NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL

GENERAL

E/CN.12/670/Add.2
29 de marzo de 1963

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

Décimo período de sesiones

Mar del Plata, Argentina, mayo de 1963

LOS RECURSOS NATURALES EN AMERICA LATINA, SU CONOCIMIENTO ACTUAL E INVESTIGACIONES NECESARIAS EN ESTE CAMPO

II. EL AGUA

Nota: Este texto debe considerarse como una primera versión provisional y tiene que revisarse lo mismo técnica que editorialmente antes de su publicación final. Con esa reserva, se distribuye a los Gobiernos Miembros de la Comisión como un anticipo del estudio que se está llevando a cabo.

INDICE

/I. EVALUACION

I. EVALUACION DEL CONOCIMIENTO DEL RECURSO EN LA REGION

Vaya en primer lugar una advertencia. La preparación de este capítulo ha enfrentado gran dificultad por la falta de fuentes donde se compile sistemáticamente la información sobre el sector. Mucho se ha escrito y publicado sobre este importante tema en América Latina, pero hay pocos países que tienen oficinas centralizadoras de la actividad en materia de agua. México es una meritoria excepción con su Secretaría de Recursos Hidráulicos.

La CEPAL recibió en 1955 el mandato de ocuparse de estudiar este tema y desde entonces ha tratado de reunir material a base de correspondencia y visitas al terreno. Por la dispersión de iniciativas que acaba de mencionarse la penetración por medio de encuestas y correspondencia no ha tenido mucho éxito.

En cambio, un grupo conjunto CEPAL/DOAT/OMM ha venido haciendo estudios sobre los recursos hidráulicos en varios países de la región, lo que ha dado conocimiento bastante completo respecto a las zonas visitadas. Estas han sido por orden cronológico de los trabajos en el terreno: Chile, Norpatagonia, Jujuy (Argentina), Ecuador, Venezuela, Bolivia, Colombia, Guayana Británica y Haití. Actualmente se trabaja en Argentina y se preparan las misiones al Perú y Centro América.

En un documento presentado al décimo período de sesiones se hace un recuento y evaluación de esta labor del Programa de Energía y Recursos Hidráulicos de la CEPAL 1/.

Las reflexiones que aquí se presentan sobre el estado del conocimiento del recurso agua en América Latina están basadas principalmente en la experiencia recogida en los países visitados. Sobre el resto como queda dicho - sólo hay la referencia de la encuesta o la publicación, o como en muchos casos, ni siquiera esto.

1/ Véase E/CN.12/650.

/Cabe destacar

Cabe destacar la débil base informativa sobre dos de los países que más realizaciones muestran en materia de agua y que no ha sido posible estudiar a fondo: Brasil y México.

La presentación que se hace en seguida debe, pués considerarse más como un recuento de lo que ha logrado conocer la CEPAL en materia de agua, que lo que los países verdaderamente saben sobre el tema. Considerado el esfuerzo que se ha gastado vayan los vacíos que aquí resulten como testimonio de la insuficiencia en materia informativa y de difusión en este campo de los recursos hidráulicos.

La disponibilidad de agua en América Latina es relativamente amplia, si bien casi todos los países tienen dentro de sus mismos territorios regiones de gran escasez y de abundancia excesiva, con todos los problemas inherentes. Entre estos extremos están las regiones que se han poblado tradicionalmente, con preferencia de aquellas en que el agua era relativamente abundante. Esto hizo que el agua fuera en general un bien barato, al que, a menudo se prestó poca atención por parte de autoridades y público consumidor con el resultado de que el desarrollo de la actividad urbana y agrícola ha ido transformando este bien abundante en un bien escaso. La presión sobre el suelo agrícola está obligando a investigar cada vez más las zonas secas y muy húmedas por sus posibilidades de utilización, ya sea dándoles agua mediante el riego o controlando los efectos negativos de ésta, la erosión y las inundaciones.

Las obras que exige el aprovechamiento o control del agua son relativamente caras, altas consumidoras de capital y de largo período de maduración y por ello cuando la situación de abastecimiento se ha ido tornando apretada, o cuando se ha considerado la posibilidad de expansión de la actividad económica a base de este elemento, se ha transformado en uno de los factores decisivos del desarrollo y por ende su rol en la planificación ha crecido en la misma proporción. Esto que se viene observando en América Latina ha sido también la experiencia de los países más industrializados.

A más del progreso que se registra en la técnica del aprovechamiento del agua, se constata un aumento del interés por adaptar el marco institucional en que se desenvuelve a las nuevas situaciones y en evaluar más completamente sus múltiples posibilidades.

/La previsión

La previsión en este campo del agua resulta especialmente necesaria por ser un medio que fluye en forma variable, cíclica pero irregular, de modo que su medición es en realidad una determinación de probabilidad de ocurrencia, basada en datos estadísticos recogidos en el terreno.

El volumen de agua disponible no dice mucho sobre la posibilidad de su desarrollo, ya que para cada uso hay condiciones complementarias derivadas de características físicas necesarias (pendiente, navegabilidad) o de otros recursos que deben existir simultáneamente (tierra, en el caso del riego) o también de conflicto entre usos alternativos.

Por ello la evaluación del recurso agua es compleja y supone dos etapas:

i) Medición del volumen de agua disponible,

ii) Posibilidades de uso de esta agua o daños que pueden evitarse mediante su control.

1. Disponibilidad de agua superficial

Este capítulo se dividirá en dos partes, la primera versando sobre el conocimiento que se tiene del agua en la atmósfera, dentro del marco de un tratamiento muy somero de los climas de la región. Aquí se pondrá especial énfasis en la red de pluviómetros y el conocimiento que a través de ella se ha adquirido de la precipitación.

En la segunda parte se discurrirá sobre el agua en la superficie y se analizará la extensión de la red de fluviómetros y el conocimiento de caudales que se ha ganado por su medio.

a) Precipitaciones

El conocimiento que se tiene de los climas en América Latina es irregular. Algunos países como Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela han avanzado bastante en el estudio de sus climas, aún cuando casi todos cuentan con grandes extensiones - las más despobladas y las de topografía más compleja - donde la información básica es muy deficiente. Al mismo tiempo hay otros países, Bolivia, Ecuador, Paraguay y Centroamérica son ejemplos, donde los estudios climatológicos están bastante atrasados. En éstos sólo se han definido los grandes grupos climáticos a base de las

/observaciones de

observaciones de temperatura y precipitación, pero falta un análisis adecuado de otras características climáticas y de los microclimas.

Esta situación ha llevado a mapas climáticos de validez muy variable. En el cuadro 1 se ha dado una lista de los que pudieron obtenerse.

Variadas causas contribuyen a dar forma al clima de la América Latina destacándose entre ellas:

a) Su situación geográfica. Aunque su territorio se extiende desde los 33°N. hasta los 56°S, la mayor parte del mismo está comprendido entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio. Ello determina que el clima predominante sea el tropical con todas sus variedades.

Las grandes llanuras del Amazonas y del Orinoco tienen un clima tropical que se presenta en sus tres variedades de selva, de bosque o de sabana según la distribución anual de la precipitación que la circulación general de la atmósfera haya producido.

Estos climas se extienden aún sobre las serranías menores que se encuentran en aquellas llanuras y también sobre las estribaciones más bajas de las cordilleras. En las zonas con clima de selva las abundantes lluvias y altas temperaturas han favorecido al desarrollo de exuberante vegetación. Dentro de este tipo es digno de señalar la costa oeste de Colombia que posee la zona más lluviosa de América Latina con valores anuales promedios que superan los 8.000 milímetros (Quibdó).

b) El relieve orográfico. La Cordillera de los Andes interfiere significativamente en la circulación atmosférica originando particularidades en el clima ya sea por la altura misma del relieve o por las alteraciones que produce en las corrientes atmosféricas. Igualmente colaboran en estas perturbaciones las tierras altas del Brasil y de la Guayana. Otras formaciones producen modificaciones menores. Por tal causa en las pendientes cordilleranas de la zona tórrida encontramos climas comparables a las zonas templadas y frías, según la altura.

Por sus características excepcionales de altura y de extensión el Altiplano boliviano se destaca como una región de clima seco (estepa o desierto) cuyas características mejoran ligeramente en las cercanías del Lago Titicaca.

/Cuadro 1

Cuadro 1

AMERICA LATINA: MAPAS CLIMATICOS

País	Escala	Tipo de clasificación	Autor
Argentina	1: 45 000 000	Köppen Thornthwaite	Burgos y Vidal
Bolivia	1: 4 000 000	Köppen	A. Martinez. Grupo conjunto CEPAL/DOAT/OMM
Brasil	Aprox. 1: 3 300 000	Köppen	Conselho Nac. de Geografía
Chile	1: 3 000 000	...	H. Fuenzalida, CORFO
Colombia	1: 7 500 000	Köppen	Bco. de la República
Ecuador	1: 2 000 000	Köppen	Ferdon-(Schröder), CEPAL
Paraguay	-	Köppen	Misión O.M.M. a/
Perú	...	...	...
Uruguay	...	...	...
Venezuela	1: 2 700 000	Köppen	(Goldbrunner) Schröder, CEPAL
Costa Rica	1: 1 600 000	Köppen	I.C.E.
Cuba			
El Salvador			
Guatemala			
Haití	-	-	-
Honduras			
Nicaragua			
Panamá			
República Dominicana			
México	1: 23 000 000	Thornthwaite	Secr. Ind. y Comercio

Fuente: CEPAL a base de informaciones obtenidas directamente (véase columna 3).

a/ Sólo para 12 lugares.

/No cabría

No cabría en este apretado esquema entrar a analizar la variedad de climas que se presentan en las zonas montañosas de América Latina, especialmente en la Cordillera de Los Andes. Bastará decir que en esa estratificación climática con la altura aparecen el clima templado, el clima boreal y el clima nevado. Las cumbres nevadas perennes se presentan en todas las latitudes siendo algunos ejemplos en la zona próxima al Ecuador: la Sierra Nevada de Santa Marta, los nevados de Ruiz, Tolima, Huila, el Cotopaxi y el Chimborazo.

Se debe mencionar en estas circunstancias la importancia que tiene la ubicación de una zona con relación a los vientos predominantes (sea si se encuentra a sotavento o a barlovento) para su formación climática.

c) Las circulaciones atmosféricas. Los grandes centros de acción que constituyen los anticiclones del Pacífico y del Atlántico son los motores que regulan la circulación del aire sobre la América Latina. Desde ellos las corrientes de los vientos alisios afectan el sur de México, América Central, la Región del Caribe y el norte de Sudamérica.

El cinturón ecuatorial de baja presión influencia la zona norte de Sudamérica.

Las irrupciones frontales desde el extremo sur de la región afectan al sur de Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay, Bolivia y sur del Brasil, donde encontramos una gran zona de clima templado lluvioso, destacable por su gran riqueza agrícola y ganadera que ocupa el este de Argentina, Uruguay, al este y sud de Paraguay y el sud del Brasil extendiéndose hasta la latitud de 21°S.

d) Las corrientes oceánicas. Las más importantes que barren las costas de América Latina son las corrientes ecuatoriales en ambos hemisferios y océanos, la de las Antillas, la del Brasil, la de Malvinas, la de California y la de Humboldt. Su influencia sobre el clima es variada. Ejemplos de ellas son los desiertos costeros en la parte occidental de Sudamérica que se extiende desde los 4°S hasta los 31°S (Chile y Perú) por la influencia de la corriente de Humboldt. Se caracteriza por escasas lluvias y aun por ausencia absoluta de las mismas así también como por el predominio de nieblas. Están en esta región los lugares más secos de la América Latina (Arica, Iquique). También la corriente fría de California que afecta la costa

/noreste de

noreste de México es responsable por una zona costera desértica de gran extensión.

Igualmente de características desérticas o de estepa son las llanuras patagónicas de Argentina desde la latitud 40°S hasta los 53°S.

Dentro del tipo de clima secos como una región semiárida figura también la región del valle medio del río San Francisco en el noreste del Brasil.

En México los climas secos configuran una parte importante del país incluyendo principalmente las mesetas del norte de la Altiplanicie Mexicana, las llanuras de Sonora y el norte de Sinaloa y casi toda la península de Baja California.

Después de esta reseña del clima, corresponde ocuparse de lo que tiene relación específica con el agua.

La hidrometeorología, como la agrometeorología, no constituyen servicios separados en la mayoría de los países latinoamericanos. Sus observaciones son practicadas a menudo como parte del servicio meteorológico, o por entidades del gobierno que tienen interés en el tema, como los Ministerios de Defensa, Obras Públicas, Agricultura, o también como en el caso de los registros de lluvias - son llevados por iniciativa de colegios, haciendas y particulares en general. De esta diversificación resulta no siempre una buena coordinación ni un desarrollo sistemático de los estudios correspondientes.

Las estaciones que analizan los fenómenos del agua en relación con el ciclo vegetativo de las plantas, son bastante raras en América Latina como servicio sistemático y generalizado de los gobiernos. Cuando el riego auspiciado oficialmente ha adquirido importancia, estos servicios han logrado un desarrollo más orgánico, pero no llegan por lo común a cubrir las necesidades, de donde muchos estudios de requerimientos de agua y de tasas de riego se hacen por aplicación de fórmulas empíricas o por comparación y adaptación de unas pocas experiencias.

Servicios que manejan agua y deben captarla y almacenarla hacen generalmente un cierto número de buenas observaciones hidrometeorológicas. Los servicios de obras sanitarias que deben abastecer las grandes ciudades se están preocupando cada vez más del tema como consecuencia de la necesidad de conservar el recurso y mejorar las dotaciones. Para Caracas, por ejemplo,

/se experimentan

se experimentan las precipitaciones artificiales. En relación con el programa de operación de embalses, ya sea para riego o para agua potable, energía u otros usos, se estudia la evaporación. También se comienzan a instalar estaciones nivológicas donde la acumulación por nieve tiene importancia para el manejo de sistemas hídricos interconectados, como es el caso de la Zona Central de Chile.

Desgraciadamente no se ha podido reunir información sobre estos servicios para un número suficiente de países que permita reflexiones generalizadas.

Más abundante es el material sobre pluviometría.

El cuadro 2 da una lista de los mejores mapas de isoyetas (líneas de igual precipitación) que se pudieron conseguir.

Con motivo del Primer Seminario Latinoamericano de Energía Eléctrica el Programa de Energía y Recursos Hidraúlicos de la CEPAL preparó en 1960 un documentado trabajo sobre Potenciales Hidraúlicos en el cual se hizo también una evaluación de los sistemas de medición pluviométrica y fluviométrica en América Latina, lo que nos releva de la necesidad de extendernos sobre el tema.

De este trabajo se toman las siguientes reflexiones y conclusiones principales, basadas, por lo mismo, en la situación imperante en 1958/59.

En el cuadro 3 se resumen los datos que ilustran el grado de desarrollo de la pluviometría en la región.

Se recordará que se dijo que una buena red pluviométrica, que permita medir aún las precipitaciones concentradas que interesan para fines de prevención de inundaciones debería tener por lo menos dos estaciones cada 1 000 km^2 (o 20 por cada 10 000 km^2). Como es natural sólo los países más pequeños han podido alcanzar este nivel: Costa Rica (26.5), El Salvador (47.5), R. Dominicana (42.7). Están a un nivel intermedio, con 10 a 20 pluviómetros por 10 000 km^2, Argentina, Venezuela, Cuba, Guatemala, México y Panamá, países que tienen también poca extensión o que han desarrollado estos servicios ya sea porque tienen un nivel de ingreso más alto o porque

/Cuadro 2

Cuadro 2

AMERICA LATINA: MAPAS PLUVIOMETRICOS DE ISOYETAS

País	Años	Escala	Representación (mm)	Entidad
Argentina	1921-1950	1: 9 500 000	100 en 100	Ministerio de Agricultura y Cría
Bolivia	1945-1960	1: 4 000 000	100 en 100	CEPAL
Brasil	...	1: 30 000 000	150 a 500	Conselho Nac. de Geografía
Chile	1913-1954	1: 2 000 000	25 a 500	Ministerio de Agricultura
Colombia	...	1: 3 000 000	1000 en 1000	Cenicafé
Ecuador	...	1: 2 000 000	250 a 1 000	Junta Nac. de Plan. Económica
Paraguay	1941-1960	1: 4 750 000	100 en 100	Misión de la OMM
Perú	1945-1959	1: 10 000 000	50 a 500	Ministerio de Fomento y O. P.
Uruguay	1921-1950	1: 9 500 000	100 en 1 000	Ministerio de Agricultura y Cría
Venezuela	...	1: 4 000 000	100 a 200	Mapa de la Fuerza Aérea
Costa Rica	...	1: 750 000	100 en 100	Inst. Cost. de Electric.
Cuba	...	1: 2 100 000	130 en 130	Banco de Fomento Agr. e Ind.
El Salvador				
Guatemala				
Haití	1920-1960	1: 500 000	200 en 200	Service Meteorologique Nac.
Honduras				
Nicaragua				
Panamá				
República Dominicana				
México	1921-1941	1: 4 600 000	100 en 100	Com. Nac. de Irrigación

/Cuadro 3

Cuadro 3

AMERICA LATINA: PLUVIOMETRIA

	Densidad de población 1959 (hab./Km2)	Número de pluviómetros	Promedio de duración de registros (años)	Número de pluviómetros por cada 10 000 Km2	Indice de cobertura pluviométrica
Argentina	7	3 613	24.1	13.0	313.3
Bolivia	3	200	19.8	1.9	37.6
Brasil	7	2 577	26.6	3.0	79.8
Colombia	12	668	9.8	6.0	58.8
Costa Rica	21	128	10.1	26.5	267.7
Cuba	56	188	24.0	16.4	393.6
Chile	10	617	19.0	6.5	123.5
Ecuador	15	116	7.6	3.3	25.1
El Salvador	122	95	16.1	47.5	764.8
Guatemala	33	149	19.0	13.7	260.3
Haití	123	69	...	36.0	...
Honduras	16	62	8.6	5.1	47.3
México	16	2 035	26.0	11.5	299.0
Nicaragua	9	60	26.0	4.1	106.6
Panamá (incluye Zona del Canal)	14	112	19.7	14.8	291.6
Paraguay	4	10	...	...	...
Perú	8	177	9.7	1.0	9.7
República Dominicana	57	208	20.8	42.7	888.2
Uruguay	14	547	...	...	...
Venezuela	7	7 016	11.0	11.1	122.1
Guayana Británica	2	...	...	...	...
Indias Occidentales	146	...	...	...	...
Surinam	2	60	...	...	...

