



NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO
E/CN.12/CCE/SG.5/75/Add.1
TAO/LAT/104/Panamá
Octubre de 1970

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



ISTMO CENTROAMERICANO. PROGRAMA DE EVALUACION DE RECURSOS HIDRAULICOS

VI. PANAMA

Anexo A. Meteorología e hidrología

Informe elaborado para la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos por el Sr. Alberto R. Martínez, experto de la Organización Meteorológica Mundial de las Naciones Unidas.

Este informe no ha sido aprobado oficialmente por la Organización Meteorológica Mundial de las Naciones Unidas, la que no comparte necesariamente las opiniones aquí expresadas.

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	1
Introducción	3
Sumario	5
I. Características meteorológicas generales	7
1. Principales factores determinantes del clima	7
a) Situación geográfica y relieve orográfico	7
b) Las corrientes y masas oceánicas	8
c) Los principales sistemas béricos y masas de aire	9
2. Causas meteorológicas de las precipitaciones	10
a) La zona de convergencia intertropical o frente intertropical	11
b) Frentes fríos o polares	12
c) Ondas del este u ondas de inestabilidad	13
d) Circulaciones meteorológicas locales	14
e) Huracanes	15
f) Temporales	15
II. Regímenes de las precipitaciones	17
1. Distribución geográfica	17
2. Distribución de la precipitación a lo largo del año	17
3. Variabilidad de las lluvias	27
a) Variabilidad anual	27
b) Variabilidades mensuales	28
III. Hidrografía e hidrología	31
1. Descripción resumida de la hidrografía del país	31
a) Ríos internacionales	32
b) Zona del canal	32
2. Regímenes hidrológicos e irregularidades de los principales ríos	33
3. Estimación de los recursos hidráulicos superficiales	41
a) Aguas nacionales	41
b) De interés internacional	44

	<u>Página</u>
IV. Factores naturales que afectan al uso del agua	45
1. Topografía	45
2. Evaporación y evapotranspiración	48
V. Las redes de observaciones y los organismos que las operan	53
1. Las primeras mediciones meteorológicas	53
2. Las primeras mediciones hidrológicas	54
3. La zona del Canal de Panamá	54
4. Otras observaciones	56
5. La Comisión Nacional de Agua	57
VI. Conclusiones	58
1. Conclusiones	58
2. Recomendaciones	58
Bibliografía	63
Apéndice. Disponibilidad de aguas subterráneas en Panamá	65

PRESENTACION

Este trabajo forma parte de la serie de 31 estudios que, bajo la dirección de la Misión Centroamericana de Electrificación y Recursos Hidráulicos de las Naciones Unidas, se ha llevado a cabo durante el período 1968-69 para la evaluación de los diversos problemas que plantea la utilización de las aguas disponibles para usos múltiples en el Istmo Centroamericano.

La serie consta de seis informes sobre los recursos hidráulicos de los países de esa zona (I. Costa Rica; II. El Salvador; III. Guatemala; IV. Honduras; V. Nicaragua y VI. Panamá), a cada uno de los cuales acompañan cuatro anexos sobre temas específicos (A. Meteorología e hidrología; B. Abastecimiento de agua y desagües; C. Riego y D. Aspectos legales e institucionales), elaborados por expertos de las Naciones Unidas en las respectivas materias.

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



INTRODUCCION

En la resolución 99 (VI) aprobada en el sexto período de sesiones de la Comisión Económica para América Latina (Bogotá, 1955) confirmada por otras posteriores, se recomendó a la secretaría que, con la colaboración de las diferentes agencias especializadas de las Naciones Unidas y de otros organismos internacionales, realizara "un examen preliminar de la situación relativa a los recursos hidráulicos en América Latina, su aprovechamiento actual y futuro, en lo posible para fines múltiples, tales como energía, riego y abastecimiento de aguas, defensa contra inundaciones, tomando en cuenta otros factores como saneamiento y demás beneficios que deriven de la construcción de las obras correspondientes y del uso del agua". Un experto de la Organización Meteorológica Mundial que cubre los aspectos de hidrometeorología e hidrología desde el año 1957, colaboró en esta tarea. Los gobiernos de los países del Istmo Centroamericano a través del Subcomité Centroamericano de Electrificación y Recursos Hidráulicos que pertenece al Comité de Cooperación Económica, solicitaron de la CEPAL, en agosto de 1966 una evaluación de los recursos hidráulicos regionales que se han llevado a cabo en distintos períodos, a partir de mayo de 1967.

Este informe contiene el trabajo efectuado por el experto de la OMM en Panamá como integrante de la misión. Para tal fin efectuó breves visitas al país en 1967 y 1968.

Un apéndice final sobre aguas subterráneas, preparado por el señor J. Roberto Jovel --funcionario del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano de las Naciones Unidas--, incluye datos referentes al estado actual de las investigaciones y a los aspectos hidrogeológicos, además de una estimación de los recursos hídricos del subsuelo.

El autor de este estudio desea expresar su agradecimiento por la ayuda recibida de los organismos visitados, que se citan en el informe, sin la cual hubiera sido más lenta y difícil la labor realizada.

SUMARIO

Panamá se encuentra en el hemisferio norte del Continente Americano, entre las latitudes $7^{\circ}10'$ y $9^{\circ}40'$ y las longitudes $77^{\circ}00'$ y $83^{\circ}10'$, aproximadamente. Su clima está determinado por su posición geográfica y su orografía, por las corrientes y masas oceánicas vecinas y la circulación atmosférica manifestada por los sistemas béricos y masas de aire que se desplazan sobre su territorio.

Diversos procesos meteorológicos que son detectados frecuentemente en los análisis del tiempo originan las precipitaciones fluviales debiéndose citar principalmente la Zona de Convergencia Intertropical o Frente Intertropical; los temporales; las ondas del este u ondas de inestabilidad; las circulaciones meteorológicas locales y, en menos grado, los frentes fríos o polares.

Las precipitaciones anuales medias están comprendidas aproximadamente entre 1 500 y 5 500 milímetros, siendo el promedio para todo el país de 2 580 milímetros. La región menos lluviosa es la costera del golfo de Parita y el este de la península de Azuero, y la más lluviosa el golfo de los Mosquitos. Se presenta una época lluviosa de mayo a diciembre y una seca de enero a abril, siendo el semestre más lluvioso, en general, el que va de junio a noviembre; el mes más lluvioso se presenta entre octubre y diciembre. En la costa del Pacífico cae en ese lapso entre el 70 y el 80 por ciento del total anual, pero en la del Atlántico el régimen no es tan estacional. Los coeficientes de variación de las precipitaciones anuales están comprendidos entre 14 y 24 por ciento, según los lugares.

Los ríos desembocan en el Atlántico o mar Caribe y en el Pacífico. La vertiente del Atlántico representa el 29.8 por ciento de la superficie del país y la del Pacífico el 70.2 por ciento. Por sus caudales los ríos más importantes son el Chiriquí Viejo; Chiriquí; San Pablo; Changuinola; Santa María; Chagres; Coclé del Norte; Bayano y Tuira. Los mayores caudales mensuales promedio se presentan en octubre principalmente, o en noviembre o diciembre. Los menores se registran en marzo y en algunos

/casos en

casos en abril. En el semestre de julio a diciembre el escurrimiento de los ríos representa del 59 al 81 por ciento del total anual y los coeficientes de irregularidad varían entre 0.10 y 0.32.

Aunque la medición de los recursos hidráulicos superficiales comprendía, a principios de 1968, el 26 por ciento de la superficie del país, se estimó que de un total de agua caída anualmente de $195\,151 \times 10^6 \text{ m}^3$, escurren $126\,506 \times 10^6 \text{ m}^3$, es decir, un caudal medio de $4\,011.5 \text{ m}^3/\text{s}$. De éstos $1\,588.1 \text{ m}^3/\text{s}$ corresponden a la vertiente del Atlántico y $2\,423.4$ a la del Pacífico. La disponibilidad anual de agua por habitante, de acuerdo con la población de 1968, fue de $98\,000 \text{ m}^3$ por habitante, o sea 3.1 l/s/hab. , que indican abundante disponibilidad.

El relieve favorece o perjudica, según los usos, el aprovechamiento de los recursos hidráulicos. La zona con mayores pendientes corresponde a las provincias de Bocas del Toro y de Chiriquí y la más baja y plana a la provincia de Darién. El 61.9 por ciento de la superficie nacional está por debajo de los 305 metros de altura y el 78.2 por debajo de los 610 metros.

Por la evapotranspiración se pierde una parte importante de los recursos hidráulicos. La potencial en las zonas costeras, estimada de acuerdo con la fórmula de Blaney-Criddle modificada, se calcula en unos 2 000 milímetros al año y disminuye con la altura. Según otros métodos, este valor sería de unos 1 400 milímetros al año. La evapotranspiración real es inferior a la potencial y depende de la disponibilidad de agua en suelos y plantas a lo largo del año.

El Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) es el principal organismo dedicado a las observaciones y estudios de meteorología e hidrología. En la Zona del Canal de Panamá lo son la Panama Canal Company y las fuerzas armadas de los Estados Unidos. Otros organismos colaboran en menor escala como la Universidad de Panamá; la compañía bananera Chiriquí Land Co.; el Ministerio de Agricultura, Comercio e Industria; la Compañía Azucarera Nacional; el Instituto Nacional de Agricultura; el Ingenio Ofelina, etc. La Comisión Nacional de Aguas es el organismo coordinador y fiscalizador del uso y aprovechamiento de las aguas del país. No se dispone todavía de un organismo que tenga el carácter de servicio meteorológico nacional, cuya creación se estima de gran conveniencia.

I. CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS GENERALES

1. Principales factores determinantes del clima

Diversos factores, geográficos, oceanográficos y meteorológicos, contribuyen a formar el clima de Centroamérica. Se consideran aquí los directamente vinculados con el de la región.

a) Situación geográfica y relieve orográfico

Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá están ubicados en el hemisferio norte entre el Ecuador y el trópico de Cáncer, entre las latitudes $7^{\circ}13'$ y $18^{\circ}30'$ y las longitudes $77^{\circ}08'$ y $91^{\circ}26'$.

Su territorio está cruzado por una serie de cadenas montañosas o serranías que modifican las condiciones generales del clima tropical y establecen zonas con características locales, o sea, variación de los parámetros climáticos a cortas distancias. Aquéllas favorecen en gran medida también la formación de circulaciones locales.

Los principales sistemas orográficos son:

Talamanca, Playita, Tabasará, San Blas y Darién, en Panamá;
Cordillera Volcánica de Guanacaste, Cordillera Volcánica Central y Cordillera de Talamanca, en Costa Rica;
Isabella, Darién, Huapí y los Marrabios, en Nicaragua;
Merendón, Pacayas, Opalaca, Guajiquiro, Comayagua, Xicaque, Nombre de Dios, Pijol, Almendares, El Chile, Villa Santa, Agalta, Esperanza y San Pablo, en Honduras.

Santa Ana, San Miguel, San Salvador y San Vicente, en El Salvador;
Sierra Madre o Cordillera de los Andes, Chuacus, Las Minas, Cuchumatanes y Santa Cruz, en Guatemala.

Este relieve no sólo afecta el régimen térmico, produciendo disminución de temperatura con la altura, sino que también afecta a la circulación atmosférica de la región y modifica el régimen pluviométrico general.

A modo de ejemplo se citan a continuación, en cada país centroamericano, algunos lugares cercanos por los que se pueden ver las diferencias entre las temperaturas medias anuales debidas a la altura.

Panamá: Cerro Punta a 1 859 m, 13.7°C; Altos de Balboa a 60 m, 26.8°C.

Costa Rica: San José a 1 172 m, 20.4°C; Puntarenas a 3 m, 28.5°C.

Nicaragua: Los Robles a 990 m, 18.6°C; San Francisco del Carnicero a 50 m, 28.6°C.

El Salvador: Santa Tecla a 955 m, 20.9°C; Acajutla a 5 m, 26.8°C.

Honduras: La Esperanza, Intibucá a 1 980 m, 17.7°C; Comayagua a 578 m, 24.2°C.

Guatemala: Observatorio Nacional a 1 502 m, 18.2°C; Chiquimula a 424 m, 26.3°C.

Los sistemas orográficos también alteran el campo de las precipitaciones, produciendo fuertes variaciones entre zonas vecinas, comparadas con el resto de cada país, pudiendo citarse a modo de ejemplo:

Departamentos de Suchitepéquez y Huehuetenango, en Guatemala; Volcán de Santa Ana, en El Salvador; Lago Yojoa y costa atlántica, en Honduras, San Juan del Norte, en Nicaragua; Puerto Golfito, provincia de Puntarenas, en Costa Rica; Cuenca del río Chiriquí Viejo, en Panamá.

b) Las corrientes y masas oceánicas

El conjunto de países continentales centroamericanos está rodeado en su mayor parte por grandes masas oceánicas que las separan totalmente de regiones continentales importantes.

Las corrientes oceánicas que fluyen a lo largo de las costas de Centroamérica ayudan a conformar el clima de la región por el intercambio de calor y humedad que tiene lugar con las circulaciones atmosféricas que pasan sobre ellas.

En el Océano Atlántico, la Corriente Ecuatorial Norte se une a una rama de la Corriente Ecuatorial Sur que atraviesa el Ecuador y las aguas de ambas; luego de desplazarse a lo largo de las costas del norte de Sudamérica penetran en el Mar Caribe a través de las islas de Sotavento y Barlovento, aunque parte de ellas corre a lo largo de las costas norte de las Grandes Antillas. La parte que penetra en el Caribe fluye en este mar,

/del que

del que sale por el estrecho de Yucatán para más tarde pasar por el estrecho de Florida y convertirse en la corriente del Golfo. Es importante para Centroamérica la circulación de tipo remolino que se produce entre esta gran corriente y las costas de Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia. En el Golfo de México también se forman otros remolinos.

Se debe señalar la alta temperatura de estas aguas así como su elevada salinidad.

En el Océano Pacífico, la corriente más importante es la Corriente Costanera de Costa Rica que se desplaza a lo largo de la costa oeste de Centroamérica con dirección principalmente noroeste, llegando hasta Cabo Corrientes en junio-julio y solamente a los 9°-12° en enero-marzo, para luego dirigirse al oeste y formar parte de la Corriente Ecuatorial del Norte.

La Corriente Costanera de Costa Rica se forma en su mayor tiempo con las aguas de la Contracorriente Ecuatorial, corriente ésta cuyo desarrollo está vinculado con la posición de la convergencia intertropical.

c) Los principales sistemas béricos y masas de aire

El anticiclón semipermanente del Atlántico Norte a veces llamado también alta de las Bermudas, extiende su influencia hasta Centroamérica y Panamá en forma notoria.

Su posición, forma e intensidad son variables de acuerdo principalmente con las estaciones del año y su ubicación es más al sur en el invierno de ese hemisferio y más al norte en el verano.

Desde este anticiclón se generan los vientos alisios que en las capas bajas de la atmósfera llegan con dirección prevalente del noroeste al Golfo de México, el Caribe, Centroamérica y Panamá. Estos vientos se manifiestan en múltiples situaciones sinópticas con intensidad variada que dependen de estas últimas y de la época del año.

Se puede señalar que la disminución de lluvias en agosto, y a veces en julio, que se conoce con el nombre de "Canícula" o "El Veranillo de San Juan", es atribuido al fortalecimiento del anticiclón semipermanente de

/las Bermudas,

las Bermudas, que genera un movimiento general de subsidencia y el consiguiente calentamiento de la tropósfera que dificulta el desarrollo de sistemas convectivos de nubes.

Las masas de aire tropical que normalmente cubren la región son calientes y húmedas y por lo general inestables y los procesos dinámicos con que fácilmente liberan su humedad como precipitación, son de ascenso producido por convergencia, calentamiento desde la superficie o ascenso favorecido por la topografía. Cualquiera de los tres procesos sería suficiente pero además se producen combinados.

También llegan a Centroamérica masas de aire polar bastante modificadas a causa del largo recorrido que han debido efectuar. Si ha sido sobre el Golfo de México adquieren mayor temperatura y humedad, pero si se han desplazado sobre la meseta mexicana conservan bastantes características originales. La invasión de este aire, asociado con el desplazamiento frontal, es conocido como "Nortes" y aparece desde la segunda quincena de octubre hasta febrero. Produce descenso en la temperatura y precipitaciones.

A estas interrupciones de aire se deben las temperaturas mínimas absolutas y las heladas excepcionales que se producen en las más altas tierras en algunas partes de América Central y afectan a cultivos como el café. En las montañas más altas de Guatemala y Costa Rica se han observado temperaturas algo más bajas de cero grados. (1)* En el año 1956 en el valle de Los Naranjos del Departamento de Sonsonate de El Salvador se registraron, por tres noches consecutivas, temperaturas mínimas de -4°C .

En las zonas montañosas da origen a nubosidad espesa más bien estratiforme con precipitaciones durante varios días.

2. Causas meteorológicas de las precipitaciones

Las masas de aire, portadoras de la humedad, necesitan de los mecanismos dinámicos para producir la precipitación, es decir, cualquier tipo de precipitación requiere que se aporte la suficiente humedad al proceso

* Los números entre paréntesis remiten a la bibliografía que se incluye al final del informe.

dinámico capaz de producir lluvia. Cuando la humedad es insuficiente o el proceso dinámico productor no es lo necesariamente vigoroso, sólo se formarán sistemas nubosos sin que ocurra la precipitación.

Aunque mucho es lo que falta conocer sobre las precipitaciones en América Central y Panamá, pueden citarse algunos procesos de tipo frecuente que sin ser conocidos exhaustivamente se encuentran en los mapas sinópticos con relativa facilidad.

Más del 90 por ciento del vapor de agua que existe en la atmósfera en la región de Centroamérica se encuentra bajo la superficie imaginaria de los 600 milibares que, de acuerdo con esa zona, queda a una altura de 4 500 metros aproximadamente. Según esto, casi todo el transporte de humedad se lleva a cabo en las capas bajas de la atmósfera donde los vientos alisios constituyen la principal circulación de tipo general. Inmediatamente se resumen los principales, y aunque se consideran hechos aislados no se descarta la posibilidad de que puedan ocurrir concomitantemente.

a) La zona de convergencia intertropical o frente intertropical

La zona de convergencia intertropical, conocida muy comúnmente por su sigla ITCZ o ITC, es una zona en forma de banda ondulada, orientada principalmente de este a oeste, a lo largo de la que se produce la interacción entre las grandes corrientes de vientos alisios de ambos hemisferios. Esta zona no se ubica en una región geográfica fija pues experimenta una variación estacional al mismo tiempo que modifica su comportamiento. De una manera breve se puede decir que la ITCZ se desplaza hacia el norte durante el verano del hemisferio norte y hacia el sur en el invierno. Este desplazamiento no es uniforme, presentando oscilaciones alrededor de una región de predominio que van acompañadas por manifestaciones de mayores o menores actividades o perturbaciones atmosféricas (lluvias, tormentas eléctricas, turbulencias, etc.). Acompaña al sol en su movimiento anual con una inercia de dos a tres meses.

