua para generar energía hidroeléctrica requería en 1970 un caudal de unos 400 metros cúbicos por segundo (12 500 millones de metros cúbicos por año).<sup>11/</sup> El Salvador (142 m<sup>3</sup>/s) y Panamá (115 m<sup>3</sup>/s) eran los mayores usuarios, utilizando entre ambos cerca del 65 por ciento del total de la región. (Véase el cuadro 26.)

La utilización del agua para estos propósitos es virtualmente no consuntiva al ser la evaporación muy limitada debido a que los embalses

<sup>11/</sup> Calculado mediante la ecuación  $Q = 450 E/H$ , donde Q es el volumen utilizado, en millones de metros cúbicos; E, la energía generada, en GWh; y H, la carga hidráulica de la central, en metros.

Cuadro 24

ISTMO CENTROAMERICANO: DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA Y ENERGÍA, 1970, 1980 y 1990

País	1970		1980		1990	
	Demanda máxima (MW)	Energía (GWh)	Demanda máxima (MW)	Energía (GWh)	Demanda máxima (MW)	Energía (GWh)
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>845</u>	<u>4 407</u>	<u>2 220</u>	<u>11 447</u>	<u>5 904</u>	<u>30 023</u>
Costa Rica	211	951	447	2 238	947	5 266
El Salvador	132	627	376	1 757	1 071	4 923
Guatemala	121	641	373	1 805	1 150	5 083
Honduras	60	292	210	1 051	735	3 782
Nicaragua	96	502	286	1 478	852	4 351
Panamá <sup>a/</sup>	225	1 394	528	3 118	1 149	6 618

Fuente: CEPAL, a base de información suministrada por los organismos eléctricos nacionales.

a/ Incluye las demandas de la Zona del Canal.

Cuadro 25

**ISTMO CENTROAMERICANO: PARTICIPACION DE LA HIDROELECTRICIDAD  
EN LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA, 1970, 1980 Y 1990**

País	1970		1980		1990	
	Porcentaje de la demanda de:					
	Potencia	Energía	Potencia	Energía	Potencia	Energía
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>61.1</u>	<u>57.5</u>	<u>86.3</u>	<u>80.6</u>	<u>65.7</u>	<u>64.8</u>
Costa Rica	78.8	91.8	77.5	100.0	52.4	65.0
El Salvador	77.3	81.0	81.0	65.7	88.3	60.9
Guatemala	81.9	58.3	77.6	76.9	59.9	71.0
Honduras	53.2	68.6	196.0 <sup>a/</sup>	172.4 <sup>a/</sup>	79.5	71.0
Nicaragua	52.0	47.7	35.0	26.2	35.2	30.7
Panamá	30.2	24.1	87.8	71.8	75.2	81.6

**Fuente:** CEPAL, a base de cifras proporcionadas por los organismos eléctricos nacionales.

**a/** Los valores superiores a 100 se deben a que Honduras planea vender energía y potencia a Nicaragua entre 1978 y 1985.

Cuadro 26

## ISTMO CENTROAMERICANO: CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y USO DEL AGUA EN CENTRALES HIDROELECTRICAS. 1970, 1980 Y 1990

País y central o proyecto	1970				1980				1990			
	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
<u>Total Istmo Centroamericano</u>	<u>517</u>	<u>2 531</u>		<u>397.3</u>	<u>1 915</u>	<u>9 211</u>		<u>945.9</u>	<u>3 874</u>	<u>19 432</u>		<u>2 376.5</u>
Costa Rica	<u>166</u>	<u>873</u>		<u>69.6</u>	<u>346</u>	<u>2 238</u>		<u>119.0</u>	<u>496</u>	<u>3 411</u>		<u>209.9</u>
Varios	72	356		43.4	72	356		43.4	72	356		43.4
Cachí	64	371	244	21.7	64	562	244	33.0	64	562	244	33.0
Río Macho	30	146	464	4.5	60	540	464	26.0	90	540	464	26.0
Arenal					150	780	226	49.4	225	1 272	226	80.6
Angostura									150	1 173	185	90.9
El Salvador	<u>102</u>	<u>508</u>		<u>141.5</u>	<u>305</u>	<u>1 151</u>		<u>288.7</u>	<u>942</u>	<u>2 998</u>		<u>625.7</u>
Varios	20	74		25.8	20	74		25.8	20	74		25.8
5 Noviembre	82	434	54	115.7	82	520	54	138.9	82	541	54	142.7
Cerrón Grande					203	557	64	124.0	300	584	64	130.5
Paso del Oso									140	299	70	58.0
El Tigre									400	1 500	77	279.0
Guatemala	<u>99</u>	<u>374</u>		<u>38.9</u>	<u>289</u>	<u>1 386</u>		<u>66.4</u>	<u>688</u>	<u>3 599</u>		<u>380.4</u>
Varios	99	374		38.9	99	374		38.9	99	374		38.9
Chuisibel					70	253	669	5.4	70	253	669	5.4
Atitlán 1 y 2					120	759	493	22.1	360	759	493	22.1
Chixoy 1, 2, 3 y 4									399	2 213		314.0

Cuadro 26 (Conclusión)

País y central o proyecto	1970				1980				1990			
	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Poten- cia (MW)	Energía (GWh)	Carga (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Honduras	<u>32</u>	<u>200</u>		<u>19.2</u>	<u>412</u>	<u>1 809</u>		<u>133.4</u>	<u>585</u>	<u>2 686</u>		<u>312.4</u>
Varios	32	200		19.2	32	200		19.2	32	200		19.2
Río Lindo					40	294	376	11.2	40	294	376	11.2
El Cajón					340	1 315	182	103.0	340	1 315	182	103.0
El Remolino									83	427	56	109.0
Naranjito									90	450	91	70.0
Nicaragua	<u>50</u>	<u>240</u>		<u>12.7</u>	<u>100</u>	<u>385</u>		<u>23.0</u>	<u>300</u>	<u>1 336</u>		<u>296.7</u>
Centroamérica	50	240	271	12.7	50	240	271	12.7	50	240	271	12.7
Anastasio Somoza					50	145	200	10.3	50	145	200	10.3
Independencia									50	211	58	52.1
11 de julio									50	220	45	69.8
La Esperanza									100	520	49	151.8
Panamá	<u>68</u>	<u>336</u>		<u>115.4</u>	<u>463</u>	<u>2 242</u>		<u>315.4</u>	<u>863</u>	<u>5 402</u>		<u>501.4</u>
Varios	68	336		115.4	68	336		115.4	68	336		115.4
Bayano					225	556	45	176.0	300	556	45	176.0
Fortuna					170	1 350	800	24.0	265	1 350	800	24.0
Changuinola									200	1 780	230	110.0
Teribe									200	1 380	260	76.0

Fuente: CEPAL a base de información proporcionada por los organismos eléctricos nacionales.

existentes son de limitada extensión.<sup>12/</sup> Existen utilizaciones repetidas del agua, por centrales ubicadas "en cascada" a lo largo de un mismo río, razón por la que el requerimiento mínimo es inferior a la cifra anotada.

En 1970, se encontraban en proceso de construcción o ampliación las centrales hidroeléctricas de Cahí y Río Macho en Costa Rica, Río Lindo en Honduras y Anastasio Somoza García en Nicaragua. La ampliación de Cahí y la construcción de las centrales de Río Lindo y Somoza García han quedado ya terminadas. Recientemente se inició en Panamá la construcción del Proyecto de Bayano (225 MW), y en El Salvador la del de Cerrón Grande (203 MW).

b) Utilización prevista para 1980 y 1990

Para atender los requerimientos previstos de energía y potencia antes descritos, los organismos eléctricos de la región han elaborado planes de adición de centrales generadoras, que por lo que respecta a plantas hidroeléctricas se describen brevemente a continuación señalándose además los caudales que será preciso utilizar. (Véase de nuevo el cuadro 26.)

i) Entre 1971 y 1980. En Costa Rica se ampliarán las centrales de Cahí y Río Macho, y se construirá el proyecto Arenal (150 MW y 780 GWh) en su primera etapa. El Salvador, el de Cerrón Grande sobre el Río Lempa (203 MW y 557 GWh) con lo que se aumentará la generación en la planta 5 de Noviembre. Guatemala se propone construir los proyectos de Atitlán (120 MW y 759 GWh) y de Chuisibel (70 MW y 253 GWh). Honduras ya ha concluido (1971) la central de Río Lindo y construirá el proyecto de El Cajón (340 MW y 1 315 GWh) con lo cual se encontrará en capacidad de atender su demanda e incluso de vender excedentes (39). Nicaragua ya ha completado (1971) su central Anastasio Somoza García, y no prevé más adiciones hidráulicas en la década. En Panamá se construirían las primeras etapas de los proyectos Bayano (225 MW y 556 GWh) y Fortuna (170 MW y 1 350 GWh).

Se llegaría así en 1980 a una potencia instalada de 1 915 megavatios, y se generarían unos 9 200 millones de kilovatios-hora, con lo cual se

<sup>12/</sup> Sólo en el caso de la central de Gatún en Panamá, la utilización se considera consuntiva, ya que el caudal se descarga a nivel del mar por lo que no puede reutilizarse.

atendería un 81 por ciento de la demanda total a base de generación hidroeléctrica, lográndose un amplio grado de autoabastecimiento eléctrico.

(Véase de nuevo el cuadro 25.)

La utilización total del agua para producir dicha energía en la región se estima en cerca de 950 metros cúbicos por segundo (29 800 millones de metros cúbicos anuales) para 1980, 2.4 veces la utilización de 1970. Panamá acusaría la mayor utilización (315 m<sup>3</sup>/s), siguiéndole El Salvador (289 m<sup>3</sup>/s). (Véase de nuevo el cuadro 26.)

ii) Entre 1981 y 1990. Costa Rica construiría etapas posteriores de sus proyectos en la central de Río Macho y del proyecto Arenal, y llevará a cabo el proyecto de Angostura (150 MW y 1 173 GWh). El Salvador prevé la construcción de los proyectos Paso del Oso (140 MW y 299 GWh) y posiblemente la de El Tigre (400 MW y 1 500 GWh). Guatemala aumentaría la capacidad instalada del proyecyo Atitlán y construiría varios proyectos sobre el Río Chixoy (399 MW y 2 213 GWh). En Honduras se añadirían los proyectos El Remolino (83 MW y 427 GWh) y Naranjito (90 MW y 450 GWh). Nicaragua construiría los de Independencia (50 MW y 211 GWh), 11 de Julio (50 MW y 220 GWh) y La Esperanza (100 MW y 520 GWh), en Panamá se construirían etapas posteriores de los proyectos Bayano y Fortuna, y se añadirían los de Changuinola (200 MW y 1 780 GWh) y de Teribe (200 MW y 1 380 GWh). (Véase de nuevo el cuadro 26.)

Para 1990, en centrales hidroeléctricas se podrá haber llegado a una capacidad instalada cercana a los 3 900 megavatios y a una generación próxima a los 19 500 millones de kilovatios-hora, duplicando las cifras de 1980; se abastecería el 65 por ciento de la demanda eléctrica total, disminuyendo el grado de autoabastecimiento que se alcanzaría en 1980. (Véase de nuevo el cuadro 25.)

Los grandes proyectos previstos suponen, en la mayoría de los casos, la construcción de amplios vasos almacenadores para regularizar los caudales de los ríos aprovechados, lo cual facilitaría la utilización múltiple del recurso al atenuar crecidas y proporcionar caudales incrementados para el riego durante la estación seca. Podrían, en consecuencia, distribuirse los costos y beneficios entre los sectores interesados.

/c) Grado de



c) Grado de aprovechamiento del potencial hidroeléctrico

La comparación de la energía generada y prevista con el potencial hidroeléctrico práctico medio permite conocer el grado actual y previsto de aprovechamiento; de la comparación entre la generación actual y prevista con el potencial disponible en el estiaje, se deduciría la necesidad de recurrir a presas almacenadoras de caudal.

En 1970 sólo se aprovechaba una porción mínima del potencial práctico medio de la región, y el 10 por ciento del potencial de estiaje. El Salvador acusaba los mayores grados de uso --8 y 63 por ciento respectivamente-- del potencial, aunque éstos eran relativamente bajos. (Véase el cuadro 27.)

A pesar de los grandes proyectos previstos, incluso en 1990 la región emplearía sólo el 12.5 por ciento del potencial práctico medio, y el 78 por ciento del potencial de estiaje. (Véase de nuevo el cuadro 27.)

Este hecho permite señalar la posibilidad de que los países desarrollen más ampliamente sus recursos hidroeléctricos para lograr un mayor grado de autoabastecimiento energético global, cubriendo con hidroelectricidad las necesidades energéticas de otros sectores de consumo (transporte colectivo, preparación de alimentos, etc.) Se lograría en esta forma un considerable ahorro de divisas, disminuir la dependencia del mercado mundial del petróleo y aminorar el consumo de combustibles vegetales.

Adicionalmente, existe la posibilidad de que algunos países de alto potencial y desarrollo hidroeléctrico puedan abastecer parcialmente las demandas de los países vecinos, desplazando así la energía hidroeléctrica a la termoelectricidad. Tal es el caso de la interconexión de los sistemas eléctricos de Honduras y Nicaragua, y el de que Costa Rica venda excedentes de energía a Nicaragua. (40) En el capítulo siguiente se hace mención más detallada de estas posibilidades de desarrollo integrado de los recursos hidroeléctricos.

Cuadro 27

ISTMO CENTROAMERICANO: GRADO DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO  
PRACTICO, 1970, 1980 Y 1990

E/CN.12/CCE/SC.5/76  
Pág. 74

País	Energía práctica disponible (GWh)		1970		1980		1990				
	Media	De estiaje	Energía utilizada (GWh)	Porcentaje de uso de la energía disponible		Energía utilizada (GWh)	Porcentaje de uso de la energía disponible				
				Media	De estiaje		Media	De estiaje			
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>155 630</u>	<u>25 140</u>	<u>2 531</u>	<u>1.6</u>	<u>10.1</u>	<u>9 211</u>	<u>5.9</u>	<u>36.7</u>	<u>19 432</u>	<u>12.5</u>	<u>77.6</u>
Costa Rica	30 900	5 140	873	3.2	17.0	2 238	7.2	43.5	3 411	11.0	66.3
El Salvador	6 430	800	508	7.9	63.3	1 151	17.9	143.8	2 998	46.5	374.0
Guatemala	35 970	5 480	374	1.0	6.8	1 386	3.9	25.1	3 599	10.0	65.6
Honduras	34 930	4 710	200	0.6	4.2	1 809	5.2	38.2	2 686	7.7	57.0
Nicaragua	20 020	4 900	240	1.2	4.9	385	1.9	7.9	1 336	6.7	27.3
Panamá	27 380	4 110	336	1.2	8.2	2 242	8.2	54.4	5 402	19.7	131.8

Fuente: CEPAL.

## 5. Navegación fluvial

La utilización de ríos y lagos para la navegación ha tenido hasta la fecha relativamente poca importancia en la región, siendo muy limitada la complementariedad o competencia que han tenido con los otros medios de transporte. El uso de los ríos, en este sentido, se reduce al transporte de granos y productos locales a base de embarcaciones pequeñas, especialmente en las regiones atlánticas de Guatemala, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

Se estima que la región posee un total de 5 850 kilómetros lineales de canales naturales y lagos, navegables para pequeñas y medianas embarcaciones, que señala un índice de navegabilidad mínima de 11.2 metros por kilómetro cuadrado de superficie. (Véase el cuadro 28.)

El Canal de Panamá es la obra de navegación fluvial más importante de la región, y una de las más sobresalientes del mundo, al permitir el tráfico interoceánico de barcos de gran calado. Otras obras regionales de importancia, pero de mucho menor magnitud, son la canalización de las lagunas del Atlántico en Costa Rica y el Canal de Chiquimulilla en Guatemala.

### a) Usos actuales del agua

Estimaciones provisionales de los caudales requeridos para navegación mínima por pequeñas y medianas embarcaciones en los ríos de la región, fueron realizadas sobre la base de una sección transversal supuesta de 20 metros de ancho en el fondo, 22 metros de ancho en la superficie y un metro de profundidad, así como una pendiente de entre 1:6 000 y 1:10 000, estimada con base en los mapas topográficos disponibles. La demanda de agua para navegación en el Canal Interoceánico de Panamá se calculó a base de 14 830 tránsitos en 1970 y suponiendo una utilización promedio de 194 000 metros cúbicos por tránsito, de acuerdo con la experiencia de la Compañía de la Zona del Canal.

El requerimiento regional total de agua en 1970, para estos propósitos, llegaba a los 620 metros cúbicos por segundo, de los cuales 90 eran utilizados en el Canal Interoceánico y se consideran consumidos al ser descargados a nivel del mar y no poder volver a utilizarse. (Véase de nuevo el cuadro 28.)

Cuadro 28

ISTMO CENTROAMERICANO: LONGITUD DE RIOS NAVEGABLES Y  
REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA NAVEGACION FLUVIAL  
MINIMA E INTEROCEANICA, 1970, 1980 Y 1990

País	Longitud navegable (km <sup>2</sup> )	Indice de navegabi- lidad (m/km <sup>2</sup> )	Requerimiento de agua (m <sup>3</sup> /s)		
			1970	1980	1990
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>5 646</u>	<u>11.2</u>	<u>620.0</u>	<u>934.5</u>	<u>973.5</u>
Costa Rica	555	10.9	104.5	104.5	104.5
El Salvador	97	4.8	19.0	19.0	19.0
Guatemala	1 135	8.6	44.4	44.4	44.4
Honduras	1 165	10.1	57.0	57.0	57.0
Nicaragua <sup>a/</sup>	1 812	13.9	104.5	395.0	395.0
Panamá <sup>b/</sup>	1 082	14.3	290.6	314.6	353.6

Fuente: CEPAL.

a/ El requerimiento aumenta en 1980 por la canalización del río San Juan.

b/ El requerimiento aumenta debido al incremento en el tráfico del canal interoceánico.

b) Usos proyectados

Los requerimientos de agua para la navegación en canales naturales se considera que son esencialmente constantes; en cambio los referentes a la navegación en canales artificiales pueden crecer al aumentar el tráfico de embarcaciones.