Fuente: "Los recursos hidroeléctricos en América Latina: su medición y aprovechamiento". Documento ST/ECLA/CONF.7/L.3.0, Cuadros 19 y 22.

/su agricultura

su agricultura más tecnificada así lo ha exigido. Otros países como Brasil, Colombia, Chile, Perú, tienen densidades bajas principalmente por tener grandes extensiones en su territorio donde no hay desarrollo o no hay lluvias.

En cuanto a la edad de los registros es estas estaciones son en promedio de longitud mediana, alrededor de 20 años. Sorprende la corta edad que acusan países como Colombia, Ecuador, Perú y ello tendría explicación en las recientes expansiones que han tenido los servicios correspondientes..

La multiplicación de los dos índices anteriores, que se ha llamado "Cobertura pluviométrica" del país, deja en más favorables condición a países como Argentina, Cuba, El Salvador, México, R. Dominicana, en tanto que países como Bolivia, Ecuador, Perú, Honduras, Nicaragua deberán hacer más por estos servicios, pues sus niveles no servirían para las mínimas exigencias de un conocimiento aunque generalizado.

La variabilidad de la cobertura pluviométrica según zonas de los países se ilustra en el mapa y aquí pude confirmarse lo dicho sobre la relación de esta cobertura con la densidad demográfica.

El estudio por principales cuencas revelaría que hay gran irregularidad en esta cobertura, mucha de la cual no tiene otra explicación que la distinta accesibilidad o grado de colonización y no la necesidad o posibilidad del recurso.

b) La fluviometría

La fluviometría está también poco desarrollada en América Latina. Hay países donde la medición de caudales se ha reducido a la de unas pocas corrientes vecinas a las grandes ciudades o relacionadas con algún proyecto hidráulico y, aún en estos casos, las series históricas presentan claros considerables, según los altibajos de las organizaciones que las administran.

El cuadro 4 presenta el número de estaciones de medición de caudales la antigüedad media de sus observaciones y el coeficiente de cobertura.

Se dijo que el número de las estaciones pluviométricas en el mundo variaba de 0 a 50 por 10.000 Km^2, con un promedio de 3, y que 5 parecía un buen mínimo.

En los países de América Latina los promedios nacionales sobrepasan esta cifra solo en 3 casos: El Salvador, México y Panamá. Chile se acerca

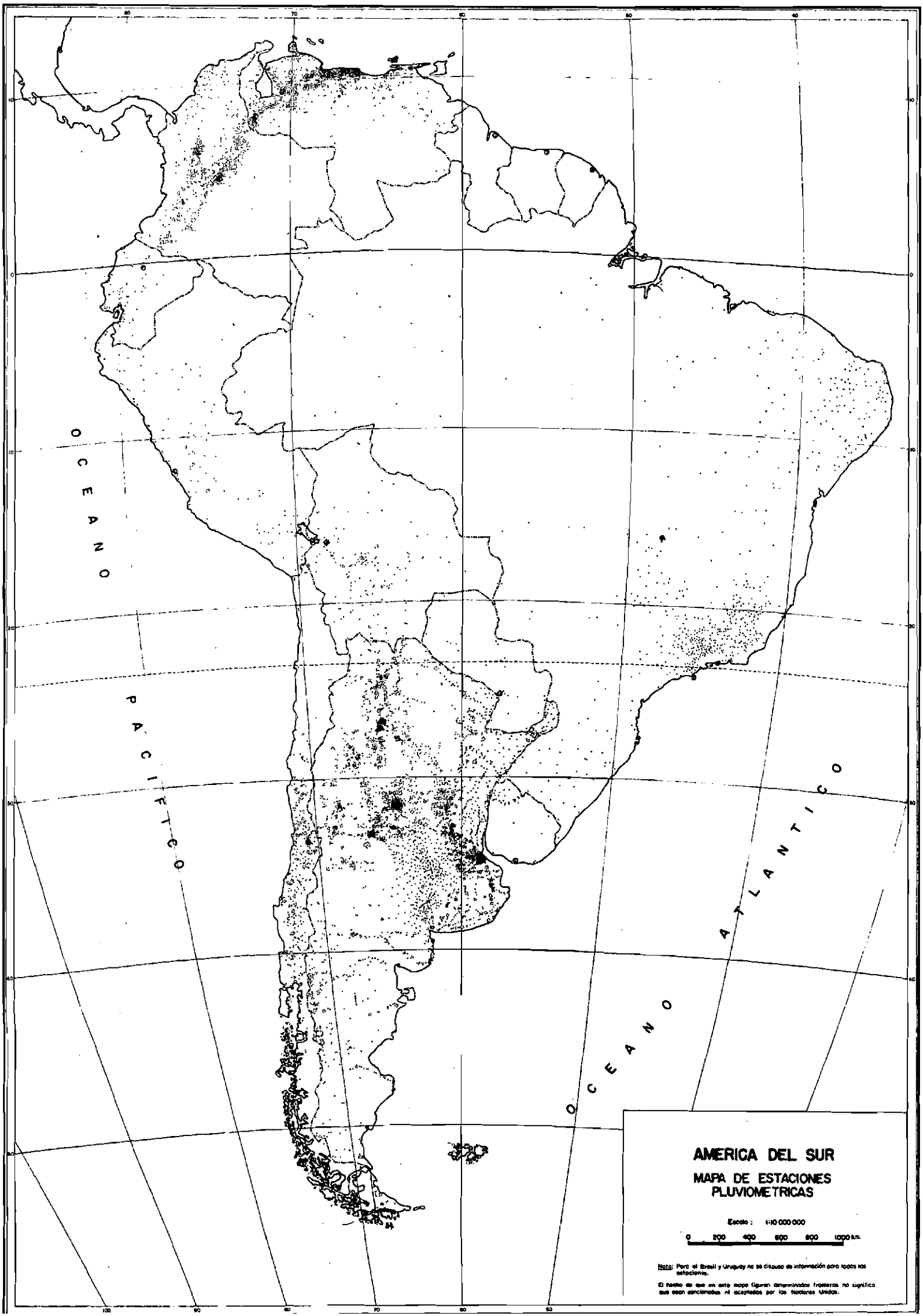
/Cuadro 4

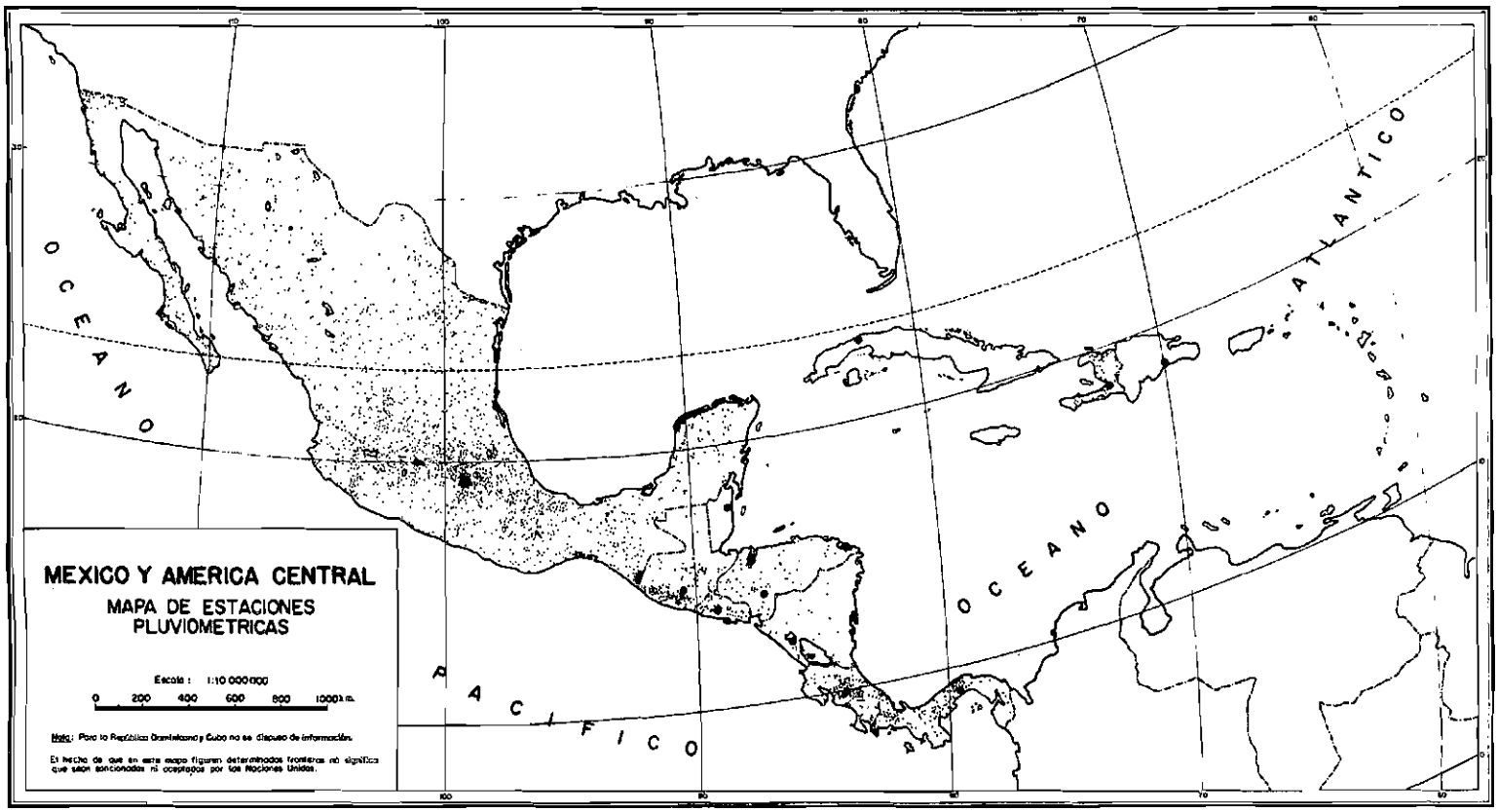
Cuadro 4

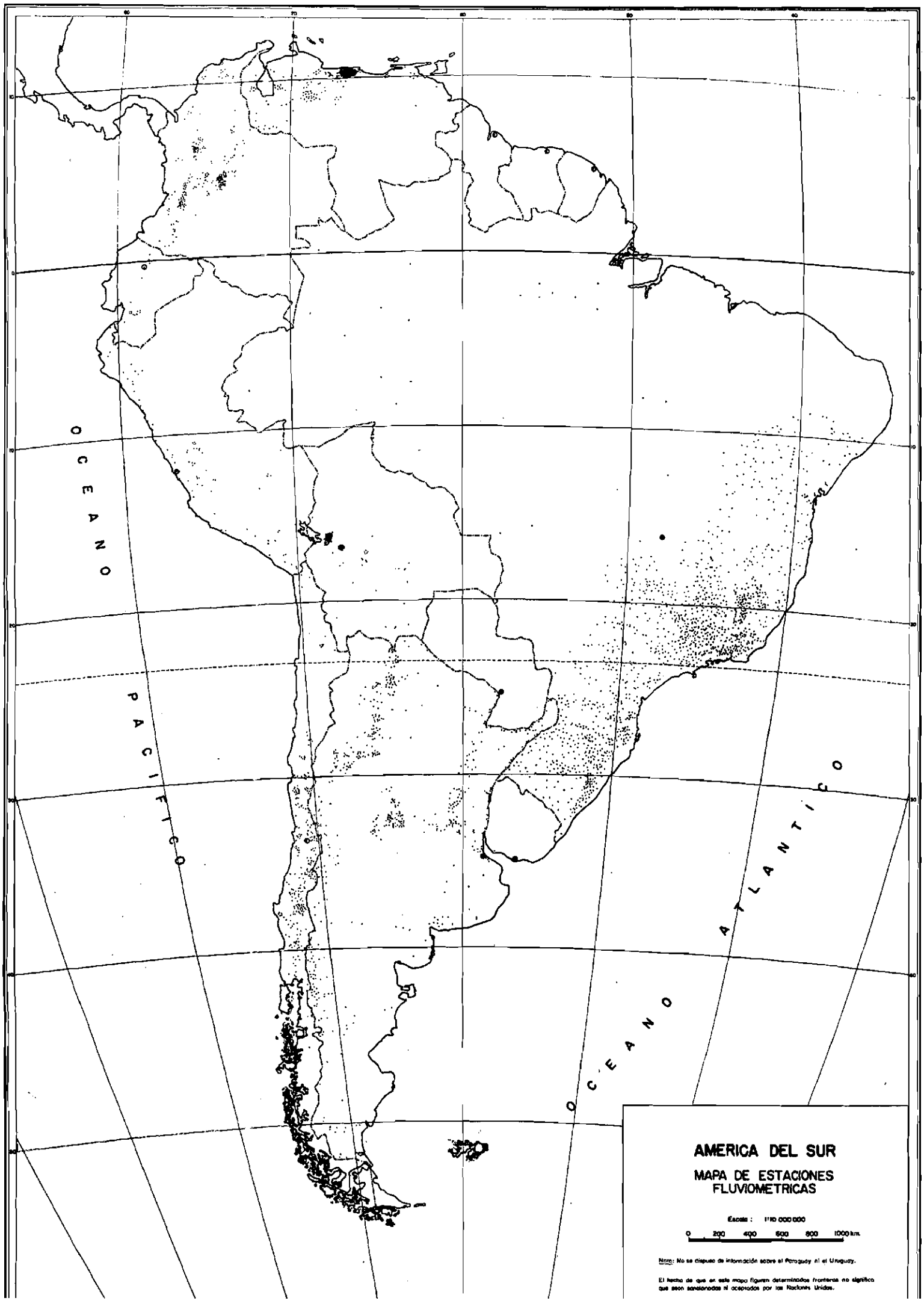
AMERICA LATINA: FLUVIOMETRIA

	Número de fluviómetros	Promedio de duración de registros	Número de fluviómetros por cada 10 000 Km²	Indice de cobertura fluviométrica	Relación número de pluviómetros, número de fluviómetros
Argentina	537	23.9	1.9	45.4	6.8
Bolivia	67	7.0	0.7	4.9	2.7
Brasil	1 287	17.9	1.5	26.9	2.0
Colombia	227	6.5	1.9	12.4	3.2
Costa Rica	22	3.8	2.9	11.0	9.1
Cuba	26	...	...	...	...
Chile	309	10.8	4.2	45.4	1.5
Ecuador	37	2.3	0.7	1.6	4.7
El Salvador	41	2.6	20.5	53.3	2.3
Guatemala	14	9.0	0.7	6.3	1.9
Haití	16	...		...	3.5
Honduras	40	2.7	3.6	9.7	1.5
México	965	10.4	9.3	96.7	1.2
Nicaragua	16	13.0	1.1	14.3	3.7
Panamá (incluye Zona del Canal)	47	7.2	6.2	44.6	2.4
Paraguay	...	...	...	...	...
Perú	115	15.8	0.7	11.1	1.4
República Dominicana	10	...	2.1	...	20.0
Uruguay	...	31.0	0.7	21.7	...
Venezuela	248	6.0	2.7	16.2	4.1
Guayana Británica	...	...	...	...	...
Indias Occidentales	...	...	...	...	...
Surinam	...	...	...	...	...

/bastante con


OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
AMERICA DEL SUR
MAPA DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
Escala : 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km.
Nota: Para el Brasil y Uruguay no se dispone de información para todas las estaciones.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.