En la parte relativa a Centroamérica este desplazamiento alcanza posiciones extremas hacia el sur en los meses de diciembre a febrero, pudiendo llegar hasta 2° o 3° norte. Las posiciones extremas norte pueden alcanzar hasta los 16° a 18° norte, que ocurren en los meses de julio a septiembre, aunque su desplazamiento normal no es tan al norte y llega desde los 10° a 12° norte.

En forma excepcional puede alcanzar la parte sur del golfo de México.

Los fenómenos de la ITC se manifiestan principalmente en un ancho de unos 50 km, donde se observan fuertes precipitaciones asociadas a sistemas nubosos compuestos por varias capas o filas de nubes de distintos tipos, como cumulonimbus, cúmulos potentes, altoestratos, estratocúmulos, nimbostratos, etc. Es de señalar que en casos de fuerte convergencia, la franja de actividad puede ensancharse a unos 200 km.

La actividad de las nubes y fenómenos asociados como lluvias, turbulencia, vientos, etc., varía de día a día y también según las horas. Mayor actividad se observa en las horas de la tarde y menor en las primeras de la mañana.

Los cumulonimbus, cúmulos potentes, aparecen en líneas y sus cimas se extienden hasta los 4 000 metros o más, pudiendo encontrarse con facilidad cumulonimbus que superan los 10 000 metros. Los altoestratos se disponen en capas a alturas que varían entre 3 000 y 6 000 metros.

Aunque no hay estudios sobre el porcentaje de precipitación que está asociado con la zona de convergencia intertropical, puede decirse que una gran parte es atribuible a ésta.

b) Frentes fríos o polares

Los frentes fríos que aparecen en América del Norte se desplazan hacia el sur sobre Estados Unidos de América, luego sobre México y el golfo homónimo y finalmente alcanzan a América Central.

Después de tan largo recorrido pierden gran parte de su empuje y de sus principales características, pero su presencia sobre América Central es importante.

/Los desplazamientos

Los desplazamientos observados más al sur llegan hasta Nicaragua, aunque en extraordinarias situaciones los efectos parecen haberse detectado aún más al sur (2,3) pero su acción es más frecuente hasta Guatemala y Honduras.

Su aparición se observa por lo general desde la segunda quincena de octubre y puede tener lugar hasta febrero, según las zonas. A los efectos de la precipitación, suelen traducirse lluvias aisladas y ligeras que aumentan en las zonas montañosas. Después del pasaje frontal se aprecia la invasión de los "Nortes" que es aire más fresco, cuyo contenido de humedad puede ser alto si su trayectoria ha pasado sobre el golfo de México.

La influencia frontal es más evidente en las regiones del este de Guatemala, Honduras y Nicaragua.

El porcentaje de lluvias atribuibles a la acción frontal no ha sido determinado, pero parece ser pequeño, puesto que en los meses en que su frecuencia es mayor las precipitaciones son reducidas.

Los frentes fríos sobre la vertiente del Pacífico tienen poca o ninguna importancia debido al efecto de descenso que sufren las masas de aire después de pasar las montañas (efecto foehn o catabático) en su movimiento general hacia el sur.

c) Ondas del este u ondas de inestabilidad

Se denomina así a ondas que se presentan en la corriente de los alisios del noreste sobre el Caribe y que se desplazan hacia el oeste. Producen lluvias intensas a su paso. (4)

Gran importancia revisten estas ondas cuando se hacen estacionarias y su parte sur se asocia a la zona de convergencia intertropical. En la región de Honduras se forman temporales que se mantienen unos tres días y en casos excepcionales llegan a una semana, produciendo lluvias intensas en una gran área.

/d) Circulaciones

d) Circulaciones meteorológicas locales

Las circulaciones locales constituyen importantes procesos en la evolución del tiempo en el Istmo Centroamericano. Se desarrollan a causa de la débil circulación general de la atmósfera que es característica de toda la región. Los fenómenos que aparecen se originan, desarrollan y desaparecen en decenas de kilómetros cuadrados y su evolución se produce en horas, normalmente en el ciclo del día, muy excepcionalmente pueden tener mayor duración; se producen periódicamente.

La variación diaria de temperatura es superior a la variación anual y el rápido calentamiento durante el día así como el enfriamiento nocturno generan las circulaciones locales que se manifiestan diariamente.

La brisa marina es uno de esos procesos que se origina todas las tardes a lo largo de las costas, cuya influencia se observa hasta decenas de kilómetros tierra adentro.

Conviene destacar que el Istmo Centroamericano es relativamente angosto y que por lo tanto este proceso comprende un buen porcentaje de su superficie.

En El Salvador, por ejemplo, esta circulación favorece la formación de chaparrones en las horas de la tarde y primeras de la noche. Fenómenos parecidos deben ocurrir en otras zonas donde la topografía favorece además la formación de corrientes ascendentes dirigiendo abundante humedad hacia niveles más altos.

Son conocidas también las brisas de valle y de montaña generadas por el calentamiento y enfriamiento diarios del terreno. Por sus características se producen en regiones de relieve accidentado, como es una gran parte del Istmo.

e) Huracanes^{1/}

Los huracanes que ocurren en el mar Caribe y el golfo de México afectan en sus recorridos algunas partes del Istmo Centroamericano, especialmente la zona de Guatemala, Honduras y el nordeste de Nicaragua.

En el Pacífico no se producen huracanes que afecten a Centroamérica, aunque ocasionalmente han atravesado el Istmo para volver a formarse en el Caribe o en el golfo de México.

Para tener una idea de su frecuencia se puede decir, por ejemplo, que en la costa norte de Honduras pueden presentarse dos cada 30 años. Su época de ocurrencia es de mayo a noviembre, pero son más frecuentes en septiembre, mes en el que en los últimos 75 años ha ocurrido el 36 por ciento. Los otros meses de mayor frecuencia son octubre y agosto con 22 por ciento.

Aunque el fenómeno es altamente destructivo por las grandes velocidades de los vientos que se desarrollan y por las grandes precipitaciones, su reducida frecuencia y su relativa corta duración, hacen sin embargo que las lluvias que originan en poco puedan alterar los promedios de un lugar, aunque deben ser tenidos en cuenta en lo que se refiere a precipitaciones máximas de una cuenca, para el cálculo de máximas crecidas de los ríos. No había, sin embargo, hasta 1967, registros de que hayan ocurrido huracanes sobre Panamá, aunque sí tormentas tropicales importantes.

f) Temporales

Los temporales son fenómenos meteorológicos que producen importantes lluvias de larga duración, caracterizados por grandes extensiones nubosas principalmente del tipo estratiforme, sin descargas eléctricas de importancia, que tienen lugar en Centroamérica y mares vecinos. Están formados por extensas (desde miles a decenas de miles de km^2 ,) y espesas capas de nimboestratos y altoestratos atravesadas por células convectivas de carácter local, formadas por cúmulos congestus o cumulonimbus con lluvias persistentes de moderada intensidad que pueden durar desde unas 30 horas a 5 días,

^{1/} Se denomina huracán a un centro de baja presión o ciclón tropical en el que se desarrollan fuertes vientos con velocidades superiores a 188 km/h. Otros tipos de ciclones tropicales, menos intensos se denominan depresiones y tempestades tropicales.

pero con duración media de 2 a 3 días. Dentro del período, más o menos largo, se presentan chubascos de alta intensidad. Sus épocas de mayor ocurrencia son septiembre y octubre y aunque también se presentan en junio o noviembre es raro que ocurran en julio y agosto. En Costa Rica se observan con más frecuencia entre octubre y enero.

Tienen gran importancia por los grandes destrozos que causan, debido a las crecidas de los ríos, deslizamientos de tierra, inundaciones, etc.

Este proceso, donde ocurre, puede ser el responsable de un 15 por ciento de la precipitación media anual y en casos extremos llega a producir unos 250 mm en 24 horas.

Se ha vinculado la frecuencia de los temporales con los desplazamientos estacionales de la zona de convergencia intertropical.

II. REGIMENES DE LAS PRECIPITACIONES ^{2/}

1. Distribución geográfica

Las precipitaciones anuales medias en el país oscilan entre 1 500 y 5 500 milímetros. (Véase la lámina 3 del informe general). En el mapa de isoyetas medias anuales se observan varios centros de altas precipitaciones; el de las más altas (5 500 mm) se encuentra en la zona costera del Caribe sobre el golfo de los Mosquitos. Otro de 5 000 milímetros se encuentra en el oeste del país, provincia de Chiriquí, sobre las cuencas de los ríos Chiriquí Viejo, Escarrea, Chico, Platanal y Chiriquí.

Sobre la costa del Caribe, al este de Colón, también se aprecia un centro de alta precipitación (4 000 milímetros) en la zona de Portobelo. Los tres núcleos de altas precipitaciones son encerrados por una isoyeta de 3 000 milímetros que comprende la mayor parte del oeste del país.

La región de menos lluvias anuales (menos de 1 500 mm) se halla en el este de la península de Azuero y la franja costera del golfo de Parita; esta región abarca lugares como Chitre, Las Tablas, Aguadulce y río Hato.

Las precipitaciones en las provincias de Darién, San Blas y el este de Panamá todavía no tienen mediciones que permitan establecer sus valores en forma más o menos definida, aunque puede anticiparse por las pocas observaciones realizadas y por la vegetación de la región que, con la excepción de la zona próxima al golfo de Panamá --donde las lluvias parecen estar comprendidas entre 1 500 y 2 000 milímetros-- las precipitaciones podrían llegar a los 3 000 milímetros. Cinco años (1962-66) medidos en Boca de Cupe dan un promedio de 2 063 milímetros. (5,6,7,8)

2. Distribución de la precipitación a lo largo del año

Las precipitaciones tienen en el país una distribución estacional a lo largo del año, en la que se destaca una época lluviosa de mayo a diciembre y una época seca de enero a abril. Sin embargo, en la

^{2/} Véase la lámina 3 del informe general.

península de Azuero, la época de lluvias reducidas o época seca abarca parte de diciembre y se observa una fuerte reducción entre las lluvias promedio de noviembre a diciembre. Igual fenómeno, aunque con diferentes intensidades, se puede decir que ocurre en casi toda la vertiente del Pacífico. Por otra parte, en la vertiente del Caribe desde la frontera con Costa Rica hasta la zona del Canal las lluvias se producen todo el año y no podría hablarse de época seca aunque hay una reducción en las precipitaciones, especialmente en febrero y marzo.

Precisando en números esta distribución, se calcularon los porcentajes de lluvias que caen entre mayo y octubre con respecto a los totales anuales.

Se consideró este semestre por ser el adoptado en un trabajo similar efectuado en los otros cinco países del Istmo y permitir hacer una comparación. Los seis meses más lluviosos son de junio a noviembre pero se diferencian poco --en general-- del período de mayo a octubre. Por lo tanto, en el semestre más lluvioso los coeficientes serían ligeramente superiores a los indicados en el cuadro 1 y considerados más adelante.

Dichos porcentajes varían entre 47 --en Seiyic en el oeste del país en la provincia de Bocas del Toro-- y 80 por ciento en El Cobrizo, en Veraguas, y Ocú en la península de Azuero. (Véase el cuadro 1.)

En la vertiente del Caribe, desde la frontera con Costa Rica hasta la Zona del Canal, cae aproximadamente el 50 por ciento del total anual en ese semestre.

A partir de esa zona los porcentajes aumentan hacia el sur y el este. Sobre la costa del Pacífico varían aproximadamente entre el 70 y el 80 por ciento.

En la época de mayores lluvias se pueden diferenciar por lo menos dos meses en los que se producen máximos. El máximo maximorum mensual ocurre de octubre a diciembre y se distribuye regionalmente; así, en la vertiente del Pacífico ocurre en octubre, en la cuenca del Chagres en noviembre y en la vertiente del Atlántico en noviembre o diciembre.

El segundo máximo aparece de mayo a agosto, pero se observa principalmente en junio en la vertiente del Pacífico y en mayo en la del Atlántico.

Cuadro 1

PANAMA: PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES Y COEFICIENTES MENSUALES DE VARIACION, EN ESTACIONES SELECCIONADAS

(Milímetros)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- ciento
	<u>Puerto Armuelles 8°17' 82°52'</u>														
Promedios	23	14	23	77	240	232	197	260	297	550	296	80	2 247	1 776	79
Valores máximos	107	91	67	215	539	492	376	465	557	1 650	692	327	3 648		
Valores mínimos	-	-	-	3	96	85	83	71	159	214	48	1	1 497		
Desviaciones estándar	23	24	21	55	100	83	73	95	95	291	186	73	562		
Coefficientes de variación a/	100	<u>172</u>	91	71	42	36	37	37	<u>32</u>	53	63	91	25		
Años de observaciones	33	33	33	33	33	33	33	33	32	32	32	32	31		
	<u>Bongo Fital 8°25' 82°55'</u>														
Promedios	95	62	73	153	319	301	317	358	366	579	376	170	3 175	2 240	71
Valores máximos	379	194	180	390	593	465	540	531	513	1 846	879	443	4 616		
Valores mínimos	4	-	8	51	156	138	164	155	194	267	38	42	2 462		
Desviaciones estándar	84	50	46	75	97	77	87	104	91	291	170	93	551		
Coefficientes de variación a/	<u>88</u>	81	63	49	30	26	27	29	<u>25</u>	50	45	55	17		
Años de observaciones	34	34	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33		

/Continúa

Cuadro 1 (Continuación)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- ciento
<u>Changuinola (Bocas del Toro) 9°29' 82°29'</u>															
Promedios	238	160	140	181	210	206	327	246	130	135	261	341	2 583	1 254	49
Valores máximos	855	633	487	439	582	401	842	658	398	293	814	674	4 001		
Valores mínimos	24	20	27	31	39	69	58	43	28	54	73	100	1 340		
Desviaciones estándar	170	125	80	99	125	81	166	142	75	59	147	145	618		
Coefficientes de variación a/	71	<u>78</u>	57	55	60	<u>39</u>	51	58	58	44	56	43	24		
Años de observaciones	43	42	43	43	43	43	43	43	43	43	43	44	41		
<u>La Estrella 8°17' 80°31'</u>															
Promedios	6	2	-	18	149	190	144	140	197	307	251	96	1 508	1 127	75
Valores máximos	51	47	13	178	372	488	373	315	499	645	615	311	2 534		
Valores mínimos	-	-	-	-	8	70	37	-	-	-	75	-	808		
Desviaciones estándar	13	9	2	39	77	100	80	80	113	130	119	81	393		
Coefficientes de variación a/	217	450	<u>210</u>	217	52	53	56	57	57	<u>42</u>	47	84	26		
Años de observaciones	31	31	33	33	33	32	32	32	32	31	31	31	31		
<u>Caño 9°04' 79°50'</u>															
Promedios	47	26	20	74	259	231	243	253	242	341	362	196	2 293	1 569	68
Valores máximos	237	102	77	298	505	571	427	478	413	538	950	613	3 265		
Valores mínimos	-	-	-	1	130	43	98	80	101	143	90	34	1 686		
Desviaciones estándar	47	27	20	67	81	90	83	84	65	88	165	131	320		
Coefficientes de variación a/	100	<u>104</u>	100	91	31	39	34	33	27	<u>26</u>	46	67	14		
Años de observ.	46	<u>47</u>	47	48	48	48	47	47	47	<u>46</u>	47	47	44		

Cuadro 1 (Continuación)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- ciento
	<u>Gamboa 9°07' 79°42'</u>														
Promedios	37	20	15	79	267	246	255	268	250	319	310	166	2 240	1 605	72
Valores máximos	340	165	111	305	520	494	703	487	478	649	794	627	3 459		
Valores mínimos	-	-	-	-	85	73	83	106	105	149	89	20	1 575		
Desviaciones estándar	52	30	21	64	90	81	107	86	71	108	135	116	381		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	140	<u>150</u>	140	81	34	33	42	32	<u>28</u>	34	44	70	17		
Años de observa- ciones	77	76	78	81	81	80	81	78	78	78	78	78	75		
	<u>Summit 9°04' 79°39'</u>														
Promedios	25	8	11	71	267	233	262	256	253	308	314	150	2 166	1 579	73
Valores máximos	134	55	76	226	580	416	519	475	377	477	799	621	2 826		
Valores mínimos	-	-	-	-	103	92	73	133	114	121	151	13	1 716		
Desviaciones estándar	35	12	19	66	90	84	86	87	73	86	130	123	266		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	140	150	<u>173</u>	93	34	36	33	34	29	<u>28</u>	41	82	12		
Años de observa- ciones	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34		
	<u>Alajuela 9°12' 79°37'</u>														
Promedios	25	16	15	85	289	304	318	314	288	373	358	127	2 517	1 886	75
Valores máximos	100	94	76	230	501	521	529	663	468	704	920	582	3 862		
Valores mínimos	1	-	-	-	82	144	145	189	191	163	78	7	1 825		
Desviaciones estándar	25	23	21	66	108	90	102	96	78	129	173	127	430		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	100	<u>144</u>	140	78	37	29	32	31	<u>27</u>	35	48	100	17		
Años de observa- ciones	35	35	35	35	34	35	36	36	36	36	36	36	34		