Los proyectos importantes de canalización previstos para el periodo 1971-90, se refieren a la canalización del Río San Juan para el tráfico de barcazas en Nicaragua y Costa Rica y al incremento del tráfico interoceánico en el Canal de Panamá que precisará eventualmente (pero fuera del periodo de estudio) la construcción de un nuevo canal.

Se estima que la canalización del San Juan quedaría terminada durante la presente década para que puedan circular barcazas que requerirían una profundidad mínima de 6 pies. El proyecto supone también el mejoramiento de las instalaciones portuarias en los lagos y en San Juan del Norte. Estimaciones provisionales indican que el requerimiento de agua para mantener la profundidad indicada serían 300 metros cúbicos por segundo en el Río San Juan.

El crecimiento del tráfico en el Canal Interoceánico de Panamá se estima como sigue (41):

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>
Número "óptimo" de tránsitos, por año	17 100	19 700	23 200	27 600
Número "bajo" de tránsitos, por año	16 100	17 800	19 900	22 100
Número promedio de tránsitos, por año	16 600	18 750	21 500	24 850

De acuerdo con las estimaciones de requerimientos unitarios de agua efectuados por la Compañía de la Zona del Canal, la demanda total para navegación en el canal se estima que habrá de crecer a 115 metros cúbicos por segundo en 1980 y a 153 en 1990, demandas que se consideran consuntivas, como se señaló anteriormente, y que competirán además con los requerimientos para el suministro de agua potable de las ciudades de Panamá, Colón y la Zona, así como para la generación hidroeléctrica en algunas centrales.

Estudios realizados recientemente (42) indican, por otra parte, que la disponibilidad de agua en la cuenca que alimenta y hace posible la operación de las esclusas del canal constituye un factor limitante para el tráfico interoceánico futuro, especialmente durante periodos hidrológicos críticos.<sup>13/</sup> Será necesario, por lo tanto, incrementar y regularizar más todavía los caudales afluentes para mantener un tráfico continuo durante los periodos críticos y permitir un tráfico incrementado hasta que se construya un nuevo canal.

Además de estas dos obras de importancia, se efectuarían en la región obras de canalización y de mejoramiento de las instalaciones portuarias en las cuencas de la zona atlántica de Guatemala y de Nicaragua, aparte de terminarse y mejorarse las de Costa Rica.

El requerimiento total de agua en la región para estos propósitos serían 935 metros cúbicos por segundo en 1980 y 974 metros cúbicos por segundo en 1990. (Véase de nuevo el cuadro 28.)

Será muy conveniente desarrollar la navegación fluvial en todos los países, y particularmente en Honduras, como medio de complementación del transporte para el desarrollo de extensas regiones de la costa del Atlántico.

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

### a) Recreación

En los lagos naturales y en los ríos de corriente permanente se desarrollan diversas formas de recreación, que en el caso de lagos artificiales no pueden permitirse si se destinan al suministro de agua potable. Se trata de una actividad incipiente en la actualidad, pero que irá adquiriendo importancia a medida que aumente el desarrollo socioeconómico de los países de la región.

<sup>13/</sup> Se calcula en unos 30 000 el límite máximo de tránsitos por año, tráfico que se alcanzaría en 1996; y de presentarse algún periodo hidrológico crítico, a partir de 1983 habría que restringir el tráfico en el Canal.

b) Pesca, caza y cría de peces

El mantenimiento y la propagación de la fauna acuática es otro aprovechamiento benéfico de lagos y ríos; requiere, sin embargo, profundidades adecuadas, ausencia de contaminación y condiciones ambientales propicias. Estas actividades también son realizadas en pequeña escala en la actualidad, pero pueden llegar a constituir una importante fuente de alimentación y de ingresos para la población.

c) Crecidas e inundaciones

Las frecuentes crecidas de los ríos durante la estación lluviosa causan grandes inundaciones en extensas zonas de la región, y daños considerables a las economías de los países. Para evitarlo se requeriría construir presas almacenadoras y rectificar el cauce de algunos ríos, lo cual permitiría además regularizar los caudales de los mismos.

d) Erosión y sedimentación

La sedimentación en embalses y en otras obras de aprovechamiento de agua reduce su vida útil y aumenta el costo de operación y mantenimiento, situación que se presenta principalmente en las cuencas de la vertiente del Pacífico.

La carga de sedimentos en los ríos depende en gran medida del grado de erosión de los suelos y del tipo y extensión de la cobertura vegetal de las cuencas. La tala indiscriminada de bosques y el cultivo de productos estacionales en zonas de fuerte pendiente provocan erosión, modifican el régimen hidrológico y disminuyen las tasas de infiltración y de recarga de los depósitos de agua subterránea.

Se requerirá prestar particular atención a estas circunstancias para evitar en la medida de lo posible daños a las obras de aprovechamiento hídrico y conservar la cantidad y calidad del recurso agua.

/e) Drenaje

e) Drenaje

Existen en la región amplias zonas de tierras agrícolas que carecen en la actualidad de un adecuado sistema de drenaje, y por lo tanto se ven temporal o permanentemente anegadas. La amplia e intensiva utilización de las tierras, que se requiere para lograr satisfacer la demanda regional futura de productos agropecuarios, hace necesaria la rehabilitación y el mejoramiento de estas tierras.

f) Contaminación

Los ríos y lagos de la región se contaminan al recibir descargas concentradas de aguas residuales no tratadas de los sectores doméstico e industrial, y retornos del sector agropecuario que vienen acompañados de excedentes de pesticidas, fertilizantes y sales. La magnitud de la contaminación aumenta en la medida en que se incrementa e intensifica la utilización del agua; el grado de contaminación depende del tipo, magnitud y concentración de los desechos humanos, industriales y agropecuarios.

Al realizar este trabajo no se dispuso de información referente al tipo y concentración de los retornos industriales y agropecuarios; la medida de la contaminación causada por el sector doméstico se calculó por esa razón a base de una demanda bioquímica de oxígeno per cápita estimada, llegándose a la conclusión de que la magnitud de los retornos contaminados de todos los sectores en la región podrá aproximarse a los 345 metros cúbicos por segundo en 1980 y a los 650 en 1990; se calculó también que para diluir naturalmente los retornos domésticos --que representan menos del 10 por ciento de los retornos totales-- habrán de requerirse 1 215 y 1 765 metros cúbicos por segundo en 1980 y 1990, respectivamente.

Las cifras anteriores evidencian la importancia de conocer el tipo y la concentración de los desechos industriales y agropecuarios, así como de controlar la contaminación tratando artificialmente los retornos urbanos e industriales y haciendo un uso racional de los fertilizantes y pesticidas en el sector agropecuario. Sólo así podrá asegurarse la conservación de la calidad del agua, recurso de disponibilidad constante mientras su demanda es siempre creciente.



## 7. Resumen de usos y requerimientos de agua

Los usos brutos del agua están representados por la suma aritmética de todos los requerimientos sectoriales, incluyendo la utilización repetida del agua bien por un mismo o por diferentes sectores usuarios. La utilización neta del agua incluye exclusivamente la suma de los requerimientos de los sectores de riego y abastecimiento doméstico e industrial, puesto que los demás no implican consumo real o contaminación significativa.<sup>14/</sup> Una parte de los usos netos se pierde para futura utilización (uso real o consuntivo) y los retornos consiguientes vienen acompañados de un mayor o menor grado de contaminación (uso contaminante).

En el cuadro 29 se indica la clasificación de los usos del agua en la región, así como la participación sectorial en la utilización bruta. En el cuadro 30 aparece un resumen, por países, de los usos sectoriales del agua, para el período en estudio.

### a) Utilización del agua en 1970

La utilización bruta del agua en la región era en 1970 de 1 230 metros cúbicos por segundo, de los cuales representaba el 50 por ciento el requerimiento para navegación fluvial; la utilización para generación hidroeléctrica era un 32 por ciento; la de irrigación, un 16, y la del sector agua potable e industrial, el 2 por ciento restante. (Véase de nuevo el cuadro 29.)

Los usos netos de la región ascendían a 350 metros cúbicos por segundo, y la utilización consuntiva era de 240. El uso nacional contaminante, estimado por diferencia entre la utilización neta y la consuntiva, era de 110 metros cúbicos por segundo. Por otra parte, para la dilución natural de los retornos urbanos no tratados --que equivalen a sólo el 9 por ciento de los retornos totales-- se requería un caudal de 790 metros cúbicos por segundo.

<sup>14/</sup> La utilización de agua para navegación en el canal interoceánico y para generación de energía eléctrica en la planta de Gatún, en Panamá, se consideran consuntivas por descargarse el agua al nivel del mar y no poder reutilizarse; corresponden por lo tanto al uso neto.

Cuadro 29

ISTMO CENTROAMERICANO: CLASIFICACION DE LOS USOS DEL AGUA, 1970, 1980 Y 1990

Sector y utilización	1970		1980		1990	
	Requeri- miento de agua (m <sup>3</sup> /s)	Por- ciento del uso bruto	Requeri- miento de agua (m <sup>3</sup> /s)	Por- ciento del uso bruto	Requeri- miento de agua (m <sup>3</sup> /s)	Por- ciento del uso bruto
<b>Todos los sectores</b>						
Utilización bruta	1 232.4	100.0	2 553.2	100.0	4 564.8	100.0
Utilización neta	351.1		833.8		1 463.8	
Utilización consuntiva	240.3		488.3		814.7	
Utilización contaminante	110.8		345.5		649.1	
<b>Irrigación</b>						
Utilización total	196.3	15.9	639.3	25.0	1 214.8	26.6
Utilización consuntiva	96.2		313.7		595.9	
Utilización contaminante	100.1		325.6		618.9	
<b>Agua potable e industrial</b>						
Utilización total	18.8	1.5	33.5	1.5	50.0	1.1
Utilización consuntiva	8.1		13.6		19.8	
Utilización contaminante	10.7		19.9		30.2	
<b>Generación hidroeléctrica</b>						
Utilización total	397.3	32.4	945.9	37.0	2 326.5	50.9
Utilización consuntiva <sup>a/</sup>	46.0		46.0		46.0	
<b>Navegación fluvial</b>						
Utilización total	620.0	50.2	934.5	36.5	973.5	21.4
Utilización consuntiva <sup>a/</sup>	90.0		115.0		153.0	

Fuente: CEPAL.

<sup>a/</sup> Caudales descargados al nivel del mar que no pueden reutilizarse.

Cuadro 30

## ISTMO CENTROAMERICANO: UTILIZACION SECTORIAL DEL AGUA EN LOS PAISES, 1970, 1980 Y 1990

(Metros cúbicos por segundo)

País y año	Total de los sectores			Irrigación		Agua potable e industrial		Generación hidroeléctrica		Navegación fluvial	
	Uso bruto	Uso neto	Uso consuntivo	Total	Consumitivo	Total	Consumitivo	Total	Consumitivo <sup>a/</sup>	Total	Consumitivo <sup>a/</sup>
<b>Istmo Centroamericano</b>											
1970	1 232.4	351.1	240.3	196.3	96.2	18.8	8.1	397.3	46.0	620.0	90.0
1980	2 553.2	833.8	488.3	639.3	313.7	33.5	13.6	945.9	46.0	934.5	115.0
1990	4 564.8	1 463.8	814.7	1 214.8	595.9	50.0	19.8	2 326.5	46.0	973.5	153.0
<b>Costa Rica</b>											
1970	217.1	43.0	20.5	39.6	19.4	3.4	1.1	69.6	-	104.5	-
1980	285.2	61.7	29.3	56.2	27.5	5.5	1.8	119.0	-	104.5	-
1990	421.9	107.5	51.4	98.8	48.4	8.7	3.0	209.9	-	104.5	-
<b>El Salvador</b>											
1970	187.9	27.4	12.7	23.6	11.6	3.8	1.1	141.5	-	19.0	-
1980	398.8	91.1	43.2	84.0	41.2	7.1	2.0	288.7	-	19.0	-
1990	969.5	324.8	157.0	313.9	153.9	10.9	3.1	625.7	-	19.0	-
<b>Guatemala</b>											
1970	106.5	23.2	10.8	19.1	9.4	4.1	1.4	38.9	-	44.4	-
1980	262.8	152.0	72.8	144.3	70.7	7.7	2.1	66.4	-	44.4	-
1990	698.4	273.6	131.6	262.5	128.5	11.1	3.1	380.4	-	44.4	-
<b>Honduras</b>											
1970	118.8	42.6	20.4	40.8	20.0	1.8	0.4	19.2	-	57.0	-
1980	360.3	169.9	82.8	167.0	82.0	2.9	0.8	133.4	-	57.0	-
1990	637.0	267.6	130.6	263.1	129.2	4.5	1.4	312.4	-	57.0	-

Cuadro 30 (Conclusión)

País y año	Total de los sectores			Irrigación		Agua potable e industrial		Generación hidroeléctrica		Navegación fluvial	
	Uso bruto	Uso neto	Uso consuntivo	Total	Consumtivo	Total	Consumtivo	Total	Consumtivo <sup>a/</sup>	Total	Consumtivo <sup>a/</sup>
Nicaragua											
1970	168.3	51.1	24.8	49.4	24.3	1.7	0.5	12.7	-	104.5	-
1980	541.0	123.0	59.6	119.1	58.5	3.9	1.1	23.0	-	395.0	-
1990	870.1	178.4	86.4	172.3	84.8	6.1	1.6	296.7	-	395.0	-
Panamá											
1970	433.8	163.8	151.1	23.8	11.5	4.0	3.6	115.4	46.0	290.6	90.0
1980	706.1	236.1	200.6	68.7	33.8	6.4	5.8	315.4	46.0	314.6	115.0
1990	967.9	311.9	257.7	104.2	51.1	8.7	7.6	501.4	46.0	353.6	153.0

Fuente: CEPAL.

<sup>a/</sup> Caudales descargados al nivel del mar que no pueden reutilizarse.

La mayor utilización del agua correspondía a Panamá, debido en parte a la navegación en el Canal; Guatemala acusaba la menor utilización a pesar de contar con la mayor población entre los países del Istmo. (Véase de nuevo el cuadro 30.)

b) Utilización proyectada para 1980

De acuerdo con los planes de desarrollo de los organismos sectoriales involucrados, el uso bruto del agua en la región se acercaría en 1980 a los 2 550 metros cúbicos por segundo, duplicándose virtualmente la utilización de 1970. La participación sectorial en la utilización bruta se vería modificada, puesto que el requerimiento para navegación e hidroelectricidad sería de 37 por ciento para cada una; la demanda para riego representaría el 25 por ciento, y la referente a agua potable e industrial, un 2 por ciento. El riego y la generación hidroeléctrica adquirirán mayor preponderancia, por lo tanto. (Véase de nuevo el cuadro 29.)

Los usos netos llegarán en 1980 a los 835 metros cúbicos por segundo, 2.4 veces la cifra correspondiente a 1970; la utilización consuntiva ascenderá a los 490 metros cúbicos por segundo, más que duplicada la correspondiente a 1970. El amplio crecimiento se deberá principalmente a la implantación del riego en gran escala, y al aumento del tráfico interoceánico por el Canal de Panamá. (Véase nuevamente el cuadro 29.)

La utilización contaminante --diferencia entre uso neto y uso consuntivo-- llegará a 345 metros cúbicos por segundo, triplicando la correspondiente a 1970. Para diluir naturalmente los retornos urbanos no tratados --que serán  $19 \text{ m}^3/\text{s}$ -- se requerirá un caudal cercano a los 1 215 metros cúbicos por segundo.

Panamá y Nicaragua acusarán las mayores utilizations brutas en tanto que Panamá y Honduras tendrán los mayores requerimientos netos. Guatemala acusará la menor demanda bruta al igual que en 1970. (Véase de nuevo el cuadro 30.)

/c) Utilización

e) Utilización prevista para 1990

De llevarse a cabo los planes de desarrollo señalados para la década 1981-90, la región tendría una demanda bruta cercana a 4 565 metros cúbicos por segundo en 1990, o sea 3.7 veces la correspondiente a 1970. La utilización del agua para generación hidroeléctrica cubriría un 51 por ciento de la demanda bruta; la demanda para riego representaría un 27 por ciento; el requerimiento para navegación fluvial, el 21 por ciento, y el agua potable e industrial ocuparía el 1 por ciento restante. El predominio de la hidroelectricidad y el crecimiento de la irrigación, serían notables. (Véase de nuevo el cuadro 29.)

La utilización neta llegaría a unos 1 465 metros cúbicos por segundo, cuadruplicándose el uso de 1970; el uso consuntivo crecería similarmente hasta alcanzar los 815 metros cúbicos por segundo. El notable crecimiento de estas utilidades se debería principalmente al amplio desarrollo previsto para la irrigación, y al crecimiento del tráfico en el Canal de Panamá. (Véase de nuevo el cuadro 29.)

Los usos contaminantes se estima que pueden llegar a los 650 metros cúbicos por segundo, sextuplicando casi la cifra de 1970, lo cual indica la importancia de la contaminación futura. Sólo para la dilución de los retornos no tratados del sector urbano, que representan el 5 por ciento del total de retornos, se precisará contar con un caudal de más de 1 700 metros cúbicos por segundo.

El Salvador y Panamá acusarían las mayores demandas y consumos, y Costa Rica tendría las menores. (Véase de nuevo el cuadro 30.)