MEXICO Y AMERICA CENTRAL
MAPA DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
Escala : 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km.
Nota: Para la República Dominicana y Cuba no se dispuso de información.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.
OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO


OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
AMERICA DEL SUR
MAPA DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS
Escala : 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km.
Nota: No se dispuso de información sobre el Paraguay ni el Uruguay.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.


MEXICO Y AMERICA CENTRAL
MAPA DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS
Escala: 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km.
Nota: Para la República Dominicana y Cuba no se dispuso de información.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.
OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
110
100
90
80
70
60
30
20

bastante con 4.2 y el resto bordea más bien la cifra 2, con lo que la gran mayoría está por debajo del mínimo recomendable.

La antigüedad media de estas estaciones es, en la mayoría de países, casi la mitad que en el caso de las estaciones pluviométricas.

Al hacer esta comparación desde el punto de vista de los números de estaciones se encuentra una situación aparentemente satisfactoria. Hay una relación (cuadro 4) que en pocos casos supera a 4 entre el número de pluviómetros y fluviómetros, cifra que fue dada como una buena relación de complementaridad; pero tampoco baja mucho de esta cifra, ya que hay muchos países en la vecindad de 2 y ninguno inferior a 1.

El estudio detallado de las cuencas revela, sin embargo, que esta relación no se cumple en forma pareja para las cuencas más interesantes, sino que hay una menor concentración relativa de pluviómetros, de donde en general no es fácil establecer las correlaciones necesarias para enriquecer las series de caudales.

Parecía que estos índices de mediciones revelaran una situación que no es exageradamente precaria, ya que - como se ha visto - no se separan mucho de las cifras aceptables. Por otro lado la realidad vivida por los técnicos en la materia estaría probando una situación bastante más seria.

La explicación podría ser la siguiente: hasta hace pocos años los técnicos que se aproximaban al tema eran principalmente de proyecto, donde se necesitan cifras confiables y abundantes. Para este objetivo la situación ha sido realmente insuficiente. En cambio para fines de planificación general estos inventarios y cotejos de promedios pintan un cuadro menos desalentador.

Deben concluirse estas consideraciones sobre la medición del agua destacando el hecho de que en varios países se está en vías de mejorar los servicios, como consecuencia de la mayor conciencia de planificación que se está desarrollando en la región.

Así, el Fondo Especial de Naciones Unidas está ayudando a financiar proyectos de mejora de los servicios hidrológicos e hidrometeorológicos en 3 países: Chile, Ecuador y Perú.

/En el

En el primero de estos hasta Octubre de 1962, se habían instalado 49 estaciones hidrológicas y 138 que miden lluvias (5 climatológicas de primer orden, 19 de segundo orden y 38 pluviométricas).

En Ecuador, un proyecto similar cumplía en 1962 su segundo año y había terminado 20 meteorológicas y 7 hidrológicas, y en construcción 10 y 12 respectivamente.

En Perú se completaron hasta 1962, 25 hidrológicas y más de 50 pluviométricas y climatológicas.

Por lo que se ve, en Ecuador y Perú están por corregirse las situaciones de bajo nivel de dotación de estaciones que se anotaba más arriba y en Chile se harán progresos comensurables con las necesidades de su creciente actividad en materia de recursos hidráulicos.

Otros países también están planeando mejoras en sus servicios pero no se tienen mayores detalles sobre el particular.

¿Que significado tienen estas mediciones de precipitaciones y caudal de ríos?

Con el criterio de posibilidades económicas más o menos inmediatas que se quiere aquí analizar el conocimiento del recurso las cifras de volumen disponible, hemos dicho, no cuentan sino una pequeña parte de la historia. Por ello les daremos sólo un vistazo, con algunas calificaciones desde el punto de vista de la utilización del recurso.

El mapa muestra los sistemas hidrográficos de América Latina. En él se han señalado los que se estimaron como ríos principales para cada país con un criterio principalmente de volumen de caudal, y que no en todos los casos pudo fundarse adecuadamente, por lo que puede contener errores. Se ha indicado el caudal registrado en algunos puntos singulares.

En primer término debe recordarse una circunstancia más bien obvia; donde hay precipitaciones hay corrientes superficiales y por ello la riqueza en esta materia está configurada más o menos en la misma manera que ya se describió para las lluvias:

i) Zonas áridas y semi-áridas, con baja dotación de caudales: Planicie Alta de México y desierto de Chihuahua, Península de Baja California, Norte de Venezuela, Faja costera del Pacífico Tropical sur, Polígono das Secas en Brasil, Nor Oeste y Sur de la Argentina, etc.

/Algunas de


OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
AMERICA DEL SUR
MAPA HIDROGRAFICO
Escala: 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km.
Caudal medio anual en el punto indicado.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.


MEXICO Y AMERICA CENTRAL
MAPA HIDROGRAFICO
Escala: 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 Km.
50 Caudal medio anual en el punto indicado.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas o aceptadas por las Naciones Unidas.
OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO

Algunas de estas zonas están atravesadas por ríos importantes que derivan su caudal de grandes regiones distantes, como los ríos Colorado y Bravo y su afluente el Conchos en el norte de México, San Francisco en el Polígono das Secas y Colorado y Negro en Patagonia. Estos ríos tienen una gran importancia para estas regiones y aunque no han sido todos muy estudiados - por la escasa población que los rodea - comienzan a captar gran atención.

ii) Grandes cuencas húmedas. Seis cuencas cubren 63 por ciento de la América del Sur y son, en orden de área:

Amazonas[1/]	5 980 km^2
Río de la Plata (Paraná-Uruguay)	3 100 "
Orinoco	960 "
San Francisco	610 "
Magdalena (incluye el Cauca)	260 "
	10 910 Km^2

La importancia económica de estas cuencas varía desde las que sirven las mejores zonas de los países respectivos y por ello tienen vital importancia, como el sistema Paraná-Uruguay y el Magdalena, a las que drenan regiones poco densas en actividad, Orinoco y San Francisco, que sólo recientemente están siendo asiento de concentraciones industriales, hasta la relativamente inexplorada cuenca Amazónica. En estos ríos tiene importancia preponderante la navegación.

iii) Vertientes Cortas. El cordón montañoso que, comenzando en los Estados Unidos de Norte América, se abre en la meseta Mexicana, constituye la espina dorsal de Centro América y baja definiendo el extremo oeste de América del Sur, da origen a los ríos cortos y a veces caudalosos. El caudal varía con la pluviosidad: grande en las latitudes húmedas del trópico norte y zona templada sur y bajo en las zonas áridas del trópico sur. La gran riqueza de estos ríos es su potencial hidroeléctrico y también sus posibilidades de riego.

1/ Incluye el río Tocantins que se une al Amazonas en la desembocadura.

/Otras cuencas

Otras cuencas cortas se forman en la vertiente oriental de la meseta del Brasil y en otras zonas de litoral cercanas a partes altas, como el norte de Venezuela y las islas del Caribe.

Mirada desde el punto de vista de los países y sus grandes zonas, sólo en pocos ejemplos se ha podido llegar a un orden de magnitud de la riqueza hídrica total. México es uno de los casos donde esta evaluación se ha hecho en forma más completa. Aquí la Secretaría de Recursos Hidráulicos ha reunido aforos en los ríos que le permiten estimar el agua escurrida en todos los cursos superficiales. Con las medidas tomadas realmente y con estimaciones basadas en rendimientos medios de las diferentes cuencas se han hecho los totales hasta la desembocadura de cada río. El promedio de estos totales anuales dio hasta 1956, 357 257 millones de m^3, o un equivalente de 11 328 m^3 por segundo, provenientes de 1.47 millones de km^2. Este da un rendimiento medio de 0.24 m^3/m^2 lo que es aproximadamente un 30 por ciento del agua caída. Una estimación reciente[1/] dice que la infiltración fue de 211 000 millones de m^3, y que esta - como el escurrimiento - se distribuiría por zonas así:

Zonas	Agua en los ríos	(millones de m^3)	Agua Subterránea
Desértica y árida	63 255		90 500
Semi-árida	49 363		55 700
Semi-húmeda	5 811		19 800
Húmeda	238 848		45 000
	357 277		211 000

Este tipo de balances, que se han utilizado para la planificación de la labor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en rubros tan importantes como el riego, no son disponibles en muchos países.

En el cuadro 5 se dá la riqueza hídrica por grandes regiones para algunos sobre los cuales pudieron reunirse datos.

La Argentina es otro país que conoce relativamente bien el orden de magnitud de su riqueza hídrica. Sumando las lecturas de fluviómetros en lugares representativos más las estimaciones necesarias para llegar hasta las desembocaduras de las grandes cuencas llega a un total de 23 600 m^3/seg

1/ A. Orive Alba, "La Política de Irrigación en México". F. de C.E. México 1960. Pág. 24.

/Cuadro 5

Cuadro 5

AMERICA LATINA: RIQUEZA HIDRICA SUPERFICIAL

País	En grandes divisiones hidrográficas				En cuencas de ríos seleccionados			
	Nombre	Area (miles de km2)	Densidad de población (hab/km2)	Caudal de ríos (m3/seg)	Caudal de ríos (m3/seg) Total	Caudal de ríos (m3/seg) Por 1 000 km2	Area de las cuencas (miles de km2)	Número de ríos seleccionados
Argentina		2 820	7.1	23 617a/	21 784	5.89b/	1 505c/	20
	(1) Plata	890	16.6	20 640	19 552	6.63b/	760c/d/	2
	(2) Atlántico	1 100	2.3	2 254	2 131	5.12	415	12
	(3) Cerrada	800	3.1	179	101	1.12	90	6
	Pacífico	30	...	544	...	...	...	...
Bolivia		1 099	3.4e/	...	438	...	...	16
	(4) Altiplano	181	11.7	...	31	...	...	1
	(5) Valle	156	6.8	...	200	...	...	3
	(6) Llano	762	0.7	...	207	...	...	12
Brasil		8 512	8.3	...	5 230	3.77	1 387	8
	Norte	3 581	0.7	...	...	...	...	-
	(7) Noreste	966	1.6	...	654	1.04	631	1
	(8) Este	1 260	19.7	...	1 551	11.01	141	2
	(9) Sur	826	29.9	...	2 165	5.51	393	4
	(10) Centro Oeste	1 879	1.6	...	860	3.88	222	1
Chile		742	9.7f/	14 800	13 506	46.73	289	26
	(11) Norte Grande	178	2.0	...	8	0.23	35	2
	(12) Norte Chico	120	3.5	...	53	1.02	52	4
	(13) Chile Central	147	38.2	...	2 719	22.45	121	9
	(14) Sur Chico	72	10.1	...	2 186	70.60	31	4
	(15) Sur Grande	225	0.4	...	8 540	170.80	50	7
Colombia		1 136	12.4e/	...	1 201	...	...	7
	(16) Caribe	400	...	...	896	11.06	81	2
	(17) Pacífico	78	...	...	182	...	...	3
	(18) Amazona	658	...	...	123	...	...	2
Perú		1 285	8.3	...	1 353	8.77	154	24
	(19) Costa	140	22.1	1 200	887	11.50	77	16
	(20) Sierra	425	14.6	...	407	5.42	75	7
	(21) Selva	720	1.9	...	59	28.50	2	1
Venezuela		910	7.5g/	...	5 447	31.41	173	11
	(22) Altos Niveles	171	30.7	...	155	3.78	41	7
	(23) Llanos	316	4.0	...	292	6.95	42	3
	(24) Esc. de Guayanas	423	0.5	...	5 000	55.56	90	1
Costa Rica		51	23.0	...	169	56.33	3 d/	4
	(25) Atlántico	...	...	...	141	70.50	2	3
	(26) Pacífico	...	...	...	28	28.00	1	1
Haití		28	125.2	...	143	...	...	14
	(27) Atlántico Norte	...	...	...	18	...	...	3
	(28) Golfo de Gonaves	...	...	...	106	...	...	8
	(29) Mar Caribe	...	...	...	19	...	...	3
Honduras		112	16.8	...	516	...	...	7
	(30) Atlántico	...	...	...	458	...	...	4
	(31) Pacífico	...	...	...	58	...	...	3
México		1 964	16.4h/	11 328	8 093	7.81	1 059	33
	(32) Pacífico Norte	412	5.8	1 012	689	5.91	233	10
	(33) Golfo Norte	801	8.1	335	256	1.15	223	6
	(34) Cuenca Cerrada			80	70	0.74	95	5
	(35) Pacífico Sur			2 711	1 198	4.55	263	6
	(36) Golfo Sur	751	31.3	7 190	5 880	24.00	245	6

/Cuadro 5 (conclusión)

Cuadro 5 (conclusión)

Fuente: Informaciones oficiales elaboradas por la CEPAL.
a/ De los 23 617 m3/seg., 19 600 pertenecen al caudal total de los ríos internacionales Paraná (14 900 en Rosario) y Uruguay (4 700 en Salto Grande).
b/ Cuociente del caudal total por la superficie total de la cuenca hasta la estación de medición.
c/ Superficie en el país.
d/ Superficie de cuencas hasta estación de medición.
e/ Año 1960.
f/ Año 1957.
g/ Año 1959.
h/ Año 1958.

Nota: Los nombres de los ríos para cada gran división hidrográfica son:

(1) Paraná, Uruguay.
(2) Jachal, S. Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel Colorado, Negro, Chubut, Deseado, Santa Cruz, Coig.
(3) Itiyuro, Sali-Dulce, Abaucán, Primero, Segundo, Del Valle.
(4) Desaguadero.
(5) Pilcumayu, Pajonal, Santa Ana.
(6) Carabuco, Carabuco Chico, Cuticucho, Pacollo 1 y 2, Parapetí, Covant, Grande, Mairana, Piray, Rocha, Sulty.
(7) San Francisco.
Doce, Paraíba.
(9) Grande Tieté, Paranapanema, Iguazú.
(10) Paranaíba.
(11) Lluta, Loa.
(12) Copiapó, Huasco, Elqui, Choapa.
(13) Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito, Maule, Itata, Bío-Bío, Imperial, Toltén.
(14) Valdivia, Bueno, Petrohué, Puelo.
(15) Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker, Bravo, Pascua.
(16) Cauca, Catatumbo.
(17) Patia, Calima, Anchicayá.
(18) Zulia, Bata.
(19) Tumbes, Chira, Quiroz, Piura, Lambayeque, Jequetepeque, Chicama, Santa, Pativilca, Huaurá, Rimac, Cañete, Pisco, Ocoña, Majes, Tambo.
(20) Nantaro, Zapatilla, Vilcanota, Ramis, Huancane, Ilave, Coata.
(21) Chamayo.
(22) Manzanares, Motatán, Neverí, Palmar, Tocuyo, Tuy, Yaracuy.
(23) Guárico, Masparro, Uribante.
(24) Caroní.
(25) Reventazón, Pacuare, Banano.
(26) Virilla.
(27) Trois Rivière, Rivière Limbe, G. de Rivière du Nord.
(28) Matheux, Coutjolles, Grise, Artibonite, Bouyaha, Torcelle, Nomance, Blanche.
(29) Rivière du Sud, Caraillon, G. de Rivière de Jucmel.
(30) Chamalecón, Pte, Pimiento, Cayetano, Guayabillas.
(31) Nacaome, Choluteca, Lempa.
(32) Colorado, Concepción, Sonora, Yaqui, Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán, S. Lorenzo, Mezquital.
(33) Conchos, Salado, S. Juan, S. Fernando, Purificación, Guayolejo.
(34) Casas Grandes, S. María, Del Carmen, Nazas, Aguanaval.
(35) Santiago, Ameca, Balsas, Papagayo, S. Catarina, Verde.
(36) Pánuco, Papalcapán, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta, Hondo.

/como volumen

como volumen del escurrimiento medio anual disponible actualmente, es decir, descontadas las partes consumidas. De esto, el 87 por ciento corresponde a la cuenca de los ríos Paraná y Uruguay, donde está la más alta densidad de población, y que son ríos internacionales parte de cuyo caudal debe ser compartido con otros países. Los otros grandes ríos que van al Atlántico acusan una densidad de caudal por área de hoya hidrográfica similar a la del Plata. En cambio, la aridez de la zona de cuencas cerradas queda de manifiesto al registrar una densidad igual a la quinta parte de las anteriores.

Esta comparación de densidades de caudal por superficie drenada sólo puede hacerse con muchas precauciones a base de las cifras del cuadro 5 ya que estas no siempre son homogéneas. En algunos casos incluyen gastos hasta la estación de medida solamente o gastos registrados (sin incluir estimaciones del consumo). De todos modos se indicaron las densidades con ánimo de ilustrar órdenes de magnitud.

Es interesante notar que las densidades de zonas áridas son vecinas a 1 $m^3/seg/km^2$, como en las cuencas cerradas de la Argentina, el Noreste del Brasil, el Norte de Chile, el Norte de México.