Cuadro 1 (Continuación)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- centaje
	<u>Tonosí 7°23' 80°23'</u>														
Promedios	29	2	6	41	236	242	237	234	256	417	331	129	2 157	1 622	75
Valores máximos	180	30	72	196	618	450	468	538	693	967	669	529	3 687		
Valores mínimos	-	-	-	-	64	61	67	77	89	186	53	-	1 302		
Desviaciones estándar	49	6	15	44	119	97	86	78	113	176	128	111	492		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	169	<u>300</u>	250	107	50	40	36	<u>33</u>	44	42	39	86	23		
Años de observa- ciones	37	37	37	37	37	36	36	36	36	36	36	36	36		
	<u>Trinidad 9°07' 80°04'</u>														
Promedios	77	50	38	104	298	262	254	280	278	382	458	263	2 726	1 754	64
Valores máximos	367	226	208	452	594	480	498	483	472	707	1 032	628	3 913		
Valores mínimos	3	-	2	3	110	137	61	126	149	193	192	23	1 878		
Desviaciones estándar	69	45	36	80	96	70	98	76	76	106	195	151	426		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	90	90	<u>95</u>	77	32	<u>27</u>	39	27	27	28	43	57	16		
Años de observa- ciones	49	49	48	48	49	49	49	49	49	48	48	48	47		
	<u>Gatún 9°16' 79°56'</u>														
Promedios	83	49	46	122	326	297	323	345	284	416	543	322	3 145	1 991	63
Valores máximos	311	335	231	404	732	534	596	613	506	1 010	1 185	804	4 170		
Valores mínimos	18	4	7	4	67	75	109	126	110	199	183	49	2 040		
Desviaciones estándar	66	49	46	91	123	93	108	101	86	131	221	193	504		
Coefficientes de variación <u>a/</u>	80	<u>100</u>	100	75	38	31	33	<u>29</u>	30	31	41	60	16		
Años de observa- ciones	57	57	58	58	58	58	58	58	57	57	57	58	56		

Quadro 1 (Continuación)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- centaje
<u>Cristóbal 9°21' 79°55'</u>															
Promedios	83	37	38	104	316	334	391	388	317	401	563	310	3 296	2 147	65
Valores máximos	488	314	233	552	646	793	666	676	584	1 071	1 094	873	4 659		
Valores mínimos	7	1	1	2	41	151	112	147	80	148	168	24	2 032		
Desviaciones estándar	80	41	38	95	130	109	117	109	102	146	200	196	517		
Coefficientes de variación a/ Años de observaciones	96	<u>111</u>	100	91	41	33	<u>30</u>	38	32	36	36	63	16		
	92	92	92	91	91	92	92	92	92	92	91	91	90		
<u>Salamanca 9°19' 79°35'</u>															
Promedios	37	17	13	63	274	290	277	290	290	325	359	194	2 429	1 746	72
Valores máximos	169	138	63	189	469	505	482	477	435	617	1 248	465	4 076		
Valores mínimos	3	-	-	-	71	147	127	130	135	186	124	17	1 508		
Desviaciones estándar	42	27	14	46	97	92	88	85	73	97	208	117	500		
Coefficientes de variación a/ Años de observaciones	113	159	108	73	35	32	32	29	<u>25</u>	30	58	60	21		
	33	33	33	33	33	33	32	33	33	33	33	32	31		
<u>Balboa 8°58' 79°23'</u>															
Promedios	29	14	17	74	198	200	185	196	192	258	251	138	1 743	1 229	71
Valores máximos	132	82	127	197	368	413	402	397	439	529	521	381	2 364		
Valores mínimos	-	-	-	-	57	60	87	33	64	86	82	5	1 243		
Desviaciones estándar	31	21	29	55	66	77	68	83	65	78	89	76	242		
Coefficientes de variación a/ Años de observaciones	107	150	<u>170</u>	74	33	38	37	42	34	<u>30</u>	35	55	14		
	63	63	63	64	64	65	65	63	62	62	62	62	59		

Cuadro 1 (Continuación)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- ciento
<u>Boca del Toabré 8°54' 80°33'</u>															
Promedios	286	144	125	390	396	318	351	399	257	346	411	656	3 999	2 067	52
Valores máximos	410	259	225	661	487	473	555	567	317	425	506	796			
Valores mínimos	219	49	57	190	259	172	220	300	172	278	278	300			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
<u>Chiriquí Arriba 8°41' 80°13'</u>															
Promedios	89	44	31	165	295	435	393	461	334	441	410	308	3 406	2 359	69
Valores máximos	150	99	68	262	414	474	511	673	460	542	619	429			
Valores mínimos	51	15	6	60	179	405	239	371	261	371	224	162			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
<u>Chepo 9°10' 79°05'</u>															
Promedios	102	8	12	50	240	236	241	250	307	436	364	146	2 392	1 710	71
Valores máximos	94	27	43	122	380	303	303	403	438	656	595	299			
Valores mínimos	1	-	1	2	124	162	174	189	141	285	145	10			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
<u>Majé 9°09' 78°45'</u>															
Promedios	43	8	18	95	178	220	217	209	226	284	273	100	1 871	1 334	71
Valores máximos	152	40	72	188	223	310	290	253	349	370	404	224			
Valores mínimos	1	-	-	7	122	166	124	164	129	180	160	8			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			

Cuadro 1 (Conclusión)

	Mensual												Anual	Mayo a octubre	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Total	Por- ciento
<u>Loma Llana 8°36' 80°55'</u>															
Promedios	39	38	41	158	186	324	286	461	619	627	444	156	3 379	2 503	74
Valores máximos	63	83	110	484	339	536	389	538	982	740	669	188			
Valores mínimos	8	1	0	51	70	211	194	306	430	562	250	109			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
<u>Ocú 7°56' 80°47'</u>															
Promedios	1	-	-	84	291	305	156	189	195	390	237	57	1 905	1 526	80
Valores máximos	7	-	-	134	389	394	223	220	229	654	347	120			
Valores mínimos	-	-	-	25	161	175	82	156	150	259	69	13			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
<u>Hornito 8°44' 82°14'</u>															
Promedios	320	207	220	264	219	400	280	340	295	385	387	406	3 723	1 919	52
Valores máximos	427	279	320	508	260	506	727	393	471	524	519	643			
Valores mínimos	109	136	147	184	171	271	215	288	78	139	175	231			
Desviaciones estándar	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		

El promedio mensual más alto se registra en Caldera (Chiriquí) con 866 milímetros en el mes de octubre.

Los menores valores mensuales medios se observan principalmente en febrero o marzo y por excepción en enero. Hay, sin embargo, predominio en febrero en la vertiente del Pacífico y en marzo en la del Atlántico.

En la península de Azuero los promedios de enero a marzo son muy bajos y en algunos casos son de cero; se trata por lo tanto de la zona con mayor irregularidad de lluvias.

3. Variabilidad de las lluvias

Para apreciar la diferencia que puede esperarse al tomar en cuenta un registro de lluvia relativamente corto comparado con uno de larga extensión se utilizó el de Alhajuela en el lapso 1900-1960.

El promedio de la lluvia anual en ese período fue de 2 440 mm. Para estudiar su variabilidad se calcularon los promedios decádicos en ese lapso, dando como resultados: 2 745, 2 385, 2 433, 2 565, 2 252 y 2 258 para 1951-60. La variación para la década más baja, con respecto al promedio de 60 años, representa el 7.8 por ciento y para la más alta 12.5 por ciento. Las variaciones, considerando años individuales, son muy superiores, siendo para el año más seco (1930 con 1 833 mm) 24.9 por ciento y para el más lluvioso (1909 con 3 890 mm) 59.5 por ciento.

Una forma de medir las variaciones que experimentan las lluvias de un año a otro, en meses o lapsos iguales, es calcular las desviaciones estándar y los coeficientes de variación de esos valores. Por la importancia que tienen esas variaciones en las precipitaciones, cuando se trata de apreciar la utilidad de las mismas, se presentan en el cuadro 1 los resultados de aquellos parámetros.

a) Variabilidad anual

Los coeficientes de variación de los totales anuales de las lluvias varían para los lugares considerados entre 12 por ciento en Summit en la Zona del Canal y 26 por ciento en La Estrella en la provincia de Coclé. (Véase de nuevo el cuadro 1.)

/Aunque por

Aunque por los escasos lugares analizados no se puede apreciar una definida distribución regional, por los valores obtenidos en dos estaciones de la península de Azuero y por los totales anuales de esa zona, así como por su distribución anual, se supone que los coeficientes de variación anuales más altos del país se localizan en la franja este en esa región. En la Zona del Canal los coeficientes de variación son más bien bajos.

La mayor desviación estándar anual obtenida correspondió a la estación Changuinola (Bocas del Toro) con 618 milímetros, y en ese lugar el coeficiente de variación es de 24 por ciento. La menor desviación estándar fue de 242 milímetros en Balboa, que representa un coeficiente de variación de 14 por ciento.

b) Variabilidades mensuales

Los coeficientes de variación de los valores mensuales de las lluvias tienen mayor dispersión que los anuales, como ocurre normalmente. El mínimo correspondía en septiembre a Salamanca, en la cuenca del río Pequeño, y a Bongo Pital (15 kilómetros al norte de P. Armuelles) con 25 por ciento, y el máximo a La Estrella, en marzo, con un valor muy alto que en el cuadro 1 figura como infinito, por haberse redondeado al milímetro los valores medios mensuales que en ese mes resultaron inferiores a 0.5 milímetros.

La época del año con menores coeficientes de variación suele ser de mayo a noviembre y los meses en que se producen los mínimos con más frecuencia son de agosto a octubre. En las estaciones consideradas correspondió en junio a Changuinola (Bocas del Toro) y en julio a Cristóbal.

Los mayores coeficientes de variación se presentan de enero a marzo; los máximos en febrero y marzo y en enero en Bongo Pital.

Incluso en zonas de alta precipitación anual, los coeficientes de variación son altos en esos meses (Bongo Pital con 88 por ciento en enero y Changuinola con 78 por ciento en febrero). (Véase de nuevo el cuadro 1.)

Para los efectos del aprovechamiento de las lluvias, tan importante es conocer su promedio mensual como el conocimiento de los meses en que podrán ocurrir por debajo de un determinado valor.

Para comprender mejor la forma en que se distribuyen las precipitaciones mensuales, se efectuó para Alhajuela (cuenca del río Chagres) una distribución de frecuencia de los totales mensuales agrupados en entornos de 25 milímetros. En el cuadro 2, se puede apreciar su variación, sobrepuesta al histograma de precipitación del lugar.

De los 720 meses considerados (60 años) las lluvias fueron en 168 inferiores a 25 milímetros y en 121, superiores a 350 mm, es decir, superiores al promedio mensual más alto.

De mayo a noviembre las lluvias mensuales son, salvo en 3 casos, superiores a 100 milímetros, presentándose los totales mensuales más altos en noviembre.

La distribución de Alhajuela se puede considerar similar a otras localidades de Panamá con totales anuales de igual magnitud.

Cuadro 2

PANAMA: FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE TOTALES MENSUALES DE LLUVIAS EN ALHAJUELA
(CUENCA RIO CHAGRES) a/

Fig. 30

Entornos (mm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total de casos
<u>Total</u>													<u>720</u>
0 - 25	41	51	52	18								6	168
26 - 50	7	3	3	9								9	31
51 - 75	7	4	4	7								6	28
76 - 100	3	2	1	6	1						2	6	21
101 - 125	1			8	2	1		1			2	9	24
126 - 150	1			6	4	2	2	1	1		1	5	23
151 - 175				4	4	5	2	1	1	3	2	4	26
176 - 200				-	3	2	7	3	7	2	3	2	29
201 - 225				1	4	7	5	5	10	6	-	3	41
226 - 250				1	2	5	4	7	10	2	8	1	40
251 - 275					5	6	3	10	7	3	7	1	42
276 - 300					7	8	5	7	8	3	3	-	41
301 - 325					11	5	6	6	1	4	3	2	38
326 - 350					5	6	9	5	3	8	5	-	41
351 - 375					3	3	3	3	5	5	7	1	30
376 - 400					2	3	4	1	3	6	-	2	21
401 - 425					1	1	4	5	1	5	3	-	20
426 - 450					3	2	1	3	2	2	2	-	15
451 - 475					2	2	-	-	1	2	3	1	11
476 - 500					1	1	3	1		2	1	-	9
501 - 550						1	1	1		2	4	1	10
551 - 600							1			3	1	1	6
601 - 650										1	-	-	1
651 - 700										1	-	-	1
751 - 800											1	-	1
801 - 850											1	-	1
851 - 900											-	-	0
901 - 950											1	-	1

a/ Período 1900-1960.

III. HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA

1. Descripción resumida de la hidrografía del país

El sistema hidrográfico se divide en las grandes vertientes del Caribe o Atlántico y del Pacífico cuya división está constituida por una serie de cadenas o serranías aisladas que se extienden de oeste a este y que toman los nombres de Talamanca, Playita, Tabasará, San Blas y Darién, dirigiéndose de Costa Rica a Colombia. Las alturas de la divisoria son muy variables, encontrándose las mayores al oeste en la cordillera de Talamanca, donde pasan de 2 000 metros. El volcán de Chiriquí, que es el punto más alto del país, tiene 3 475 metros y está próximo a la divisoria de aguas en la vertiente del Pacífico. Las partes más bajas corresponden a la Zona del Canal, donde en promedio aproximado tienen 300 metros.

La vertiente del Atlántico abarca 22 520 km² (29.8 por ciento del país) y la del Pacífico 53 130 km² (70.2 por ciento).

Los ríos son en su mayoría de corto recorrido y los cursos perpendiculares, en general, a la costa donde desaguan. (Véase la lámina 1 del informe general.)

Las cuencas de mayor superficie en la vertiente del Caribe son las de los ríos Changuinola, Coclé del Norte (Toabré) y Chagres, y en la del Pacífico son las de los ríos Chiriquí Viejo, Chiriquí, Tabasará, San Pablo, La Villa, Santa María, Grande, Bayano y Tuira-Chucunaque. En todas, las superficies pasan de 1 000 km².

El IRHE ha identificado 39 cuencas de ríos principales, las que excluyen las afectadas por las obras del Canal. La superficie de estas últimas y de sus embalses es 3 516 km²; en su origen constituyeron la del río Chagres, con excepción de 205 km² que pertenecen a la vertiente del Pacífico.

Por sus caudales, los ríos principales son el Chiriquí Viejo, Chiriquí, San Pablo, Changuinola, Santa María, Chagres, Coclé del Norte, Banayo y Tuira. Aunque de algunos no se tienen mediciones se consideran principales por la magnitud de sus cuencas y por las precipitaciones que ocurren sobre ellas.

a) Ríos internacionales

En relación a la superficie total del país, sólo una pequeña parte pertenece a cuencas de ríos con carácter internacional. Casi toda su frontera con Colombia se halla en la divisoria de aguas; algunos afluentes del río Juradó la cruzan siendo el Jampavadó el más importante. Aunque esa región tiene actualmente poca importancia, y es poco conocida, aproximadamente 300 km² del país pertenecen a la cuenca de dicho río.

En la frontera con Costa Rica el río Sixaola constituye parte del límite internacional, así como su afluente el Yorkin. Además nacen en aquel país, en la cordillera de Talamanca, algunos afluentes del Teribe, que a su vez lo es del Changuinola. Las cuencas del Sixaola y del Teribe suman 3449 km², que agregados a los del río Jampavadó dan 3 749 y representan el 5.0 por ciento del país. Una pequeña parte del Chiriquí Viejo fluye por Costa Rica.

b) Zona del Canal

La construcción y operación del Canal de Panamá constituye, desde el punto de vista hidrológico, una obra que impone una modificación muy importante al régimen natural de escurrimiento. Los lagos Madden y Gatún, formados artificialmente, llenan por gravedad las esclusas del Canal. El Madden es alimentado por los ríos Chagres, Pequení, Boquerón, y otros menores y el Gatún por el Ciri, Trinidad, Gatún, pequeños arroyos y los aportes del Madden.

El paso de las embarcaciones, tanto del Caribe hacia el Pacífico como a la inversa, exige un movimiento de compuertas para el ascenso y descenso de los barcos que obliga a la derivación de aguas de la vertiente del Atlántico a la del Pacífico. El vaciado de las compuertas de Miraflores y Pedro Miguel son los procesos finales por los que se deriva el agua hacia el Pacífico. La operación total del Canal en 1965 requirió unos 2 500 millones de metros cúbicos que representan un caudal de unos 79.4 metros cúbicos.

Si se considera, en forma aproximada, que las compuertas mencionadas usan la mitad de la cantidad total de agua, el hecho significa que la derivación es del orden de los 40 metros cúbicos por segundo.

2. Regímenes hidrológicos e irregularidad de los principales ríos

La importancia del estudio en las variaciones que experimentan los caudales de los ríos en el curso del año es de fundamental importancia para poder apreciar las posibilidades de sus aprovechamientos especialmente en Panamá, donde todos los ríos son de alimentación exclusivamente pluvial y no poseen en sus cursos lagos o lagunas naturales que contribuyan a regular sus escurrimientos.

Los caudales de los ríos, por las razones anotadas y por ser las cuencas relativamente pequeñas, acusan rápidamente las lluvias, siendo esta reacción, en general, más rápida en la época lluviosa cuando el suelo se encuentra saturado o con alto contenido de humedad a causa de la cantidad y frecuencia de las lluvias que se producen (20 a 25 días por mes) en ese período. También por las causas señaladas, y las precipitaciones breves e intensas en general, las crecientes son rápidas y cortas en su mayoría. Aunque los picos decrecen pronto, la gran vegetación propicia más tarde una recesión lenta.

Las características de los escurrimientos han dado lugar a la formación de cauces amplios y las inundaciones suelen durar algunas horas, por lo menos en las aguas más altas.

En la época seca, la recesión de las aguas alcanza el flujo base a causa de las lluvias más espaciadas y menores. Sólo los cursos de agua más pequeños pueden quedar secos, especialmente en las cuencas donde son menores las precipitaciones.

Los caudales mensuales medios experimentan una variación muy marcada a lo largo del año, como producto de un régimen de precipitaciones que como se vio está caracterizado por una época muy lluviosa de mayo a diciembre y otra de escasas precipitaciones o época seca, de enero a abril.

En el cuadro 3 se anotan los caudales mensuales medios, los máximos y mínimos absolutos y los promedios de máximos y mínimos de aquellas estaciones cuyas observaciones permiten obtener valores medios. Para apreciar mejor la variación a lo largo del año en el gráfico 1 que se incluye al final de este estudio. Se volcaron los valores de los caudales

/mensuales

mensuales medios de algunos ríos de importancia de diferentes zonas cuyas mediciones dan valores más representativos.

Los menores caudales mensuales medios se registran sobre todo en el mes de marzo pero hay ríos en los que ocurre en abril; por lo general hay muy poca diferencia en los caudales de ambos meses.

El mes con mayor caudal mensual medio es principalmente octubre, pero también aparecen en noviembre o diciembre. En este último mes sólo se producen en los ríos Chagres, Candelaria y Boquerón, de la Zona del Canal. En los otros de esta zona (Gatún, Trinidad y Ciri) ocurren en noviembre.