8. Balance de usos y disponibilidades de agua

La comparación entre las disponibilidades de agua y los usos y requerimientos actuales de la misma, ha determinado el grado actual de aprovechamiento del recurso. Una comparación con los requerimientos proyectados para satisfacer las necesidades de la creciente población de la región, ha permitido anticipar posibles conflictos entre sectores usuarios, establecer la necesidad de realizar aprovechamientos con propósitos múltiples, e incluso prever la insuficiencia del recurso para satisfacer necesidades

/al nivel

al nivel de cuenca hidrográfica. El balance sirve de base, adicionalmente, para formular una política de aprovechamiento hídrico que permita la utilización racional y óptima del agua.

Como se indicó anteriormente, el caudal medio superficial de los ríos es indicativo del posible aprovechamiento en cuencas con amplias posibilidades de regulación de caudales; el caudal de estiaje señala la posibilidad de efectuar aprovechamientos económicos mediante derivación para riego y suministro de agua, y para centrales hidroeléctricas a filo de agua. El caudal medio de los ríos durante años secos debe tomarse en cuenta al proyectar aprovechamientos con embalses de regulación anual solamente.

La importancia de estos parámetros hidrológicos ha aconsejado emplearlos, en los párrafos siguientes, tanto como patrón de comparación para determinar el grado de utilización de los recursos como para señalar los tipos de aprovechamiento que habrán de requerir los aprovechamientos programados.

La comparación de los usos brutos con el caudal medio revela la eficiencia y complementariedad 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 eventualidades siguientes. Cuando el uso bruto resulta superior al caudal medio de los ríos, habrá que recurrir forzosamente a utilizations repetidas por uno o más sectores usuarios. El uso neto no podrá exceder del caudal medio a menos que exista utilización de retornos; lo mismo sucederá en el caso de un año seco salvo cuando se cuente con embalses de regulación pluri-anual. El uso neto sólo puede exceder a las disponibilidades de estiaje en el caso de que se utilicen los retornos, se emplee el agua subterránea o se cuente con obras de regularización de caudales. El uso consuntivo sólo podrá exceder el caudal de estiaje cuando se utilice ampliamente el agua subterránea y se cuente con embalses reguladores que incrementen el valor actual de las disponibilidades. Si los recursos existentes son

/inferiores

inferiores a los que se necesitan para la dilución natural de aguas residuales, se producirá la contaminación y será preciso tratar artificialmente los retornos para poder utilizarlos de nuevo y garantizar la salud.

Cabe señalar finalmente que las disponibilidades de agua se refieren al caudal disponible en la desembocadura de los ríos; las demandas y uso del agua, en cambio, suelen distribuirse por lo general en forma concentrada y no uniforme en las cuencas. Por ello, el balance de la oferta y la demanda deberá ser llevado al nivel de subcuencas cuando las demandas globales representen significativos porcentajes de los caudales disponibles.

a) Grado de aprovechamiento hídrico en 1970

La utilización bruta del agua en la región representaba en 1970 el 6 por ciento del caudal medio superficial mientras la utilización efectiva o neta, y la consuntiva, eran de menos del 2 por ciento. Con relación al caudal de estiaje, la región hacía una utilización neta del 13 por ciento y la disminución real por consumo era del 9 por ciento. (Véase el cuadro 31.)

Evidentemente, los grados de aprovechamiento y de consumo en la región eran bajos, aunque en El Salvador resultaban significativos porque el uso bruto representaba el 31 por ciento del caudal medio, y las demandas netas y consuntivas llegaban al 30 y al 14 por ciento, respectivamente, del caudal de estiaje. (Véase de nuevo el cuadro 31.)

Los requerimientos de agua para dilución natural de retornos urbanos no tratados son inferiores a los caudales disponibles durante todo el año en la región.

Debe señalarse, sin embargo, que algunas cuencas hidrográficas --ubicadas en la vertiente del Pacífico-- acusan en la actualidad entre moderados y altos grados de aprovechamiento y consumo del agua disponible. Adicionalmente, aquellas cuencas en las que ocurren las mayores concentraciones urbanas acusan significativos grados de contaminación de sus aguas, al no alcanzar los caudales disponibles durante parte del año a proveer la dilución natural de desechos humanos e industriales.



Cuadro 31

ISTMO CENTROAMERICANO: GRADOS DE UTILIZACIÓN ACTUAL Y PROYECTADA  
DE LOS RECURSOS HIDRICOS DISPONIBLES, 1970, 1980 Y 1990

País y año	Agua disponible (m <sup>3</sup> /s)			Grado de utilización expresado como porcentaje del:				
	Caudal medio <sup>a/</sup>	Caudal de estiaje <sup>a/</sup>	Agua sub- terránea	Caudal medio			Caudal de estiaje	
				Bruto	Neto	Consum- tivo	Neto	Consum- tivo
<u>Istmo Centro- americano</u>	19 950	2 673	1 531					
1970				6.1	1.8	1.2	13.2	9.0
1980				12.8	4.2	2.5	31.3	18.3
1990				22.9	7.4	4.1	54.9	30.5
Costa Rica	3 019	496	334					
1970				7.2	1.4	0.7	8.7	4.1
1980				9.5	2.0	1.0	12.4	5.9
1990				14.0	3.6	1.7	21.7	10.4
El Salvador	601	90	83					
1970				31.3	4.6	2.1	30.5	14.1
1980				66.7	15.2	7.2	101.2	48.0
1990				161.6	53.9	26.2	360.0	174.7
Guatemala	3 697	510	194					
1970				2.9	0.6	0.3	4.5	2.1
1980				7.1	4.1	2.0	29.7	14.3
1990				18.9	7.4	3.6	53.8	25.7
Honduras	3 229	434	288					
1970				3.7	1.3	0.6	9.9	4.7
1980				11.2	5.3	2.6	39.2	19.1
1990				19.8	8.3	4.1	62.0	30.3
Nicaragua	5 520	564	527					
1970				3.0	0.9	0.4	9.2	4.5
1980				9.8	2.2	1.1	22.2	10.8
1990				15.0	3.3	1.6	32.3	15.7
Panamá	4 036	592	105					
1970				10.7	4.1	3.7	27.6	25.5
1980				17.5	5.8	5.0	39.6	33.7
1990				24.0	7.7	6.4	52.7	43.5

Fuente: CEPAL.

a/ Los totales no coinciden con la suma de los países, ya que algunos caudales originados en unos países pasan a otros.

/b) Grado de

b) Grado de utilización proyectada para 1980

La utilización bruta proyectada para satisfacer las necesidades de 1980 representa el 13 por ciento del caudal medio de los ríos de la región; la demanda neta y la consuntiva, menos del 5 por ciento del mismo. En relación con el caudal de estiaje, la utilización efectiva o neta y el consumo real serán del 31 y el 18 por ciento, respectivamente. (Véase de nuevo el cuadro 31.)

El aprovechamiento proyectado para 1980 en la región pueda considerarse relativamente bajo, pero es significativo si se compara con el de 1970. Los requerimientos nacionales para dilución natural de las aguas servidas del sector urbano serán, a nivel regional, inferiores a los caudales disponibles, incluso durante el estiaje.

El caso de El Salvador adquiere particular significación ya que en 1980 empleará en bruto un 67 por ciento del caudal medio; durante el estiaje los usos netos excederán del caudal disponible, y el consumo de agua llegará al 48 por ciento. Adicionalmente, el requerimiento para dilución natural de retornos urbanos no tratados se estima que representará el 52 por ciento del caudal medio, y que excederá al caudal de estiaje. Se requerirá por consiguiente realizar utilidades complementarias, repetidas y escalonadas, de las aguas superficiales y subterráneas; controlar la contaminación a base del tratamiento correspondiente de las aguas urbanas servidas y de utilizar racionalmente fertilizantes y pesticidas; y, en algunas cuencas, construir presas almacenadoras que permitan incrementar los caudales de estiaje.

Situación similar habrá de presentarse en otras cuencas de la vertiente del Pacífico, en el resto de los países, donde las demandas serán altas y sólo se cuenta con limitados recursos para atenderlas.

c) Grado de utilización prevista para 1990

La utilización bruta del agua se estima que llegará a representar en 1990 un 23 por ciento del caudal medio en la región, mientras la utilización neta y la consuntiva no excederán del 8 por ciento. Sin embargo,

/durante la

durante la época seca, la utilización neta representaría el 55 por ciento del caudal disponible y el consumo real, un 31 por ciento. (Véase de nuevo el cuadro 31.)

El grado de aprovechamiento del agua disponible en la región sería entonces considerable, especialmente durante el estiaje. Los requerimientos para dilución natural de retornos urbanos no tratados excederían del caudal disponible en la región durante el estiaje, y de ello habrían de derivarse muy serios problemas de contaminación.

El Salvador alcanzaría un grado de aprovechamiento bruto de sus recursos medios muy alto (162 por ciento); su requerimiento neto sería 3.6 veces el caudal disponible en el estiaje, y el consumo representaría el 175 por ciento durante los meses secos; además, el requerimiento para diluir los retornos urbanos no tratados ascenderá al 73 por ciento del caudal medio y sobrepasará notablemente al de estiaje. Dicha situación sólo podrá solventarse a base de utilizations múltiples y repetidas de los recursos --que incluyan grandes vasos almacenadores de caudal-- y del amplio aprovechamiento del agua subterránea, del adecuado control de la contaminación y, en algunos casos, del intercambio de agua entre cuencas vecinas. Una efectiva planificación y la optimización del aprovechamiento del agua serán condiciones ineludibles para afrontar el desarrollo previsto.

Se considera que Honduras, Guatemala y Panamá alcanzarán grados de aprovechamiento neto de sus caudales de estiaje relativamente altos. (Véase de nuevo el cuadro 31.)

Muchas cuencas hidrográficas de la vertiente pacífica en los demás países del área acusarán problemas similares a los anotados para El Salvador, y requerirán atención prioritaria de los gobiernos, como se verá más adelante.

#### 9. Cuencas hidrográficas prioritarias

Los estudios realizados han permitido identificar una serie de cuencas hidrográficas de la región que requerirán atención prioritaria de los gobiernos. Sobresalen éstas por sus amplios aprovechamientos sectoriales del agua, con

/el consiguiente

el consiguiente consumo y contaminación del recurso, y habrán de requerir un desarrollo integral y coordinado para poder satisfacer las demandas.

La mayoría de las mismas se encuentra en la vertiente del Pacífico, donde las disponibilidades son menores, y mayores en consecuencia los problemas del aprovechamiento hídrico. Las restantes cuencas corresponden a ríos que vierten hacia el Atlántico y que por lo general poseen amplios recursos no controlados. (Véase el cuadro 32.)

La importancia de estas cuencas dentro del aprovechamiento de los recursos hidráulicos se comprende al señalar que abarcan un 60 por ciento de la superficie de la región y poseen el 51 por ciento del caudal disponible. Adicionalmente, albergan al 81 por ciento de la población total y al 89 por ciento de la urbana. En 1970 acusaban un 83 por ciento de la utilización bruta de la región, y se estima que esta participación llegará a ser del 93 por ciento en 1990. La importancia de estas cuencas, a nivel nacional, es más notoria en el caso de El Salvador, Honduras y Panamá. (Véase el cuadro 33.)

En las cuencas prioritarias, los grados de utilización bruta del recurso acusaban en 1970 un promedio del 15 por ciento, que se calcula ascenderá hasta el 32 y el 55 por ciento en 1980 y 1990, respectivamente.

Las utilizaciones netas en estas cuencas representarán un promedio del 115 y del 200 por ciento del caudal de estiaje en 1980 y 1990, respectivamente; los usos consuntivos, llegarán a ser en ellas, en promedio, del 60 y el 100 por ciento del caudal de estiaje para los años apuntados. (Véase el cuadro 34.) Además, por albergar a la mayoría de la población --urbana especialmente-- sus caudales adquirirán en ellas los mayores grados de contaminación.

Para satisfacer las demandas previstas para 1980, en estas cuencas se precisará efectuar aprovechamientos coordinados, escalonados y repetidos de los caudales de estiaje de los ríos y de los recursos hídricos del subsuelo; se requerirá además controlar la contaminación, a base de tratar artificialmente las aguas servidas y de emplear racionalmente los fertilizantes y pesticidas; además de la construcción de embalses para incrementar los caudales de estiaje en algunos casos.

Cuadro 32

ISTMO CENTROAMERICANO: CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS PRIORITARIAS  
1970, 1980 Y 1990

País y río	Superficie (miles de km <sup>2</sup> )	Caudal disponible (m <sup>3</sup> /s)	Población en 1970 (miles de habitantes)		Utilización bruta (m <sup>3</sup> /s)		
			Total	Urbana	1970	1980	1990
<u>Istmo Centroamericano</u>	<u>313.4</u>	<u>10 210</u>	<u>13 285.8</u>	<u>5 487.5</u>	<u>1 015.3</u>	<u>2 326.6</u>	<u>4 236.1</u>
<u>Costa Rica</u>	<u>20.8</u>	<u>959</u>	<u>1 424.9</u>	<u>566.3</u>	<u>133.8</u>	<u>165.6</u>	<u>262.4</u>
Tempisque, Bebedero y otros	11.8	368	282.6	59.2	22.0	35.0	55.5
Grande de Tárcoles	2.1	101	905.3	451.6	58.3	58.3	85.2
Reventazón, Pacuare, etc. <sup>a/</sup>	6.9	490	237.0	55.5	58.5	72.3	121.7
<u>El Salvador</u>	<u>14.0</u>	<u>519</u>	<u>2 885.3</u>	<u>1 307.4</u>	<u>186.8</u>	<u>397.6</u>	<u>952.5</u>
Paz <sup>b/</sup>	1.0	25	163.2	57.2	0.2	7.9	24.0
Lempa <sup>b/</sup>	9.0	409	2 340.3	1 115.0	160.2	332.7	839.5
Sonsonate y Banderas	1.6	28	199.9	68.2	14.6	17.8	19.8
Grande de San Miguel	2.4	57	181.9	67.0	11.8	39.2	69.2
<u>Guatemala</u>	<u>92.4</u>	<u>2 238</u>	<u>4 268.9</u>	<u>1 641.4</u>	<u>89.3</u>	<u>240.5</u>	<u>680.8</u>
Samalá, Nahualate y otros	7.7	417	858.3	254.6	13.0	84.6	126.9
Achiguate, María Linda	4.0	180	620.3	377.3	23.2	78.2	138.9
Los Esclavos <sup>b/</sup>	3.2	58	167.0	37.9	12.7	27.4	41.4
Lempa y Paz <sup>b/</sup>	4.1	53	279.7	72.2	1.1	8.8	16.5
Motagua <sup>b/</sup>	14.0	189	1 336.5	751.3	19.2	21.1	22.5
Selegua, Usumacinta, Hondo <sup>a/b/</sup>	59.4	1 341	1 007.1	148.1	20.1	20.4	334.6
<u>Honduras</u>	<u>83.2</u>	<u>2 282</u>	<u>1 816.1</u>	<u>563.9</u>	<u>116.4</u>	<u>337.6</u>	<u>617.5</u>
Choluteca	7.9	71	466.1	259.9	15.2	30.9	44.7
Chamelecón y Ulúa <sup>a/</sup>	27.3	670	1 000.6	253.4	64.5	222.4	455.7
Patuca, Aguán y otros <sup>a/</sup>	48.0	1 541	349.4	50.6	36.7	84.3	117.1
<u>Nicaragua</u>	<u>57.7</u>	<u>1 743</u>	<u>1 524.3</u>	<u>743.8</u>	<u>89.0</u>	<u>514.0</u>	<u>788.9</u>
Estero Real a Brito	11.4	192	371.8	180.7	44.0	71.3	100.2
San Juan <sup>b/</sup>	26.6	789	836.9	506.6	24.8	370.4	394.5
Grande de Matagalpa <sup>a/</sup>	19.7	762	315.6	56.5	20.2	72.3	294.2

Cuadro 32 (Conclusión)

País y río	Superficie (miles de km <sup>2</sup> )	Caudal disponible (m <sup>3</sup> /s)	Población en 1970 (miles de habitantes)		Utilización bruta (m <sup>3</sup> /s)		
			Total	Urbana	1970	1980	1990
<u>Panamá</u>	<u>45.3</u>	<u>2 469</u>	<u>1 366.3</u>	<u>664.7</u>	<u>400.0</u>	<u>671.3</u>	<u>934.0</u>
Coclé del Norte a Chagres	7.7	475	153.2	89.7	216.6	242.7	283.4
Antón, Caimito, Juan Díaz, Tocumen, etc.	3.4	132	501.9	440.9	0.2	7.5	12.9
Chiriquí a Escarrea	4.5	374	159.1	64.7	49.7	96.3	113.7
Fonseca a Tonosí	11.7	659	190.3	4.7	47.6	62.0	72.1
La Villa a Grande	9.7	396	348.8	64.7	52.1	53.0	56.1
Bayano <u>b/</u>	4.6	216	6.5	-	14.3	190.8	190.8
Sixaola y Changuinola <u>a/b/</u>	3.7	217	6.5	-	19.0	19.0	205.0

Fuente: CEPAL.

a/ Cuencas de amplio potencial.b/ Cuenca internacional.