Las zonas más pobladas acusan densidades del orden de 5: cuenca del Plata, sur y centro oeste del Brasil, sierra peruana, zonas altas de Venezuela, centro y sur mexicano. La zona poblada de Chile - la central - tiene más abundancia de agua (con densidades superiores a 20) y así se presentan zonas húmedas como la selva peruana, golfo sur de México, Costa Rica. El sur de Chile tiene cifras muy altas que condicen con la gran pluviosidad de estas zonas relativamente poco extensas.

Los muchos claros en el cuadro comentado están ilustrando la necesidad de mejorar estos inventarios de riqueza hídrica, indispensables para el conocimiento del medio natural sobre el que debe basarse una buena planificación económica.

2. Aguas subterráneas

Este recurso tiene gran importancia en la región. A la vez que suplementa al superficial en las zonas de escasa dotación es buscado como fuente de agua pura en servicios para poblaciones y para la industria. Su uso es

/naturalmente muy

naturalmente muy antiguo pero sólo en años recientes se están haciendo esfuerzos para mejorar su prospección sistemática y evaluación, la que pocos países han realizado en la medida necesaria.

En las grandes ciudades de América Latina se está generalizando el pozo profundo particular como complemento al servicio público, lo que está trayendo no pocos problemas de control para asegurar que el uso sea racional.

En la agricultura también hay vastas regiones áridas y semiáridas que se sirven de pozos para cultivos de valor relativamente alto. Argentina, Brasil, Chile, México son ejemplos en este sentido, algunas de cuyas estadísticas se dan en el cuadro 6.

En la Argentina el uso del agua subterránea está bastante desarrollado. En las zonas húmedas como las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, donde no se requiere riego artificial, hay mucha extracción para abastecimiento urbano, a veces con peligro de bajar la napa freática progresivamente, como en la zona de Buenos Aires. En las regiones semiáridas del centro y Nor Oeste se recurre al suelo aún para riego, también con exageración en muchos casos. En las dos provincias de Mendoza y San Juan, donde el riego con agua alumbrada está más desarrollado habían casi 10 000 pozos, que en un 90 por ciento eran para regar cerca de 120 000 has, con profundidades medias de 75 metros. En varias otras zonas donde el agua subterránea podría ser un valioso aporte, se necesitan estudios sistemáticos.

Sobre el Brasil sólo pudo reunirse información respecto al Noreste. La demanda de agua ha llevado a perforar ahí hasta 4 400 pozos, casi todos para abastecimiento urbano y de un bajo rendimiento.

En Chile se ha tratado de promover el uso del agua subterránea para riego en la zona central como una forma de utilizar energía eléctrica en las horas de baja demanda lo que ha logrado cierto éxito. Se ha realizado bastante prospección hidrogeológica pero queda aún mucho por hacer. En los últimos 12 años la Corporación de Fomento de la Producción ha realizado un programa con 357 perforaciones de alto rendimiento medio que han permitido la incorporación potencial de una superficie de riego de 17 000 has, y el abastecimiento a 67 industrias y a 300 000 personas.[1/]

1/ "Contribución de la C.de F. al desarrollo del agua Subterránea en Chile" J. Donoso y R. Dirgman. Inst. de Inv. Geolog. Chile, 1962

/Cuadro 6

Cuadro 6

AMERICA LATINA: AGUAS SUBTERRANEAS

País	Región	Zona	Número de pozos perforados	Agua aflorada (Hm3)	Número de pozos utilizados: Riego	Uso doméstico e industrial	Total	Profundidad media (metros)
Argentina	Atlántico		...	...	...	...	...	...
		Mendoza	6 300	1 437	5 985	315	6 300	86
		San Juan	3 282	468	2 600	682	3 282	64
Total del país			...	...	...	...	...	...
Brasil	Polígono das Secas a/		4 409	109.6	...	...	3 415	36
		Pianí	657	19.4	...	...	504	45
		Ceará	1 465	27.0	...	...	1 174	45
		Río Grande do Norte	698	22.5	...	...	556	77
		Paraiba	185	4.5	...	...	129	65
		Pernambuco	387	12.6	...	...	267	59
		Alagoas	39	0.8	...	...	30	45
		Fernando de Norenho	21	0.4	...	...	18	51
		Sergipe	227	4.0	...	...	152	38
		Bahía	577	11.4	...	...	363	42
		Minas Gerais	153	7.0	...	...	142	95
Total del país			...	...	...	...	...	...
Chile		Norte Grande	14	14.5	...	...	...	205
		Norte Chico	23	17.2	...	...	...	59
		Chile Central	320	409.8	...	...	...	65
Total del país b/			357	441.5	185	93 c/	278	110
Perú	Costa		3 927	865				
		Norte	1 411	249				
		Centro	831	146				
		Sur	1 685	470				
Total del país			...	...				
México		Pacífico Norte	469					
		Norte	821					
		Centro	390					
		Golfo de México	118					
		Pacífico Sur	112					
Total del país			1 910 d/					

Fuente: Informaciones oficiales elaboradas por CEPAL.

a/ Abarca los pozos perforados de 1909 a 1956.

b/ Estos datos corresponden solamente a la "Corporación de Fomento".

c/ De los 93 pozos, 67 son para uso doméstico, 27 para uso industrial. Los 79 que no fueron incluidos son de reconocimiento.

d/ Abarca los pozos perforados de 1947 a 1960.

/México ha

México ha perforado cerca de 2 000 pozos en el último decenio como parte de su intensivo programa hidráulico.

Sobre los otros países se tiene muy poca información, si bien se sabe que en casi todas las capitales y grandes ciudades se captan aguas subterráneas para los servicios públicos urbanos en gran cantidad. En Venezuela, por ejemplo, aproximadamente un tercio de la dotación de ciudades de más de 5 000 habitantes provenía de bombeo desde el subsuelo en 1959 y en Ecuador cantidades casi iguales se tomaban superficial y subterráneamente para proveer a las 13 ciudades más grandes de la Sierra. En la región baja costera de este país la ciudad más importante, Guayaquil, podía darse una gran planta para tratar agua de río, en tanto que la tendencia de los centros más pequeños era a usar las napas freáticas.

En casi todas las áreas críticas desde el punto de vista de la dotación de agua en la regiós se viene destacando la importancia de buenos estudios hidrogeológicos.

El Fondo Especial ha ayudado a financiar algunos de ellos, como el iniciado en la zona de Gonaives de Haití y el que se comienza en la provincia de Manabí del Ecuador. Estos estudios incluyen la perforación de pozos según un programa que a la vez de ir reforzando la dotación de las regiones vayan dando una evaluación de las posibilidades del recurso.

Conviene llamar la atención al hecho de que en el afán de resolver los angustiosos problemas de agua de ciertas regiones a menudo se ha exagerado la potencialidad del recurso subterráneo llegando a inversiones poco productivas en pozos con fines comerciales o al fomento de este tipo de instalaciones en zonas donde no hay medios o preparación para la operación y mantenimiento de estas unidades, con la consecuencia de que se han malgastado considerables sumas de dinero y se han frustado esperanzas. Por ello la evaluación cuidadosa de este recurso aparece como de suma importancia.

Finalmente cabe agregar que la actividad minera, especialmente la prospección petrolífera, acumula conocimiento de acuíferos que no siempre se comparte y coordina para el mejor aprovechamiento de este recurso.

/3. Información

3. Información sobre usos del agua

Se ha dicho que son escasísimos en América Latina los ejemplos de avaluación completa de las posibilidades del recurso hidráulico miradas desde el punto de vista del desarrollo integral y múltiple de las cuencas hídricas.

Sólo donde se ha promovido este tipo de desarrollo regional se está en camino de adquirir el conocimiento adecuado y aún en estos casos se ha dado más énfasis a ciertos usos en mayor demanda y con mejores posibilidades de materialización. Estudios de esta índole se han emprendido como resultado de la creación de autoridades para el desarrollo de valles, entre los que pueden citarse:

Brasil	- Vale do Sao Francisco
	- Comissao Interestadual da Bacia Parana-Uruguai
Colombia	- Valle del Cauca
	- Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté y Chiquinquirá
	- Valles del Magdalena y del Sinú
Perú	- Valle del Santa
Venezuela	- Río Caroní Bajo y su zona de influencia
Haití	- Valle del Artibonite
México	- Río Papaloapan
	Río Tepalcatapec
	Río Fuerte
	Río Grijalva
	Cuenca del Valle de México

En otros casos se ha abordado este tipo de estudio sin llegar a constituir unidades administrativas muy diferenciadas y como parte del trabajo que desempeñan los organismos que se ocupan del agua, aunque aquí el enfoque ha sido menos integral aún. Tal ha sucedido en algunos ríos de Chile, donde han concertado su acción la empresa eléctrica del Gobierno y la Dirección de Riego del M. de O.P. junto con otras dependencias, según el caso.

En México se está llevando a cabo actualmente por la Secretaría de Recursos Hidráulicos un relevamiento de todos los ríos del país determinando lugares de posibles aprovechamientos con ayuda de fotografía aérea y reconocimientos rápidos desde helicóptero.

/Otra oportunidad

Otra oportunidad para un examen más completo de recursos hidráulicos se está presentando con motivo de los reconocimientos de recursos naturales que se llevan a cabo en algunas partes de América Latina.

En Chile, por ejemplo, el Proyecto Aerofotogramétrico auspiciado por la OEA en las provincias del centro y centro-sur - que se ha descrito en otra parte de este trabajo - está señalando los cursos de agua naturales, los canales, las obras hidráulicas y al hablar de capacidad de uso de la tierra considera los posibles aprovechamientos de agua en una manera general.

En Perú se está considerando el relevamiento similar.

En Ecuador se comienza el estudio integral de los recursos hidráulicos de la provincia de Manabí con ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas y esta misma institución tiene en Guatemala un reconocimiento de los recursos hidráulicos para generar energía y para el riego.

Sea que se ha hecho a través del estudio integral de la cuenca o siguiendo imperativos relacionados con algún uso posible, la relación de las potencialidades del recurso en este estudio no puede hacerse de otra manera más práctica que enfocando sucesivamente cada una de las aplicaciones del agua. Recuérdese que así es como en general se la ha estudiado en la región, salvo en los contados casos de estudio regional que se anotaban más arriba.

a) Recursos hidroeléctricos

Una primera dificultad con que se tropieza al tratar de presentar un cuadro de la riqueza de América Latina en este rubro es la variedad de criterios con que se la mide. En el trabajo que sobre recursos hidroeléctricos preparó la CEPAL [1/] se trató esta cuestión y con ánimo de ordenar el análisis se seleccionaron las definiciones que mayor aceptación parecen tener en el mundo:

1) Potencial teórico o bruto de una cuenca es la energía que podría obtenerse hipotéticamente de esa cuenca con toda el agua disponible para el objeto, tal como se encuentra en la naturaleza y con rendimiento 100 por ciento.

1/ "Los recursos hidroeléctricos en América Latina: su medición y aprovechamiento". Documento ST/ECLA/CONF.7/L.3.0.

/2) Potencial

2) Potencial técnico (o "explorable" o "práctico") mide los recursos por los aprovechamientos existentes y los susceptibles de instalación en un momento dado con los medios de la técnica corriente y dentro de ciertos límites de costo. Esto no es naturalmente inequívoco, pero lleva a apreciaciones útiles.

Dentro de él suele separarse una porción como "potencial económico" que es aquel grupo de proyectos que se consideran de aprovechamiento conveniente dentro de las condiciones económicas del país respectivo.

Es interesante notar que las relaciones entre estos diferentes niveles de evaluación caen dentro de rangos no muy amplios, razón por la cual adquiere significación el potencial bruto - de más fácil estimación - como vía para llegar a un orden de magnitud de los potenciales técnicos o económicos. Así en varios países europeos con elevada dotación hidroeléctrica se han registrado valores entre 0.20 y 0.40 para la relación técnico/bruto.

En América Latina sólo se registraba un estudio integral que es el que realizó en 1954 el "U.S. Geological Survey" como parte de sus estimaciones del potencial hidroeléctrico en todo el mundo. Aplicando más o menos el criterio de potencial técnico y con ayuda de muchas generalizaciones, llega a 57 400 MW para el caudal mínimo de los ríos y 520 000 MW para el caudal medio, lo que es 12 y 23 por ciento del total mundial, respectivamente. Medido unitariamente, el potencial de caudal medio de América Latina aparece bastante mayor que los promedios mundiales: por kilómetro cuadrado de superficie de tierra, 25 kW para la región, contra 17 kW para el mundo; y por habitante, 2 700 kW contra 800 kW.

América Latina aparece así como un continente relativamente rico en potencial hidroeléctrico.

La información particular de cada país en la materia es bastante compleja. Al lado de países donde prácticamente no hay información confiable, los hay que han hecho importantes estudios basados en observaciones en el terrno, si bien en la mayoría se han utilizado criterios de evaluación muy especiales o que no ha sido posible identificar. A menudo en un mismo país hay opiniones

/divergentes o

divergentes o las estimaciones cambian con el tiempo. Esto último no es de extrañar y se observa, en general, que las cifras totales han aumentado a medida que se ha progresado en los elevamientos.

En la obra de la CEPAL citada hay un detalle y crítica de los valores recogidos en los distintos países. Con todas las reservas que sugieren las anteriores acotaciones, se hizo una selección que aparece en el cuadro 7 y que se ha representado esquemáticamente en un mapa en la obra referida. Viene a ser una aproximación al potencial económico instalable, es decir, que está ligado a proyectos que han considerado además del caudal disponible su posible regulación.

Se llega a un total de 155 000 MW que, por lo recién dicho, se ubica entre los valores dados más arriba para los caudales mínimos (sin regulación) y para el caudal medio (regulación total).

Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Venezuela representan el 86 por ciento del total. Cuando se miden por km^2 y por habitante los países más ricos resultan Colombia, Chile, Costa Rica y Venezuela.

Si bien estas posiciones relativas y orden de magnitud de cifras podrán estar ajustadas a la realidad es necesario repetir que las bases de esta compilación son muy irregulares. Al revisar las fuentes - detalladas en la obra citada - se aprecia cómo sólo en algunos casos responden a un estudio sistemático relacionado con un Plan de Electrificación Nacional (Colombia, Chile, Nicaragua); pero en general son recopilaciones de los sitios estudiados hasta la fecha.

El mismo cuadro 7 muestra que se usa hoy sólo una pequeñísima parte, 4.5 por ciento en promedio y no mucho más de 10 por ciento en los casos más altos, en total poco menos de 7 000 MW. Esto dice más una abundancia del recurso que un bajo nivel de aprovechamiento, ya que América Latina es una de las regiones que más se surte de esta fuente para sus necesidades de energía comercial (hidroelectricidad más combustibles fósiles). Representa aquella el 15 por ciento en tanto que en el mundo sólo el 9 por ciento y la proporción de energía eléctrica de origen hidráulico dentro de la electricidad total es 52 por ciento contra un 30 por ciento para el mundo.

Además, varios recursos hidroeléctricos cercanos a las zonas de mayor consumo están aprovechados en alto grado, como en el río Maipo de Chile,

/Cuadro 7

Cuadro 7

AMERICA LATINA: POTENCIAL HIDROELECTRICO

País	Recursos			Aprovechamiento	
	Total (millones de kW) a/	(Watts) Por habitante	(Watts) Por km²	Total (miles de kW)	Porciento del recurso
Argentina	12.5	615	4.5	290	2.3
Bolivia	2.7	814	2.5	85	3.2
Brasil	30.0	477	3.5	3 316	11.1
Colombia	40.0	2 940	35.2	(489)	1.2
Chile	21.0	2 910	28.3	594	2.8
Ecuador	2.0	498	7.4	(37)	1.8
Paraguay	3.1	1 850	7.6	-	-
Perú	6.5	647	5.1	440	6.8
Uruguay	1.2	438	6.5	128	10.7
Venezuela b/	16.0	2 990	20.6	159	1.0
Costa Rica	1.5	1 430	29.5	79	5.3
Cuba	-	-	-	4	...
El Salvador	0.9	373	45.0	56	6.2
Guatemala	0.2	56	1.9	28	14.0
Haití	...	...	...	-	-
Honduras	0.4	220	3.6	3	0.8
México	15.0	460	7.6	1 197	8.0
Nicaragua	0.4	292	2.7	10	2.5
Panamá c/	0.9	856	11.8	52	5.8
República Dominicana	...	...	...	-	-
Guayana Británica	...	...	...	-	-
Indias Occidentales	...	...	...	(13)	...
Surinam	1.5	6 200	10.5	-	-
Total regional	155.8	835	7.8	6 967	4.5

Fuente: CEPAL a base de informaciones directas y de Naciones Unidas, Statistical Yearbook 1958, para superficies territoriales.

a/ Realizadas por cada país. Corresponden a la suma de las capacidades de centrales ya instaladas y a las que con carácter económico se pueden instalar en lugares o sitios conocidos.

b/ Entre 1959 y 1960 se terminaron algunas obras, como las de la Central Macagua I en Venezuela que eleva a 335 kW la potencia hidráulica instalada al 31 de diciembre de 1960. A esa fecha, el aprovechamiento relativo en ese país es de 2.1 por ciento.

c/ Incluye la Zona del Canal.