Además de las características generales descritas, se pueden apreciar algunas otras. Los ríos Chiriquí (David), Santa María (San Francisco) Grande (Río Grande) presentan marcada similitud en las variaciones de sus caudales mensuales y acusan un máximo secundario en el mes de junio (Véase de nuevo el gráfico). Todos los ríos decrecen sus caudales desde diciembre a marzo y todos aumentan de abril a junio y de julio a octubre. (9,10)

La relación entre los caudales promedios mensuales mayor y menor es muy variable para cada río, como puede esperarse de cuencas de superficies distintas con precipitaciones no uniformes y condiciones topográficas y geológicas dispares, y van desde 4.1 a 18.5.

Estas relaciones, calculadas para algunos ríos, dieron los siguientes resultados: Bayano (Majé), 18.5; Chiriquí (David), 8.2; Santa María (San Francisco), 11.5; Grande (Río Grande), 8.3; Mamoni (Chepo); 8.9; Chagres (Chico), 4.1; Ciri (Los Cañones) 15.3.

Para valorar de cierta manera la estacionalidad señalada anteriormente se determinó para varios ríos el porcentaje que escurre en los seis meses del año que van de julio a diciembre. Está comprendido entre 59, para los ríos Coclé del Norte, en El Torno, y Changuinola, en Bacon Bay, y 81 para el Gatún en 100. (Véase el cuadro 4.) Se aprecian los porcentajes menores para los ríos en cuyas cuencas la precipitación de enero a abril no es muy baja con relación a los demás meses. En general, los porcentajes son superiores para la vertiente del Pacífico.

PANAMA: CAUDALES MENSUALES Y ANUALES DE ALGUNOS RIOS

(mm²/s)

Río	Lugar de medición	Cuenca (Superficie en km ²)	Caudal	Mensual												Anual	Periodo
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<u>Vertiente del Atlántico</u>																	
Changuinola	Bacon Bay	2 745	Medio	173.66	156.18	134.65	141.02	141.03	271.76	222.27	186.86	204.62	258.43	303.90	306.32	203.89	1958-63
			Máximo	516.80	838.20	864.00	1 081.70	461.00	1 610.70	1 001.30	687.50	1 067.00	1 048.30	2 329.00	3 766.20	3 766.20	
			Mínimo	112.00	82.00	73.90	65.00	71.90	108.00	110.40	119.00	109.00	122.90	112.70	98.00	65.00	
Teribe	Zegla	1 089	Medio	69.46	64.46	45.08	40.28	63.04	112.64	90.44	73.50	71.86	84.48	113.14	120.98	79.11	1958-62
			Máximo	302.70	452.50	320.60	275.00	291.40	422.50	540.50	226.80	371.50	230.80	626.40	799.70	799.70	
			Mínimo	24.00	22.60	22.30	21.60	27.20	43.50	40.50	43.60	40.50	45.00	38.50	32.30	21.60	
Cocle	El Torno	598	Medio	50.95	26.05	19.01	45.22	47.15	51.84	45.69	55.81	48.91	61.38	68.76	60.56	48.44	1958-65
			Máximo	326.00	290.20	347.70	419.20	365.60	248.70	658.00	588.60	2 270.50	405.60	658.00	1 019.90	1 019.90	
			Mínimo	19.50	10.50	5.40	5.02	8.02	14.00	16.10	20.60	8.90	23.00	24.50	20.00	5.02	
Indio	Limón	434	Medio	13.47	6.08	3.18	5.41	14.65	23.69	26.19	29.42	28.69	35.13	37.91	25.71	20.79	1958-65 Irriga.
			Máximo	48.08	38.51	54.93	86.95	86.93	59.18	79.50	80.00	86.77	56.92	56.92	56.92	86.95	
			Mínimo	6.45	2.72	1.13	0.40	0.70	6.70	8.95	2.40	13.55	12.20	20.53	10.70	0.40	
Ciri	Los Cañones	186	Medio	7.90	3.31	1.84	1.42	5.69	9.76	11.74	12.88	14.69	18.51	21.51	13.95	10.27	1947-58
			Máximo	3.91	2.35	1.33	0.88	1.16	3.71	5.80	6.45	7.33	8.89	10.61	8.04		
			Mínimo	1.75	1.16	0.71	0.45	0.71	1.47	1.70	3.31	4.78	5.72	5.03	3.31	0.45	
Trinidad	El Chorro	168	Medio	4.27	2.15	1.22	1.08	3.79	6.20	7.00	7.75	8.52	12.48	14.35	9.79	6.55	1947-66
			Máximo	2.66	1.53	0.88	0.59	0.82	2.15	2.89	3.62	4.41	5.26	6.79	4.84		
			Mínimo	1.39	0.74	0.37	0.25	0.31	0.68	0.79	1.56	1.56	2.15	3.17	3.17	0.25	
Chagras	Chico	414	Medio	26.49	15.99	12.74	14.57	26.09	28.67	31.84	33.68	32.52	37.64	50.97	51.59	30.23	1933-66
			Máximo	15.62	11.32	8.77	7.81	10.24	14.65	18.17	18.96	20.52	20.09	24.70	23.32		
			Mínimo	8.15	7.30	5.58	4.70	5.46	7.27	6.99	7.95	11.09	12.51	16.22	12.37	4.70	
Pequení	Candelaria	135	Medio	10.95	6.37	4.99	5.94	14.29	16.19	18.14	17.88	15.51	15.59	22.21	24.45	14.33	1934-66
			Máximo	5.80	4.13	3.14	2.74	4.41	6.96	10.05	8.86	8.23	8.01	8.74	9.00	10.05	
			Mínimo	3.51	2.52	1.56	1.42	2.07	2.97	3.99	5.07	6.00	4.98	5.60	4.81	1.42	
Boquerón	Peluca	91	Medio	5.86	3.08	1.92	3.54	7.60	8.46	10.34	10.41	7.90	7.81	13.90	14.60	7.95	1934-66
			Máximo	2.80	1.73	1.30	1.44	1.98	2.89	4.10	4.44	4.02	3.48	4.75	4.70	4.75	
			Mínimo	1.64	0.76	0.51	0.48	0.74	1.16	1.42	1.42	2.26	1.90	2.43	1.98	0.48	
Gatón	Ciento	122	Medio	4.41	2.38	1.61	1.50	4.36	5.94	8.46	7.90	7.39	11.23	15.25	10.67	6.76	1943-64
			Máximo	2.55	1.73	1.19	0.88	0.99	1.92	3.25	3.48	3.79	4.07	5.72	4.22		
			Mínimo	1.30	0.71	0.85	0.09	0.11	0.17	0.14	0.17	0.42	0.57	1.81	1.44	0.09	

/(Continúa)

Cuadro 3 (Continuación)

Rfo	Lugar de medición	Cuenca (Superficie en km ²)	Caudal	Mensual												Anual	Período
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Vertiente del Pacífico																	
Chiriquí Viejo	Paso Canoá	828	Medio	25.43	20.24	17.55	17.07	31.60	55.74	59.43	69.16	93.40	104.45	89.16	51.22	52.87	1957-66
			Máximo	145.05	73.50	59.74	73.20	212.09	318.00	428.00	408.00	387.94	310.00	317.17	130.54	428.00	Irregular
			Mínimo	17.30	13.80	14.30	14.30	14.38	27.40	22.90	27.75	40.20	47.85	45.87	31.43	13.80	
Chiriquí Viejo	Volcán	112	Medio	5.85	4.87	3.86	3.66	4.15	4.78	4.84	4.80	5.03	6.00	6.42	7.22	5.12	1957-66
			Máximo	38.40	18.40	43.90	44.70	18.35	12.40	26.00	11.17	12.56	17.41	22.50	44.80	44.80	
			Mínimo	2.86	2.58	2.41	2.18	2.12	2.46	2.80	3.04	1.10	3.37	3.30	3.50	1.10	
David	David	288	Medio	6.79	5.00	4.20	3.66	11.85	24.50	24.66	24.59	30.11	49.30	29.87	15.44	19.16	1955-58
			Máximo	15.40	9.90	9.00	10.60	104.80	157.80	266.20	339.80	283.17	353.96	546.50	69.70	546.50	1963-66
			Mínimo	0.17	0.17	0.10	0.07	0.22	0.35	0.61	0.48	0.48	0.79	0.75	0.28	0.10	Irregular
Majagua	Carretera Boquete	139	Medio	3.12	1.65	1.23	1.48	4.89	13.78	14.91	17.77	17.85	20.01	17.58	6.65	10.08	1958-66
			Máximo	10.64	14.56	7.20	8.64	28.88	84.10	96.20	96.27	55.64	56.48	73.34	24.20	96.27	
			Mínimo	0.96	0.56	0.24	0	0.40	2.14	2.86	5.32	6.50	9.03	6.50	1.80	0	
Chiriquí	David	1 392	Medio	72.62	48.03	35.27	33.40	67.44	171.46	135.87	144.28	191.58	283.01	193.43	108.49	123.74	1955-66
			Máximo	988.00	487.00	518.00	501.50	1 733.00	1 010.00	947.20	1 800.50	1 511.50	1 699.00	2 330.00	940.00	2 330.00	
			Mínimo	25.60	18.40	14.00	9.00	15.20	20.00	34.30	52.10	54.37	89.80	60.00	40.80	89.80	
Gualaca	Voladero	248	Medio	5.18	2.79	1.59	2.79	20.18	45.98	38.73	37.64	54.11	67.07	29.76	15.01	26.76	1957-66
			Máximo	10.00	5.50	7.60	19.00	282.04	282.04	359.00	246.08	287.70	284.02	284.02	61.08	359.00	Irregular
			Mínimo	2.54	1.56	0	0.20	0.88	3.28	6.65	9.95	10.80	25.77	10.60	7.55	0	
Caldera	Bajo Boquete	73	Medio	7.95	7.94	5.40	5.10	6.14	7.16	6.76	6.52	6.75	9.06	9.50	9.78	7.33	1957-66
			Máximo	47.60	37.90	15.63	39.20	31.55	17.19	50.35	31.54	29.29	43.95	43.20	48.80	48.80	
			Mínimo	1.05	1.51	1.06	1.06	1.12	2.50	2.36	1.72	1.37	3.40	1.78	1.58	1.05	
Fonseca	San Lorenzo	657	Medio	33.17	21.69	13.59	11.21	25.39	74.41	63.63	70.86	104.27	150.31	104.50	56.16	60.76	1957-66
			Máximo	3 916.00	2 833.00	1 640.00	522.00	2 816.00	840.00	586.20	623.00	4 086.14	1 150.00	945.80	362.00	4 086.14	
			Mínimo	17.30	8.10	6.54	2.62	4.60	6.34	14.10	16.80	24.10	34.26	32.00	19.90	2.62	
Tabasará	Camarón	1 060	Medio	35.60	23.78	13.48	11.19	24.73	72.73	75.10	100.21	132.32	179.64	141.04	67.52	73.11	1956-65
			Máximo	328.00	280.00	81.10	50.86	1 630.00	544.00	634.00	903.00	911.24	1 070.00	1 820.00	377.00	1 820.00	
			Mínimo	14.80	9.00	7.40	4.81	5.20	14.00	19.80	38.20	54.10	82.40	53.50	28.60	4.81	
San Pablo	La Mesa	697	Medio	19.98	14.85	8.21	10.99	20.16	61.00	57.24	65.79	92.64	146.78	93.26	41.39	52.69	1956-63
			Máximo	232.50	487.00	169.05	337.00	724.90	978.35	1 245.95	908.98	1 523.45	1 401.69	1 400.00	260.50	1 523.45	
			Mínimo	6.37	5.80	3.34	3.60	3.23	8.50	13.51	10.47	18.49	40.20	28.36	16.70	3.23	
La Villa	Calabacito	665	Medio	13.07	6.49	4.16	5.09	16.82	30.33	28.96	33.08	44.72	95.24	81.34	33.52	32.73	1960-66
			Máximo	26.26	14.43	14.67	184.50	1 260.00	1 140.00	320.00	470.00	560.00	1 260.00	1 380.00	440.00	1 380.00	Irregular
			Mínimo	0.95	3.57	2.64	2.02	2.05	2.32	3.70	4.59	7.20	9.00	15.65	3.15	2.02	

(Continúa)

Cuadro 3 (Continuación)

Rfo	Lugar de medición	Cuenca (Superficie en km ²)	Caudal	Mensual												Anual	Período
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
La Villa	Macaracas	513	Medio Máximo Mínimo	10.02 20.20 5.04	5.50 16.50 3.12	3.49 14.90 2.40	3.33 125.00 1.50	7.16 229.00 1.58	15.21 267.00 2.70	15.44 171.00 2.80	16.25 194.00 3.87	22.88 492.70 6.40	42.85 730.60 9.80	36.59 290.00 16.60	20.95 610.00 9.00	16.63 730.60 1.50	1958-66
Sta. María	Sra. Francisco	1 195	Medio Máximo Mínimo	39.47 159.00 13.50	27.04 306.00 9.50	16.49 200.50 6.70	25.08 1 118.00 5.50	36.10 2 000.00 5.50	83.44 1 209.10 7.70	84.10 1 284.00 11.70	98.29 2 373.00 13.00	143.25 1 904.00 31.10	195.17 1 443.00 49.60	145.24 2 101.00 38.20	77.58 829.70 23.10	80.93 2 372.00 5.50	1955-66
Sta. María	Santa Fé	82	Medio Máximo Mínimo	21.26 161.41 5.99	18.45 192.56 5.45	11.28 178.40 3.68	17.52 194.00 3.03	12.11 184.06 2.78	17.36 194.00 4.16	15.51 178.40 4.62	17.14 278.00 5.12	17.92 184.06 5.13	22.77 245.80 6.12	27.10 263.50 6.80	31.89 382.00 7.33	19.19 382.00 3.03	1957-66
Cañazas	Divisa	373	Medio Máximo Mínimo	4.25 34.50 1.02	2.70 73.60 1.15	1.55 21.60 0.85	1.47 15.50 0.65	7.76 — 0.76	19.69 — 1.59	12.43 — 0.96	10.96 — 1.19	35.74 — 1.13	109.74 — 2.24	51.73 — 1.33	7.16 19.17 0.96	22.10 — 0.65	1956-61
San Juan	Alto Jordán	233	Medio Máximo Mínimo	3.67 9.35 1.47	1.88 9.34 0.85	1.07 10.56 0.32	1.40 17.82 0.08	3.79 31.43 0.37	12.70 114.68 0.10	16.56 115.00 1.44	15.57 178.40 3.68	22.44 140.00 4.93	34.90 218.89 8.54	27.22 82.00 7.67	10.56 78.44 3.80	12.65 218.89 0.08	1958-66
San Juan	La Yaguada	28	Medio Máximo Mínimo	0.78 1.40 0.46	0.48 1.21 0.28	0.38 2.20 0.20	0.40 9.52 0.20	0.74 38.60 0.23	1.94 99.60 0.38	1.88 130.00 0.46	2.13 47.80 0.54	3.39 100.00 1.05	4.60 116.20 1.50	3.51 160.00 1.29	1.56 445.00 0.77	1.81 445.00 0.20	1959-66
San Juan	San Juan	445	Medio Máximo Mínimo	9.70 65.00 4.40	5.60 22.42 3.00	3.61 37.38 1.78	5.66 154.80 1.50	10.17 634.30 1.53	25.09 360.00 3.60	31.72 720.00 3.60	35.05 577.67 5.20	52.19 740.00 9.23	70.39 600.00 9.49	41.15 590.00 8.80	20.12 140.00 8.20	25.87 740.00 1.50	1957-66
Grande	Rfo Grande	553	Medio Máximo Mínimo	22.03 1 062.00 5.20	8.95 115.80 3.30	5.40 91.50 2.10	5.74 374.00 1.80	10.15 549.00 2.00	20.54 421.00 2.55	13.71 349.00 2.70	15.39 526.00 2.40	22.54 331.70 3.96	45.18 726.00 5.10	35.77 1 900.90 6.80	24.36 445.60 5.78	19.14 1 900.90 1.80	1955-66
Chilco	El Cortezo	404	Medio Máximo Mínimo	7.82 64.00 3.65	4.35 20.40 2.34	2.30 6.00 1.16	2.40 91.20 0.99	5.06 260.00 0.99	11.91 335.00 1.64	14.57 360.00 2.69	12.63 150.00 1.93	25.86 360.00 3.57	36.88 425.50 9.51	29.58 287.50 7.48	12.91 90.50 5.63	13.86 425.50 0.99	1955-66
Calmito	Chorrera	313	Medio Máximo Mínimo	4.43 8.50 2.06	2.64 28.32 1.09	1.39 3.31 0.28	1.09 7.15 0.30	1.93 47.57 0.50	3.80 52.10 0.38	5.53 110.00 0.75	7.48 59.18 0.75	9.58 84.38 1.27	15.16 93.40 1.62	17.17 285.00 2.92	11.33 101.90 2.37	6.79 285.00 0.28	1956-66
Bayamo	Cañitas	3 941	Medio Máximo Mínimo	90.80 978.00 38.80	35.33 144.00 20.00	21.50 30.80 13.00	72.60 682.00 12.00	188.40 1 010.00 11.50	174.60 655.00 52.00	251.90 1 050.00 47.50	256.30 1 050.00 59.00	178.70 1 150.00 56.00	313.70 1 700.00 62.00	341.20 1 700.00 62.00	281.00 1 170.00 43.00	182.40 1 170.00 11.50	1958-62

/(Continúa)

Rfo	Lugar de medición	Cuenca (Superficie en km ²)	Caudal	Mensual												Anual	Período
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Bayano	Wajé	3 216	Medio	105.95	30.90	17.67	45.70	135.21	148.81	181.13	200.09	205.12	273.02	333.47	230.67	158.97	1958-66
			Máximo	710.00	184.60	46.20	905.00	1 180.00	851.00	1 610.00	1 273.00	1 440.00	1 261.00	2 150.00	2 064.00	2 150.10	
			Mínimo	21.20	14.60	8.00	6.00	18.00	35.00	31.90	61.00	63.00	80.00	106.00	60.00	6.00	
Memosí	Chapo	251	Medio	16.46	4.27	2.92	4.34	9.09	12.10	11.98	12.34	15.97	19.15	25.62	17.73	12.66	1957-66
			Máximo	498.91	60.00	15.66	260.00	792.88	499.00	421.92	450.24	535.10	424.75	974.10	1 130.00	1 130.00	
			Mínimo	3.11	2.10	1.44	0.75	0.75	2.41	2.52	3.11	4.28	5.30	9.06	4.90	0.75	

Fuente: IRHE, Boletín Hidrológico, 1955-66, diciembre 1967.