Cuadro 33

ISTMO CENTROAMERICANO: IMPORTANCIA DE LAS CUENCAS PRIORITARIAS  
EN EL APROVECHAMIENTO HIDRICO DE LA REGION, 1970, 1980 Y 1990

País	Porcentaje de la superficie de la cuenca con relación a la del país	Porcentaje del caudal de la cuenca con relación al nacional	Porcentaje de la población en las cuencas con relación a la población nacional		Porcentaje del uso bruto en las cuencas con relación al total nacional		
			Total	Urbana	1970	1980	1990
Istmo Centroamericano	60.0	51.0	81.0	89.2	82.7	91.0	92.6
Costa Rica	41.0	31.7	81.3	91.4	61.8	58.1	62.0
El Salvador	70.0	86.3	85.4	89.4	99.6	99.8	98.3
Guatemala	70.3	60.6	81.6	87.7	83.7	91.7	97.6
Honduras	72.4	67.6	70.8	84.9	97.7	94.0	97.0
Nicaragua	44.5	31.5	79.5	88.4	53.0	95.1	90.6
Panamá	60.0	61.3	91.9	98.5	92.4	95.2	96.4

Fuente: CEPAL.

## ISTMO CENTROAMERICANO: GRADO DE APROVECHAMIENTO EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS PRIORITARIAS, 1970, 1980 Y 1990

País y cuenca hidrográfica	Grado de utilización bruta, expresado como porcentaje del caudal medio			Grado de utilización neta y consuntiva, expresado como porcentaje del caudal de estiaje					
	1970	1980	1990	1970		1980		1990	
				Neta	Consuntiva	Neta	Consuntiva	Neta	Consuntiva
Istmo Centroamericano (promedio)	15	32	55	34	21	113	59	198	100
<b>Costa Rica</b>									
Tempisque, Bebedero y otros	6	10	15	23	11	47	23	84	41
Grande de Tárcoles	58	58	84	19	8	19	7	32	13
Reventazón, Pacuare y otros	12	24	25	2	0	4	2	7	3
<b>El Salvador</b>									
Paz	1	31	96	1	0	88	44	266	134
Lempa	39	90	212	26	12	77	35	376	181
Sonsonate, Banderas	52	64	71	150	73	200	100	229	108
Grande de San Miguel	21	69	122	18	9	218	127	538	264
<b>Guatemala</b>									
Samalá, Nahualate y otros	3	14	31	6	3	62	30	115	56
Achiguate, María Linda	13	44	77	9	4	111	54	205	99
Los Escalvos	22	47	72	25	13	270	132	502	247
Paz y Lempa	2	16	31	18	8	116	56	216	99
Motagua	10	11	12	27	12	34	13	39	15
Selegua, Usumacinta, Hondo	2	16	25	1	1	2	1	2	1
<b>Honduras</b>									
Choluteca	21	44	63	39	18	152	72	250	122
Chamelecón y Ulúa	9	29	58	17	8	57	28	118	58
Patuca, Aguán, Sico y otros	3	5	8	5	2	36	17	56	27
<b>Nicaragua</b>									
Estero Real a Brito	21	36	50	296	195	1 080	531	1 615	790
San Juan	3	10	13	8	4	28	14	40	19
Grande de Matagalpa	3	10	39	47	46	47	47	48	47



Cuadro 34 (Conclusión)

País y cuenca hidrográfica	Grado de utilización bruta, expresado como porcentaje del caudal medio			Grado de utilización neta y consuntiva, expresado como porcentaje del caudal de estiaje					
				1970		1980		1990	
	1970	1980	1990	Neta	Consuntiva	Neta	Consuntiva	Neta	Consuntiva
Panamá									
Coclé del Norte, Chagres y otros	45	51	60	93	93	112	111	140	140
Antón, Caimito, Tocumen o otros	0	8	14	0	0	71	38	130	65
Chiriquí a Escarrea	13	26	30	15	7	46	22	69	33
Fonseca a Tonosí	7	9	11	0	0	22	11	37	18
La Villa a Grande	13	13	14	33	16	35	17	43	21
Bayano	7	88	88	0	0	0	0	0	0
Sixaola, Changuinola	9	9	95	0	0	0	0	0	0

Para poder atender las necesidades de 1990 en estas cuencas prioritarias será menester --además del empleo repetido de los caudales de estiaje y del agua subterránea y del control adecuado de la contaminación-- recurrir en forma generalizada a la construcción de embalses para aprovechamientos con propósitos múltiples y, en algunos casos, a importar agua de cuencas vecinas de alto potencial.

Resulta evidente por consiguiente la necesidad de una planificación coordinada del aprovechamiento del agua en la que se contemplen adecuadamente los requerimientos de cada sector, y que permita a los usuarios compartir los costos y beneficios de las obras que se construyan.

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

Tras la descripción de la disponibilidad y utilización de las aguas, se presenta un diagnóstico resumido de la situación referente a los aspectos economicofinancieros, institucionales, legales e internacionales relacionados con las actividades de evaluación, aprovechamiento y conservación del recurso para identificar algunos problemas que restringen o impiden el óptimo y racional aprovechamiento de las aguas.

#### 1. Aspectos economicofinancieros

##### a) Inversiones

Las inversiones acumuladas en la evaluación y el aprovechamiento de las aguas en el Istmo Centroamericano ascendía, a fines de 1970, a 1 077 millones de pesos centroamericanos.<sup>1/</sup> El total invertido se distribuía por sectores usuarios como sigue: navegación fluvial, 50 por ciento; generación hidroeléctrica y agua potable y desagües, 20 por ciento cada uno; riego y drenaje, 9 por ciento; evaluación del recurso,<sup>2/</sup> uno por ciento. (Véase el cuadro 35,)

La distribución por sectores señalada no es la típica de todos los países de la región, porque las cuantiosas inversiones en el Canal de Panamá desfiguran la situación. Teniendo presente sólo a Centroamérica, la inversión total a fines de 1970 llegaba a los 454 millones; de ellos, la hidroelectricidad representaba el 45 por ciento; el suministro de agua y el alcantarillado, un 34 por ciento; el riego y drenaje, el 23 por ciento; y la navegación fluvial y la evaluación del recurso, el dos por ciento restante. (43) Dicha participación de los sectores en la inversión total se mantiene constante en lo esencial en todos los países, con la excepción anotada de Panamá. (Véase de nuevo el cuadro 35.)

<sup>1/</sup> El peso centroamericano (\$CA) es una moneda imaginaria que equivale a un dólar de EUA.

<sup>2/</sup> Incluye hidrología, meteorología e hidrogeología.

Cuadro 35

ISTMO CENTROAMERICANO: INVERSIONES SECTORIALES EN ACTIVIDADES DE EVALUACION  
Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA ACULULADAS HASTA FINES DE 1970

Sector y concepto	Total Istmo Centro- americano	Subtotal Centro- américa	Costa Rica	El Sal- vador	Guate- mala	Hondu- ras	Nica- ragua	Panamá
<b>Todos los sectores</b>								
Inversión total, millones de pesos CA	1 077.4	454.0	128.5	84.7	98.5	73.7	68.6	623.4
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	65.9	30.5	73.2	25.0	18.8	28.8	35.8	419.0
<b>Suministro de agua y desagües</b>								
Inversión total, millones de pesos CA	214.0	156.0	29.8	36.2	54.4	16.5	19.1	58.0
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	13.1	10.5	16.9	10.7	10.4	6.4	10.1	39.0
Por ciento del total invertido	19.9	34.4	23.2	42.7	55.2	22.5	27.8	9.3
<b>Riego y drenaje</b>								
Inversión total, millones de pesos CA	102.8	86.6	26.2	11.7	11.0	23.3	14.4	16.2
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	6.3	5.8	14.9	3.4	2.1	9.2	7.5	10.9
Por ciento del total invertido	9.5	19.1	20.4	13.8	11.2	31.7	21.0	2.6
<b>Generación hidroeléctrica</b>								
Inversión total, millones de pesos CA	219.2	203.4	69.2	36.4	30.9	33.3	33.6	15.8
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	13.4	13.6	39.5	10.8	5.9	13.0	17.5	10.6
Por ciento del total invertido	20.3	44.8	53.9	43.0	31.4	45.1	49.0	2.5
<b>Navegación fluvial</b>								
Inversión total, millones de pesos CA	535.0	2.2	1.5	-	0.6	-	0.1	532.8
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	32.7	0.2	0.9	-	0.1	-	0.0	358.0
Por ciento del total invertido	49.7	0.5	1.1	-	0.6	-	0.2	85.5
<b>Evaluación del recurso<sup>a/</sup></b>								
Inversión total, millones de pesos CA	6.3	5.6	1.8	0.4	1.6	0.5	1.3	0.7
Inversión unitaria, pesos CA por habitante	0.4	0.4	1.0	0.1	0.3	0.2	0.7	0.5
Por ciento del total invertido	0.6	1.2	1.4	0.5	1.6	0.7	2.0	0.1

Fuente: CEPAL, a base de información suministrada por los organismos nacionales involucrados.

a/ Incluye hidrología, meteorología e hidrogeología.

A pesar de las significativas inversiones realizadas todavía subsistían en 1970 deficiencias notables en algunos sectores. Específicamente, en Honduras, Nicaragua y Guatemala los servicios de acueductos y alcantarillados eran insuficientes; el riego --aunque exceptuar el correspondiente a las empresas bananeras-- impedía eliminar todavía la estacionalidad de la producción agropecuaria al regarse sólo una pequeña fracción de la superficie disponible; la navegación fluvial no complementaba aún los demás sistemas de transporte.

Para el quinquenio de 1971-75, el sector público planea invertir en la región un total de 520 millones de pesos centroamericanos, la mitad de las inversiones acumuladas hasta 1970 aproximadamente. De dicha inversión, el 45 por ciento se dedicaría al sector de acueductos y alcantarillados; un 37 por ciento a obras de generación hidroeléctrica; un 10 por ciento, a sistemas de riego y drenaje; el 6 por ciento a obras de navegación fluvial y lacustre, y el 2 por ciento restante a actividades de evaluación del recurso. (Véase el cuadro 36.)

La relación porcentual señalada es muestra de la preocupación de los países por resolver sus deficiencias en el sector de acueductos y alcantarillados; esencialmente la misma para todos los países salvo para Honduras, donde la inversión seguiría dedicándose de preferencia a la generación hidroeléctrica. Las inversiones proyectadas por el sector público para actividades de riego y drenaje parecen insuficientes para alcanzar las metas de superficie a regar indicadas en este documento, salvo para el caso de El Salvador. Se considera que los países deberían revisar sus programas de inversión en lo que atañe a las obras de aprovechamiento de agua, para permitir a cada sector usuario satisfacer adecuadamente sus necesidades más apremiantes.

b) Financiamiento

A fines de 1970, un 90 por ciento de la inversión realizada correspondía a obras en operación; el 10 por ciento restante representaba proyectos en proceso de construcción o estudio. Un 67 por ciento de las

Cuadro 36

ISTMO CENTROAMERICANO: INVERSIONES SECTORIALES EN ACTIVIDADES DE EVALUACION Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, PROGRAMADAS DE 1971 HASTA 1975

E/CN.12/CCE/SC.5/76  
Pág. 102

Sector y concepto	Total Istmo Centroamericano	Subtotal Centroamérica	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá
Todos los sectores								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	519.8	368.6	48.7	110.9	105.7	47.9	55.4	151.2
Porcentaje del total invertido	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Suministro de agua y desagües								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	235.8	170.4	27.2	40.3	59.8	13.7	29.4	65.4
Porcentaje del total nacional	45.4	46.2	55.9	36.3	56.6	28.5	53.1	43.2
Riego y drenaje								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	50.6	47.2	0.9	19.6	8.5	10.1	8.1	3.4
Porcentaje del total nacional	9.7	12.8	1.8	17.6	8.0	21.2	14.6	2.2
Generación hidroeléctrica								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	194.2	129.0	18.4	50.3	30.7	23.9	5.7	65.2
Porcentaje del total nacional	37.4	35.0	37.8	45.5	29.1	49.9	10.3	43.2
Navegación fluvial								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	31.5	16.5	1.5	-	3.4	-	11.6	15.0
Porcentaje del total nacional	6.0	4.5	3.1	-	3.2	-	20.9	9.9
Evaluación del recurso <sup>a/ b/</sup>								
Inversión, millones de pesos centroamericanos	7.7	5.5	0.7	0.7	3.3	0.2	0.6	2.2
Porcentaje del total nacional	1.5	1.5	1.4	0.6	3.1	0.4	1.1	1.5

Fuente: CEPAL a base de información suministrada por los organismos nacionales involucrados.

a/ Incluye actividades de hidrología, meteorología e hidrogeología.

b/ No incluye la segunda fase del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

inversiones había sido efectuado en el Istmo por el sector privado; en Centroamérica, en cambio, era de un 78 por ciento. (Véase el cuadro 37.)

El total de inversiones en el Istmo había sido realizado con aportaciones privadas y donaciones por valor de 698 millones (65 por ciento); con préstamos a largo plazo por 215 millones (28 por ciento), 176 de ellos de procedencia extranjera, y con aportes de los gobiernos centrales y generación de caja de sus organismos autónomos, por 165 millones (15 por ciento). En Centroamérica, en cambio --es decir, exceptuando Panamá-- del total de 454 millones invertidos, 176 correspondían a préstamos a largo plazo; 146 millones habían sido aportados por los gobiernos centrales y los organismos autónomos; y 131 millones habían sido aportados por el sector privado. (Véase de nuevo el cuadro 37.)

Las inversiones programadas en el Istmo para 1971-75, serán financiadas mediante préstamos por valor de 336 millones y aportaciones de capital por 184 millones. De los préstamos previstos, 315 millones serían de procedencia extranjera y se ha obtenido ya el 48 por ciento; los gobiernos y sus organismos autónomos habrán de aportar 164 millones. En Centroamérica, sin embargo, el 70 por ciento de las inversiones habrá de financiarse mediante préstamos, habiéndose obtenido hasta la fecha sólo una tercera parte. (Véase el cuadro 38.)

Se requerirá sin duda una mayor acción de los gobiernos de Centroamérica para gestionar y obtener los préstamos que requiere la inversión programada.

c) Funcionamiento de la inversión

Los resultados económicos de la operación de la inversión arroja en el sector eléctrico ganancias netas superiores al 8 por ciento anual en todos los casos. En la mayoría de los organismos que sirven al sector de acueductos y desagües se observa una operación deficitaria por causa de un régimen tarifario inadecuado, que no alcanza a generar efectivo suficiente para realizar las nuevas obras que requiere el

Cuadro 37

ISTMO CENTROAMERICANO: FUENTES DE FINANCIAMIENTO DE LAS INVERSIONES REALIZADAS  
HASTA 1970 PARA LA EVALUACIÓN Y EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA

(Millones de pesos centroamericanos)

E/CN.12/CCE/SC.5/76  
Pág. 104

Concepto	Total Istmo Cen- troameri- cano	Subtotal Centro- américa	Costa Rica	El Sal- vador	Guate- mala	Hondu- ras	Nicara- gua	Panamá
Inversiones realizadas	<u>1 077.4</u>	<u>454.0</u>	<u>128.5</u>	<u>84.7</u>	<u>98.5</u>	<u>73.7</u>	<u>68.6</u>	<u>623.4</u>
Fijas en operación	968.3	381.3	105.3	78.0	90.7	54.7	52.6	587.0
Sector público	313.7	295.4	71.6	68.1	80.7	35.1	39.9	18.3
Sector privado	654.6	85.9	33.7	9.9	10.0	19.6	12.7	568.7
En construcción o estudio	109.1	72.7	23.2	6.7	7.8	19.0	16.0	35.4
Deuda a largo plazo	<u>214.7</u>	<u>176.3</u>	<u>39.8</u>	<u>33.5</u>	<u>40.1</u>	<u>31.2</u>	<u>31.7</u>	<u>38.4</u>
Extranjera	176.3	141.4	28.2	27.5	29.9	25.9	29.9	34.9
Nacional	38.4	34.9	11.6	6.0	10.2	5.3	1.8	3.5
Patrimonio	<u>862.7</u>	<u>277.7</u>	<u>88.7</u>	<u>51.2</u>	<u>58.4</u>	<u>42.5</u>	<u>36.9</u>	<u>585.0</u>
Aportes gubernamentales <sup>a/</sup>	165.2	146.3	42.3	40.1	25.1	21.3	17.5	18.9
Otros aportes	697.5	131.4	46.4	11.1	33.3	21.2	19.4	566.1

Fuente: CEPAL a base de información suministrada por los organismos nacionales involucrados.

a/ Incluye aportaciones del gobierno central y de organismos autónomos.



ISTMO CENTROAMERICANO: FINANCIAMIENTO PREVISTO PARA LAS INVERSIONES PROGRAMADAS EN  
DESARROLLO HIDRICO, 1971 A 1975

(Millones de pesos centroamericanos)

Concepto	Total Istmo Cen- troameri- cano	Subtotal Centro- américa	Costa Rica	El Sal- vador	Guate- mala	Hondu- ras	Nicara- gua	Panamá
Costo del programa	<u>519.8</u>	<u>368.6</u>	<u>48.7</u>	<u>110.9</u>	<u>105.7</u>	<u>47.9</u>	<u>55.4</u>	<u>151.2</u>
Financiamiento								
Préstamos	<u>335.6</u>	<u>252.2</u>	<u>25.5</u>	<u>83.5</u>	<u>73.7</u>	<u>33.8</u>	<u>35.7</u>	<u>83.4</u>
Exterior, obtenidos	151.9	87.8	9.5	10.1	34.4	8.4	25.4	64.1
Exterior, a obtener	162.6	143.3	16.0	52.3	39.3	25.4	10.3	19.3
Nacionales	21.1	21.1	-	21.1	-	-	...	-
Aportaciones de capital	<u>184.2</u>	<u>116.4</u>	<u>23.2</u>	<u>27.4</u>	<u>32.0</u>	<u>14.1</u>	<u>19.7</u>	<u>67.8</u>
Del gobierno <sup>a/</sup>	163.9	114.4	22.7	27.2	31.1	13.9	19.5	49.5
Otros aportes	20.3	2.0	0.5	0.2	0.9	0.2	0.2	18.3
Aportes del gobierno central en 1971	25.1	16.1	1.5	1.9	7.8	1.8	3.1	9.0

Fuente: CEPAL a base de información suministrada por los organismos nacionales involucrados.

a/ Incluye generación de caja de organismos autónomos.

sector.<sup>3/</sup> Las cuotas por el uso del agua son tan bajas en algunos distritos de riego que no alcanzan a cubrir los costos de operación y mantenimiento. Los gobiernos deberán tomar las medidas necesarias para resolver estos problemas financieros, que impiden a los organismos sectoriales atender a sus necesidades.