/Río Negro

Río Negro del Uruguay, Río Grande de Tárcoles en Costa Rica, Río Balsas en México todos los cuales están utilizados en más de 20 por ciento.

Hacia el futuro los planes indican que aumentará el aprovechamiento hidroeléctrico según tasas medias superiores a 10 por ciento y aún cercanas al 20 por ciento por año para la mayoría de los países.

Ello enfatiza la necesidad de mejorar considerablemente el conocimiento del recurso con esfuerzos sistemáticos.

b) El agua en la agricultura

El riego y el avenamiento, como muchas de las labores agrícolas practicadas en la región, se vienen realizando en buena parte de ella en forma rudimentaria y tradicional, escapando aún a los esfuerzos evaluadores de las oficinas de promoción y planificación en la materia, de modo que no se tiene un cuadro exacto de la que representan en los diferentes países. Con ser actividades tan antiguas - como que en algunos países datan de tiempos precolombinos - sólo en pocos casos han recibido un desarrollo amplio y adecuadamente tecnificado, que incluyera un inventario de las posibilidades de este recurso.

Entre estas se hallan las mejores regiones de las zonas semi-áridas, donde el riego es indispensable para una agricultura comercial: zona central de Chile, Andes centrales y noroeste argentino, costa peruana, norte central de México. Aquí se tiene una buena idea del agua que se necesita por hectárea y a medida que mejoran las medidas hidrológicas se puede calcular en cuanto podría extenderse el perímetro regado dentro de las disponibilidades de tierra.

Menos datos se ha logrado reunir en aquellas zonas donde las lluvias permiten una agricultura rentable y donde el riego es una forma de mejorar los rendimientos que sólo se aplica cuando hay capital abundante. Son muchas las áreas donde la existencia de esta agricultura con riego espontáneo no ha inducido a estudiar activamente las posibilidades de este recurso y donde, por lo tanto no se tienen antecedentes estadísticos para enjuiciar la cuestión. En regiones tropicales húmedas, está generalizándose más y más

/el interés

el interés por este tema, como una manera de enfrentar las crecientes exigencias de la demanda por productos agrícolas. En contra de una creencia generalizada, raros son los climas de estas zonas que proporcionan lluvias tal como el agricultor la desea y la experimentación está mostrando grandes posibilidades.

En todos los países que ha estudiado el Grupo Conjunto CEPAL/DOAT/CMM donde el riego no constituía una actividad relativamente importante - Ecuador, Colombia, Venezuela, Bolivia, Haití - se ha llegado a la conclusión de que el riego puede mejorar la productividad de tierras que actualmente dan una cosecha anual cuando podrían dar dos, o pierden muy a menudo la única cosecha cuando podrían asegurarla mediante el control del agua.

Los países que más han realizado en la materia, en términos absolutos, son Argentina, Chile, Perú y México, que reúnen más del 80 por ciento del área regada en América Latina. (Véase el cuadro 8.)

Riegan en conjunto 6.1 millones de has y tienen además tres veces esta cantidad (18 millones) que necesita riego, desde el punto de vista de la tierra, sin contar si hay o no el agua requerida. Por otro lado, tienen más de 50 millones de has cultivables que no necesitan riego. Esta actividad tiene significación, entonces, para un tercio de las tierras cultivables.

Sobre los otros países no se tienen buenas informaciones. Entre los distintos casos hay gran variedad de condiciones y aún en un mismo país, el riego suele tener importancia vital para una zona en tanto que es marginal para otra, hecho que no evidencia el promedio nacional.

En Argentina, por ejemplo, hay 2 000 000 de has donde el riego es indispensable mientras que hay 28 000 000 que no lo necesitan, dentro del total de 30 000 000 cultivables. Pero ahí donde es requerido, es de una gran importancia. Ya se riegan aquí 1.1 millones de has y, a excepción de las zonas de los ríos Pilcomayo y Bermejo y la Patagonia, se están tomando todos los caudales de estiaje, de modo que las ampliaciones del perímetro regado podrán hacerse sólo a base de regulación de las creces o intensificando el uso del agua subterránea. Actualmente hay 14 embalses que riegan con una capacidad de 2 100 millones de m^3 y los que están en construcción o con proyecto inmediato ascienden a 3 700 millones de metros cúbicos.

/Cuadro 8

Cuadro 8

AMERICA LATINA: CLASIFICACION DE TIERRAS CON ESPECIAL ATENCION AL RIEGO

(Miles de hectáreas)

País y zona	Superficie no agrícola	Superficie agrícola: Forestal	No cultivable a/	Cultibable: Necesita riego: Regada	Necesita riego: No regada	No necesita riego	Total	Total del país
América del Sur								
Argentina	39 449	99 400	113 151	1 122	978	27 900	30 000	282 000
Plata	...	...	...	172	178	...	...	89 000
Atlántico	...	...	...	680	620	...	...	110 000
Pacífico	...	...	...	-	-	...	...	3 000
Cerrada	...	...	...	270	180	...	...	80 000
Bolivia	48 000	47 000	11 809	65	589 b/	...	3 091	109 900
Altiplano	...	...	...	31	319	...	...	18 100
Valle	...	...	...	30	208	...	...	15 600
Llano	...	...	...	4	62	...	...	76 200
Brasil	172 409	517 936	107 449	350	...	...	53 400	851 194
Chile	22 312	21 000	19 809	1 364	5 811	3 904	11 079	74 200
Norte Grande	...	...	6 257	8	-	-	8	17 800
Norte Chico	...	...	6 669	131	389	160	680	12 000
Chile Central	...	...	2 593	1 225	5 422	1 374	8 021	14 700
Sur Chico			-	-	-	2 150	2 150	7 200
Sur Grande			4 290	-	-	220	220	22 500
Colombia	26 101	69 400	13 273	220	2 700 c/	...	4 843	113 617
Ecuador	1 600	16 400	2 200	110 d/	...	...	6 900	27 100
Paraguay	18 022	20 906	705	12 e/	...	...	1 067	40 700
Perú	41 000	70 000	11 650	619	3 081	2 150	5 850	128 500
Costa	...	...	...	619	3 081	-	3 700	14 000
Sierra	...	...	...	-	-	2 000	2 000	42 500
Selva	...	...	...	-	-	150	150	72 000
Uruguay	2 018	434	12 038	26 e/	...	...	4 210	18 700
Venezuela	51 481	19 000	17 800	260	...	...	2 924	91 205
Total América del Sur	422 392	881 476	309 884	4 148	...	...	123 364	1 737 116
América Central y México								
Costa Rica	3 411	676	722	...	...		281	5 090
Cuba	4 260	1 300	3 897	60	...		1 995	11 452
El Salvador	477	275	704	20	20		544	2 000
Guatemala	4 002	4 832	582	40	1 560		1 473	10 889
Haití	505	700	500	65	535		1 070	2 775
Honduras	3 396	4 816	2 000	33	...		997	11 209
Nicaragua	4 918	6 450	-	12	300		3 432	14 800
Panamá	1 250	5 326	563	...	...		451	7 590
Rep. Dominicana	173	3 440	580	135	...		680	4 873
México	51 410	38 836	76 681	3 000	8 200	18 800	30 000	196 927
Total América Central y México	73 802	66 651	86 229	3 365 f/	...	...	40 923	267 605
Total América Latina	496 194	948 127	396 113	7 513 f/	...	...	164 287	2 004 721

Fuente: FAO: Anuario de Producción 1961 y fuentes oficiales.

Nota: En la nomenclatura se ha usado en lo posible los conceptos descritos en el Anuario de la FAO. Véase aquí los comentarios sobre la dificultad de llegar a cifras homogéneas entre los distintos países.

a/ Pastos y praderas naturales.
b/ Superficie utilizada sin riego, con o sin necesidad de él.
c/ Superficie cultivada en 1953
d/ 100 en la sierra y 10 en la costa.
e/ Año 1952.
f/ Sin Panamá y Costa Rica.

/Más importante

Más importante relativamente es el riego para Chile. De los 11 000 de has de tierra cultivable que tiene, dos tercios requieren riego para rendimientos comerciales. Estos se ubican en la zona central, la de mejor clima y más poblada. Hacia el sur de esta parte, hay regiones que tienen desde buena pluviosidad hasta exceso de agua con problemas de avenamiento. Recientemente se está promoviendo esta actividad que podría dar hasta medio millón de hectáreas utilizables con poca inversión.

El riego actual alcanza a 1.4 millones de hectáreas y en 7 cuencas que reúnen el 80 por ciento de la superficie regada (Elqui, Aconcagua, Maipo, Rapel, Maule, Itata y Bío Bio) habrían más de 600 000 hectáreas bien estudiadas para poner bajo canales.

Es necesario comentar que, a pesar de lo mucho que se ha avanzado hacia un buen servicio, queda mucho por hacer en el sentido de aprovechar mejor el agua que se suministra, tanto con medidas administrativas y de carácter institucional como en las técnicas a nivel del proyecto agro-económico y de la aplicación del agua a los terrenos.

En el Perú prácticamente toda la superficie bajo riego se encuentra en la región de la Costa, con 619 000 hectáreas. En esta zona las lluvias son muy escasas y todo cultivo es posible sólo a base de riego artificial.

El riego consume aquí el 23 por ciento del agua que va al Pacífico y el resto se pierde sin ser aprovechado. El agua utilizada es mayor que la necesaria con el consiguiente perjuicio para el suelo. Con el gran margen de tierras cultivables que necesitan riego (3 000 000 hectáreas) se impone una mejor planificación en el uso del factor limitante que es el agua.

En la región de la Sierra, la mayoría de los cultivos depende de la lluvia, existiendo sólo pequeñas obras de regadío. Este es posible sólo en los valles interandinos, y el problema de la sequía que aquí se presenta obligará a la construcción de obras de embalse.

De los 30 000 000 hectáreas de tierras cultivables de México un 37 por ciento necesita regadío en forma indispensable y el resto puede cultivarse en condiciones más o menos aleatorias, incluyendo 2 000 000 hectáreas donde es necesario protección contra el exceso de agua.

/El Gobierno

El Gobierno ha impulsado aquí una vigorosa política de riego que en 35 años ha dado 3 000 000 hectáreas bajo canales con 200 represas de todos tamaños que suman sobre 30 000 millones de metros cúbicos, cifra esta última que aumentará en un 50 por ciento cuando se terminen las obras en construcción que alcanzan a más de 500 000 hectáreas.

Esta vasta actividad de riego, que ha significado un gran mejoramiento de la riqueza agrícola del país, se ha hecho, como ya se ha mencionado, en conjunto con las otras posibilidades de aprovechamiento, de modo que las grandes presas tienen uso múltiple y se ha progresado bastante en la evaluación del recurso.

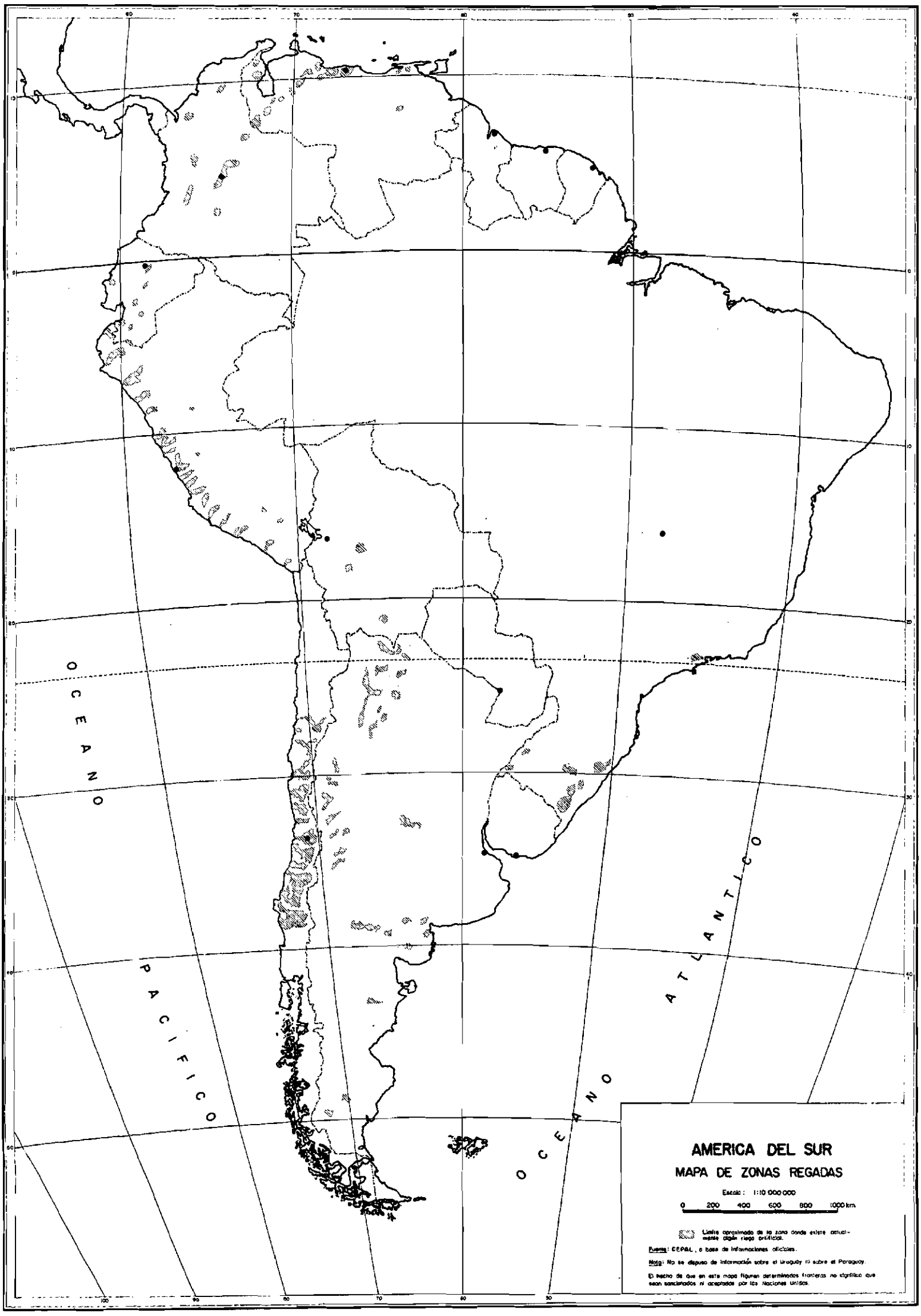
En el mapa se han sombreado las zonas donde se conoce que haya riego. Se puede ver como siguen la forma de las zonas semiáridas de los países ya mencionados. Respecto a los otros, en Ecuador, Colombia y Venezuela se riegan los valles interandinos por medio de pequeñas obras antiguas y en general rudimentarias. También en el Brasil el riego tiene en la actualidad una importancia relativa muy pequeña porque la mayor parte de las zonas agrícolas tiene pluviosidad suficiente. Sólo en la región semiárida del noreste y en los estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro y São Paulo se ha practicado algún regadío por infiltración especialmente para chácaras y caña de azúcar y en São Paulo se comienza el riego por aspersión para complementar la dotación de agua en el tiempo seco a las plantaciones de café. En el estado de Rio Grande se haya la mayor superficie regada (unas 300 000 has) para producir arroz.