Cuadro 4

PANAMA: CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE ALGUNOS RIOS

Río	Lugar	Cuenca (superficie en km ²)	Caudales en m ³ /s			Coeficiente de irregulari- dad	Porcentaje escurrido de julio a diciembre	Período del registro (años)
			Medios	Maximos	Mínimos			
<u>Vertiente del Atlántico</u>								
Pequení	Candelaria	135	14.33	...	1.42	0.17	66	1934-66
Boquerón	Peluca	91	7.95	...	0.48	0.19	68	1934-66
Gatún	Ciento	122	6.76	...	0.09	0.31	81	1943-64
Trinidad	El Chorro	168	6.55	...	0.25	0.26	76	1947-66
Cirí	Los Cañones	186	10.27	...	0.45	0.26	76	1947-58
Coclé del Norte	El Torno	598	48.44	1 019.90	5.02	0.10	59	1958-65
Chagres	Chico	414	30.23	...	4.70	0.16	66	1933-66
Changuinola	Bacon Bay	2 745	203.89	3 766.20	65.00	0.13	59	1958-63
<u>Vertiente del Pacífico</u>								
Bayano	Cañitas	3 941	182.40	1 170.00	11.50	0.25	74	1958-62
Chiriquí	David	1 392	123.74	2 330.00	89.80	0.25	71	1955-66
Fonseca	San Lorenzo	667	60.76	4 086.14	2.62	0.28	75	1957-66
Tabasará	Gamarón	1 060	73.11	1 820.00	4.81	0.30	79	1956-65
San Pablo	La Mesa	697	52.69	1 523.45	3.23	0.32	78	1956-63
Sta. María	San Francisco	1 195	80.93	2 373.00	5.50	0.27	76	1955-66
La Villa	Macaracas	513	16.63	730.60	1.50	0.28	78	1958-66
Grande	Río Grande	553	19.14	1 900.90	1.80	0.24	69	1955-66
Bayano	Majé	3 218	158.97	3 150.00	6.00	0.25	74	1958-66
Liamoní	Chepo	251	12.66	1 130.00	0.75	0.21	68	1957-66

Para hacer una primera estimación de la variación de caudales promedios anuales obtenidos con un registro largo y uno corto se calcularon los promedios decádicos anuales para el río Chagres en Chico y se compararon con el registro total 1933-66 de $30.23 \text{ m}^3/\text{s}$. Los resultados fueron: década 1936-45, $31.21 \text{ m}^3/\text{s}$; década 1946-55, $29.46 \text{ m}^3/\text{s}$; década 1956-65, $28.72 \text{ m}^3/\text{s}$. Las diferencias extremas son para la década de mayor caudal 5.0 por ciento y para la década menor 3.2 por ciento, ambas con respecto al registro total. Se puede apreciar que, en este caso, las diferencias entre los promedios decádicos anuales y el registro total de más de tres décadas es relativamente pequeño. Conviene destacar que al efectuar cálculos similares con la lluvia de la estación Alhajuela, esos porcentajes fueron 12.5 y 7.8; es decir, guardaron una relación de 2.5 con respecto a los anteriores.

Para dar una idea de la irregularidad de los regímenes de los ríos y evaluar en cierta medida las posibilidades del aprovechamiento económico de sus aguas, se calcularon los coeficientes de irregularidad como el cociente entre la cantidad de agua que se necesitaría embalsar para obtener una regulación total dentro del año y el escurrimiento anual total. Dicho criterio es el adoptado por la CEPAL en trabajos similares sobre otros países de América Latina.

Para hacer el cálculo más breve, si no más exacto, se determinaron los coeficientes de irregularidad a base de los caudales mensuales promedios de unas 18 estaciones de aforos de los principales ríos. Los coeficientes obtenidos son, en general, bajos a pesar de la menor precipitación de enero a abril; resultan inferiores los de los ríos de la vertiente del Atlántico, con relación a los del Pacífico. El menor valor pertenece al río Coclé del Norte, en El Torno, con 0.10 y el mayor, el río San Pablo, en La Mesa, con 0.32. (Véase de nuevo el cuadro 4.)

3. Estimación de los recursos hidráulicos superficiales

Los recursos hidráulicos superficiales del país son conocidos parcialmente. Las cuencas de los ríos medidos suman unos $19\ 610\ \text{km}^2$ (9,10) (aproximadamente el 26 por ciento del país) y por lo tanto, para obtener una primera evaluación de su disponibilidad total, se han debido efectuar algunas estimaciones basadas en los antecedentes disponibles.

Como primer paso se determinaron coeficientes de escurrimiento medio anual hasta los lugares en que había datos de caudales, puesto que el mapa de isoyetas abarca todo el país. A partir de estos coeficientes se estimaron otros para toda la cuenca del río hasta su desembocadura en el océano, a base de las precipitaciones aguas abajo de la estación de aforos y de su comparación con las de aguas arriba, la pendiente y extensión de la cuenca, otros datos físicos y valores de coeficientes de ríos vecinos o similares.

Se eligieron para este cálculo ríos de importancia o se agruparon cuencas menores.

El trabajo no se efectuó aisladamente para cuencas pequeñas para evitar cometer errores de importancia, puesto que dos causas básicas los hubieran aumentado: que la determinación del agua caída era más incierta pues en ese caso se necesitaría mayor cantidad de datos de lluvia y que el caudal del río fuera alimentado por agua subterránea proveniente de cuencas vecinas.

Sólo se evaluaron individualmente los ríos Sixaola, Changuinola, Coclé del Norte y Chagres, en la vertiente del Atlántico y Chiriquí Viejo, Chiriquí, Bayano y Chucunaque en la del Pacífico. Los demás se agruparon en zonas de más de $1\ 000\ \text{km}^2$.

a) Aguas nacionales

El agua caída sobre todo el país en el año, basada en un mapa de isoyetas medias anuales, (5) es $195\ 151 \times 10^6\ \text{m}^3$ y representa una altura uniforme de 2.58 m. (Véase el cuadro 5.)

Se observa en el cuadro que el agua caída promedio es superior en la vertiente del Atlántico, donde llega a 3.28 m, e inferior en la del Pacífico, que tiene 2.28 m.

Cuadro 5

PANAMA: ESTIMACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS SUPERFICIALES

Gran cuenca	Cuenca	Río	Superficie (km ²)	Agua caída		Coeficiente de escorrentamiento	Agua escurrida	
				Volumen (millones m ³)	Altura (metros)		Volumen (millones m ³)	Caudal (m ³ /s)
<u>Total nacional</u>			<u>75 650</u>	<u>195 151</u>	2.58		<u>126 506</u>	<u>4 011.5</u>
Vertiente del Atlántico			<u>22 520</u>	<u>73 990</u>	3.28		<u>50 084</u>	<u>1 588.1</u>
II ₂			3 655	9 776	2.67	0.70	6 843	217.0
	87 ^{a/}	Sixaola	566	1 483	2.62			
	89	Home Creek	206	365	1.77			
	91 ^{a/}	Changuinola	2 883	7 928	2.75			
JJ	93,95,97,99,101,103	Guarumo, Cricamola, Calovébora, Veraguas y otros	7 547	30 037	3.98	0.70	21 026	666.7
KK			7 650	23 026	2.01	0.65	14 967	474.6
	105	Coclé del Norte	1 630	5 008	3.07			
	107,109,111,113	Miguel de la Borda, Indio y otros	1 820	6 421	3.52			
	115	Chagres	4 200	11 597	2.76			
LL	117,119,121	Mandinga y otros (Golfo de S. Blas)	3 668	11 151	3.04	0.65	7 248	229.8

Cuadro 5 (Conclusión)

Gran cuenca	Cuenca	Rfo	Superficie (km ²)	Agua caída		Coeficiente de escorrentamiento	Agua escurrida	
				Volumen (millones m ³)	Altura (metros)		Volumen (millones m ³)	Caudal (m ³ /s)
Vertiente del Pacífico			<u>53 130</u>	<u>121 161</u>	2.28		<u>76 422</u>	<u>2 423.4</u>
MM			4 489	15 712	3.50	0.75	11 784	373.7
	102	Chiriquí Viejo	1 435	5 264	3.67			
	104,106	Escarero y Chico	1 409	4 678	3.32			
	108	Chiriquí	1 645	5 770	3.51			
NN	110,112,114,116,118,120,122,124	Fonseca, Tabasará, San Pablo, San Pedro, Tonosí y otros (Golfo de Montijo)	11 704	34 293	2.93	0.60	20 776	658.8
OO	126,128,130,132,134	La Villa, Parita Sta. María, Grande y otros (Golfo de Parita)	9 667	19 237	1.99	0.65	12 504	396.5
PP	136,138,140	Antón, Gaimito y otros	2 224	4 159	1.87	0.65	2 703	85.7
QQ	142,144,146	Juan Díaz, Tocumen Pacora y otros	1 204	2 444	2.03	0.60	1 466	46.5
RR	148	Bayano	4 632	9 959	2.15	0.60	5 975	189.5
SS			19 210	35 357	1.84	0.60	21 214	672.7
	156	Chucunaque-Tuirá	9 648	18 910	1.96			
	150,152,154,158,160,162	Congo, Tucutí, Sambú y otros	9 562	16 447	1.72			

a/ Cuenca internacional, valores correspondientes a Panamá únicamente.

Para las cuencas o zonas elegidas, las alturas del agua caída son en general altas en todo el país y van desde 1.72 m a 3.98 m.

De aquel total se ha estimado que $126\ 506 \times 10^6 \text{ m}^3$ llegan como escorrentía a la desembocadura de los ríos.

El caudal total de los ríos originado sólo por precipitación caída en el país es de $4\ 011.5 \text{ m}^3/\text{s}$, de los cuales $1\ 588.1 \text{ m}^3/\text{s}$ corresponden a la vertiente del Atlántico y $2\ 423.4$ a la del Pacífico, representando escurrimientos específicos de 70.5 y 45.5 litros por segundo por km^2 , respectivamente.

El cálculo efectuado acusa la gran disponibilidad de agua que tiene el país, prácticamente en todo su territorio. La menor disponibilidad se observa en las llanuras costeras del Pacífico, particularmente en la zona del golfo de Parita.

El volumen anual distribuido, según la población de 1968, es $98\ 000 \text{ m}^3$ por habitante, o sea 3.1 l/s/hab.

b) De interés internacional

Los caudales de los ríos Sixaola y Changuinola poseen partes de sus cuencas en Costa Rica. El del primer río, originado en Panamá, es de $32.9 \text{ m}^3/\text{s}$ y al ingresar al curso principal adquiere carácter internacional. Por otra parte, Panamá recibe aguas que se han precipitado en Costa Rica en la cuenca del río Teribe, afluente del Changuinola. El caudal originado por aquellas al entrar a territorio panameño es $15.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y se agrega al que aguas abajo se forma en Panamá. Habría que agregar, además, el aporte al río Chiriquí Viejo que se genera en la parte de su cuenca que corresponde a Costa Rica, relativamente pequeño pero que no se ha podido valorar, y el reducido caudal originado en la cuenca del río Jampavadó, que fluye hacia Colombia.

IV. FACTORES NATURALES QUE AFECTAN AL USO DEL AGUA

1. Topografía

El relieve del país se configura principalmente por la cadena de serranías o cordilleras que forman la divisoria continental de las aguas y que cruzan el territorio de oeste a este. La parte occidental del territorio, al oeste de la latitud $80^{\circ}30'$, es mucho más accidentada que la oriental, debido a la presencia de la cordillera de Talamanca, la cumbre de la Playita y la serranía de Tabasará.

Más hacia el este las serranías disminuyen de altura y prácticamente desaparecen en las vecindades de la Zona del Canal de Panamá, convirtiéndose en colinas redondeadas de unos 300 metros de altura sobre el nivel de mar, pero que apenas llegan a 80 metros en los bordes del Canal.

Aunque en la nacientes del río Chagres hay alturas que llegan a 1 000 m, la divisoria continental en la parte este del país, formada por la cordillera de San Blas y la serranía del Darién, es relativamente baja con picos de alturas comprendidas entre 700 y 1 300 metros; aquélla se encuentra a unos 10 km de la costa atlántica en casi toda la provincia de San Blas.

Fuera de la divisoria continental está en la provincia de Panamá y en el oeste del Darién la serranía de Cañazas, con alturas máximas de unos 1 500 metros. También en el este del Darién se encuentran la serranía del Sapo y la cordillera de Juradó. En la península de Azuero se halla el cerro Gambutal con una altura de 1 400 metros y el cerro Grande, de menor altitud.

El punto más alto del país está en el volcán de Chiriquí con 3 475 m, situado en el oeste de la provincia de igual nombre. Las regiones más bajas y planas del país se encuentran principalmente en la provincia de Darién, en las zonas costeras de ambos océanos y en la cuenca del río Bayano.

La zona con mayores pendientes corresponde al oeste de las provincias de Bocas del Toro y de Chiriquí. Sobre esta última coincide uno de los centros de mayores precipitaciones del país. Otra zona con fuertes pendientes se ubica en la serranía de Tabasará, en las provincias mencionadas, y en la de Veraguas.

En la zona del Canal las mayores pendientes medias son del orden de 14 metros por kilómetros (1.4 por ciento).

La distribución del territorio por alturas sobre el nivel del mar puede proporcionar una imagen más definida de la topografía, habiéndose calculado ésta en forma aproximada, a base de un mapa con curvas de nivel medidas en pies, con los siguientes intervalos: 1 000, 2 000, 3 000, 5 000, 7 000 y 9 000.

El 61.9 por ciento de la superficie se halla bajo los 305 metros de altura, el 78.2 bajo los 610, el 87.8 bajo los 914, el 96.4 bajo los 1 524, el 99.2 bajo los 2 134 metros y casi el 100 por ciento bajo los 2 743 m. Sólo 19 km² están sobre los 2 743 metros. Conviene destacar sin embargo, que el 3.6 por ciento, con alturas superiores a los 1 524 metros, se encuentra al oeste de las cuencas de los ríos Coclé del Norte y San Pablo en las vertientes del Atlántico y del Pacífico respectivamente, y que casi el 80 por ciento del país está a menos de 610 metros.

Para los mismos intervalos de altura, los porcentajes discriminados por vertientes difieren algo. Así, en la del Atlántico el 56.1 está bajo los 305 metros mientras en la del Pacífico lo está el 64.3. Bajo los 610 metros se encuentra el 73.6 por ciento en el Atlántico y el 80.1 en el Pacífico, y bajo los 914 metros, el 82.0 en el Atlántico y el 90.2 en el Pacífico.

Con respecto a las cuencas de ríos importantes que tienen grandes superficies a mayores alturas, se deben citar algunos que destacan con relación al resto del país. El Changuinola tiene 1 022 km² de cuenca arriba de los 1 524 metros; las cuencas de los ríos Chiriquí Viejo, Escarreo y Chico poseen en conjunto 451 km² sobre la misma altura, y el Chiriquí, 270 km².

Más detalles del cálculo aproximado realizado, se aprecian en el cuadro 6.

Cuadro 6

PANAMÁ: DISTRIBUCION DE LA SUPERFICIE SEGUN CURVAS DE NIVEL
 EN VERTIENTE Y CUENCAS PRINCIPALES (km²)

Vertiente y cuencas principales	Total	Menos de 304,8	304,8 a 609,6	609,6 a 914,4	914,4 a 1 524,0	1 524,0 a 2 133,6	2 133,6 a 2 743,2	2 743,2 a 3 657,6
Total del país	75 650.0	46 828.0	12 313.0	7 284.0	6 549.0	2 085.0	579.0	19.0
Porcentaje	100.0	61.9	16.3	9.6	8.6	2.8	0.8	
Porcentajes acumulados		61.9	78.2	87.8	96.4	99.2	100.0	
Vertiente del Atlántico	22 269.0	12 497.0	3 909.0	1 875.0	2 411.0	1 210.0	354.0	19.0
Sixaola		148.0	62.0	45.0	175.0	53.0		
Changuinola		522.0	232.0	136.0	515.0	649.0	354.0	19.0
Zona río Changuinola-río Coclé del Norte		3 099.0	2 126.0	1 159.0	1 630.0	508.0		
Coclé del Norte		908.0	399.0	135.0	91.0			
Zona Coclé del Norte-Canal Panamá		1 359.0	258.0	58.0				
Canal de Panamá		3 562.0	291.0	129.0				
Zona del Canal-frontera Colombia		2 899.0	541.0	213.0				
Porcentaje Atlántico	100.0	56.1	17.5	8.4	10.8	5.5	1.6	0.1
Porcentaje acumulado		56.1	73.6	82.0	92.8	98.3	99.9	100.0
Vertiente del Pacífico	53 381.0	34 324.0	8 410.0	5 409.0	4 138.0	875.0	225.0	
Chiriquí Viejo-Escarreo-Chico		1 250.0	219.0	270.0	612.0	290.0	161.0	
Chiriquí		908.0	361.0	399.0	342.0	206.0	64.0	
Zona río Chiriquí-río San Pablo		2 854.0	1 321.0	947.0	522.0	379.0		
San Pablo		1 405.0	361.0	528.0	324.0			
Zona río San Pablo-río Tonosí		1 596.0	837.0	631.0	805.0			
Tonosí		226.0	206.0	213.0	96.0			
Zona río Tonosí-río Santa María		3 304.0	458.0	335.0	19.0			
Santa María		1 701.0	464.0	316.0	206.0			
Zona Santa María-Canal		3 130.0	683.0	284.0	226.0			
Zona Canal-Bayano		624.0	52.0					
Bayano		3 104.0	723.0	366.0	232.0			
Zona Bayano-Tuira		1 488.0	922.0	405.0	252.0			
Tuira		9 492.0	1 282.0	470.0	502.0			
Zona río Tuira - frontera Colombia		3 240.0	515.0	245.0				
Porcentaje Pacífico	100.0	64.3	15.8	10.1	7.8	1.6	0.4	
Porcentaje acumulado		64.3	80.1	90.2	98.0	99.6	100.0	

2. Evaporación y evapotranspiración

El conocimiento de la evaporación, cuando el agua en estado líquido pasa al de vapor, tiene especial interés porque su medición permite determinar las pérdidas o transferencias de agua que ocurrirán desde las superficies del líquido hacia la atmósfera, dato especialmente importante sobre los almacenamientos efectuados para el aprovechamiento hidráulico.

Las mediciones de este fenómeno en el país se reducían a fines de 1967 a 14 lugares (5 en la Zona del Canal, 2 en la provincia de Chiriquí, 1 en la de Herrera, 2 en la de Panamá, 2 en la de Los Santos y 2 en la de Veraguas); en otros puntos donde se realizaron observaciones habían sido suspendidas.

El Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano en ejecución, prevé la instalación de 10 estaciones tipo A que incluirán entre sus observaciones las mediciones de la evaporación.