Los gastos de operación y mantenimiento de las obras de aprovechamiento hídrico ascendían en 1971 a 79.1 millones en el Istmo Centroamericano (7.4 por ciento de la inversión hasta fines de 1970) mientras en Centroamérica dichos gastos sólo representaban el 5 por ciento de la inversión total. (Véase el cuadro 39.)

Del total de gastos anuales para el funcionamiento de la inversión en el Istmo, el 62 por ciento correspondía a navegación fluvial; el 25 por ciento, a suministro de agua y desagües; el 5 por ciento a riego y otro tanto a generación hidroeléctrica, y el 2 por ciento a evaluación del recurso; esta distribución, sin embargo, no es totalmente representativa de lo que sucede en todos los países, puesto que los gastos correspondientes a navegación fluvial son elevadísimos en Panamá. Exceptuando dicho país, de los gastos anuales totales correspondería al sector de acueductos y alcantarillados el 57 por ciento; 18 por ciento al riego; 16 por ciento a la generación hidroeléctrica; el 7 por ciento a evaluación del recurso y a navegación fluvial el restante 2 por ciento. (Véase de nuevo el cuadro 39.)

Para ese mismo año, un total aproximado de 23 200 personas se dedicaba permanentemente a las actividades del sector de las cuales cerca de 14 700 laboraban en la operación del canal de Panamá. Excluido el canal, cerca del 60 por ciento de dicho personal pertenece al sector de acueductos y alcantarillados; un 19 por ciento, a generación hidroeléctrica; un 11 por ciento a la evaluación del recurso; un 8 por ciento, a riego,<sup>4/</sup> y el 2 por ciento restante, a navegación fluvial. (Véase nuevamente el cuadro 39.) A pesar del pronunciado número de empleados permanentes del sector, resulta insuficiente el personal calificado para atender todas las actividades requeridas por lo que es contratado con frecuencia personal técnico de empresas extranjeras de consulta.

<sup>3/</sup> Cabe señalar aquí que en El Salvador se han aprobado recientemente nuevas tarifas para el servicio de acueducto y alcantarillado sanitario.

<sup>4/</sup> No se incluye aquí el personal que dedica la empresa privada a este sector.

Cuadro 39

ISTMO CENTROAMERICANO: PRESUPUESTO ANUAL Y PERSONAL EMPLEADO POR LOS  
SECTORES QUE EVALUAN Y UTILIZAN LAS AGUAS, 1971 <sup>a/</sup>

Sector y concepto	Total Istmo Cen- troameri- cano	Subtotal Centro- américa	Costa Rica	El Sal- vador	Guate- mala	Hondu- ras	Nicara- gua	Panamá
<b>Todos los sectores</b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	79 143	22 713	4 712	4 849	5 123	3 079	4 950	56 430
Total personal permanente	23 188	6 740	1 635	1 265	1 236	1 160	1 444	16 448
<b>Suministro de agua y desagües</b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	20 099	12 761	3 565	2 826	3 230	504	2 636	7 338
Total personal permanente	5 394	4 067	1 276	987	421	427	956	1 327
<b>Riego y drenaje</b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	4 315	4 057	32	1 419	624	875	1 107	258 <sup>c/</sup>
Total personal permanente	814	506	112	107	66	158	163	308 <sup>c/</sup>
<b>Generación hidroeléctrica</b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	3 808	3 724	666	320	1 003	1 336	399	164
Total personal permanente	1 379	1 315	203	98	564	377	73	64
<b>Navegación fluvial</b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	48 990	530	113	-	-	-	417	48 460
Total personal permanente	14 827	127	54	-	-	-	73	14 700
<b>Evaluación del recurso<sup>b/</sup></b>								
Presupuesto anual, miles de pesos centro-americanos	1 851	1 641	336	284	266	364	391	210
Total personal permanente	774	725	90	73	185	198	179	49

Fuente: CEPAL a base de información suministrada por los organismos nacionales involucrados.

<sup>a/</sup> Se refiere a presupuesto de operación y mantenimiento del sector público.

<sup>b/</sup> Incluye las actividades de hidrología y meteorología.

<sup>c/</sup> En 1972 el presupuesto y el personal se redujo al mínimo.

## 2. Aspectos institucionales

Se analizan a continuación brevemente los aspectos institucionales para el aprovechamiento hídrico de cada sector, y se examinan los aspectos de planificación y coordinación del uso del recurso.

### a) Riego y drenaje

El desarrollo de la irrigación aunque limitado, se ha debido en la región sobre todo a la empresa privada; sólo recientemente los estudios y el desarrollo de sistemas de regadío han sido auspiciados por el sector público, que ha empezado a otorgar financiamiento a los agricultores pequeños y medianos para que construyan obras de esta naturaleza. No puede decirse que exista sin embargo --salvo en uno de los países-- una política definida de desarrollo del riego y el avenamiento.

En El Salvador, Guatemala y Honduras existen organismos estatales dedicados exclusivamente al desarrollo de la irrigación. En Nicaragua son varios--de gobierno central y autónomos-- los que tienen entre sus múltiples atribuciones el desarrollo de sistemas de regadío. Costa Rica no contaba con un organismo encargado específicamente de estas tareas a nivel nacional, aunque en fecha reciente instaló una oficina para atender un proyecto piloto de mejoramiento del riego. En Panamá se encarga de fomentar y desarrollar obras de riego y drenaje un organismo dependiente del Ministerio de Agricultura.

El sector público ha realizado estudios y construido importantes proyectos de pequeña y mediana irrigación en Guatemala, El Salvador y Nicaragua durante el último quinquenio. En Honduras se han realizado algunos estudios de factibilidad para proyectos de irrigación, drenaje y control de avenidas. En todos los casos se ha contado con financiamiento y asesoría extranjera.

El desarrollo de la irrigación requerirá un considerable esfuerzo de los gobiernos; sólo un país de los seis --El Salvador-- ha planificado a largo plazo en efecto, la puesta en marcha de proyectos de riego,

/y faltan

y faltan en términos generales los medios administrativos, humanos y legales que se necesitarían para hacerlo en los otros cinco. Convendría fortalecer los organismos sectoriales en funcionamiento en Honduras, Guatemala, El Salvador y Panamá, centralizar las actividades en el menor número posible de organismos en Nicaragua; y crear el organismo adecuado en Costa Rica.

b) Suministro de agua y alcantarillado sanitario

Las actividades de suministro de agua potable y de evacuación sanitaria de desechos han experimentado un avance significativo durante el último quinquenio por la política adoptada y el interés que han puesto en ello los gobiernos de la región.

Organismos estatales autónomos atienden estos servicios en Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá; los ministerios de Salud colaboran efectivamente en estas actividades en El Salvador, Guatemala, y Panamá. Mas de cinco organismos estatales, municipales y privados atienden estos servicios en Guatemala, y en Nicaragua, la Empresa Aguadora de Managua sirve a la capital y DENACAL atiende al resto de los servicios del país.

Los organismos autónomos mencionados, y algunas de las dependencias de los ministerios de salud, son entidades bien integradas y capacitadas adecuadamente para desarrollar las actividades que tienen encomendadas. Adolecen, sin embargo, de problemas financieros (régimen tarifario inadecuado) y de falta de personal, que podrían resolverse con relativa facilidad.

La centralización de actividades lograda en todos los países --salvo en Guatemala, en el momento de redactarse este trabajo-- puede considerarse uno de los factores que más han influido en el amplio desarrollo alcanzado por el sector durante los últimos años, al haber evitado la duplicación de esfuerzos y facilitado la realización de los programas.

/Para alcanzar

Para alcanzar las metas sobre cobertura de los servicios acordada por los países en la reunión de Punta del Este, y mejorar la calidad del suministro, será necesario resolver problemas financieros y de insuficiencia de personal que acusan algunos organismos del sector, y en el caso de Guatemala centralizar en un organismo las actividades de planificación, diseño y supervisión de los sistemas.

c) Generación de energía hidroeléctrica

La generación de energía en plantas hidroeléctricas en la región ha crecido a una tasa anual superior al 11 por ciento durante la última década.

Instituciones autónomas de los gobiernos tienen a su cargo estas actividades, disponiendo de amplias facultades administrativas, economicofinancieras y técnicas. Algunas empresas privadas generan energía en cantidades menores a base de centrales de limitada capacidad.

El desarrollo hidroeléctrico previsto para las próximas décadas podrá ser llevado a cabo sin duda por estos organismos, requiriéndose solamente solucionar, en algunos casos, la falta de personal capacitado suficiente para planificar y operar las obras.

d) Navegación fluvial

Las actividades relacionadas con la navegación fluvial, limitadas por el momento, son atendidas por organismos del gobierno central en Costa Rica, Guatemala y Nicaragua. En Nicaragua existe un organismo dedicado exclusivamente a la navegación y en los otros dos --Guatemala y Panamá-- los organismos estatales encargados del transporte atienden esta actividad. En El Salvador y Honduras no existe institución alguna dedicada específicamente a la navegación. La Compañía de la Zona del Canal se ocupa de la navegación en el Canal Interoceánico en Panamá, pero no existe un organismo estatal dedicado específicamente a la navegación fluvial en dicho país.

/La necesidad

La necesidad de desarrollar la navegación fluvial para complementar los sistemas de transporte en la vertiente atlántica de la región aconsejaría una mayor atención de los gobiernos para fortalecer --o crear en su caso-- los organismos que atiendan este medio de comunicación.

e) Evaluación del recurso

Las actividades relacionadas con la evaluación del recurso se han visto notablemente incrementadas durante los últimos cinco años. Se ha realizado un proyecto regional con la colaboración del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo para establecer una red básica de estaciones hidrométricas y meteorológicas y para mejorar los organismos que atienden estas actividades; se han llevado a cabo, asimismo, proyectos de investigación de agua subterránea en zonas específicas de Costa Rica, El Salvador y Nicaragua<sup>46/</sup>. Con asistencia técnica de otros países, Panamá y Nicaragua han realizado evaluaciones de sus recursos naturales con propósitos de imposición fiscal en las zonas de mayor desarrollo actual o previsto. Se cuenta en la región con una Cátedra de Meteorología (PNUD/OMM) en la Universidad de Costa Rica para preparar personal profesional.

Las actividades de medición y evaluación de los recursos hídricos disponibles son realizadas actualmente en los países asimismo por múltiples organismos. Se trata, unas veces, de instituciones de servicio del gobierno central y otras de los mismos organismos --estatales, municipales o privados-- que utilizan el agua, especialmente los eléctricos. Implica ello una inevitable duplicación de esfuerzos, gastos y atribuciones. Por otra parte, los recursos de agua subterránea no han sido objeto todavía de evaluaciones detalladas a nivel nacional.

En todos los países existen comités coordinadores de las actividades de hidrología y meteorología integrados por representantes de los diversos organismos interesados, con cuyos presidentes se ha constituido

<sup>46/</sup> Guatemala iniciará en breve, con la cooperación de las Naciones Unidas, un estudio de aguas subterráneas para el suministro de aguas a la capital y alrededores.

el denominado Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH). Este Comité --creado originalmente para atender la contraparte del proyecto regional hidrometeorológico-- ha asumido recientemente la responsabilidad de coordinar, a nivel regional, las actividades de medición y evaluación del recurso. La Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de la CEPAL ha tenido a su cargo desde 1967 el programa de evaluación de recursos hidráulicos, siendo este documento el resultado de actividades desarrolladas bajo dicho programa.

Los amplios desarrollos hídricos previstos exigen una efectiva evaluación de los recursos superficiales y subterráneos disponibles. Convendrá reforzar por ese motivo las actividades de evaluación (hidrología, meteorología e hidrogeología) y centralizarlas en el menor número posible de organismos --de no poder reducirlos a uno solo-- separándolas de las que se ocupan de los usuarios del agua. Como complemento, los gobiernos podrían gestionar la ampliación de proyectos de asistencia bilateral y del PNUD actualmente en vigor.

f) Programación del uso del recurso

Los organismos sectoriales que utilizan el agua en los países, planifican, construyen y operan independientemente todos sus proyectos de aprovechamiento sin tomar en cuenta las necesidades o los proyectos de los otros sectores usuarios. No existe por lo tanto una coordinación que asegure el óptimo empleo de los recursos o permita una repartición de costos y beneficios de los proyectos entre los organismos usuarios; por esa circunstancia pueden producirse conflictos de intereses entre los organismos que aprovechan el agua.

Los amplios requerimientos de agua previstos para el futuro cercano, especialmente en las cuencas prioritarias ubicadas en la vertiente del Pacífico, requieren del desarrollo óptimo de los recursos existentes y exigen una programación coordinada de la utilización de los recursos; los gobiernos podrían acordar para ese objeto, una ampliación de las atribuciones del Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos del Comité de Cooperación Económica. La Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos podría prever las bases y criterios técnicoeconómicos para atender esas actividades.



### 3. Aspectos legales

Siendo varias las cuencas de la región que corresponden a dos o más países, algunos de ellos vecinos de los regionales,<sup>6/</sup> el incremento de las acciones sobre las aguas puede llegar a afectar los intereses de los que comparten dichas cuencas.

Se analizan, en consecuencia, las normas vigentes que rigen el aprovechamiento de las aguas --nacionales e internacionales-- para conocer y encontrar solución a los problemas que puedan impedir o restringir el desarrollo racional de estos recursos.

#### a) Normas de ámbito continental

En la Séptima Conferencia Panamericana (Montevideo, 1933) se declaró que es indispensable suscribir acuerdos internacionales para aprovechar las aguas internacionales y no perjudicar las márgenes de otros países ribereños.<sup>7/</sup> El acuerdo resulta insuficiente, sin embargo, para permitir o activar el desarrollo de los recursos de interes internacional en el Istmo Centroamericano, desde el momento en que no tiene fuerza obligatoria, restringe aprovechamientos que pudieran ser perjudiciales para un país sin considerar los beneficios que pueden proporcionar a otro, no proporciona un marco suficiente para el cumplimiento de proyectos multinacionales, y se refiere exclusivamente a los usos agrícola e industrial que subordinan a la navegación. Abre el camino, sin embargo, a acuerdos que requeriría la región para aprovechar sus cuencas internacionales.

<sup>6/</sup> México y Colombia, y Belice y la Zona del Canal de Panamá, con los que podrían presentarse situaciones conflictivas.

<sup>7/</sup> La declaración incluye los puntos siguientes: sólo se prevén usos nacionales exclusivos en las respectivas márgenes; tales usos requieren el consentimiento del país cuyos márgenes fuesen perjudicados por el aprovechamiento; los aprovechamientos no deben perjudicar el derecho recíproco de los otros estados, ni las obras de libre navegación; los estados deben denunciar previamente las obras que proyecten efectuar, y en caso de ser cuestionadas por otro país deben ser sometidas a conciliación y arbitraje; los estados deben facilitar a los otros la realización de estudios en su territorio.

El Consejo Interamericano de Jurisconsultos, del Comité Jurídico Interamericano de la OEA, reformó en su reunión de San Salvador (1965) un anteproyecto de convención sobre el tema. La segunda Conferencia Interamericana Extraordinaria de esta organización (Río de Janeiro, 1965), convocó a una reunión especializada para examinar y suscribir normas relativas al aprovechamiento de ríos y lagos internacionales para fines agrícolas e industriales, formular recomendaciones y, eventualmente, suscribir normas generales sobre uso comercial. El proyecto elaborado mejora la Declaración de Montevideo al dar fuerza de convención a sus preceptos y extender la necesidad de consentimiento de los Estados a todos los perjuicios que les pudieran causar los aprovechamientos realizados en otros. Resulta insuficiente, no obstante, para la región ya que la definición del derecho recíproco al uso de las aguas es imprecisa; se refiere a ríos y lagos, y no a cuencas; subordina la navegación a los otros usos; contempla sólo aprovechamientos agrícolas e industriales, y no rige los aprovechamientos multinacionales. Por otra parte, el procedimiento para ventilar los conflictos que pudieran presentarse resulta poco práctico, porque sólo prevé "los pacíficos establecidos por el sistema interamericano".

En el Istmo podrían resultar más útiles las reglas de Helsinki (1966) propuestas por la International Law Association sobre la base de modelos jurídicos elaborados antes por la misma (Edimburgo, 1954; Dubrovnik, 1956; Nueva York, 1958; Hamburgo, 1960; Bruselas, 1962; Tokio, 1964).

En la Declaración de Punta del Este (1967) los Presidentes de los miembros de la OEA acordaron "auspiciar los estudios destinados a la formulación de sistemas conjuntos de proyectos referentes a cuencas hidrográficas, tales como los ya iniciados para el desarrollo de la cuenca del Plata u otros similares".

#### b) Normas de ámbito regional

No existen normas para el aprovechamiento de aguas internacionales en la región, pero se cuenta con una estructura institucional para la integración económica --que se describe a continuación-- que podría facilitar el desarrollo de dichos recursos.

La Organización de Estados Centroamericanos se constituyó en 1962 para llevar a cabo la integración centroamericana, dejando abierta la adhesión a Panamá. Para los propósitos de este trabajo revisten particular interés los organismos que forman parte de ODECA, por su posible relación con el aprovechamiento de las aguas internacionales: Consejo Económico Centroamericano, Reunión de Jefes de Estado, Conferencia de Ministros de Relaciones Exteriores, Consejo Ejecutivo, Consejo Legislativo y Corte de Justicia Centroamericana.