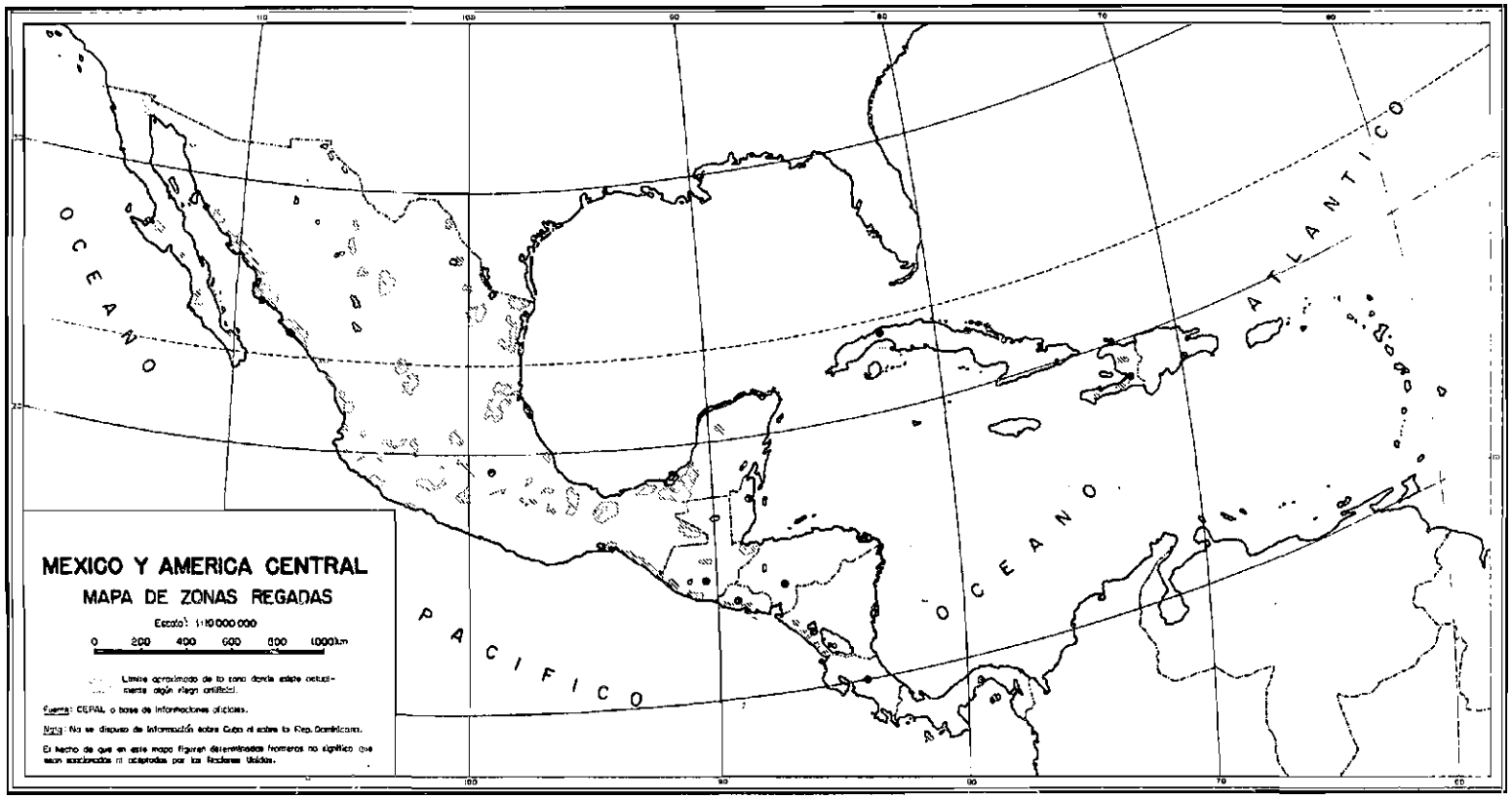
En todas estas áreas se está experimentando más activamente y en el noreste hay proyectos para compensar los desastres de los años secos, aunque los proyectos son todavía de tamaño modesto.

Hay algunos ejemplos de proyectos de mayor envergadura, pero que no han tenido el éxito esperado, principalmente por deficiente planificación.

Un cuadro similar se encuentra en los países de Centroamérica y el Caribe. Se constata que si bien existen antecedentes técnicos que favorecen el riego, muy a menudo se procede con obras demasiado caras que no están basadas en suficientes estudios hidrológicos o de suelos o sociales

/y económicos.


OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
AMERICA DEL SUR
MAPA DE ZONAS REGADAS
Escala : 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km
Límite aproximado de la zona donde existe actualmente algún riego artificial.
Fuente: CEPAL, a base de informaciones oficiales.
Nota: No se dispuso de información sobre el Uruguay ni sobre el Paraguay.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.


MEXICO Y AMERICA CENTRAL
MAPA DE ZONAS REGADAS
Escala: 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000 km
Límite aproximado de la zona donde existe actualmente algún riego artificial.
Fuente: CEPAL, a base de informaciones oficiales.
Nota: No se dispuso de información sobre Cuba ni sobre la Rep. Dominicana.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.
OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
110
100
90
80
70
60
20

y económicos. Como se trata de obras caras que si bien tienen una favorable relación capital/producto exigen una fuerte inversión es necesario insistir en la necesidad de mejores relevamientos básicos.

Junto a los beneficios que trae el agua a la agricultura casi todos los países latinoamericanos están expuestos a sus efectos perjudiciales.

En las zonas montañosas se presenta el fenómeno de la erosión en alturas estériles sometidas a deshielos fuertes, como en los Andes de Chile y Argentina o en los páramos andinos de más al norte, en Ecuador, Colombia, Venezuela. Aquí no hay mayores consecuencias que el embancamiento posible de canales y embalses en el curso inferior, ya que el terreno erodado no puede aprovecharse para forestación y el producto de la descomposición de su superficie puede aún aportar a los suelos de más abajo donde se deposita.

Donde hay terreno fértil para bosque o para ciertos cultivos el fenómeno se torna perjucicial, lo que sucede en zonas sobrepobladas o sobrepastoreadas de los valles interandinos de los países al norte de Chile, y en muchas islas del Caribe. No hay estadísticas suficientes sobre el particular pero se sabe que hay muchas zonas muy afectadas que necesitan de medidas de control. Algunos países conscientes del problema están tomando medidas a través de programas de manejo de cuencas, como los de las corporaciones de valles en Colombia y de la Dirección de Recursos Naturales renovables en Venezuela. Se sabe de autoridades similares que se proponen atacar el problema en otros países, pero en pocos casos se está a la altura de las exigencias. El primer paso, el del relevamiento de la magnitud e intensidad del problema, no se ha completado todavía en escala nacional en ningún país. Con ayuda de aerofotogrametría se ha hecho progreso en algunas regiones de mayor prioridad, labor que debería continuarse en lo posible.

Otro efecto nocivo del exceso de agua son las inundaciones. También no hay país exento de ellas en alguna región durante alguna época del año u ocasionalmente, como resultado de dislocaciones atmosféricas del tipo de los ciclones del Caribe.

/Las grandes

Las grandes cuencas bajas de la América del Sur que desaguan hacia el Atlántico presentan períodos de crecidas algunas de las cuales afectan a grandes zonas prácticamente deshabitadas, como en el Amazonas y el Orinoco, pero otras - como en el Paraná y Uruguay - amagan terrenos y poblaciones útiles. Esta situación se presenta también en las regiones húmedas y planas de México.

Por otro lado los ríos más torrenciales de las vertientes cortas suelen presentar períodos de crecidas de gran poder destructivo sobre sus cauces y sobre terrenos en general, los que a veces sufren el depósito de material pesado que interfiere seriamente con la posibilidad de cultivo. Esto se da en el litoral ecuatoriano, en países de América Central y en islas del Caribe.

Los remedios aquí están en el control de ríos, lo que puede hacerse - y se acomete dentro de ciertos límites de la intensidad del fenómeno - ya sea mediante los embalses y canales de proyectos de uso múltiple o mediante obras especiales que incluyen estructuras de protección de cauces y defensas contra inundaciones. Se sabe de obras de este tipo en varios países aunque en ningún caso se ha llegado a la medida de las necesidades.

En la Argentina, en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe existen unos 4 000 000 de hectáreas sujetas a la amenaza periódica de las inundaciones. En menor escala existe el problema en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero, San Juan, Mendoza, Río Negro.

En las provincias de Formosa, Corrientes, Chaco, Norte de Santa Fe y parte de Tucumán existen unas 3 500 000 hectáreas que forman esteros y bañados, ubicadas en el curso bajo de los ríos.

En la región del delta del Paraná, 3 000 000 de hectáreas están sujetas a inundaciones periódicas.

Se puede contabilizar unos 8 600 000 hectáreas que deben ser saneadas para ser incorporadas definitivamente a la producción agraria. Esta superficie tiene en la actualidad una producción muy limitada debido a estos problemas.

/Muchas ciudades

Muchas ciudades se encuentran en peligro de ser afectadas por las creces. Entre las más importantes se pueden mencionar las capitales de las provincias indicadas anteriormente y las de Río Cuarto, Viedma, Bahía Blanca, Tafí Viejo y General Roca. También las zonas bajas de la ciudad de Buenos Aires sufren inundaciones por las creces del río de la Plata.

En Bolivia existen dos zonas de importancia económica donde se producen inundaciones: la zona de los Llanos entre el Beni y el Mamoré y la zona del Altiplano cerca de Oruro, inundada por el Desaguadero. En esta última zona existe mayor justificación para el estudio de obras que permitan su control.

La cuenca del Magdalena y Sinú de Colombia tiene por lo menos 1 000 000 de hectáreas de sierras inundables y el Cauca sobre 100 000.

En Chile se mencionó ya que podrían recuperarse buenos terrenos pantanosos en el Centro Sur hasta por 500 000 hectáreas.

En la hoya del Guayas y sus principales afluentes, Daule y Babahoyo del Ecuador hay grandes e importantes zonas expuestas a inundaciones de muy difícil control.

Las zonas más afectadas por las inundaciones de Venezuela son las cercanas a las desembocaduras de los grandes ríos (deltas del Orinoco y San Juan y zonas bajas del Tuy Aroa, Yaracuy, Tocuyo y unas 800 000 hectáreas que bordean el Lago Maracaibo en el suroeste) y casi toda la zona cruzada por los ríos de los llanos (cerca de 700 000 hectáreas). Entre las de mayor importancia económica por sus posibilidades de control destacan las del suroeste del lago Maracaibo y parte de los altos Llanos.

En México no hay datos cuantitativos de todo el problema de inundaciones. Los ríos cuya área se inunda con importancia y frecuencia son: Papaloapan, Tonto, Nazas, Bravo, Yaqui, Grijalva, Pánuco, Colorado, Santa Catarina. Fueron protegidas contra inundación las áreas de las cuencas de Papaloapan y Grijalva de 120 y 350 miles de hectáreas respectivamente. Durante la temporada ciclónica de 1955 el río Pánuco y sus tributarios causaron daños por más de 600 millones de pesos en la región de las Huastecas, además de la paralización total de las actividades productivas en el puerto de Tampico, al inundarse más del 50 por ciento del área urbana.

/c) El

c) El suministro de agua para uso doméstico e industrial

El abastecimiento de agua potable a poblaciones no representa una proporción importante en el consumo de agua de los países, sin embargo en muchas regiones, especialmente las vecinas a las grandes ciudades, esta demanda ejerce una considerable presión sobre el recurso natural entrando a menudo en conflicto serio con otros usos establecidos. El rápido crecimiento de algunos centros urbanos ha superado las previsiones en materia de fuentes de agua y ha debido recurrirse a lugares cada vez más lejanos o a soluciones más caras. Como estos servicios tienen en general una base financiera muy precaria no han podido afrontar las nuevas demandas en medida adecuada y por eso se constata un considerable retraso en la amplitud y calidad de estos servicios.

La Organización Mundial de la Salud, a través de su oficina Sanitaria Panamericana, viene haciendo campaña por el mejoramiento de estos servicios, como del de eliminación de excretas, a los que atribuye el más alto rendimiento entre las inversiones para preservar la salud. Gracias a sus estudios tenemos una idea aproximada de la extensión de ellos.1/

La Carta de Punta del Este proclamó como meta suministrar servicio de agua potable y alcantarillado a por lo menos 70 por ciento de la población urbana y 50 por ciento de la rural en la próxima década.

En cuanto a agua potable urbana habrían alcanzado esta meta Colombia, Costa Rica, Chile, Panamá y Uruguay y estaría muy cerca de ella México, en tanto que tendrían mucho camino que recorrer países como Guatemala, Haití, Honduras, Nicaragua y Paraguay, que tienen menos del 50 por ciento de la población urbana conectada. Estos datos no son muy exactos, principalmente por el diferente concepto de habitante urbano que impera en los países y por la insuficiencia estadística, pero dan una idea del retraso que se mencionaba.

Más aún, los problemas de abastecimiento de agua no se refieren sólo a la extensión del servicio, sino - y muy frecuentemente - a su eficiencia, es decir, a su continuidad y a la calidad del agua que

---

1/ "Resumen de los informes cuadrienales sobre las condiciones de salud en las Américas 1957-60" OPS-OMS. Publicaciones científicas N° 64

/suministran. Y

suministran. Y es en esto donde muchos de los defectos tienen relación con la escasez del recurso, lo que generalmente ocurre por inadecuada evaluación del mismo dentro de una planificación insuficiente.

Como correctivo se recurre a soluciones de emergencia, como la perforación de pozos, que pueden confundir más la posibilidad de un aprovechamiento racional del recurso.

La exigencia relativa del agua potable e industrial puede ilustrarse con algunas cifras.

En 12 ríos de la Argentina[1/] que tienen una disponibilidad de 70 000 millones de m^3 por año se usan 8 000 millones para riego y 320 millones para agua potable e industria. Esta proporción es muy baja porque se trata de ríos que en una mayoría no sirven regiones muy industrializadas.

En balances nacionales donde se incluye el uso de toda la industria las proporciones son diferentes. Este cálculo se ha hecho para Venezuela y se comparó con el mismo para los Estados Unidos.[2/]

El riego tomó en ambos casos un 42-43 por ciento y los servicios públicos de agua potable un 7 y 8 por ciento, quedando la mitad del total para las actividades que se autoabastecen de agua. Entre estas pesó en Venezuela la industria petrolera y siguieron en importancia las plantas termoeléctricas, siendo estas últimas las más importantes en los Estados Unidos.

No se conoce este tipo de balance nacional para otros países.[3/] Pero se cree que la situación es esencialmente similar: la demanda de los servicios públicos de agua potable representa poco, relativamente, frente

---

1/ Pasaje, Carcarañá, San Juan, Mendoza, Diamante, Atuel, Chubut, Santa Cruz, Sali, Primero, Segundo y Negro.

2/ Véase "Los recursos hidráulicos y su aprovechamiento en América Latina" - II. Venezuela. Doc. E/CN.12/593.

3/ La preparación de un buen balance hidráulico nacional no podría hacerse sin un gran número de estimaciones y, aún así, sería una labor costosa en cualquier país latinoamericano. El que se menciona para Venezuela fue un cálculo muy preliminar, sujeto - por lo mismo - a considerable margen de error.

/al riego

al riego o a las industrias que consumen gran cantidad, cuando cualquiera de estas actividades tiene cierta importancia. Pero, aún en estos casos, los servicios públicos copan las disponibilidades en muchas zonas críticas.

Entre estas pueden citarse el valle de los ríos Maipo y Mapocho donde se ubica Santiago de Chile. Con un embalse que se construya en el río Yeso se reforzaría el abastecimiento urbano pero sólo por algunos años. Para más adelante se requiere analizar minuciosamente todas las fuentes posibles y estudiar el problema de tratamiento de las aguas servidas, lo que no se hace actualmente con perjuicio potencial para el valle regado de aguas abajo.

La ciudad de Caracas creció superando las mejores previsiones y las obras de abastecimiento de agua relativamente reciente, que ya se habían hecho sobre base hidrológica insuficiente, se quedaron cortas agotando las fuentes gravitacionales. Se debió construir en 1955-56 un bombeo de 850 mts de carga por 28 km de longitud desde el río Tuy y pozos profundos en el área urbana en número de más de 50. Aún así Caracas ha venido sufriendo en los últimos años racionamientos agudos de agua y se han debido planear apresuradamente nuevos embalses. Sólo hace dos años se inició un estudio sistemático de todas las fuentes posibles, el que no dará por algún tiempo una respuesta definitiva por la falta de estadística hidrológica suficientemente antigua.

En las 11 ciudades de más de 50 000 habitantes de Venezuela se anotaban 4 con dotación escasa, 4 con regular y sólo 3 con amplia. Las ocho en situación escasa y regular tienen problemas con el recurso y deben estudiarlo con dedicación.

Como los ejemplos citados de imprevisión en el planeamiento de las fuentes de agua potable podrían allegarse muchos de ciudades de todos tamaños de la región. Ello no haría sino reforzar la necesidad de coordinación y previsión que se ha venido enfatizando a través de este estudio.

Afortunadamente la atención que se ha dirigido a estos servicios como consecuencia de los postulados de desarrollo social del continente y la mencionada labor de la OSP están promoviendo planes y reorganizaciones en el sector que seguramente tendrán un favorable resultado.

/Es de

Es de esperar que estos nuevos planes coordinen con los de las otras entidades que trabajan los recursos hidráulicos.

También conviene destacar la necesidad de encarar el peligro de contaminación de corrientes por las aguas servidas, lo que hasta la fecha está muy descuidado en la América Latina.

d) El agua como medio de transporte

El mapa da una idea de la extensión de las vías navegables interiores en América Latina .

En la vertiente occidental andina y en las vertientes cortas en general la navegación es naturalmente muy limitada. Sólo en el sur de Chile, en la planicie costera del Ecuador y en algunas partes de Colombia los caudales y pendientes llegan a hacer posible cierta navegación comercial.

El río ecuatoriano del Guayas y sus afluentes tiene la mayor importancia relativa para el país por cuanto sirve la mejor zona del litoral donde se dan los productos agrícolas de exportación, la mayor parte de los cuales salía tradicionalmente por esta vía. Si bien el transporte vial le está quitando peso relativo, sigue teniendo un volumen significativo.

De mayor importancia son las grandes vías navegables de los grandes sistemas hidrográficos del Atlántico y del Caribe que han servido de único contacto con vastas zonas del interior y que en ciertas áreas llegan a altas cifras de tráfico.