La variación de la evaporación a lo largo del año, se aprecia a base de los valores mensuales medios expresados en milímetros por día evaporados. En las cinco estaciones de las que se dispuso de información, se observa que la evaporación tiene valores medios menores en la época lluviosa y mayores en la época seca, de enero a abril. En la primera, los más bajos van de 1.5 a 5.8 milímetros al día (según los lugares), y en la segunda, los más altos van de 4.7 a 9.1 milímetros al día.

Las variaciones, así como los totales, están determinados por las variables que actúan en el proceso como son la temperatura y humedad del aire, el viento, la radiación solar, etc. (Véase el cuadro 7.) Los valores máximos y mínimos mensuales conservan igual variación.

Los totales anuales promedio varían, en los puntos considerados, desde 1 266 milímetros en Gatún, hasta 2 629 milímetros en Cañazas y, aunque los puntos tomados en cuenta son pocos, se estima, dadas las condiciones meteorológicas del país, que en su mayor parte debe tener totales anuales comprendidos entre esos valores.

La evapotranspiración es el proceso por el cual el agua contenida en el suelo pasa en estado gaseoso a la atmósfera. Se compone de la transpiración de las plantas y la evaporación de superficies de agua y de

Cuadro 7

PANAMA: VALORES DIARIOS Y ANUALES DE EVAPORACION

(Milímetros)

Valor	Mensual												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<u>Gatún 9°16' 79°55'</u>													
Promedios	3.9	4.6	4.7	4.7	3.3	3.0	2.5	2.9	2.9	3.0	2.8	3.3	1 266
Máximo medio	4.5	5.2	5.6	5.6	4.4	3.4	3.1	3.3	3.5	3.5	3.2	3.5	1 354
Mínimo medio	3.3	3.9	4.1	3.7	2.4	2.7	2.0	2.4	2.6	2.7	2.3	3.1	1 110
<u>Madden Dam 9°12' 79°37'</u>													
Promedios	4.6	5.4	5.3	5.2	3.5	2.7	2.6	2.9	2.6	2.5	2.6	3.7	1 327
Máximo medio	5.4	5.8	6.1	6.7	4.2	3.6	3.5	3.5	3.1	3.3	3.0	4.4	1 524
Mínimo medio	3.9	4.8	4.1	4.5	2.2	1.4	1.5	1.4	1.3	1.1	1.7	3.1	940
<u>Pedro Miguel 9°01' 79°37'</u>													
Promedios	4.4	5.2	5.3	5.0	3.2	2.6	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	3.3	1 270
Máximo medio	5.3	5.9	6.1	5.6	4.0	3.0	2.9	2.8	2.8	3.3	3.1	4.1	1 402
Mínimo medio	3.3	4.6	4.5	4.2	2.5	2.1	1.8	2.0	2.1	2.1	1.9	2.9	1 156
<u>Caldera 8°19' 81°13'</u>													
Promedios	7.1	7.5	7.4	5.5	3.3	2.0	2.4	2.5	1.9	1.5	2.5	5.0	1 472
Máximo medio	7.6	9.0	8.6	7.1	4.3	2.6	3.1	3.0	2.9	1.9	2.9	6.1	1 741
Mínimo medio	6.6	5.5	5.9	4.4	1.8	1.5	1.7	2.0	1.5	1.1	2.0	4.0	1 320
<u>Cañazas 8°19' 81°13'</u>													
Promedios	8.2	8.5	9.1	8.7	8.0	5.7	6.7	6.2	6.3	5.8	6.6	6.7	2 629
Máximo medio	9.3	9.0	10.8	10.3	10.7	7.1	8.2	7.1	9.4	7.6	8.3	9.1	2 988
Mínimo medio	6.2	8.0	7.7	7.3	5.4	4.7	5.5	4.4	4.9	2.7	4.7	2.9	2 289

Fuente: Climatological Data - Canal Zone and Panama, 1956-62. Estadística Panameña, Serie L Meteorología, 1958-63.

los suelos. Su medición o cálculo es también básico para la determinación de los balances de aguas.

La evapotranspiración real no se mide en el país, y algunos estudios realizados la han estimado a base de fórmulas que tienen en cuenta diferentes variables climáticas, relacionándolas después con la altura del terreno. (11) Dichas fórmulas permiten calcular primero la evapotranspiración potencial y luego pasar de ésta, mediante un balance de aguas del suelo, a la evapotranspiración real.

Con los resultados obtenidos se observan las variaciones a lo largo del año de la evapotranspiración potencial apreciándose en el cuadro 8 los porcentajes mensuales de aquélla con relación al total anual y su variación con la altura hasta 1 500 metros. En la estación seca, o sea de enero a abril, los porcentajes mensuales en bajos niveles duplican a los de la época lluviosa, pero a 1 500 metros de altura llegan a triplicar estos últimos. (11)

Cuadro 8

PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE EVAPOTRANSPIRACION
 POTENCIAL

Elevación (Metros)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
100	11.0	12.0	13.2	11.2	8.0	5.9	6.1	6.2	7.3	6.6	5.6	6.9
500	13.2	13.9	14.6	10.8	8.0	5.5	5.2	5.3	4.7	5.0	5.4	8.4
1 000	13.9	14.8	15.0	10.6	8.0	5.2	4.7	5.2	4.3	4.0	5.2	9.1
1 500	14.4	15.1	15.2	10.5	8.0	5.1	4.5	4.8	4.1	3.9	5.0	9.4

Los valores de los totales anuales de la evapotranspiración potencial y de la evapotranspiración real, determinados para los lugares en los que se tenían registros de temperatura, acusan variaciones importantes. Son menores en la primera, como se puede apreciar en el cuadro 9, que se halla limitada por la disponibilidad de agua del suelo.

/Los valores

Los valores extremos de la evapotranspiración potencial anual van desde 1 175 milímetros en Cerro Punta, Chiriquí, a 1 859 metros de altura, hasta 1 413 milímetros en Chitré, Herrera a 24 metros. La evapotranspiración real anual varía entre 833 milímetros en Bambito, Chiriquí a 1 220 m, y la Laguna de la Yuguada, en Veraguas, a 640 m, hasta 1 337 m en Salud, Colón, a 5 metros de altura. Valores para otros lugares del país se dan en el cuadro 9.

La distribución regional de la evapotranspiración potencial se aprecia en la lámina 1 del Informe General. Los valores mayores se obtuvieron para las zonas costeras que coincidirían con el de 1 380 milímetros, y los menores para los lugares más altos como la divisoria continental de aguas, donde son inferiores a 1 200 milímetros. Este resultado era, en cierta manera, previsible puesto que se estableció una relación entre la evapotranspiración potencial y la temperatura media anual, y luego de aquélla con la altura.

Un trabajo similar efectuado para todo el Istmo Centroamericano (12) basado en la fórmula de Blaney y Criddle modificada, obtuvo mayores valores que el anterior. De acuerdo con éste, las zonas bajas tienen una evapotranspiración potencial anual superior a 2 000 milímetros y las partes más altas, en la cordillera Talamanca entre 1 400 y 1 600. Los valores intermedios varían en relación inversa a la altura del lugar. Entre las zonas con más de 2 000 milímetros se encuentran las regiones costeras de ambos océanos, la Zona del Canal, el valle del río Bayano y gran parte de la cuenca del río Tuira-Chucunaque.

Cuadro 9

PANAMA: VALORES PROMEDIO ANUALES DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
Y REAL EN DIFERENTES LUGARES DEL PAIS

(mm)

Lugar	Provincia	Elevación (m)	Temperatura promedio anual (Grados centí- grados)	Evapotranspira- ción potencial	Evapotranspi- ración real	Precipitación anual promedio
Balboa Heights	Zona del Canal	30	28.0	1 359	1 069	1 750
Bambito	Chiriquí	1 220	18.2	1 224	833	2 280
Boquete	Chiriquí	1 068	19.9	1 255	980	2 686
Caldera	Chiriquí	360	19.0	1 238	1 015	3 521
Cañazas	Veraguas	200	24.0	1 326	918	2 802
Cerro Punta	Chiriquí	1 859	15.6	1 175	873	2 437
Chitré	Herrera	24	29.4	1 413	891	1 144
David	Chiriquí	26	27.4	1 382	1 101	2 860
Divisa	Herrera	23	27.0	1 376	991	1 630
Laguna de la Yeguada	Veraguas	640	19.2	1 241	833	3 220
Madden Dam	Zona del Canal	75	26.3	1 368	1 027	2 414
Planta Calderas	Chiriquí	940	18.8	1 234	953	4 052
Puerto Armuelles	Chiriquí	15	25.6	1 353	1 055	2 120
Aeropuerto de Tocumen	Panamá	61	26.9	1 374	1 047	1 902

Fuente: Comisión de Reforma Agraria, Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, Volumen II. Hidrometeorología, 1966.

V. LAS REDES DE OBSERVACIONES Y LOS ORGANISMOS QUE LAS OPERAN

1. Las primeras mediciones meteorológicas

Las primeras mediciones meteorológicas comenzaron en Panamá con observaciones de lluvia en la isla Taboga en 1861; fueron intermitentes y se suspendieron al final de 1866. Sin embargo, desde el final de 1862 y hasta 1874 la Panama Railroad Company realizó en Colón mediciones de lluvia.

Desde este último año no hubo observaciones hasta 1879, en que se instaló un pluviómetro en la ciudad de Panamá.

Poco después, en 1881, la Compañía Francesa del Canal inició mediciones de lluvia en Colón, Balboa y la isla Naos, y de la temperatura del aire y velocidad del viento en Colón, Panamá y en el interior. También se observaron la temperatura del agua y las mareas en el Atlántico y en el Pacífico y la presión atmosférica en Colón. Algunas de estas mediciones se suspendieron en 1889, como las de lluvia en Colón y Naos.

La segunda compañía francesa restableció mediciones de lluvias y temperatura e instaló termógrafos y barógrafos.

Las observaciones más regulares se iniciaron en junio de 1905, al crearse el Bureau of Meteorology and River Hydraulics en la Comisión del Canal del Istmo (Isthmian Canal Commission). Bajo este organismo se instalaron 22 estaciones de lluvia, 9 de las cuales tenían pluviógrafos. En 1906 seis de ellas situadas fuera de la Zona del Canal, se abandonaron.

Las autoridades de Panamá, por intermedio de su sección de agricultura, instaló también pluviómetros en 1926 en varias localidades del interior, pero se abandonaron en 1930.

De 1929 a 1933 se instalaron arriba de Madden Dam cinco estaciones pluviométricas que todavía continúan observando y que durante la construcción sirvieron para anunciar las crecientes.

Entre 1940 y 1941 se agregaron nueve pluviógrafos para obtener datos adicionales en el proyecto Third Locks y aún continúan observando tres en cada una de las cuencas de los ríos Gatún, Ciri y Trinidad.

2. Las primeras mediciones hidrológicas

Las primeras mediciones hidrológicas en Panamá comenzaron con las determinaciones de alturas y caudales efectuadas por la primera compañía francesa del Canal en el río Chagres en Gamboa y Bohío en el año 1881. En 1887 se suspendieron las de Bohío y luego, en 1889, las de Gamboa. Estos fueron fragmentarios o incompletos pues no registraron las grandes inundaciones.

La segunda compañía francesa estableció en abril de 1899 la estación medidora sobre el río Chagres en Alhajuela (Madden Dam). En 1904, la Isthmian Canal Company prosiguió con las mediciones iniciadas por los franceses y aumentó su número. Entre 1907 y 1912 se instalaron algunas estaciones medidoras de caudales que se mantuvieron por cortos tiempos.

Las mediciones con molinetes (correntómetros) comenzaron en 1908; anteriormente se hacían con flotadores.

Entre 1929 y 1933 se instalaron tres estaciones para medición de caudales arriba de Madden Dam que sirvieron principalmente para avisar las crecientes durante la construcción de la presa. Estas estaciones continuaron observando y son Chico en el río Chagres, Candelaria en el Pequeñí y Peluca en el Boquerón.

Las estaciones en los ríos Ciri y Trinidad arriba de los límites del lago Gatún se agregaron en 1947 y la de Gatún en 1943.

La Sección de Meteorología e Hidrografía del Departamento de Operaciones y Mantenimiento de la Compañía del Canal ha publicado y publica las mediciones en anuarios o informes especiales relativamente frecuentes. (Véase el cuadro 10.)

3. La Zona del Canal de Panamá

En la Zona del Canal de Panamá se efectúan mediciones meteorológicas e hidrológicas de gran importancia a cargo de la Panama Canal Company y de las fuerzas militares de los Estados Unidos de América, en parte continuación de las que se hicieron originalmente con motivo de la construcción del Canal.

Cuadro 10

PANAMA: NUMERO DE ESTACIONES METEOROLOGICAS E HIDROLOGICAS EXISTENTES Y PROGRAMADAS (13)

Instituciones responsables	Meteorológicas						Hidrológicas			
	Precipitación	Temperatura del aire	Evaporación	Humedad relativa	Viento	Luz solar	Presión barométrica	Descarga fluvial	Temperatura del agua	Niveles de agua subterránea
<u>Total</u>	<u>320</u>	<u>72</u>	<u>25</u>	<u>64</u>	<u>58</u>	<u>13</u>	<u>11</u>	<u>108</u>	<u>3</u>	<u>8</u>
<u>Mediciones existentes</u>	<u>157</u>	<u>22</u>	<u>15</u>	<u>14</u>	<u>8</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>63</u>	<u>3</u>	<u>8</u>
Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación <u>a/</u>	60	12	10	10	1	-	-	57	-	8
Compañía del Canal de Panamá <u>b/</u>	28	6	5	4	7	3	1	6	3	-
Empresas privadas <u>c/</u>	69	4	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Mediciones programadas</u>	<u>163</u>	<u>50</u>	<u>10</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>45</u>	-	-
Proyecto regional con Fondo Especial de Naciones Unidas	150	50	10	50	50	10	10	40	-	-
Estudio Canal a nivel por Darién	13	-	-	-	-	-	-	5	-	-

a/ Incluye algunas de otras dependencias oficiales.b/ Incluye las instalaciones militares de los Estados Unidos en la Zona del Canal.c/ La gran mayoría corresponden a la Chiriquí Land Co.

La Compañía del Canal tiene instaladas 22 estaciones pluviométricas, casi todas con pluviógrafo, de las cuales tres son del tipo A y cuatro del tipo B; son operadas por la Meteorological and Hydrographic Branch que también tiene instaladas cinco hidrológicas, tres con limnógrafo y dos con limnómetro.

Las fuerzas militares disponen de seis estaciones meteorológicas, dos tipo A, tres tipo B y una pluviográfica.

En Howard Field se efectúan mediciones horarias de los diversos elementos atmosféricos de superficie y cada seis horas se realizan mediciones de altura con radioviento sonda. La oficina de pronósticos elabora un mapa sinóptico de superficie al día y mapas de altura cada 5 000 pies, hasta los 40 000 pies de elevación, dos veces al día. Posee radar meteorológico y efectúa pronósticos para uso del aeropuerto de Tocumen.

En Fort Shermann se hacen además de observaciones de superficie otras de altura por medio de rocketsondes.

4. Otras observaciones

Además de los organismos citados, otros hacen mediciones de meteorología e hidrología.

La Universidad de Panamá tiene una estación meteorológica tipo A que instaló en 1961.

La compañía bananera Chiriquí Land Co., instaló en los años treinta en las regiones suroeste y noroeste de las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro gran cantidad de estaciones, 50 de las cuales continúan en operación. Son en su mayoría pluviométricas y el resto termopluviométricas, y el objeto de su instalación ha sido obtener datos para el mejor cultivo del banano.

El proyecto de riego que se llevaba a cabo con la ayuda del Fondo Especial de las Naciones Unidas y la FAO en la zona de Chitré (cuenca del río La Villa) instaló 19 estaciones pluviométricas, una tipo B y cuatro con pluviógrafo, así como cinco hidrológicas, tres con limnógrafos. Todas están en las cuencas de los ríos Parita, La Villa, Guararé y Tonosí.

/Es oportuno

Es oportuno señalar, además, que en años recientes se instalaron algunas estaciones en las provincias de Darién y San Blas para obtener datos sobre la región ante la posibilidad de la construcción de un nuevo canal en esa zona. Se deben mencionar en especial Soskatupe (08°56' - 77°44') y Pidiaque (08°36' - 78°08'), donde además de las mediciones meteorológicas de superficie se hacen observaciones de altura con globos piloto cada seis horas y con radiosonda cada doce.

Otras instituciones y particulares, especialmente agricultores, efectúan también mediciones, sobre todo de precipitación.

Se pueden citar la Compañía Azucarera Nacional, El ingenio Ofélina, el Instituto Nacional de Agricultura, el Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias, etc.

5. La Comisión Nacional de Aguas

La Comisión Nacional de Aguas fue creada, por la Ley No. 3 del 22 de septiembre de 1966, como una dependencia del Ministerio de Agricultura, Comercio o Industrias. No realiza observaciones. Tiene por objeto coordinar y fiscalizar los organismos que intervienen en el uso y aprovechamiento de las aguas.

Algunas disposiciones de la ley pueden tener vinculación directa con las mediciones del recurso.

Entre sus funciones específicas, figura la de mantener en forma actualizada y expedita un inventario de las aguas del país.

La integran sendos representantes de las entidades estatales y particulares siguientes:

- a) Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias;
- b) Ministerio de Trabajo, Previsión Social y Salud Pública;
- c) Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación;
- d) Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales;
- e) Comisión de Reforma Agraria;
- f) Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos;
- g) Un particular no perteneciente a las anteriores entidades, escogido por su conocimiento de los problemas del agua.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

La importancia de disponer de datos seguros de meteorología e hidrología no necesita subrayarse por ser reconocida en el país no sólo por necesitarse cada vez más para estudios de diversos tipos, sino por la importancia cada día mayor que se le atribuye en todas las naciones.

En la actualidad grandes regiones del país carecen de observación alguna sobre meteorología o hidrología.

Para poder cubrir las principales lagunas en lo referente a estaciones de observaciones, Panamá participa con los otros cinco países del Istmo en el "Proyecto de Ampliación y Mejoramiento de los Servicios Hidrometeorológicos e Hidrológicos" para la región. (14,15,16)

La ejecución de este proyecto, de cinco años de duración, demandará un gran esfuerzo del país y de sus técnicos que en manera alguna podrá disminuir posteriormente, ya que las tareas de mantenimiento de redes mucho más extensas, y el control, ordenamiento y procesamiento de los datos obtenidos requerirá más tarde largas horas de trabajo.