La Comisión Económica para América Latina actúa desde 1951 como Secretaría del Comité de Cooperación Económica del Istmo Centroamericano, constituido por los Ministros de Economía de los países de la región, que se instaló para coordinar la integración de las economías de los mismos y para orientar los estudios y proyectos que habrían de encomendarse a la CEPAL. El CCE promovió para ello la creación de varios organismos, siendo los siguientes los que más relación guardan con los aspectos que se examinan en este trabajo.

i) El Subcomité de Electrificación y Recursos Hidráulicos, que ha fomentado la realización del Programa de Evaluación de Recursos Hidráulicos descrito en este documento, y la del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PNUD/OMM) tendiente a la instalación de una red básica regional de estaciones hidrométricas y meteorológicas;

ii) El Consejo Económico Centroamericano, constituido por los ministros de Economía para dirigir las economías centroamericanas y coordinar la política económica de los países;

iii) El Consejo Ejecutivo, integrado por funcionarios designados por los países para administrar el Tratado General de Integración Económica que creó el Mercado Común Centroamericano realizando gestiones y trabajos para llevar a la práctica la unión económica centroamericana.

iv) La Secretaría Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana (SIECA) a cargo de un funcionario designado por el Consejo Económico, cuenta con los departamentos y secciones técnicas necesarios para la atención de los asuntos que tiene encomendados y se ocupa de vigilar el cumplimiento de las resoluciones del Consejo Económico y del Consejo Ejecutivo.

v) El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) encargado de investigar los recursos naturales de la región.

vi) El Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) creado para financiar y promover el crecimiento económico de los países sobre una base de equilibrio regional. Entre sus actividades, puede financiar proyectos de infraestructura dirigidos a perfeccionar los sistemas existentes o a equilibrar las disparidades en sectores básicos que pudieran dificultar el desarrollo de la región, incluyendo las obras hidráulicas.

c) Normas bilaterales

Los tratados internacionales vigentes entre los países de la región suelen hacer referencia a los cuerpos de agua, sobre todo para la fijación de límites. Dichos convenios sólo han previsto hasta ahora el uso de las aguas de los ríos fronterizos entre Guatemala y El Salvador; la navegación común por Nicaragua y Costa Rica del río San Juan, y por Costa Rica y Panamá de los ríos Yorkín y Sixoala, prohibiendo también en estos dos últimos casos la realización por un país de obras que pudieran perjudicar al otro.

Los tratados de libre comercio e integración celebrados por Guatemala con El Salvador (1951) y Honduras (1956) imponen a los signatarios la coordinación de sus actividades para proteger el régimen de las aguas en las regiones fronterizas de sus respectivos territorios. Pero su objeto no es promover la integración del manejo de las aguas sino evitar motivos de conflicto, por lo que más bien restringen la realización de obras y trabajos.

Los acuerdos entre Guatemala y El Salvador para utilizar el lago de Güija no fueron ratificados.

d) Normas internas o nacionales

Los Estados de la región no han promulgado las disposiciones jurídicas internas que se requerirían para llevar a cabo un programa de integración hidráulica, e incluso precisarían algunas para poder desarrollar sus propios programas nacionales de desarrollo hídrico.

No disponen los países de la región --excepto Panamá-- de una legislación general de aguas;<sup>8/</sup> sólo existen leyes que regulan los aprovechamientos sectoriales del recurso y disposiciones dispersas al efecto en los respectivos códigos civiles; la legislación vigente puede dar lugar a situaciones conflictivas de intereses entre los usuarios, en consecuencia.

No existe una formulación unitaria sobre política de aprovechamiento hídrico en los países, ni en los instrumentos legales se prevé la necesidad ni el procedimiento para definirla.

Las legislaciones de los países contemplan muchos aprovechamientos libres (excepto en Nicaragua y Panamá) y atribuyen el dominio de algunas aguas a los particulares cuando convendría incorporarlas todas al dominio público y establecer las condiciones para otorgar permisos o concesiones para su aprovechamiento.

Los regímenes existentes sobre preferencias para las concesiones del uso del agua no son lo bastante explícitos en algunos casos, y en otros no aseguran a la comunidad los beneficios más amplios.

Los instrumentos en vigencia tampoco prevén el aprovechamiento y la conservación de las aguas subterráneas y de las meteóricas precipitadas, ni las servidumbres se encuentran totalmente legisladas. La falta de medidas legales, preventivas y represivas adecuadas, contribuyen a la contaminación progresiva de las aguas.

<sup>8/</sup> En Costa Rica existe una ley general de aguas que tiene más de 30 años, y en Honduras, una ley de aprovechamiento de aguas nacionales. Contienen ambas disposiciones generales que requerirán ampliación y actualización. La Ley de Riego y Avenamiento promulgada recientemente en El Salvador, un proyecto de Ley de Aguas Subterráneas de Nicaragua, y el nuevo proyecto de Ley general de aguas de Costa Rica, constituyen pasos --aunque parciales en los dos primeros casos-- hacia la adopción de una legislación apropiada para las necesidades del sector.

#### 4. Aspectos internacionales

Los aspectos internacionales del aprovechamiento hídrico adquieren relieve especial para el desarrollo futuro --a mediano y largo plazo-- de la región porque la posibilidad de realizar un aprovechamiento regional integrado del recurso para satisfacer ordenada y económicamente las demandas previstas del Istmo representa una alternativa mucho más atractiva económicamente que el desarrollo hídrico particular de cada uno de los países.

El desarrollo amplio e integrado de los recursos de agua permitiría, en efecto, una racionalización y disminución de los requerimientos de capital para los aprovechamientos, aseguraría un grado de autosuficiencia y una creciente disminución de la dependencia de los mercados extrarregionales, y además un ahorro considerable de divisas.

El desarrollo de los recursos de cuencas internacionales --compartidas por dos o más países de la región y otros vecinos-- requiere por otro lado especial atención puesto que su superficie y sus disponibilidades hídricas equivalen a una significativa fracción de los totales correspondientes a la región.

##### a) Desarrollo regional integrado de los recursos de agua

Las diferencias de clima y de los regímenes hidrológicos de las vertientes principales de la región, pueden ser una guía para los posibles desarrollos hídricos del futuro.

La elevada concentración demográfica, con sus consiguiente demanda, consumo y contaminación del agua --que caracteriza a las cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico--, se anteponen a disponibilidades limitadas y estacionales del recurso. En el Atlántico, por el contrario, las disponibilidades son mayores, los caudales más regularizados, y menor la concentración demográfica. Puede, en consecuencia, preverse la utilización futura de los recursos hídricos de la vertiente atlántica con el fin de: a) aprovechar la mayor regularidad y más amplia disponibilidad absoluta de sus caudales, evitando en esa forma la construcción de obras de almacenamiento y de regulación en los ríos del Pacífico; b) aprovechar las mayores disponibilidades unitarias ( $l/s/km^2$ ,  $kw/km^2$ ), disminuyendo con ello los

/requerimientos

requerimientos en inversiones de capital; y c) suplementar eventualmente los limitados recursos disponibles en cuencas prioritarias del Pacífico que acusen elevados requerimientos de agua.

Las características geográficopolíticas de la región, combinadas con las diferencias ya señaladas de clima y régimen hidrológico, sugieren la conveniencia de que los países con los potenciales absolutos y unitarios más altos desarrollen ampliamente sus recursos para satisfacer tanto sus necesidades internas como las de países vecinos.

Para lograr un abastecimiento energético más económico en la región convendría favorecer asimismo el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en los ríos de mayor potencial absoluto y unitario. Los de algunas regiones de Costa Rica, Panamá y Guatemala podrían aprovecharse al máximo para suplementar incluso las disponibilidades de Nicaragua y El Salvador, que poseen los menores recursos unitarios y absolutos de la región, respectivamente (Véase el cuadro 12.) La interconexión regional de los sistemas eléctricos nacionales se plantea, por lo tanto, como el medio de satisfacer todas las necesidades energéticas a un costo menor que el del desarrollo particular de cada país, a cambio de la inversión relativamente baja que suponen las obras de interconexión.<sup>9/</sup> A tal efecto convendría llevar a cabo estudios de alcances más amplios que las simples interconexiones entre dos o tres países contempladas hasta ahora, teniendo en mente una etapa de desarrollo que abarcase la región completa.

Por lo que respecta al sector agropecuario, si en lugar de la tesis de autosuficiencia nacional de la producción agropecuaria de artículos básicos y de exportación descrita en el capítulo 2, se tuviera presente una de autoproducción a escala regional, podrían aprovecharse las características y disponibilidades hidrológicas de la región ventajosamente. En efecto, los países que poseen mayores caudales de estiaje en las zonas de tierras aptas para riego,<sup>10/</sup> podrían desarrollar un programa de riegos

<sup>9/</sup> Los gastos en líneas de interconexión son poco elevados y pueden recuperarse en plazos relativamente cortos (39). Se lograría con ello, en consecuencia, una racionalización de las inversiones.

<sup>10/</sup> Las tierras que podrían regarse en cada país por derivación de caudales de estiaje, serían aproximadamente las siguientes (en miles de hectáreas):

Costa Rica	174.0	Honduras	261.0
El Salvador	94.0	Nicaragua	136.5
Guatemala	177.6	Panamá	149.2

/más amplio

más amplio que el señalado en este informe y abastecer a costo menor (la inversión inicial resulta más baja en el riego por derivación que en el que requiere presas almacenadoras) los mercados de los países donde se hubiera llegado al punto de requerir obras de almacenamiento; estos últimos, en cambio, efectuarían menores inversiones de capital y podrían adquirir productos en los otros a precios relativamente bajos. Resulta por lo tanto evidente la necesidad de estudiar lo más a fondo posible el desarrollo integrado de la irrigación en el Istmo.

b) Cuencas de interés internacional

Los ríos cuyas cuencas de recogimiento corresponden a dos o más países revisten singular importancia para el desarrollo hídrico regional. Considérese, por ejemplo, el hecho de que su superficie represente un 36 por ciento del área total del Istmo, y sus caudales un 26 por ciento del total disponible en la región. (Véanse nuevamente los cuadros 2 y 7.)

El aprovechamiento y conservación adecuados de las aguas de interés internacional requiere la coincidencia de una serie de situaciones y acciones por los países a que corresponden. Se requiere por ese motivo la participación de todos ellos en la formulación de los planes de desarrollo de los recursos<sup>11/</sup> y es conveniente además, que los regímenes legales en materia de aguas sean compatibles para poder concertar acuerdos bilaterales o multinacionales ad hoc; también se precisa la creación de organismos especiales para que puedan construirse y operarse las obras.

Los países han venido prestando, sin embargo, limitada atención a estos aspectos, situación que convendrá rectificar para evitar las deficiencias anotadas.

---

<sup>11/</sup> Sólo de esta manera podrán evitarse problemas como los que supondría la inundación de tierras guatemaltecas por algunos proyectos hidroeléctricos mexicanos; los que resultarían en El Salvador como resultado de utilizaciones consuntivas y contaminantes en las partes altas del río Lerpa, y los que pueden impedir la construcción de obras en ríos que sirven de frontera internacional.



c) El desarrollo hídrico como ahorro de divisas

El desarrollo de los recursos hidráulicos debe considerarse como un medio de extraordinaria importancia para la sustitución de importaciones energéticas y agropecuarias que habrá de traducirse para la región en el consiguiente ahorro de divisas y en una disminución creciente de la dependencia del mercado mundial en esos aspectos.

El aprovechamiento previsto del potencial hidroeléctrico de la región representará un 12 por ciento en 1990; convendría, por lo tanto, desarrollar ampliamente estos recursos para lograr que la hidroelectricidad vaya sustituyendo paulatinamente a los combustibles en la producción de energía para otros usos (transporte colectivo, preparación de alimentos, etc.) y se logre un alto grado de autoabastecimiento energético.

La región necesitará importar productos de consumo básico en crecientes y considerables volúmenes para el sector agropecuario, a menos que logre expandir su frontera agrícola a base de riego en gran escala o del desarrollo de nuevas zonas.

Estimaciones provisionales señalan que la sola sustitución de energía termoeléctrica por hidráulica, y la producción agrícola a base de riego, suprimirían la importación de productos por valor de 150 millones de dólares anuales en 1980, a precios de 1970. Se estima que estos ahorros de divisas contrarrestarían los posibles pagos para amortizar las inversiones en moneda extranjera que hubiera que realizar para los proyectos de aprovechamiento (bombas, generadores, etc.) (43).

#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se resumen a continuación las conclusiones del estudio sobre evaluación de los recursos hidráulicos del Istmo Centroamericano, incluyendo la estimación de los usos actuales y proyectados del agua y un análisis de sus aspectos economicofinancieros y legales e institucionales, así como la identificación de los problemas que impiden o restringen el racional desarrollo de los recursos disponibles. También se presentan recomendaciones para mejorar la situación actual en materia de disponibilidad de información básica, de planificación coordinada de los aprovechamientos, y de adaptación de los instrumentos legales e institucionales vigentes, como medidas indispensables para satisfacer las demandas de agua de una población en rápido crecimiento.

##### 1. Conclusiones

###### a) Recursos disponibles

1) El Istmo Centroamericano dispone de un caudal medio superficial aproximado de 19 950 metros cúbicos por segundo, el 71 por ciento del cual escurre por ríos que desagan en el Atlántico; esta disponibilidad equivale a cifras unitarias de 38 500 metros cúbicos anuales por habitante (1970) y de 38 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie. Se estima que los recursos hídricos del subsuelo pueden suministrar un caudal firme de 1 530 metros cúbicos por segundo, por lo que constituyen un valioso complemento de los caudales de superficie.

2) Las cifras anteriores parecen señalar una relativamente amplia disponibilidad del recurso; ello no obstante, los regímenes hidrológicos y meteorológicos adolecen de falta de regularidad y existen marcadas variaciones estacionales en la disponibilidad de agua. Así, el caudal mínimo disponible durante la estación seca, o estiaje, se estima en 2 675 metros cúbicos por segundo aproximadamente, lo cual representa un 13 por ciento del caudal promedio anual; de dicha disponibilidad, dos terceras partes corresponden a cuencas que vierten hacia el Atlántico.

/3) Existe

3) Existe en la región una desproporción notable entre la disponibilidad de recursos y la concentración demográfica, que se traduce en disponibilidades medias unitarias de 69 000 y 18 500 metros cúbicos anuales por habitante, para las vertientes del Atlántico y del Pacífico, respectivamente.

4) Los países con mayor disponibilidad hídrica absoluta son: Nicaragua ( $5\,520\text{ m}^3/\text{s}$ ) y Panamá ( $4\,038\text{ m}^3/\text{s}$ ); a El Salvador corresponde el menor caudal ( $601\text{ m}^3/\text{s}$ ). Costa Rica acusa la mayor disponibilidad por unidad de superficie ( $60\text{ l/s/km}^2$ ) y Guatemala y Honduras, las más bajas ( $28\text{ l/s/km}^2$ ); por lo que se refiere a disponibilidades per cápita, la más alta corresponde a Nicaragua ( $90\,700\text{ m}^3/\text{h/año}$ ) y la menor a El Salvador ( $5\,600\text{ m}^3/\text{h/año}$ ).

5) Del caudal total disponible en la región, un 26 por ciento tiene implicaciones de carácter internacional por corresponder a ríos cuyas cuencas son compartidas por dos o más países vecinos.

6) La región dispone aproximadamente de 2.5 millones de hectáreas de tierras de óptima calidad que permitirían sostener una agricultura intensiva continua de cultivos anuales a base de riego suplementario en la estación seca, con lo cual podría incrementarse la producción agrícola y disminuirse su estacionalidad.

7) El potencial hidroeléctrico práctico de la región, a base de utilización continua de las centrales, se estima en 17 700 megavatios o su equivalente de 155 600 millones de kilovatios-hora de energía; la potencia unitaria correspondiente es de 33.7 kilovatios por kilómetro cuadrado de superficie. El potencial práctico disponible durante el estiaje es de unos 2 850 megavatios, y un 65 por ciento del potencial disponible corresponde a cuencas de la vertiente atlántica.

8) Los potenciales hidroeléctricos absolutos más elevados corresponden a Guatemala (4 090 MW) y a Honduras (3 980 MW), acusando El Salvador el más bajo (735 MW). En cifras unitarias, el valor más elevado corresponde a Costa Rica ( $69\text{ kW/km}^2$ ) y el menor a Nicaragua ( $17.6\text{ kW/km}^2$ ).

9) Se estima que la región posee un total cercano a 5 850 kilómetros lineales de canales naturales y lagos navegables para pequeñas y

medianas embarcaciones, que representan un índice de navegabilidad de 11.2 metros lineales por kilómetro cuadrado de superficie. El canal interoceánico de Panamá, es la obra más importante de navegación de la región y una de las más sobresalientes del mundo. En proceso de construcción se encuentran las obras de canalización de las lagunas del Atlántico en Costa Rica, de mejoramiento del canal de Chiquimulilla en Guatemala, y de mejoramiento del Canal de Panamá.

10) En la fecha de la elaboración de este informe, ciertas regiones menores de la vertiente atlántica acusaban todavía una deficiente cobertura hidrométrica y meteorológica; los registros de las estaciones del resto de la región eran por lo general de limitada duración, y la información hidrogeológica disponible resultaba insuficiente dificultándose por esos motivos la evaluación del potencial y la planificación del desarrollo de los recursos existentes.

b) Utilización del agua en 1970

1) A fines de 1970 se encontraban bajo riego en la región alrededor de 204 800 hectáreas --incluidas unas 70 000 dedicadas al banano--, a lo sumo el 8 por ciento de la superficie potencialmente regable, cifra que da idea del estado en que se encuentra el desarrollo de la irrigación regional. La utilización de agua para el propósito indicado se estima en unos 196 metros cúbicos por segundo, de los cuales aproximadamente la mitad es utilizada consuntivamente. El riego se realiza a base de sistemas de pequeña y mediana irrigación, siendo reducida la eficiencia de aplicación de agua, salvo para el banano y la caña de azúcar.