El río Magdalena moviliza más del 90 por ciento del tráfico de los varios ríos que pueden considerarse navegables en Colombia y tienen bastante importancia porque a él salen por vías cortas las zonas altas más pobladas del país, la capital entre ellas. Pero también el transporte terrestre, en este caso un ferrocarril terminado en 1961, le ha restado lugar. Con un volumen de transporte estabilizado entre 700 y 800 millones de ton km anuales en el último decenio su contribución al total del país ha bajado de 33 a 19 por ciento (excluyendo oleoductos). Altos costos de dragado y otros encarecimientos y deterioros del servicio han sido responsables. Se ha concluido que es necesario estudiar a fondo el problema para llegar a establecer las verdaderas posibilidades económicas de esta vía y su integración en un sistema nacional equitativo de transporte.

/Se ha

Se ha sugerido trasladar los medios que pudieran quedar ociosos del Magdalena a ríos de los llanos donde se trata de promover desarrollo y donde estas vías son prácticamente las únicas. También esto requiere estudio y relevamientos marinos.

Venezuela tiene dos vías de agua interiores importantes: el Lago Maracaibo y el río Orinoco. En las márgenes del primero se localiza la mayor parte de la extracción de petróleo del país que sale al exterior por tanqueros de alta mar. Para hacer esto posible se dragó y se mantiene un canal de la boca.

El Orinoco ha adquirido importancia desde la iniciación de la minería de hierro en el sur oriente del país. Para darle salida al mar en grandes barcos también se dragó un canal en un brazo del delta, que después hubo de abandonarse por otro.

Estos dragados y su mantenimiento son desde 1952 responsabilidad del Instituto Nacional de Canalizaciones que hace la labor, de evaluación y estudios.

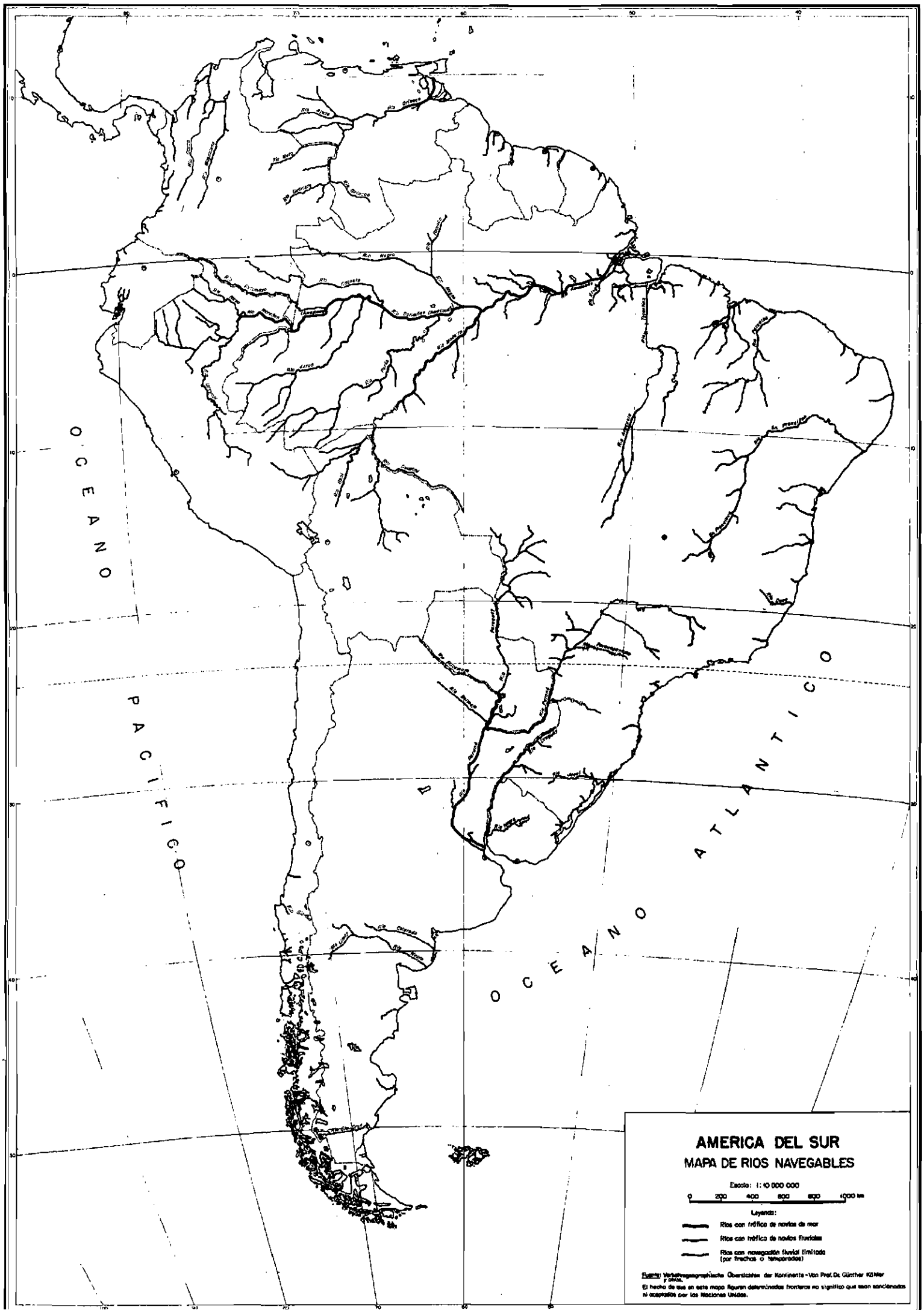
El Brasil tiene una vasta red de ríos navegables cuyas posibilidades muy utilizadas en épocas pasadas han sido descuidadas en decenios recientes.

El Ministerio de Vialidad y Obras Públicas ha concebido los lineamientos para un ambicioso plan de vías navegadas y navegables y de puertos al que atribuye grandes proyecciones. Actualmente estas vías tienen sólo importancia regional y el plan contempla darles un papel más orgánico dentro de la idea de desarrollar el interior del país. Para el objeto propugna "el estudio integral de los cursos de agua y de hoyas hidrográficas con el objetivo de aprovechamientos múltiples, economicamente justificables".[1/]

La cuenca del Paraná sirve una región de gran importancia económica en la actualidad por el desarrollo agrícola e industrial, este último promovido por grandes proyectos hidroeléctricos. En 1951, 7 estados constituyeron la "Comissão Interestadual de Bacia do Paraná - Uruguai" con el objeto de investigar la cuenca para una utilización racional de sus riquezas. Ya ha hecho bastantes estudios y se proponen importantes canalizaciones combinadas con la construcción de represa, especialmente en los ríos Paranapanema y Tibagi, algunas de las cuales ya se construyen.

1/ "Plano de Viaçao Nacional" Min. de Viaçao e Obras Públicas, Brasil 1962.

/La cuenca



AMERICA DEL SUR

MAPA DE RIOS NAVEGABLES

Escala: 1:10 000 000

0 200 400 600 800 1000 km

Leyenda:

Rios con tráfico de navíos de mar

Rios con tráfico de navíos fluviales

Rios con navegación fluvial limitada
(por trechos o temporadas)

Fuente: Verkehrsgeographische Übersichten der Kontinente - Von Prof. Dr. Günther Köhler y otros.

El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.


MEXICO Y AMERICA CENTRAL
MAPA DE RIOS NAVEGABLES
Escala: 1:10 000 000
0 200 400 600 800 1000km
Leyenda:
Ríos con tráfico de navíos de mar
Ríos con tráfico de navíos fluviales
Ríos con navegación fluvial limitada (por trechos o temporadas)
Fuente: Verkehrsgeographische Übersichten der Kontinente - Von Prof. Dr. Günter Kähler y otros.
El hecho de que en este mapa figuren determinadas fronteras no significa que sean sancionadas ni aceptadas por las Naciones Unidas.
OCEANO PACIFICO
OCEANO ATLANTICO
R. Bravo
R. Grijalva
R. Usumacinta
R. Coatzacoalcos
R. Papaloapan
R. Balsas
R. Lerma
R. Coco
R. Grande
R. Tuxpan
R. Pánuco
R. Coatzacoalcos
R. Tonto
R. San Juan
100
90
80
70
60
30
20

La cuenca del río San Francisco, también es asiento de navegación fluvial y tiene grandes posibilidades. A 300 km de la boca hay rápidos que interrumpen la navegación pero de ahí hasta 1 300 km agua arriba hay nuevamente posibilidad de transporte. Si bien hay muchos puertos las instalaciones son precarias.

Para la Argentina y para el Paraguay es vital la navegabilidad del Río de la Plata y de sus afluentes, el Paraná, el Uruguay y el Alto Paraná, un total de más de 3 000 km. Casi todo el tráfico fluvial y marítimo del país utiliza el Río de la Plata al que entraron 16 millones de ton en 1958. Aquí y en el delta de los ríos Paraná y Uruguay se necesita dragado constante y de gran volumen para mantener los canales. Se cree que estudios modernos, incluso con ayuda de modelos podrían dar más luces sobre la economicidad de estos dragados y que otras soluciones, como la modificación de tramos del delta, podrían ayudar.

Más arriba por el Paraná, también hay que hacer considerable dragado de canales hasta Santa Fe, puerto que ve disminuir constantemente el tonelaje medio de los barcos que llegan a él. Aquí - como en muchos otros tramos de la cuenca - se precisan estudios hidráulicos adicionales.

/II. ORGANIZACION

II. ORGANIZACION Y MEDIOS PARA LA EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

Se presentará un bosquejo desde 3 puntos de vista: la administración, la enseñanza y la investigación. Estas labores están cada día más entrelazadas. Las entidades que administran los recursos se ocupan generalmente de su evaluación y están conscientes de que su tarea mejorará en la medida en que dispongan de mejor personal y mejores técnicas, por lo cual están rebasando sus ámbitos para influir y cooperar con universidades e institutos de investigación.

1. Administración

Las instalaciones que se ocupan de instalar y operar las redes hidrológicas e hidrometeorológicas fueron analizadas en el trabajo antes citado sobre el potencial hidroeléctrico (Documento ST/ECLA/Conf.7/L.3.0). En este se da una lista de ellas con indicación de como coordinan sus funciones y publican sus datos.

Son numerosas las entidades públicas, semi-fiscales, privadas y los particulares en general que hacen mediciones del recurso agua y precaria en los más de los casos la coordinación entre ellas. En la Argentina, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, México, y el Perú existe alguna coordinación orgánica variable según los casos.

En la mayoría de los países se publican datos meteorológicos, que incluyen algo de hidrometeorología, en tanto que sólo la Argentina, el Brasil, Colombia, el Perú, México y Panamá tienen publicaciones periódicas en materia fluviométrica.

Ya se apuntó a la cobertura relativamente modesta de estas redes hidrométricas en la región, resultados de los exiguos presupuestos que se destinan al objeto. Esto afecta naturalmente al personal. Pocos son los países que pagan remuneraciones que permitan reclutar elemento idóneo, de donde resulta que, especialmente al nivel de la atención diaria de instrumentos, se resiente considerablemente la exactitud y continuidad de las observaciones.

/Afortunadamente se

Afortunadamente se registra una reacción contra este estado de cosas en muchos países.

La evaluación de las posibilidades de uso del agua también está repartida en las instituciones que se ocupan de ella y - como queda dicho - en pocos casos se ha institucionalizado la coordinación para la evaluación integral. México es el único país que ha elevado al rango de Ministerio el sector hidráulico. En otros existen departamentos en los Ministerios de Obras Públicas, Agricultura, Fomento, Industria o Defensa, que se ocupan de obras sanitarias, riego, navegación, electricidad, pesca, etc. y que hacen su respectiva labor avaluadora.

Las entidades descentralizadas están jugando papel cada vez más importante. Además de las autoridades de cuencas o valles mencionadas en otra parte de este capítulo, las entidades de fomento económico y social están ocupándose del tema: el Consejo Federal de Inversiones en la Argentina, la Corporación Boliviana de Fomento, la Corporación de Fomento de la Producción de Chile, la Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica del Ecuador.

También organismos fiscales descentralizados especializados colaboran en la tarea: Instituto Geográfico Agustín Codazz, Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico de Colombia, Empresa Nacional de Electricidad de Chile, Caja Nacional de Riego del Ecuador, Instituto de Evaluación de Recursos Naturales de reciente creación en el Perú, Administración General de Usinas y Teléfonos del Estado en Uruguay, Instituto Nacional de Obras Sanitarias y C.A. de Administración y Fomento Eléctrico en Venezuela, Instituto Costa-Ricense de Electricidad, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa en El Salvador.

La cooperación internacional ha estado activa en esta materia de medición y evaluación de los recursos hidráulicos, como ha sido la labor realizada a través del Grupo Conjunto CEPAL/DOAT/OMM ya citado.

El Fondo Especial de las Naciones Unidas tiene también proyectos en curso y la Organización de Estados Americanos ha recogido y publicado material sobre la materia desde hace años. Las Naciones Unidas a través de la DOAT han

/venido prestando

venido prestando concurso en muchas fases de esta evaluación mediante expertos, y entidades de crédito como el Banco Internacional, el Banco Interamericano, han proporcionado financiamiento.

También en materia de cooperación internacional deben mencionarse los trabajos de las comisiones mixtas internacionales como las de Salto Grande del río Uruguay, de los ríos Grande y Colorado entre México y Estados Unidos, del Lago Titicaca, del río Pilcomayo, del río Paraguay, del Lago Cüija en Centroamérica, etc.

Por último cabe agregar que a más del concurso de firmas consultoras privadas extranjeras que tradicionalmente han intervenido en estos estudios especializados, se están formando importantes firmas nacionales para hacer labor similar en países como Argentina, Brasil, México, Colombia.

2. Enseñanza

Las universidades latinoamericanas han impartido la disciplina tradicional en el campo hidráulico con un alto grado de eficiencia en la mayoría de los países. Esta se configuraba sobre la base, de la hidráulica teórica e hidrología y cursos de aplicación, como hidráulica urbana o agua potable y alcantarillados, hidráulica agrícola o riego y avenamiento, aprovechamientos hidroeléctricos, etc. Algunas, como la de Buenos Aires y La Plata, la de Chile, la Universidad Autónoma de México, tienen buenos laboratorios para complementar la enseñanza de las aulas.

En las universidades latinoamericanas, con medios económicos generalmente reducidos, ha prevalecido la costumbre de completar el personal docente con profesionales activos que dedican parte de su tiempo a ello, a veces mediante convenios especiales con las entidades fiscales o semifiscales que los ocupan, con el resultado que ha habido un contacto en general satisfactorio entre los educandos y la realidad práctica.

En el terreno de la evaluación integral del recurso y la planificación de su uso, hay que reconocer que sólo recientemente se enfatiza esta disciplina y que hay muchos lugares donde está casi totalmente descuidada.

Mucho podría lograrse de la cooperación internacional en este terreno. Con el auge que esta técnica va teniendo en los países más industrializados se están abriendo grandes posibilidades para el intercambio en forma de becas, proyectos conjuntos, etc.

/Hace poco

Hace poco terminó un proyecto de investigación en el diseño de sistemas hidráulicos por la Escuela de Administración Pública de la Universidad de Harvard que constituye un modelo de técnica avanzada en la materia, donde se han utilizado modelos matemáticos y cálculo analítico con ayuda de computadores electrónicos para la selección de alternativas de inversión. La CEPAL ha entrado en contacto con este grupo con el ánimo de aplicar la técnica en algunas partes de la Argentina, a propósito de la misión de recursos hidráulicos que realiza el Grupo Conjunto.

Por su lado el Instituto de Tecnología de Massachussets ha iniciado proyectos de investigación en materia hidráulica en conjunto con grupos latinoamericanos que trabajan simultáneamente en la misma materia en sus países.

Las dos universidades americanas mencionadas tienen un proyecto conjunto para asesorar a la Corporación de la Guayana de Venezuela en un estudio de urbanismo y desarrollo regional centrado alrededor del aprovechamiento del recurso hidráulico del Caroní.

Donde quizá está más débil la enseñanza técnica en la América Latina en el sector hidráulico es al nivel de auxiliares de ingeniero que son los supervisores directos y realizadores de los programas de evaluación concebidos y dirigidos por los graduados universitarios de nivel superior. Aquí sería de gran utilidad una mayor atención.

3. Investigación

La investigación tecnológica relacionada con la evaluación del agua tiene especial importancia en el caso de la agricultura donde la posibilidad del recurso está ligada a las necesidades de agua de los cultivos, parámetro que también decide el tamaño de las obras de control del agua y por ende las inversiones, y que en la mayoría de los casos en latinoamérica no se llega a fijar con suficiente precisión. Como se trata de un factor dependiente de las condiciones locales de clima y suelo poco sirven las experiencias de otros lugares, como es el caso en otras técnicas.

/También el

También el manejo del agua y su aplicación a los terrenos suele estar afectado por condiciones físicas y hábitos de los usuarios que es conveniente investigar mucho más ampliamente en relación con la fijación de intensidades de riego.