Conviene señalar que no hay un organismo cuya función específica sea la meteorología. El IRHE realiza algunas mediciones en lugares que interesan principalmente desde el punto de vista hidrológico pero aparte de esas observaciones no se efectúan estudios de la especialidad ni pronósticos del tiempo; sin embargo, la Zona del Canal cuenta con una oficina de meteorología que efectúa pronósticos del tiempo para la aviación, principalmente. Está pendiente de realizar por lo tanto casi toda la actividad meteorológica (climatología, hidrometeorología, agrometeorología, etc.).

2. Recomendaciones

El Proyecto Regional Hidrometeorológico permitirá disponer en un plazo de cinco años de múltiples estaciones de observación, meteorológicas e hidrológicas, que sumadas a las existentes ascenderán a un total de 320 estaciones meteorológicas de todo tipo y 108 hidrológicas.

/Para poder

Para poder atender eficientemente las estaciones meteorológicas será preciso crear un departamento de esa especialidad. Su finalidad sería:

- i) Concentrar toda la información de las estaciones del país y de las que se instalen en el futuro;
- ii) Atender al mantenimiento y operación de las estaciones meteorológicas;
- iii) Procesar y publicar los datos obtenidos;
- iv) Realizar estudios de tipo climático y meteorológico;
- v) Instalar una central de pronósticos del tiempo, que pueda en el futuro asumir las responsabilidades que actualmente se tienen en la Zona del Canal;
- vi) Colaborar con los organismos del estado y particulares, proveyéndoles de la información climatológica o meteorológica que requieran, especialmente hidro y agrometeorológica;
- vii) Propender a que en el país todas las mediciones sean realizadas en unidades del sistema métrico decimal.

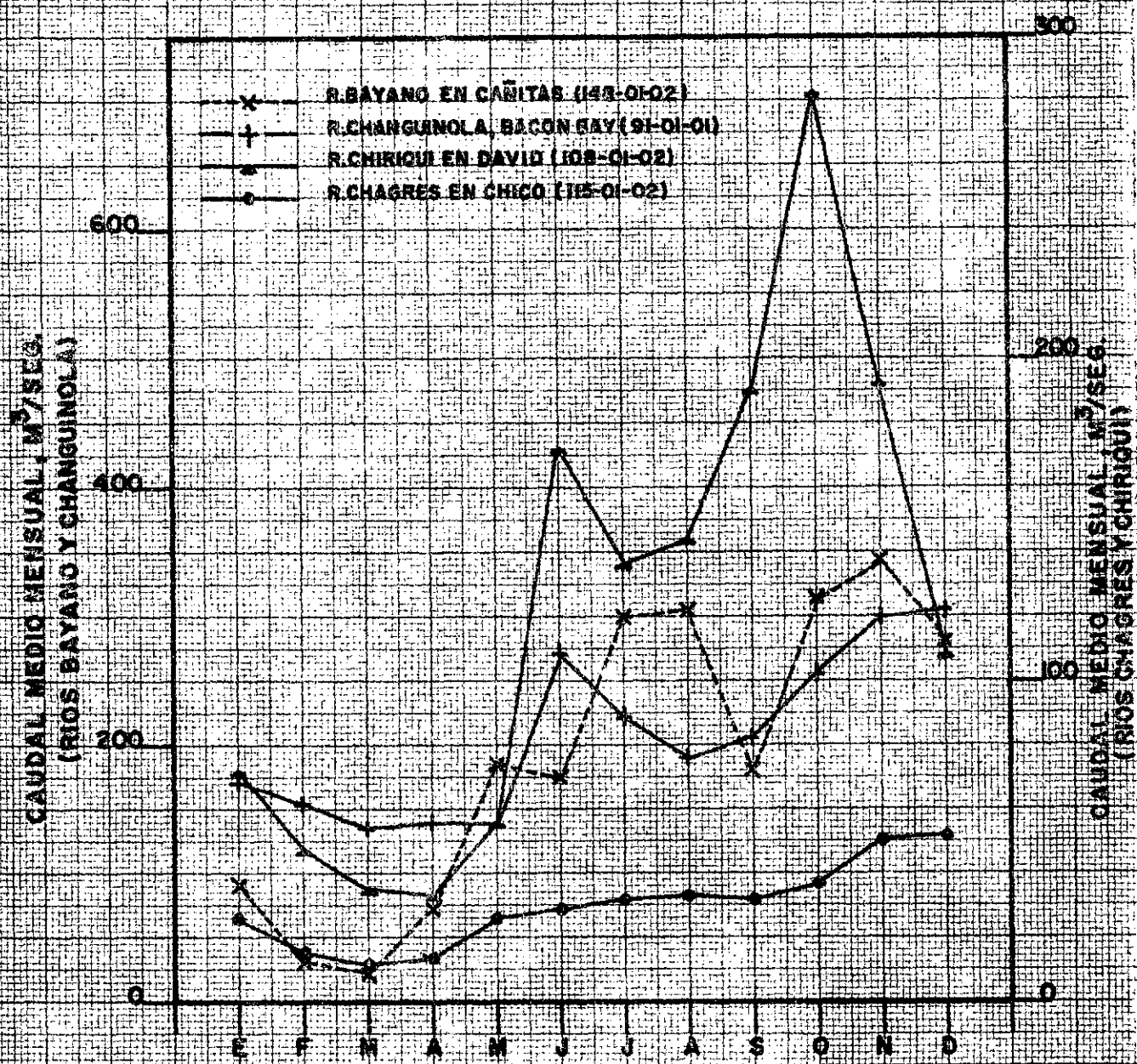
El departamento tendría las funciones de un servicio meteorológico, que podría incorporarse a alguno de los actuales organismos oficiales. El servicio meteorológico podría formar parte inicialmente del IRHE, para más tarde constituirse en un organismo independiente. La Comisión de Aguas podrá indicar las necesidades del país por su experiencia en este sector.

La sección de hidrometeorología del IRHE continuaría con la tarea hasta ahora desarrollada en la parte de hidrología.

Es preciso señalar que la labor a desarrollar durante la ejecución del Proyecto Hidrometeorológico constituye un gran paso tanto en meteorología como en hidrología al que deberán seguir otros en la misma dirección para mantener un progreso uniforme en ambas ramas.

Es imprescindible que las estaciones tipo A del Proyecto Hidrometeorológico sean provistas con equipo de radio para poderlas incorporar a la red meteorológica sinóptica y que sus observaciones se realicen también durante horas nocturnas.

Es aconsejable que, finalizado el proyecto de "Ampliación y Mejoramiento de los Servicios Hidrometeorológicos e Hidrológicos en el Istmo Centroamericano", continúe en operación el Comité Regional de Recursos Hidráulicos que se formó para coordinar su ejecución. Su labor para orientar y asesorar tareas regionales de tipo internacional en especial las vinculadas a cuencas internacionales, es muy amplia y deberá resolver sobre las mismas.



P A N A M A
 VARIACION DEL CAUDAL MEDIO MENSUAL
 EN RIOS SELECCIONADOS.

GRAFICO I

BIBLIOGRAFIA

1. G. Hoffmann, "Die Mittleren Jährlichen und absoluten Extremtemperaturen der Erde". Meteorologische Abhandlungen des Instituts für Meteorologie und Geophysik Freien Universität Berlin, Vol. 8, pt 3, 1960.
2. Department of Commerce, Weather Bureau, Hydrometeorological Report No. 4, 1943.
3. W. K. Henry, "An excessive rainfall in Panama, October 1954", Water Resources Research, Vol. 2, No. 4, 1966.
4. H. Lessmann, "Sistemas de Escala Media de Lluvia en El Salvador", Publicación Técnica No. 8, 1967.
5. Texas A. & M. University, Department of Oceanography and Meteorology, Report No. 7, W.K. Henry, J. F. Griffiths, G. Cobb, "Research on Tropical Rainfall Patterns and Associated Meso-scale Systems" January 1965.
6. Panama Canal Company. Climatological Data. Annual 1948 to 1962.
7. Dirección de Estadística y Censo. Estadística Panameña. Meteorología, 1952 a 1963.
8. Dirección de Estadística y Censo. Estadística Panameña. Vol. 10, No. 6, Junio 1951.
9. Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación. "Boletín Hidrológico", 1955 a 1966, diciembre 1967.
10. The Panama Canal Engineering and Construction Bureau. "Rainfall and Runoff of the Gatún Lake Watershed" September 1950.
11. Catastro Rural de Tierras y Aguas, Volumen II. "Hydrometeorology", Comisión de Reforma Agraria, Panamá, noviembre de 1966.
12. L. Ahlgren, E. Basso and R. Jovel "Preliminary Evaluation of the Water Balance in the Central American Isthmus" Symposium on the Water Balance of North America. American Water Resources Association. Urbana, Illinois, 1969.
13. Panamá "La Construcción de un Canal Interocéánico a nivel del mar y el Desarrollo de los Recursos Hidráulicos y de la Electrificación". (CEPAL/MEX/67/11/Rev. 1)

14. "Mejoramiento de la Hidrometeorología e Hidrología en el Istmo Centroamericano, 1965", (CEPAL/MEX/65/6).
15. Naciones Unidas. Proyecto de Ampliación y Mejoramiento de los Servicios Hidrometeorológicos e Hidrológicos en el Istmo Centroamericano. "Programa Preliminar de Instalaciones Hidrométricas y Meteorológicas en El Salvador, Nicaragua y Panamá". Publicación No. 12. Julio, 1967.
16. Naciones Unidas. Proyecto de Ampliación y Mejoramiento de los Servicios Hidrometeorológicos e Hidrológicos en el Istmo Centroamericano. "Rol de Estaciones Hidrológicas y Meteorológicas en el Istmo Centroamericano" Publicación No. 23. Mayo 1968.

Apéndice

DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS EN PANAMA

INDICE

	<u>Página</u>
Resumen	67
I. Estado actual de la investigación de aguas subterráneas	70
1. Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN)	70
2. Oficina de Catastro Rural	70
3. Administración de Recursos Minerales	70
4. Comisión Nacional de Aguas	71
5. Conclusiones	71
II. Hidrogeología	72
1. Introducción	72
2. Ocurrencia del agua subterránea	72
3. Posibilidades de intrusión salina	75
III. Estimación preliminar de los recursos hídricos del subsuelo	77
1. Introducción	77
2. Estimación de la infiltración	78
3. Estimación preliminar del rendimiento seguro	79
Bibliografía	83



RESUMEN

En este informe, parte del estudio sobre evaluación de los recursos hidráulicos del Istmo Centroamericano encomendado a la CEPAL, se examina el estado actual de la investigación sobre aguas subterráneas en Panamá, se hace una breve descripción de la hidrogeología del país, dirigida especialmente a la identificación de áreas susceptibles de proporcionar aprovechamientos en gran escala, y se presenta finalmente, una estimación provisional del orden de magnitud del agua subterránea disponible en el país.

Con base en el mapa geológico del país, y en los resultados obtenidos en áreas hidrogeológicamente similares de países vecinos, se ha podido definir la ubicación de los depósitos de agua subterránea más importantes del país, que se encuentran principalmente, en formaciones sedimentarias y volcánicas del Cuaternario; las primeras corresponden a las planicies aluvionales cercanas a las costas, y las segundas, a las cadenas volcánicas que se encuentran al noroeste de David y al este de Penonomé. En la lámina 2 del informe general se señala la ubicación y extensión aproximada de los depósitos en esas formaciones.

Con excepción de algunas formaciones de areniscas y calizas marinas, se consideraron incapaces de rendir caudales que permitan efectuar aprovechamientos en gran escala, todos los materiales sedimentarios, volcánicos y metamórficos del Terciario, Cretácico y Pre-cretácico.

Los materiales sedimentarios y volcánicos del Cuaternario pueden absorber entre un 25 y un 40 por ciento de la precipitación total, en función inversa al contenido de arcillas y las formaciones del resto del país pueden absorber entre un 2 y un 15 por ciento de la precipitación.

El sentido en que circula el agua subterránea parece coincidir con la del drenaje superficial; es decir, se inicia en las partes altas del interior del país y se dirige al mar, estando su magnitud gobernada por el gradiente hidráulico, la permeabilidad y las dimensiones físicas de los materiales saturados. Es evidente que los depósitos de agua subterránea están en conexión hidráulica con el océano, existiendo al presente un equilibrio natural dinámico entre el agua subterránea dulce que descarga en el océano

y una cuña de agua salada que permanece generalmente estática. En la vecindad inmediata de las costas, existen áreas de agua salobre por la comunicación con el mar y por existir altas tasas de evapotranspiración directa del agua subterránea.

Se estima que el gradiente hidráulico en los materiales aluvionales de las costas oscila entre el 2 y el 5 por mil, presentándose valores mayores en los materiales volcánicos del Cuaternario. No existe información al respecto sobre el resto de las formaciones geológicas.

La permeabilidad de los materiales aluvionales se estima que alcanza cifras de entre 4.8 y 12 litros por día, por metro cuadrado (200-500 GPD/pie²), y se considera que varía la de los materiales volcánicos del Cuaternario entre 2.4 y 12 litros por día, por metro cuadrado (100-500 GPD/pie²). Estos datos generalizados se basan en informaciones aisladas sobre capacidades específicas de pozos exploratorios y de producción que han sido objeto de ensayos de bombeo; poco se conoce sobre otras formaciones existentes en el país.

Los aprovechamientos en gran escala, pueden romper el equilibrio hidrológico de los acuíferos costeros, y provocar la intrusión del agua salada, por lo que deberá tenerse gran cuidado al utilizar estos depósitos, ante la posibilidad de afectar a la calidad del agua subterránea.

Asignando valores conservadores a las tasas de infiltración de cada unidad hidrogeológica identificada y con base en los resultados obtenidos en estudios detallados realizados en áreas hidrogeológicamente similares de otros países, pudo estimarse que se infiltran anualmente en el país, unos 24 400 millones de metros cúbicos, que equivalen a un 10.3 por ciento de la precipitación total. De dicho volumen, aproximadamente 7 800 millones de metros cúbicos podrían infiltrarse en las formaciones sedimentarias y volcánicas del Cuaternario, y constituyen el límite máximo del volumen recuperable.

Para efectuar una burda estimación del orden de magnitud del rendimiento seguro de los depósitos del Cuaternario, con base en las características físicas e hidráulicas de las formaciones saturadas del país y de países vecinos, y teniendo en cuenta la posibilidad de inducir la intrusión salina en respuesta a la extracción anticipada, se calculó que cuando mucho el 35 por ciento de la recarga recuperable podría constituir el

/rendimiento

rendimiento seguro, lo cual representa unos 3 293 millones de metros cúbicos anuales, o su equivalente de 105 metros cúbicos por segundo. De acuerdo con los cálculos efectuados, las cuencas de más alto potencial de agua subterránea del país son las siguientes:

Gran cuenca	Cuenca	Ríos	Rendimiento seguro estimado	
			Millones de m ³	m ³ /seg
MM	102 a 108	Chiriquí Viejo, Escarero, Chico y Chiriquí	1 300	41.0
OO	126 a 134	La Villa, Parita, Santa María, Grande y otros	580	18.5
NN	110 a 124	Fonseca, Tabasará, San Pablo, San Pedro, etc.	455	14.5
JJ	93 a 103	Guarumo, Cricamola, Calovébora y otros	350	11.0
PP	136 a 140	Antón, Caimito y otros	200	6.5

I. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

En Panamá no se ha creado ningún organismo oficial para la investigación y el aprovechamiento de los recursos hídricos del subsuelo; se han efectuado estudios aislados sobre las disponibilidades, pero en conexión con proyectos de riego y con fines de catastro fiscal. No se cuenta tampoco, con personal nacional especializado para la realización de estos estudios.

Los organismos nacionales siguientes, han realizado trabajos relacionados con la investigación y el aprovechamiento de las aguas subterráneas de Panamá.

1. Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN)

Se ha ocupado de la perforación de numerosos pozos para el abastecimiento de agua potable de varias ciudades importantes. Dispone, sin embargo, de escasa información al respecto, porque los pozos no han sido ubicados con criterio hidrogeológico.

2. Oficina de Catastro Rural

En colaboración con el Instituto de Reforma Agraria, esta oficina ha realizado estudios sobre disponibilidades de agua subterránea en la península de Azuero con propósitos de valuación fiscal. El informe efectuado por personal extranjero, se encontraba en prensa a fines de 1969. El catastro no cuenta con personal nacional especializado en estas disciplinas.

3. Administración de Recursos Minerales

Este organismo contrató los servicios de un geólogo extranjero para que realizase algunos estudios sobre disponibilidad de aguas subterráneas. No cuenta con personal auxiliar ni el equipo necesario para un programa de investigación.

4. Comisión Nacional de Aguas

La oficina se creó para que asumiera las funciones de la Oficina de Recursos Minerales en lo referente a investigación del agua subterránea; se tenía el propósito de dotarla de los fondos necesarios para estos trabajos.

5. Conclusiones

Existiendo el propósito de que la Comisión Nacional de Aguas se haga cargo de la investigación de los recursos hídricos del subsuelo, convendrá proporcionarle el financiamiento y las instalaciones necesarias para su trabajo.

Como no se cuenta en Panamá con especialistas en la materia, también se necesitará obtener asistencia técnica extranjera, y organizar cursos y programas de adiestramiento que permitan capacitar al personal necesario del país.

II. HIDROGEOLOGIA

1. Introducción

A continuación se presenta una descripción generalizada cualitativa de la hidrogeología del país, con especial referencia a las zonas donde se pueden obtener aprovechamientos en gran escala para abastecer diferentes necesidades de agua; también se señalan aquéllas que carecen con seguridad de potencial suficiente aunque de ellas puedan obtenerse caudales o rendimientos limitados para necesidades domésticas o de escasa magnitud.

Para los propósitos de este estudio de carácter general, y a nivel de reconocimiento, se han empleado como base, el mapa geológico elaborado por la Administración de Recursos Minerales, y el mapa generalizado a escala 1:1 000 000 publicado por la AID (1)*, que se consideran información adecuada para los propósitos perseguidos. Se dispuso además, del estudio detallado sobre agua subterránea en la península de Azuero elaborado por el Catastro Rural y la Reforma Agraria (2) y del mapa geológico simplificado de Centroamérica, recientemente publicado por Dengo (3), que sirvió de guía adicional.

Dicha información geológica, unida a datos puntuales sobre características hidráulicas aproximadas de los acuíferos alumbrados por algunos pozos exploratorios que han sido objeto de ensayos de bombeo, así como los resultados obtenidos en formaciones geológicas similares de países vecinos, han permitido identificar, tanto las formaciones que no ofrecen posibilidades de aprovechamiento en gran escala, como las que constituyen depósitos considerables de agua subterránea.