2) El servicio de acueducto beneficiaba el mismo año a casi el 90 por ciento de la población urbana y a un 25 por ciento de la rural. Por lo que respecta a la disposición sanitaria de excreta, un 40 por ciento de la población urbana gozaba del servicio de alcantarillado y un 12 por ciento adicional disponía de tanques sépticos y letrinas sanitarias; en el sector rural los sistemas de alcantarillado eran muy limitados y sólo el 19 por ciento de la población poseía letrinas sanitarias. Se estaba por lo tanto lejos de alcanzar las metas señaladas en Punta

/del Este,

del Este, salvo en algunos países. Las aguas residuales se vertían prácticamente crudas en ríos, lagos y playas; los cuerpos receptores eran insuficientes para proveer dilución natural de las aguas servidas, por lo que se está produciendo una contaminación progresiva de los cursos de agua especialmente en la vecindad de los principales centros urbanos. La utilización de agua para usos domésticos e industriales se estimaba en uno 19 metros cúbicos por segundo y el consumo real, en 8; los retornos urbanos no tratados se aproximaban a 10 metros cúbicos por segundo, requiriéndose para su dilución natural un caudal de  $790 \text{ m}^3/\text{s}$ , aproximadamente.

3) La capacidad instalada en centrales hidroeléctricas era en 1970 de 517 megavatios, generándose en ellas el 58 por ciento de la demanda de energía eléctrica regional. En aquella misma fecha se aprovechaba apenas el 1.6 por ciento del potencial hidroeléctrico disponible, que representaba un grado de desarrollo muy limitado. Se estima que el agua utilizada para la generación hidroeléctrica se aproximaba a los 400 metros cúbicos por segundo, es decir, a unos 12 500 millones de metros cúbicos anuales.

4) El uso de los ríos como medio alterno o complementario para el transporte es muy limitado en la región en la actualidad. El Canal de Panamá fue utilizado en cambio por 14 830 barcos, en 1970.

El requerimiento total de agua para propósitos de navegación fluvial eran 620 metros cúbicos por segundo, aproximadamente, 90 de los cuales correspondían al Canal Interoceánico y eran de utilización consuntiva al ser descargados al nivel del mar.

5) La utilización regional bruta del agua --suma aritmética de todos los usos y requerimientos sectoriales-- fue en 1970 de 1 230 metros cúbicos por segundo. La utilización neta o efectiva, que se refiere a los usos que resultan en consumo y contaminación, fue de 350 metros cúbicos por segundo, y la consuntiva específicamente de unos 240 metros cúbicos por segundo. El uso contaminante, obtenido por diferencia entre usos netos y consuntivos, resultaría así en 110 metros cúbicos por segundo.

6) La utilización bruta del agua en la región representaba en 1970 el 6 por ciento del caudal medio disponible, mientras no llegaban la efectiva o neta y la consuntiva al 2 por ciento. La región hacía una utilización neta del 13 por ciento del caudal de estiaje, siendo el consumo real del 9 por ciento. Los requerimientos de agua para dilución natural de las aguas servidas del sector urbano eran menores que las disponibilidades, indicando esa circunstancia que, a escala regional y nacional, se efectúa un aprovechamiento relativamente bajo de los recursos disponibles y que la reoxigenación de las aguas residuales podría realizarse por dilución natural.

7) A escala de cuenca hidrográfica, sin embargo, especialmente de las ubicadas en la vertiente del pacífico, la situación es distinta porque se producen aprovechamientos y consumo elevados de los limitados recursos disponibles. Adicionalmente, las cuencas que contienen las mayores concentraciones urbanas acusan serios problemas de contaminación al ser insuficientes durante parte del año los caudales disponibles para la dilución natural de las aguas servidas.

c) Utilización proyectada del agua

1) La disponibilidad de agua por habitante en la región descenderá a 28 000 metros cúbicos anuales en 1980 y a 20 000 en 1990 por el crecimiento demográfico anticipado.

2) Sobre la base de autoabastecer la demanda interna de productos agropecuarios básicos de los países, y de mantener el volumen actual de las exportaciones extrarregionales, se estima que se precisaría tener bajo riego 652 000 hectáreas en 1980 y 1 215 000 en 1990.

En el sector de abastecimiento doméstico e industrial se atenderían las necesidades de la creciente población, alcanzándose las metas de Punta del Este en 1980. En los planes de los organismos de electrificación se contempla alcanzar una potencia instalada de 1 915 MW en 1980 y de 3 875 en 1990.

3) Para satisfacer la demanda estimada de 1980 los requerimientos brutos de agua ascenderían a 2 555 metros cúbicos por segundo, que

/implicarían

implicarían duplicar el aprovechamiento actual. La utilización neta llegaría a 835 metros cúbicos por segundo, es decir, cerca de 2.4 veces el uso neto actual. Los usos consuntivos del agua se aproximarían a 490 metros cúbicos por segundo, y para diluir naturalmente las aguas urbanas servidas se necesitarían unos 1 215 metros cúbicos por segundo.

4) La satisfacción de las demandas de 1990 puede exigir una utilización bruta de 4 565 metros cúbicos por segundo, casi cuatro veces (3.7) la cifra correspondiente a 1970. Los usos netos podrán ascender a 1 465 metros cúbicos por segundo y el uso consuntivo, a unos 815, aproximadamente; estas cifras representan cuatro veces las actuales y se deberían principalmente al crecimiento del sector riego y al incremento del tráfico interodéanico por el Canal de Panamá. Los usos contaminantes podrán ascender a los 650 metros cúbicos por segundo, y para diluir los retornos del sector urbano se precisará contar con un caudal de 1 770 metros cúbicos por segundo.

5) Para satisfacer todos los requerimientos señalados, la región necesitaría llegar en 1990 a utilizar en bruto un 23 por ciento del caudal medio total disponible; durante el estiaje, la utilización neta y el consumo real llegarían a 55 y 31 por ciento de los caudales disponibles, respectivamente. Estos aprovechamientos pueden considerarse significativos y requerirían utilizations repetidas del agua y obras de almacenamiento. La dilución natural de los retornos urbanos no tratados podrá requerir un caudal mayor que el disponible durante el estiaje, provocándose en consecuencia graves problemas de contaminación que exigirían el tratamiento artificial de las aguas servidas.

6) A escala de cuenca hidrográfica --especialmente de las ubicadas en la vertiente del Pacífico y sobre todo en El Salvador-- la situación podría alcanzar niveles críticos: la utilización bruta excedería del caudal medio disponible, el requerimiento neto y el consumo real representarían más del 100 por ciento de los caudales de estiaje, y el requerimiento para la dilución natural de efluentes urbanos no tratados superaría los caudales disponibles durante buena parte del año. Situación de esa especie sólo podrá solventarse a base de utilizations repetidas y con propósitos

/múltiples,

múltiples del agua, incluyendo el uso amplio del agua subterránea, de la construcción de obras de almacenamiento de caudales, del estricto control de la contaminación y, en algunos casos del intercambio de agua entre cuencas vecinas. Estas cuencas hidrográficas deberán ser objeto de especial atención por los gobiernos, y habrán de elaborarse planes maestros de desarrollo hidráulico con carácter de urgencia para poder satisfacer ordenada y económicamente sus necesidades de agua.

d) Aspectos economicofinancieros

1) Las inversiones acumuladas en la evaluación y el aprovechamiento del agua en el Istmo Centroamericano ascendían a 1 080 millones de pesos centroamericanos a fines de 1970, de los cuales las inversiones de Panamá, que incluyen las obras para la navegación en el Canal, representaban más de la mitad (58 por ciento).

2) La distribución típica de la citada inversión (al eliminar la correspondiente a Panamá) por sectores, sería como sigue: generación hidroeléctrica, 45 por ciento; acueductos y alcantarillados, 34 por ciento; riego y drenaje, 23 por ciento, y navegación fluvial y estudios de evaluación del recurso, el 2 por ciento restante.

3) Los gobiernos de la región se proponen invertir en el sector, en el quinquenio de 1971-75, 520 millones de pesos centroamericanos, de los cuales un 45 por ciento en acueductos y alcantarillados; un 37 por ciento en obras hidroeléctricas; un 10 por ciento en sistemas de riego y drenaje; un 6 por ciento en obras de navegación fluvial y lacustre, y el 2 por ciento restante en actividades para la evaluación del recurso.

4) Las inversiones efectuadas hasta 1970 resultaron insuficientes en algunos países para proporcionar el adecuado servicio de suministro de agua potable y de evacuación sanitaria de excreta; el desarrollo del riego era incipiente todavía, por lo que no se alcanzaba a eliminar la estacionalidad en la producción agropecuaria; la navegación fluvial no complementaba aún otros sistemas de transporte, y se requerían mayores esfuerzos para realizar la evaluación del recurso. Los planes de inversión para 1971-75 sólo permitirían resolver en parte las deficiencias anotadas, por



lo que se impone una pronta revisión de las metas señaladas por los gobiernos.

5) El financiamiento de las inversiones efectuadas hasta 1970 en la región procedía de aportaciones privadas y donaciones por 698 millones (65 por ciento); préstamos a largo plazo por 215 millones (20 por ciento), 176 de los cuales eran de procedencia extranjera, y aportaciones de los gobiernos y de sus organismos autónomos por 165 millones (15 por ciento).

6) Las inversiones programadas para el quinquenio se financiarán mediante préstamos por valor de 336 millones --315 de los cuales serían de origen externo--, a los que se sumarían aportaciones de los gobiernos y de sus organismos autónomos por 164 millones.

7) Los resultados económicos de la operación de la inversión en el sector eléctrico indican ganancias netas que exceden del 8 por ciento anual. Varios de los organismos de acueductos y alcantarillados acusan una operación deficitaria que se atribuye a un régimen tarifario inadecuado, por lo que no se alcanza a generar efectivo suficiente para emprender nuevas obras. En algunos distritos de riego los usuarios tienen fijadas cuotas tan bajas por el uso del agua que no alcanzan a cubrir ni los costos de operación y mantenimiento.

8) Los gastos de operación y mantenimiento de las obras de aprovechamiento de agua ascendían en 1971 a 79 millones en la región, 7.4 por ciento de las inversiones acumuladas; aquel año, 23 190 personas, aproximadamente, se dedicaban permanentemente a las actividades mencionadas --correspondiendo unas 14 700 al Canal de Panamá-- pero eran insuficientes para atender los múltiples aspectos de estas actividades.

#### e) Aspectos institucionales

1. Cuatro países de la región cuentan con organismos estatales que se dedican exclusivamente al desarrollo de la irrigación; en un quinto país, varios de ellos, centralizados y autónomos, atienden al sector y en el restante no existe un organismo dedicado a esta tarea. No existe tampoco, salvo en uno de los países, una política definida para el desarrollo de obras de riego y avenamiento, ni todos los organismos existentes cuentan con los medios adecuados para realizar su labor.

2. Organismos autónomos atienden específicamente los servicios de suministro de agua y desagües en cinco países de la región, y en tres de ellos los ministerios de salud colaboran en la introducción del agua potable al ámbito rural. En uno son muchos los organismos que se ocupan del sector, con la natural dificultad para el progreso de los programas. A pesar de que se cuenta con programas definidos para el desarrollo del sector, ciertos organismos tropiezan con dificultades financieras y no cuentan con personal suficiente para llevarlos a cabo;

3. El desarrollo de la electrificación está a cargo de organismos estatales descentralizados en la región. Estas empresas cuentan generalmente con las facilidades necesarias para atender el desarrollo del sector; a lo sumo se les presentan dificultades menores de fácil solución;

4. En tres países existen organismos estatales para el desarrollo de la navegación fluvial; en dos no se contemplan estas actividades, y el canal interoceánico de Panamá es atendido por la Compañía de la Zona del Canal;

5. Múltiples organismos se ocupan en los países de las actividades de medición y evaluación de los recursos; su limitada coordinación provoca a veces duplicación de esfuerzos y gastos. Los recursos hídricos subterráneos no han sido objeto de estudio a nivel nacional;

6. Cada organismo sectorial que utiliza el agua en los países, planifica, construye y opera independientemente todos sus proyectos de aprovechamiento, sin considerar las necesidades de los demás usuarios. Falta una coordinación que asegure el óptimo empleo de los recursos y facilite la distribución de costos y beneficios entre todos los usuarios, dando ello lugar en ocasiones a conflictos de intereses entre los mismos.

7. No existe organismo alguno encargado de fomentar y programar el desarrollo regional integrado de los recursos de agua, ni el correspondiente a las cuencas hidrográficas de interés internacional.

#### f) Aspectos legales

1. No se ha promulgado norma legal alguna a nivel continental o regional tendiente a facilitar el adecuado y expedito aprovechamiento de

/las aguas

las aguas con implicaciones internacionales. Normas generales, y una estructura institucional regional, que ya existen, podrían facilitar sin embargo, la firma de convenios dirigidos a ese propósito.

2. De los dos acuerdos bilaterales que se firmaron para el aprovechamiento de aguas de interés recíproco entre dos países colindantes, uno no ha sido ratificado y el otro ha prescrito. Algunos convenios de fijación de límites restringen en vez de fomentar con el propósito de eliminar posibles fuentes de conflicto los aprovechamientos hídricos posibles;

3. No se cuenta --salvo en Panamá-- con una legislación unitaria en materia de aguas, y las disposiciones dispersas al respecto dan lugar en casi todos los países a situaciones conflictivas para los usuarios. Algunas leyes sectoriales promulgadas y otras generales o sectoriales en proyecto constituyen pasos significativos para adaptar la legislación existente a las necesidades del desarrollo previsto;

4. Las legislaciones nacionales atribuyen el dominio de algunas aguas a particulares, y regímenes existentes sobre preferencias en las concesiones o permisos para el uso del agua no aseguran a la comunidad la obtención de los beneficios económicos y sociales más amplios.

5. Por lo general no se ha legislado todavía sobre el aprovechamiento y la conservación de las aguas subterráneas ni de las meteóricas precipitadas, ni sobre servidumbres en general, y salvo en un país, no se cuenta en los demás con una legislación específica para propósitos de riego. De otra parte, las medidas legales vigentes no impiden efectivamente la contaminación progresiva de los cuerpos de agua;

6. Las leyes nacionales vigentes no señalan la estructura administrativa necesaria para el desarrollo racional del recurso.

#### g) Aspectos internacionales

1. Los aspectos internacionales del aprovechamiento hídrico revisten particular importancia para el desarrollo futuro de la región. La posibilidad de aprovechar en forma integrada los recursos hidráulicos para satisfacer económicamente las demandas futuras representa una alternativa atractiva frente al desarrollo hídrico individual de los países puesto que

/pueden

pueden aprovecharse ventajosamente las diferencias de regímenes hidrometeorológicos;

2. El aprovechamiento regional integrado de los recursos de agua permitiría además una racionalización y disminución de los requerimientos de capital dentro del sector, y una progresiva sustitución de importaciones energéticas y agropecuarias extrarregionales;

3. El desarrollo de los recursos en las cuencas internacionales requiere especial atención, puesto que la superficie y las disponibilidades de agua en las mismas representan porcentajes significativos del total de la región.

## 2. Recomendaciones

Para resolver los problemas que pudieran restringir o impedir el desarrollo hídrico racional y óptimo previsto para el futuro inmediato, sería conveniente adoptar medidas a nivel regional y nacional como las que se detallan a continuación.

### a) Política general

1) Adoptar y poner en práctica una política de aprovechamiento hidráulico dentro de la general integración regional, que:

i) Considere el agua como un bien de producción indispensable para el desarrollo económico y social de la región;

ii) Contemple la conveniencia de aprovechar las diferencias de regímenes hidrológicos y meteorológicos que se presentan en la región, para atender de una forma económica y eficiente las demandas hídricas futuras del Istmo;

iii) Considere el desarrollo hídrico regional como un medio para lograr una paulatina y creciente sustitución de importaciones energéticas y agropecuarias, para ir disminuyendo la dependencia de los mercados extrarregionales, y para realizar las obras del sector, racionalizando y reduciendo los requerimientos de capital;

iv) Propicie el desarrollo de los recursos hidroeléctricos de las zonas de mayor potencial unitario y absoluto para abastecer los mercados

/de toda

de toda la región, a base de un desarrollo conjunto e integrado del sector eléctrico que incluya la interconexión total de los sistemas eléctricos nacionales;

v) Favorezca el desarrollo integrado de la irrigación para satisfacer las necesidades agropecuarias regionales, a base de formular amplios desarrollos en los países que posean mayores recursos hídricos durante el estiaje y de evitar que otros países con el propósito de satisfacer individualmente sus demandas incurran en gastos elevados para obras de almacenamiento;

vi) Impulse el desarrollo de la navegación fluvial en las regiones de la vertiente atlántica, como medio adecuado de complementar los sistemas regionales de transporte, y

vii) Propicie el desarrollo hídrico de las cuencas internacionales, facilitando acuerdos para el aprovechamiento y la conservación de las aguas de interés internacional y creando las estructuras institucionales requeridas para estos desarrollos.