En la climatología latinoamericana hay bastante margen para la investigación en pro de un entendimiento más cabal de los fenómenos atmosféricos.

En la hidráulica teórica se ha mantenido la región en general en fase con los adelantos modernos y aún ha contribuido a estos con investigaciones propias. En las aplicaciones, en cambio, se ve constreñida por la falta de fondos para realizar este tipo de investigación que exige de modelos e instrumental relativamente caro.

/Anexo

Anexo

CONCEPTOS GENERALES

La medición del agua disponible debe partir de un conocimiento por lo menos esquemático del régimen hidrológico de la región, es decir, de la configuración general en el espacio y el tiempo del llamado "ciclo hidrológico": la evaporación de los mares y otras masas de agua es transportada por los movimientos del aire hacia la tierra donde se condensa y precipita en forma de rocío, lluvia, granizo o nieve, dando origen a los escurrimientos que siguen la topografía de las hoyas o cuencas hidrográficas hasta llegar nuevamente a las masas de agua originarias. Estos escurrimientos, superficiales y subterráneos, son la riqueza hidrológica que puede ser aprovechada o debe ser controlada y que se trata de evaluar.

En una primera aproximación se concentra la atención en las corrientes que pueden servir ciertos fines conocidos y se instalan en ellas medidores de gastos con los que se va registrando una estadística a través del tiempo que sirve para determinar caudales mínimos, medios y máximos probables y sobre esta base proyectar obras hidráulicas.

Este conocimiento específico, que ha servido para las primeras obras de aprovechamiento o control en la mayoría de los casos, no basta cuando se desea ampliar el desarrollo del recurso y conocer todas sus posibilidades. Entonces es necesario un trabajo mucho más laborioso y sistemático; se deben definir las unidades hidrográficas que tienen cierta entidad independiente y los factores de todo orden que configuran el ciclo hidrológico en ellas.

La hidrometeorología, investigará las leyes que rigen el movimiento del agua en la atmósfera.

El principal elemento que interesa medir, por múltiples razones en relación con los recursos hidráulicos, es la precipitación en todas sus formas, dato de gran utilidad para inferir medidas de caudales en ausencia de registros directos y en especial para fijar máximos y mínimos probables.

/En las

En las zonas más secas cobran especial importancia las condensaciones, naturales o inducidas, y además el estudio del régimen meteorológico permite definir lugares donde pueden provocarse precipitaciones, o sea, donde puede ensayarse la llamada "lluvia artificial".

El estudio de las condiciones meteorológicas de precipitación, humedad relativa, temperatura, nebulosidades, radiación, determina climas típicos cuya clasificación tiene gran importancia para la agricultura. La hidrometeorología agraria estudia los climas en función de las necesidades de las plantas y fija las aptitudes agrícolas de las diferentes zonas desde este punto de vista. Mide el agua que se evapora de los terrenos agrícolas, más la que evaporan las plantas como consecuencia de su proceso vital, lo que se denomina "evapo-transpiración" es característica de cada tipo de cultivo en un clima dado, y puede ser una parte importante del agua caída.

La hidrología tratará de definir el régimen de los escurrimientos superficiales y subterráneos, a base de mediciones de caudales y otras observaciones, con el objeto de determinar el agua utilizable y los factores que están influyendo para aumentar o disminuir este volumen a través del tiempo.

El espaciamiento de las estaciones hidrológicas o climatológicas es algo muy variable que depende de las características del lugar y de los objetivos perseguidos. Parecería que mientras más alta es la densidad de estaciones mejor es la red. Siendo ésto válido como principio general no tiene una aplicación rígida pues la correlación entre fenómenos hace que ciertas estaciones vayan siendo innecesarias con el tiempo, ya que sólo duplican información de otras estaciones similares.

En la realidad se trata de formar las redes en torno a estaciones básicas, que miden una variedad de fenómenos en lugares estratégicos, y estaciones subsidiarias, que viven en tanto agregan información y no comprueban una correlación con alguna estación básica, caso en que no son más necesarias. El problema está en alcanzar una óptima combinación de mínimo costo entre las unidades básicas, que son más caras, y las subsidiarias.

Aunque podría concebirse aquí la aplicación de criterios de selección económica, como el de costo-beneficio, no se ha llegado todavía a una sistematización acabada y en la práctica se procede más bien por aproximación

/a base

a base de tanteos y estudio de las condiciones de cada caso. Debe subrayarse aquí que este método ha conducido a no pocos errores y distorsiones costosas por irregularidad de datos, razón que lleva a poner la mayor atención en este tipo de cálculos.

Como una ilustración puede decirse que la densidad de estaciones fluviométricas en el mundo varía de 0 a 5, con un promedio de 0.3, por 1 000 km^2.[1/] Densidad de población y grado de desarrollo son directamente proporcionales a esta densidad, como es natural, aunque las correlaciones que se han buscado a base de ejemplos reales muestran gran dispersión. Se considera que una cifra de 0.5, es un mínimo en hoyas secundarias, es decir, que debería haber por lo menos una estación fluviométrica para conocer cada 2 000 km^2 de río tributario.

En cuanto a estaciones pluviométricas la densidad de población resulta ser también un factor importante en la cantidad de estaciones instaladas en el mundo y ello posiblemente más por la disponibilidad de observadores que por las auténticas necesidades del desarrollo. La condición decisiva para la instalación de estas estaciones debe ser la configuración climática de la zona. En regiones de singularidades, cambios, micro-climas, la densidad debe ser más alta que en las grandes planicies de climas parejos. Para propósitos de complementación de redes hidrológicas una relación de 5 ó 6 estaciones pluviométricas por cada fluviométrica aparece como razonable promedio entre las grandes variaciones que se registran en el mundo: 40 en Gran Bretaña, donde los puestos hidrológicos son relativamente ralos a 2 en los Estados Unidos donde la red pluviométrica es menos densa.

Se estima que con un mínimo de 2 estaciones por 1 000 km^2 se pueden medir satisfactoriamente hasta las precipitaciones concentradas con fines de prevención de inundaciones.

La <u>longitud</u> del período de registro aceptable para el proyecto de desarrollos hidráulicos depende de la irregularidad de los fenómenos a medir. Mientras mayor es ésta más largo tendrá que ser el período para que el error probable no sobrepase el límite fijado.

1/ "Hydrologic Networks and Methods" ST/ECAFE/.... SER.F/15.

/Para determinar

Para determinar valores medios ciertos estudios especiales[1/] llegaron a que las diferencias con respecto al valor medio del caudal se reducían a menos del 3 por ciento en 2 ríos de muy diferente irregularidad después de 10 a 15 años.

Tratándose de valores extremos, crecidas o estiajes máximos, el período debería ser lo más largo posible y se recomienda no hacer predicciones de estos valores para períodos más largos que el doble del básico. Es decir, que si la estadística está disponible para 15 años, no se tendría pronóstico de extremos de caudal para más allá de 30 años.

En ausencia de datos directos o de series suficientemente largas se han concebido medios para suplir esta falta que dan una aproximación a menudo suficiente, pero que, en general, deben aplicarse con suma cautela, pues pueden conducir a serios errores. En primer lugar debe decirse que cuando faltan totalmente los datos de caudal para una corriente podrán hacerse estimaciones para fines de planificación muy general a base de métodos indirectos, pero la experiencia ha demostrado que sobre ellos exclusivamente no debe descansar el proyecto de obras de importancia.

Los métodos indirectos para estimar caudales pueden basarse en la extrapolación de series cortas, de 5 o más años, mediante su correlación con series largas de precipitación o fluviometría en la misma cuenca o por comparación con cuencas vecinas o similares. Frente a una ausencia completa de datos estas correlaciones y comparaciones podían dar, con ayuda de fórmulas, series preliminares para fines de reconocimiento y evaluación general.

Todas estas técnicas han sido elaboradas con detalle en la especialidad y en ellas se sigue investigando activamente. No cabe aquí detallarlas; pero sí insistir una vez más en que ellas no sortean la necesidad de la medida directa, toda vez que se piense en inversiones de importancia.

El agua que se infiltra, dominio de la hidrogeología cierra su parte del ciclo volviendo a una corriente superficial o directamente al mar, por la vía subterránea. Este régimen ha sido casi siempre menos conocido, en parte porque requiere de técnicas más caras y más complicadas. Tiene

---

1/ A.D. Benham "Some statistical aid in stream flow prediction". Ver "Multiple Purpose River Basin Development" Flood Control series N° 7 ST/ECAFE/SER.F/7, Pág. 14.

/enorme importancia

enorme importancia en cuanto actúa como gran regulador de los ciclos de caudales de las corrientes superficiales - disminuyendo las diferencias entre crecidas y estiajes - y constituye además una fuente de agua que puede utilizarse mediante obras de alumbramiento para una gran variedad de usos. También con otras capas impermeables puede aflorar al terreno, en cuyo caso se tiene una zona pantanosa o zona de intercambio con corriente superficial, según se trate de agua estancada o en movimiento.

La medición del agua subterránea disponible es un proceso más complejo, generalmente más caro y que da resultados menos precisos que los recién vistos para los cursos superficiales.

En todo caso se requiere un buen estudio geológico para definir los límites y la naturaleza de la formación acuífera, lo que exigirá de sondajes y de técnicas auxiliares geofísicas o geoquímicas. Lo más importante y lo decisivo para la disponibilidad de agua será controlar el nivel de la napa freática en el transcurso del tiempo en presencia de los fenómenos naturales cíclicos y de los provocados. Especialmente en zonas de captación de agua subterránea será necesario controlar este nivel ya que su tendencia sostenida a la baja significará que se puede estar extrayendo más agua de la que repondrá el ciclo hidrológico, con el consiguiente agotamiento del recurso.

1. Ideas sobre las posibilidades de uso del agua y su evaluación

Entre los usos que puede servir el agua está con primera prioridad el uso doméstico y el de aseo y mantención de poblaciones. En los centros urbanos se sobrepone la demanda del comercio y la industria. Estas demandas industriales tratan de abastecerse de las redes públicas pero a menudo y en especial cuando se requiere gran cantidad, deben recurrir a fuentes propias.

El otro uso de gran prioridad es el que hace la agricultura y la ganadería. Ciertas zonas tienen precipitación inadecuada para las necesidades de los cultivos en la cantidad y tiempo que éstos la necesitan. Estas deficiencias pueden significar una merma de la producción o pueden hacerla tan insuficiente o problemática que no sea económica. El riego viene a corregir esta situación dando agua a los cultivos cuando y donde

/la necesitan.

la necesitan. En general ésta es una operación rentable que si no se ha desarrollado más es porque requiere de capitales relativamente altos. También la minería necesita de agua a veces en grandes cantidades, para la extracción como para el procesado de minerales. Por la ubicación de estas faenas, se abastece generalmente a sí misma de sus necesidades de agua y cuando no es fácil obtenerla suele ser un serio factor limitante de esta actividad.

El agua que está a cierta altura constituye un potencial energético, es decir, es capaz de realizar trabajo cuando se la hace caer transformando su energía potencial en cinética, la que mediante turbinas se usa para mover generadores de electricidad.

Se pueden utilizar represas que levantan la superficie del río y poner turbinas a su pie, las que se llaman plantas de pie de embalse. O se puede derivar agua de un río y llevarla por un canal de menor pendiente hasta un punto donde, aprovechando el desnivel adquirido, se la deja caer por tuberías de presión a cuyo pie se ponen las turbinas: plantas de pasada. Los ríos sirven también a la navegación para el transporte de carga y pasajeros y como tales han jugado un papel de importancia en la historia de la penetración en zonas nuevas y siguen jugando un rol importante en la economía de América Latina.

Por último, hay otros usos varios de las corrientes de agua de un país como el piscícola, recreacional, etc. no bien valorizados en nuestra región aunque de no poca importancia.

Lo dicho más arriba son los usos que puede dársele al agua y que por lo mismo la valorizan. Pero el agua normalmente causa daños a otros recursos o frena sus posibilidades, y el control de estos fenómenos puede agregar a la riqueza nacional por la vía de los recursos afectados. Se trata de la erosión hidráulica del suelo y lechos de ríos que afectan a la agricultura y a otras obras como caminos, puentes, vías férreas, y las inundaciones que además amagan poblaciones y vidas humanas.

De los usos mencionados, algunos pueden existir paralelamente sin interferirse, como sería la instalación de una planta hidroeléctrica de pasada aguas arriba de un proyecto de riego; otros son complementarios,

/como la

como la planta que se instalara en una represa que sirve también fines de riego o control de inundaciones; también los hay competitivos que no pueden realizarse a menos que haya obras especiales de corrección, como sería la planta eléctrica que necesitará de regulación y que debe instalar un contra-estanque aguas abajo, para restituir el régimen hidrológico para el riego; y, por último, los hay excluyentes como el uso consuntivo que hace el riego o las aplicaciones urbanas.

En rigor técnico, las posibilidades de uso deberían estimarse en el marco de una visión de conjunto de los recursos hidráulicos del país y como agregaciones regionales del aprovechamiento "integral y múltiple" de la unidad cuenca hidrográfica.

En primer término habría que distinguir el concepto de evaluación puramente física, en la que se estimarían los aprovechamientos máximos posibles en cada una de las varias aplicaciones, con ayuda de proyectos al alcance de la técnica moderna y dentro de ciertos límites de costo unitario.

Esto daría una especie de límite máximo de lo que podría hacerse con el agua, en términos de hectáreas regables (que deben estar disponibles en la vecindad), kW instalables y kWh producibles, población abastecible, etc. y sería una base para jugar con alternativas de uso combinado.

Un segundo paso sería racionalizar este juego de alternativas seleccionando conjuntos de proyectos que dieran el máximo de beneficio según criterios económico-sociales generales para llegar a una aproximación realista de lo que la zona o el país podría llegar a hacer en el futuro previsible.

Por último, en procura de mayor precisión - en zonas de grandes demandas y relativa escasez de agua - se atacaría analíticamente el problema para llegar a la óptima combinación de desarrollos con ayuda de modelos económico-matemáticos y aun físicos. En este estudio se definirían los objetivos que se desea alcanzar en función de las condiciones y perspectivas económico-sociales, los recursos escasos, las disponibilidades, las premisas fijas, etc. y se traducirían estos objetivos en criterios analíticos o cuantitativos de proyecto. Con estos criterios se concebirían las obras, que, en conjunto, los satisficieran mejor y se prepararían los planes de construcción y operación correspondientes.

/Esta última

Esta última forma de evaluación, rara vez aplicada y que hoy comienza a sistematizarse y a usarse por las facilidades que ofrece el computador electrónico es naturalmente un ideal al que sólo podrá llegarse en zonas muy caracterizadas donde la importancia del problema y la disponibilidad de datos lo justifique. Es la única que puede evaluar con propiedad las posibilidades del recurso agua.

En la práctica y para fines de planificación se recurrirá a los dos criterios simplificatorios esbozados primeramente. Como también sucede en la realidad latinoamericana que los sectores administrativos que manejan las diversas aplicaciones principales del agua son relativamente independientes entre sí, ellos avalúan casi siempre sus posibilidades por separado llegando a los totales técnicos que se mencionaban en el método 1. Esto, como es natural, no deja de tener interés, en especial cuando se hace como resultado de reconocimiento en el terreno y anteproyectos apropiados, y es una buena base para lo que sería la única meta aceptable para fines de planificación en la realidad actual de América Latina: el método segundo, la aproximación racional a un aprovechamiento integral y coordinado del recurso en vista de las condiciones y posibilidades económicas generales de los países.

2. La conservación del agua

La infiltración puede favorecer la conservación del agua al retener las precipitaciones concentradas que podrían escurrirse formando crecidas del gasto de los ríos de difícil aprovechamiento. Es inducida por medidas que aumenten la porosidad del suelo y frenen las velocidad del agua: cubierta vegetal permanente o buenas prácticas agrícolas.

Por otro lado cuando los terrenos de las altas cuencas no tengan posibilidades agrícolas o forestales, y el agua infiltrada pudiera perderse para fines útiles no interesará que se produzca este fenómeno.

Una política de conservación del suelo tendrá el efecto de modificar el ciclo hidrológico las más de las veces con resultados de conservación del agua.

/Asimismo la

Asimismo la defensa de los bosques tiene el efecto de retener el agua y en esto se puede llegar aún demasiado lejos en zonas frías donde las zonas boscosas retienen la nieve hasta límites inconvenientes, obligando a raleos y medidas similares para promover una alimentación más regular de los ríos.

Estos son aspectos de conservación que atañen al volumen de agua disponible. Tanto o más importante está resultando, especialmente en países más industrializados, la defensa de la calidad del agua ya que su contaminación o infición anula grandes volúmenes de agua para otros usos.

Finalmente cabe agregar que el agua subterránea también debe defenderse contra una exageración en su uso que deprima las napas en forma progresiva más allá de su recuparación cíclica, o de su contaminación, especialmente con aguas cloacales.