2. Ocurrencia del agua subterránea

a) Depósitos de agua subterránea

Los principales depósitos de agua subterránea están constituidos por formaciones aluvionales Cuaternarias y recientes (Qal), compuestas

* Los números entre paréntesis indican las referencias anotadas al final del informe.

de materiales no consolidados, producto de la erosión de los existentes en las cordilleras. Estos materiales han sido depositados en las planicies costeras ubicadas en las partes bajas de los ríos Chiriquí Viejo, Escarero y Chico (cuencas 102, 104 y 106), en las de los ríos San Pablo y San Pedro (cuencas 118, 120 y 122), y en las de los ríos Guararé, La Villa, Parita, Santa María, Grande (Coclé) y Antón (cuencas 126 a 136); en la del río Caimito (140), en las de los ríos Juan Díaz, Tocumen, Pacora y Bayano (cuencas 142 a 150), en las de los ríos Chucunaque y Tucutú (156 y 158), y en las de los ríos Sixaola, Changuinola, Guarumo, Cricamola y Calovébora (cuencas 87 a 97). Véase en la lámina 2 del informe general la ubicación y extensión de dichas formaciones.

Depósitos adicionales existen en las áreas cubiertas por materiales volcánicos cuaternarios --andesitas, basaltos y tobas asociadas-- situadas al noroeste de David, en las cuencas de los ríos Chiriquí Viejo, Escarero, Chico, y Chiriquí (cuencas 102 a 108), y al este de Penonomé, en las cuencas 134 a 138 de los ríos Grande (Coclé) y Antón. Estas formaciones han sido identificadas en el mapa con el símbolo Qv. Debe señalarse que la permeabilidad de estos materiales se ve reducida debido a la intemperización a arcilla (4.5), al contrario de lo que sucede a la mayoría de los materiales volcánicos de la misma edad que se encuentran en los otros países del Istmo Centroamericano.

Algunas formaciones del Terciario sedimentario, constituidas por areniscas y calizas marinas, pueden proporcionar caudales, pero probablemente no para abastecer necesidades de proyectos de aprovechamiento en gran escala. Este es el caso de los materiales cercanos a Tonosí, en las cuencas 124 y 126 (2), y de regiones situadas al norte de La Palma, en las cuencas 156 y 164.

El resto de las formaciones Terciarias, Cretácicas y Pre-cretácicas, no se consideran apropiadas para proporcionar caudales que permitan atender necesidades de abastecimiento en gran escala, aunque puedan absorber y almacenar agua y rendir caudales de reducida magnitud.

/Por lo que

Por lo que se refiere a tasas de infiltración, se estima que las formaciones que constituyen depósitos de agua subterránea pueden absorber entre un 25 y un 40 por ciento de la precipitación anual, estando su magnitud gobernada por factores como la tasa de infiltración de los suelos, la pendiente del terreno, la intensidad de la lluvia, etc. En el caso de las formaciones del Terciario y anteriores, la tasa anual de infiltración se estima que alcanza cifras de un 2 a un 15 por ciento de la lluvia anual, con un valor medio probable del 7 por ciento.

En general puede decirse que los depósitos mencionados, sólo poseen agua freática, el nivel superior de cuyo manto se encuentra a una presión igual a la atmosférica. En estos depósitos, compuestos generalmente por más de un horizonte saturado, el agua bombeada se extrae mediante un lento proceso de drenaje gravitacional, razón por la cual es menester emplear procedimientos especiales de análisis para obtener resultados fidedignos en los ensayos de bombeo.

El agua subterránea se dirige evidentemente, de las partes altas del interior del país al mar, dependiendo la magnitud del flujo del gradiente hidráulico y de la permeabilidad y las dimensiones de los materiales saturados. Esta tendencia general del movimiento del agua puede verse localmente modificada por la presencia de manantiales, ríos, lagunas, etc.

Los depósitos mencionados se encuentran en conexión hidráulica con el océano, existiendo un equilibrio natural entre el agua subterránea dulce que descarga en el mar y la cuña de agua salada, que permanece generalmente estática. En la vecindad inmediata de las costas, se encuentran zonas de agua salobre por contaminación del agua subterránea con el agua de mar; en estas mismas áreas costeras, y en otras donde la tabla freática se encuentra a escasa profundidad de la superficie, ocurren pérdidas de agua subterránea por evaporación directa y por transpiración de vegetación freatófita.

b) Profundidad y pendiente de la tabla freática

Sólo se cuenta con información referente a profundidades y gradientes del agua subterránea referente a algunas áreas específicas; pero puede

/afirmarse

afirmarse que en los depósitos aluvionales el gradiente freático oscila entre 2 y 5 por mil, ocurriendo gradientes mayores en los materiales volcánicos (Qv); se trata de cifras generalizadas que puede modificar localmente la vecindad inmediata de cuerpos de agua superficial y/o donde ocurran cambios en la permeabilidad de los materiales saturados. No existe información al respecto sobre el resto de las formaciones geológicas del país.

c) Características hidráulicas de los acuíferos

Sobre características hidráulicas de los acuíferos únicamente existe información muy dispersa referente a capacidades específicas de pozos exploratorios y de producción. Con base en dichos datos puede pensarse en una permeabilidad de entre 2.4 a 12 litros por día, por metro cuadrado (100 a 500 galones por día, por pie cuadrado), para los materiales volcánicos (Qv), y de entre 4.8 y 12 LPD/m² (200 y más de 500 galones por día, por pie cuadrado) en sedimentos aluvionales y en las areniscas y calizas marinas.

d) Formaciones no saturadas e impermeables (K.T.)

En relación con el resto del país, donde se encuentran generalmente formaciones volcánicas, sedimentarias y metamórficas del Terciario, y probablemente más antiguas, sólo puede afirmarse que se trata de formaciones que generalmente no favorecen la infiltración, el almacenamiento y el flujo del agua, aunque estén en capacidad de proporcionar volúmenes menores que podrían abastecer necesidades de igual magnitud. Las áreas ocupadas por estas formaciones aparecen en el mapa sin ninguna distinción especial, en contraposición con los depósitos de agua subterránea.

3. Posibilidades de intrusión salina

En Panamá existen posibilidades de intrusión salina a lo largo de las costas, donde generalmente el gradiente freático es bajo (posiblemente menos del 2 por mil), y donde existe, en la actualidad, un equilibrio natural dinámico entre el agua subterránea dulce que descarga en el mar, y la cuña de agua salada que permanece generalmente estática.

/Cualquier

Cualquier sistema de aprovechamiento que pueda hacer caer el nivel de bombeo por debajo del nivel del mar y/o que invierta la actual dirección de movimiento del agua subterránea, podría dar lugar a la intrusión del agua salada en los acuíferos, con el consiguiente deterioro de la calidad de los mismos.

Esta posibilidad deberá tenerse muy presente al formular esquemas de aprovechamiento en gran escala, así como la necesidad de realizar los estudios necesarios antes de adoptar un programa de perforación en las áreas de referencia.

III. ESTIMACION PRELIMINAR DE LOS RECURSOS HIDRICOS DEL SUBSUELO

1. Introducción

La estimación de las disponibilidades de agua subterránea en Panamá para aprovechamiento en gran escala, que se presenta a continuación, sólo es una primera aproximación del orden de magnitud de su verdadero valor, dada la información disponible. La estimación se ha realizado extrapolando los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en países vecinos, con base en las características hidrogeológicas de las formaciones saturadas existentes en Panamá, que se señalan en la lámina 2 del informe general.

Para los efectos de la disponibilidad de aguas del subsuelo, debe repetirse que los depósitos subterráneos deben aprovecharse a una tasa de extracción no determinada por el volumen almacenado sino por la tasa de renovación o recarga del depósito. Es decir, el abastecimiento perenne de agua subterránea sólo puede asegurarse mientras la extracción no exceda la capacidad de recarga del recurso.

Para estimar el rendimiento seguro, debe considerarse cada depósito subterráneo como una unidad, y hacerse un balance hidrológico para el mismo. También debe distinguirse entre los términos "rendimiento máximo perenne" y "rendimiento permisible perenne". El primero se refiere al valor máximo que teóricamente podría extraerse de un depósito subterráneo; el segundo, al valor del rendimiento que puede extraerse perennemente sin que ello conduzca a resultados indeseables. Por rendimiento máximo perenne debe entenderse el volumen que físicamente podría extraerse en condiciones ideales; su valor está fijado por la naturaleza y no por las obras o medios de aprovechamiento establecidos por el hombre; el rendimiento perenne permisible, o rendimiento seguro, es el volumen que puede aprovecharse teniendo en cuenta las limitaciones económicas, legales, y de calidad impuestas por el uso a que se destinará el agua (6).

/2. Estimación

2. Estimación de la infiltración

Para estimar después el rendimiento seguro de los depósitos principales de agua subterránea existentes en Panamá, debe realizarse primero una estimación del valor de la infiltración que recarga los depósitos, puesto que la magnitud de la extracción máxima admisible depende, entre otros parámetros, de la tasa de renovación del volumen almacenado.

Teniendo en cuenta los estudios realizados en cuencas o áreas específicas de otros países (7,8,9,10,11,12,13,14) de características hidrogeológicas similares a las del país, se han asignado los siguientes valores de tasas de infiltración, como porcentaje de la lluvia caída, para las diversas unidades hidrogeológicas identificadas:

	<u>Por ciento</u>
Materiales aluvionales (Qal)	40
Materiales volcánicos Cuaternarios (Qv)	25
Materiales del Terciario, Cretácico, y Pre-cretácico, sin diferenciar (K.T.)	7

Por medición directa hecha en la lámina 2 del informe general, se determinaron las áreas correspondientes a cada unidad hidrogeológica, empleándose los valores de infiltración anual antes citados para obtener el coeficiente ponderado de infiltración para todo el país, tal como aparece a continuación:

Unidad hidrogeológica	Extensión (km ²)	Por ciento del área total	Coeficiente ponderado de infiltración sobre precipitación
Depósitos aluvionales (Qal)	5 600	7.4	3.1
Materiales volcánicos del Cuaternario (Qv)	2 820	3.7	0.9
Materiales Terciarios, Cretácicos y Pre-Cretácicos sin diferenciar (T.K.)	67 140	88.9	6.3
<u>Total</u>	<u>75 560</u>	<u>100.0</u>	<u>10.3</u>

/Se estima

Se estima que un 10.3 por ciento de la precipitación se infiltra anualmente hasta los depósitos de agua subterránea y teniendo en cuenta que la precipitación anual del país es de 195 150 millones de metros cúbicos, ello equivale a un volumen de unos 20 400 millones de metros cúbicos y a una lámina de 270 milímetros en todo el territorio. Debe observarse que aproximadamente un 39 por ciento de la infiltración total estimada ocurre en las formaciones aluvionales y volcánicas del Cuaternario, que sólo ocupan un 11 por ciento de la extensión total del país.

3. Estimación preliminar del rendimiento seguro

El rendimiento seguro de los acuíferos es sólo una fracción del rendimiento máximo perenne, que equivale a la infiltración, y su magnitud está gobernada por la eficiencia con que el sistema de aprovechamiento que se implante pueda recuperar la infiltración antes de que ésta se pierda como deflujo al océano, caudal base de los ríos, y evapotranspiración directa, manteniendo un balance a largo plazo en el almacenamiento de los depósitos.

El procedimiento usual para la estimación del rendimiento seguro consiste en evaluar las porciones recuperables de los items de deflujo en que se descompone la infiltración; no existe, sin embargo, información suficiente para evaluar cada uno de dichos items para las cuencas del país. En su defecto, se realizará una estimación indirecta basada en los resultados de estimaciones detalladas efectuadas en los países vecinos --tomando en cuenta las diferentes características hidrogeológicas de Panamá-- para conocer el orden de magnitud del caudal recuperable.

Para estimar la infiltración recuperable en cada cuenca, se determinó la extensión de las formaciones aluvionales (Qal) y volcánicas (Qv) del Cuaternario, como aparece en el cuadro 1. Teniendo presente la distribución porcentual de la extensión de cada formación, en las cuencas donde existen, y ponderando estos valores con base en las correspondientes tasas de infiltración, se estimó la infiltración recuperable por cada cuenca.

Como el rendimiento seguro es sólo una fracción de la infiltración recuperable --que fue estimada entre 0.35 y 0.43 para los restantes países del Istmo--, el hecho de que las características hidráulicas y físicas de las formaciones existentes son, por lo general, menos favorables para la obtención de elevados caudales que en los países vecinos, y la posibilidad de que se induzca la intrusión del agua salada en los acuíferos costeros ante una extracción en gran escala, se estimó que podría recuperarse por lo menos un 35 por ciento de la infiltración ocurrida en los materiales sedimentarios y volcánicos del Cuaternario existentes en Panamá al implantarse eficientes sistemas de aprovechamiento del agua subterránea. Como se anota en el cuadro 1, se estima en definitiva, que unos 3 293 millones de metros cúbicos, o su equivalente de aproximadamente 105 metros cúbicos por segundo, podrían representar el rendimiento seguro; en el mismo cuadro 1 aparece la distribución aproximada por cuencas del rendimiento seguro estimado.

Del análisis de la información presentada en el cuadro 1 se desprende que las cuencas de más elevado potencial, en orden de magnitud decreciente del rendimiento seguro estimado, serían las siguientes:

Ríos	Gran cuenca	Cuenca	Rendimiento seguro estimado	
			millones de m ³	m ³ /seg
Chiriquí Viejo, Escarero y Chiriquí	MM	102 a 108	1 300	41.0
La Villa, Parita, Sta. María, Grande, etc.	OO	126 a 134	580	18.5
Fonseca, Tabasará, San Pablo, San Pedro, etc.	NN	110 a 124	455	14.5
Guarumo, Calovébora y otros	JJ	93 a 103	350	11.0
Antón, Caimito y otros	PP	136 a 140	200	6.5

Cuadro 1

PANAMA: ESTIMACION PRELIMINAR DE LOS RECURSOS RENOVABLES DE AGUA SUBTERRANEA

Gran cuenca	Cuenca ^{a/}	Area (km ²)	Precipitación (m ³ x10 ⁶)	Extensión materiales cuaternarios, km ² ^{b/}		Infiltración recuperable ponderada total		Rendimiento seguro estimado ^{d/}	
				Qv	Qal	Porcentaje ^{c/}	(m ³ x10 ⁶)	(m ³ x10 ⁶)	(m ³ /seg)
Total				<u>2 800</u>	<u>5 620</u>		<u>9 413</u>	<u>3 293</u>	<u>104.5</u>
Atlántico				-	<u>895</u>		<u>1 280</u>	<u>445</u>	<u>14.0</u>
II ₂	87-91	3 655	9 766	-	245	2.8	275	95	3.0
JJ	93-103	7 547	30 307	-	650	3.5	1 005	350	11.0
Pacífico				<u>2 800</u>	<u>4 725</u>		<u>8 133</u>	<u>2 848</u>	<u>90.5</u>
MM	102-108	4 489	15 712	2 000	1 400	23.6	3 700	1 300	41.0
NN	110-124	11 704	34 298	-	1 100	3.8	1 300	455	14.5
OO	126-134	9 667	19 237	-	775	3.2	1 660	580	18.5
PP	136-140	2 224	4 159	820	245	13.7	570	200	6.5
QQ	142-146	1 204	2 444	-	245	8.0	196	68	2.0
SS	150-162	19 210	35 357	-	960	2.0	707	245	8.0

a/ Sólo se incluyen aquellas cuencas donde ocurren materiales del cuaternario.

b/ Extensión aproximada obtenida por medición en el mapa geológico.

c/ La ponderación se basa en la extensión y la tasa de infiltración anual de cada unidad hidrogeológica del Cuaternario.

d/ Estimado como un 35 por ciento de la infiltración recuperable; cifras redondeadas.

El alto potencial de la gran cuenca JJ en la vertiente del Atlántico tal vez no puede llegar a ser totalmente aprovechado por la magnitud y distribución de la precipitación; en el resto de las cuencas de más alto potencial las necesidades de agua para usos agropecuarios son, sin embargo, elevadas por la prolongada estación seca que hace necesario el riego suplementario.

BIBLIOGRAFIA

1. AID Resources Inventory Center, 1967. Inventory of Physical Resources: Panamá, U.S. Corps of Engineers, Washington, D.C.
2. Catastro rural de tierras y aguas. Volumen IV. Aguas, Geología de aguas subterráneas.
3. Dengo, Gabriel, 1968. Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central. Centro Regional de Ayuda Técnica de AID. México, D. F.
4. Miller, John, 1969. Comunicación verbal. Administración de Recursos Minerales. Panamá, Rep. de Panamá.
5. Motor-Columbus Electric Management, Ltd., 1966. Estudio de los recursos hidráulicos de las cuencas de los ríos Chiriquí y Chico, Panamá. Volumen 3. Baden, Suiza.
6. Committee on Ground Water, 1961. Ground Water Basin Management. Manual 40, American Society of Civil Engineers, New York, N.Y.
7. Ahlgren, L., Fernández, M., Jovel, R., 1968. Estudio hidrológico de la cuenca del río Virilla, Costa Rica. Informe conjunto: Proyecto aguas subterráneas en Costa Rica y Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica.
8. Ahlgren, Leif y Jovel, Roberto, 1969. Evaluation of the Water Balance for an Inland Costa Rican River Basin. Inédito.
9. Jovel, Roberto, 1969. Estudio hidrológico de tres cuencas seleccionadas en Costa Rica. Publicación No. 50, Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. San José, Costa Rica (en prensa).
10. Jerez, Roberto J., 1967. Estudio hidrogeológico preliminar de la Planicie Costera Oriental, El Salvador. Tesis doctoral, Facultad de Ingeniería, Universidad de El Salvador.
11. Jovel, Roberto, 1962. Rainfall-runoff Relationship and Annual Discharge of the Santa Alicia Experimental Watershed. Commission for the Investigation of Ground Water in San Miguel River Basin. San Salvador, El Salvador.

12. Jovel, R., Martínez, H., y Martínez, M., 1967. Reconocimiento hidrogeológico de la Planicie Costera Central, El Salvador. Dirección General de Obras de Riego y Drenaje. San Salvador, El Salvador.
13. Wozab, D., Jovel, R., et al, 1964. Final Report, Ground Water Exploratory Project. Lower Basin of the San Miguel River, El Salvador. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 5 Volumes. Rome, Italy.
14. Wozab, David and Jovel, Roberto, 1968. Hydrological Analysis of Volcanic Terrain: Lower San Miguel River Basin. El Salvador. Inédito.