2. Adoptar políticas nacionales de desarrollo hidráulico que aseguren el aprovechamiento integral y óptimo de las aguas superficiales y subterráneas, a base de:

i) La regulación del caudal de los ríos y el desarrollo de proyectos múltiples, escalonados y repetidos del recurso, que permitan atender adecuadamente las demandas sectoriales de agua;

ii) La realización de obras de conservación de suelos y el manejo apropiado de las cuencas hidrográficas, para lograr la mayor retención posible del agua precipitada, para mantener tasas elevadas de recarga de los depósitos subterráneos, y para evitar la erosión de los suelos y el azolvamiento de las obras de aprovechamiento del agua;

iii) La conservación de la calidad del recurso a base del control de la contaminación, mediante el tratamiento de las aguas servidas y un uso racional de fertilizantes y pesticidas para garantizar la salud y fomentar los usos repetidos del agua;

iv) La asignación de prioridades --previos estudios técnico-económicos en unidades hidrológicas apropiadas-- en el uso del agua, para proporcionar a los países los beneficios económicos y sociales más amplios;

/v) La

v) La planificación coordinada de las actividades de aprovechamiento y conservación de las aguas y el fortalecimiento de los organismos que atienden a dichas tareas, y la centralización de las actividades de evaluación del recurso;

vi) Proveer las bases legales, institucionales y economico-financieras que se consideren indispensables para lograr un amplio y coordinado desarrollo de las actividades mencionadas.

b) Estudios a realizar

Para establecer las bases del aprovechamiento racional y óptimo de los recursos, convendría realizar los estudios siguientes:

1. A nivel regional:

i) Evaluación pormenorizada del potencial hídrico superficial y subterráneo de la región;

ii) Análisis detallado de las posibilidades de programación y desarrollo regional del sector eléctrico, incluyendo los aspectos de la interconexión total de los sistemas nacionales eléctricos del Istmo;

iii) Análisis exhaustivo de las posibilidades de un desarrollo integrado de la irrigación en la región, con el propósito de sustituir la importación de productos agropecuarios básicos a base de la puesta en marcha de proyectos económicos de pequeña y mediana irrigación por derivación de los caudales de estiaje;

iv) Evaluación de las alternativas de desarrollo del transporte fluvial en las zonas atlánticas de la región, como complementación del sistema regional de carreteras;

v) Programación del desarrollo hídrico en las cuencas internacionales, incluyendo los aspectos legales e institucionales de dichos aprovechamientos.

2. A nivel nacional:

i) Sobre la base de la información más amplia y actualizada de que pueda disponerse, definición de las características hidrometeorológicas generales y de las disponibilidades firmes --en cantidad y calidad--

/así como

así como de su variación en tiempo y en espacio, del agua de superficie en las cuencas de más alto potencial y de mayor utilización prevista;

ii) Definición pomenorizada de las características hidrogeológicas básicas de las cuencas de más alto potencial de agua subterránea y establecimiento del rendimiento perenne (en cantidad y calidad) de los depósitos subterráneos y de las características de los aprovechamientos posibles en las cuencas que se consideren de consumo más alto;

iii) Iniciación del inventario permanente de las utilizations del agua por todos los sectores usuarios y realización de proyecciones detalladas de las demandas para prever posibles problemas de utilización conflictiva;

iv) Desde un punto de vista agroeconómico, señalamiento de superficies regables y elaboración de un plan de desarrollo del riego en gran escala a base de proyectos específicos a poner en marcha a mediano y largo plazo;

v) Examen del estado actual de contaminación de las aguas para indicar los medios necesarios para conservar la calidad del recurso en la medida que se considere conveniente, y para institucionalizar la tarea de calificar y cuantificar la contaminación en forma sistemática;

vi) Definición en detalle del potencial hidroeléctrico disponible, e identificación de proyectos específicos que puedan ponerse en marcha a mediano y largo plazo;

vii) Estudio de las posibilidades de complementación del sistema de transportes a base de navegación fluvial en las regiones de la vertiente atlántica, señalando los proyectos que podrían realizarse en el futuro;

viii) Programación del posible aprovechamiento coordinado e integral del agua, con énfasis en proyectos de propósito múltiple y de complementación de recursos, en las cuencas prioritarias de cada país.

#### c) Aspectos legales

En relación con este tema sería conveniente fomentar a nivel regional la concertación de acuerdos bilaterales o multinacionales para el

/aprovechamiento

aprovechamiento y conservación de las aguas de interés internacional, y armonizar en la medida de lo posible los regímenes legales nacionales en materia hídrica a que se refiere el párrafo siguiente.

A nivel nacional, convendría mejorar y actualizar los regímenes legales en materia hídrica a base de una ley general de aguas donde se contemplaran todos los aspectos relacionados con la evaluación, el aprovechamiento y la conservación del recurso. En la misma se incluiría la incorporación de todas las aguas al dominio público y el establecimiento del régimen adecuado sobre preferencias para el otorgamiento de concesiones o permisos para su aprovechamiento. En la ley se incluiría también todo lo referente a servidumbres, a medidas preventivas y represivas para garantizar la higiene de las aguas, y cuanto se refiere a las estructuras administrativas que habrían de tener a su cargo estas actividades.

d) Aspectos institucionales

En relación con estos asuntos convendría:

1. A nivel regional:

- i) Que el Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos quedase encargado de fomentar el desarrollo hídrico integrado de la región y, en especial, el de las cuencas internacionales;
- ii) Se considerase oficialmente al Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) como el organismo encargado del fomento y la coordinación de la medición y evaluación de los recursos hídricos superficiales;
- iii) Se encomendase a la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos (MICAERH) la realización de estudios que permitiesen programar el aprovechamiento hídrico integrado de la región y de sus cuencas internacionales;

2. A nivel nacional:

- i) El establecimiento de organismos especiales para programar el desarrollo coordinado de los recursos, tomando en cuenta los requerimientos y necesidades de cada sector usuario;
- ii) El fortalecimiento, y la centralización en el menor número de organismos posible, de las actividades de evaluación (hidrología, meteorología e hidrogeología del recurso, retirándolas en la medida de lo posible de los organismos usuarios del agua;

/iii) Creación,

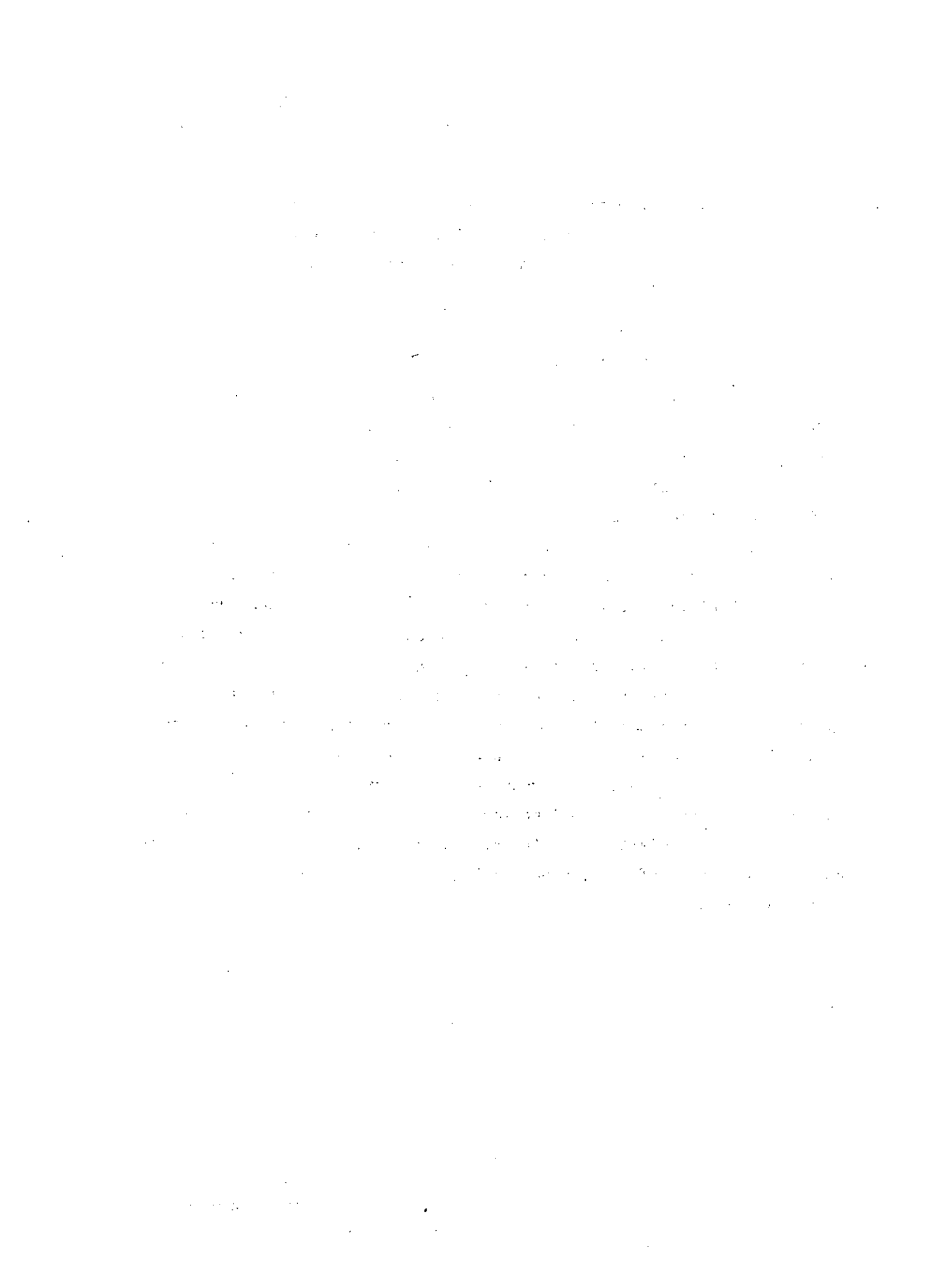


iii) Creación, o fortalecimiento --en su caso-- de los organismos encargados del riego y el drenaje y de los estudios sobre transporte fluvial, así como de los encargados del suministro de agua potable y de los desagües.

e) Aspectos economicofinancieros

A nivel regional, resultaría indispensable a este respecto realizar gestiones conjuntas ante los organismos financieros internacionales y regionales dirigidas a obtener el financiamiento necesario para realizar los estudios regionales descritos y llevar a la práctica las obras de la región que sean de interés multinacional.

A nivel nacional, sería conveniente que los países revisaran sus planes de inversión sobre evaluación y aprovechamiento de los recursos de agua, para equilibrar las inversiones a realizar con las necesidades y deficiencias de cada sector. También será útil acelerar las negociaciones dirigidas a obtener los préstamos externos que pudiera requerir el financiamiento del desarrollo previsto, y adoptar regímenes tarifarios más apropiados por la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado y por el uso del agua de riego. Convendría asimismo promover una mayor participación de la empresa privada en las actividades de desarrollo hídrico. De otra parte, conviene favorecer la realización de proyectos hidráulicos de propósito múltiple para que los sectores interesados compartan costos y beneficios, y puedan lograrse ahorros significativos a nivel nacional.



## BIBLIOGRAFIA

1. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. Rol de estaciones hidrológicas y meteorológicas en el Istmo Centroamericano. Publicación 23. PNUD/ONM. San José, Costa Rica, 1968.
2. G. Hoffman. Die mittleren jährlichen und absoluten Extremtemperaturen der Erde. Meteorologische Abhandlungen des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Freien Universität. Berlin, 1960.
3. W. K. Henry. An Excessive Rainfall in Panama; October 1954. Water Resources Research. American Geophysical Union, 1966.
4. H. Lessman. Sistemas de escala media de lluvia en El Salvador. Servicio Meteorológico Nacional, San Salvador, 1967.
5. Howell Williams. Volcanic History of the Guatemalan Highlands. University of California. Berkley, 1960.
6. Howell Williams et al. Geological Reconnaissance of Southeastern Guatemala. University of California. Berkeley, 1964.
7. Mapa geológico de la República de Guatemala; escala 1:500 000. Instituto Geográfico Nacional. Guatemala, 1970.
8. U.S. Corps of Engineers. Inventario de recursos físicos; El Salvador. USAID Resources Inventory Center. Washington, D.C., 1965.
9. Jorge Delgado. Mapa geológico generalizado de la cuenca del río Grande de San Miguel. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, 1967.
10. J. D. Thews et al. Mapa geológico de las cuencas de los ríos Sucio y Acelhuate. Proyecto de Aguas Subterráneas PNUD/ONU. San Salvador, 1969.
11. U.S. Corps of Engineers. Inventario de recursos físicos; Honduras. USAID Resources Inventory Center. Washington, D.C., 1966.
12. A. McBirney y H. Williams. Volcanic History of Nicaragua. University of California. Berkeley, 1965.
13. U.S. Corps of Engineers. Inventario de recursos físicos; Nicaragua. USAID Resources Inventory Center. Washington, D.C., 1966.
14. U.S. Corps of Engineers. Inventario de recursos físicos; Costa Rica. USAID Resources Inventory Center. Washington, D.C. 1965.
15. Otto Bohnemberger. A Photogeological Reconnaissance in Guanacaste. Proyecto de Aguas Subterráneas en Costa Rica, PNUD/ONU. San José, 1968.

16. Otto Bohnemberger. A Photogeological Study of the Western Central Valley. Proyecto de Aguas Subterráneas en Costa Rica, PNUD/CNU. San José, 1968.
17. Gabriel Dengo. Estudio geológico de la región de Guanacaste. Instituto Geográfico; San José, Costa Rica, 1962.
18. U.S. Corps of Engineers. Inventory of Physical Resources; Panama. USAID Resources Inventory Center. Washington, D.C., 1967.
19. Gabriel Dengo. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica de USAID. México, D.F., 1968.
20. Roberto J. Jeréz. Estudio hidrogeológico provisional de la planicie costera oriental. Universidad de El Salvador. San Salvador, 1967.
21. J. Roberto Jovel. Hidrogeología de la cuenca del río Sucio. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje, San Salvador, 1966.
22. J. Roberto Jovel et al. Reconocimiento hidrogeológico de la planicie costera central. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, 1967.
23. David Wozab et al. Final Report: Groundwater Research Project Lower Basin of the San Miguel River, El Salvador. UN/FAO, Rome, Italy, 1964.
24. Herbert Hudson Jr. Fuentes de abastecimiento de agua para Managua. Hazen and Sawyer, Engineers, Inc. New York, 1964.
25. Fernando Soto V. Estudio preliminar sobre los recursos de agua subterránea del sureste de León. Servicio Geológico Nacional. Managua, 1966.
26. Fernando Soto V. Resultados del programa de perforación de pozos exploratorios y análisis de ensayos de bombeo en Telica y León. Servicio Geológico Nacional. Managua, 1968.
27. Leif Ahlgren et al. Estudio hidrológico de la cuenca del río Virilla. Proyecto de Aguas Subterráneas en Costa Rica y Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica, 1968.
28. J. Roberto Jovel. Estudio hidrológico de tres cuencas seleccionadas en Costa Rica. Publicación 51, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, 1970.
29. Y. Greitzer. Balance del agua subterránea en el área del proyecto de riego de León. Tahal Consulting Engineers, Ltd. Tel Aviv, Israel, 1971.

30. Manuel Corrales. Informe sobre hidrología superficial de las cuencas de los ríos Acelhuate y Sucio. PNUD/ANDA. San Salvador, 1969.
31. Eduardo Basso. Variación de las precipitaciones en el Istmo Centroamericano. Publicación 58. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, PNUD/OMM, San José, Costa Rica, 1969.
32. J. Roberto Jovel. Estimación preliminar de la magnitud de la pluviosidad en años secos y húmedos en el Istmo Centroamericano. Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, PNUD/OMM. San José, Costa Rica, 1970.
33. L. Ahlgren, E. Basso and R. Jovel. Preliminary Evaluation of the Water Balance in the Central American Isthmus. Symposium on the Water Balance of North America. American Water Resources Association. Urbana, Illinois, 1969.
34. H. Blaney and W. Criddle. Determining Consumptive Use for Planning Water Development. In: Methods for Estimating Evapotranspiration. American Society of Civil Engineers, New York, N. Y. 1966.
35. Eduardo Basso. Evaluación preliminar del balance de aguas en el Istmo Centroamericano. Publicación 10, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, PNUD/OMM. San José, Costa Rica, 1968.
36. C. V. Plath y A. van der Sluis. Uso potencial de la tierra; VII. Istmo Centroamericano. Informe AT-2234, FAO. Roma, Italia, 1968
37. J. Roberto Jovel. Variabilidad de la precipitación pluvial en Nicaragua y regularización de las disponibilidades hídricas para el sector agropecuario. Comisión Económica para América Latina, México, D. F. 1973. (CEPAL/MEX/73/Nic.4; TAO/LAT/129).
38. Batelle Memorial Institute. Projections of Supply and Demand for Selected Agricultural Products in Central America in 1980. Jerusalem, Israel, 1969.
39. Ernesto Richa. Desarrollo de la energía eléctrica en Centroamérica, 1970 a 1980. Comisión Económica para América Latina, México, D. F., 1972. (CEPAL/MEX/72/20/Rev.1)
40. Ernesto Richa. Evaluación de las posibilidades de transferencia de energía hidroeléctrica de Costa Rica a Nicaragua. (TAO/LAT/123)
41. Isthmian Canal Studies, 1970; Annex IV: Study of Interoceanic and Intercoastal Shipping. The Atlantic-Pacific Interoceanic Canal Study Commission. Washington, D.C., 1970.

/J. Roberto

42. J. Roberto Jovel. Los recursos hidráulicos de la cuenca del lago Gatún y el tráfico futuro en el canal de Panamá. Comisión Económica para América Latina. México, D.F., 1972 (GRRH/GTP/I/DI.3).
43. J. Roberto Jovel. Aprovechamiento de los recursos hidráulicos en Centroamérica, 1970 a 1980. Comisión Económica para América Latina, México, D.F., 1972. (CEPAL/MEX/72/33; TAO/LAT/126)