

PRODUCCION HIDRICA DE LA CUENCA SUPERIOR Y MEDIA
DEL RIO REVENTAZON, COSTA RICA

Por

Ivan H. Mojica Armella

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Agosto, 1967

PRODUCCION HIDRICA DE LA CUENCA SUPERIOR Y MEDIA
DEL RIO REVENTAZON, COSTA RICA

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:




Kenton R. Miller, Ph.D.

Consejero




Hans Trojer, Ph.D.

Comité



Jorge Montoya M., Dr.Ecol.

Comité



Gerardo Budowski, Ph.D.

Comité

Agosto, 1967

A mi madre

A Marta

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos:

Al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Centro de Turrialba, por haber auspiciado sus estudios de posgraduado.

Al Instituto Costarricense de Electricidad, ICE, Sección de Estudios Básicos por su colaboración técnica y el transporte al área de estudio.

Al Comité de consejeros especialmente los Drs. Hans Trojer y K. Miller.

A los Drs. L. R. Holdridge y Joseph Tosi, Jr., del Tropical Science Center, por sus orientaciones en el trabajo.

Al Dr. C. Reigner, del Departamento de Manejo de Cuencas Hidrográficas de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos, por su orientación y la literatura facilitada.

A los Ings. Fausto Maldonado y Ramiro Jaramillo por la revisión del manuscrito y las críticas.

A los compañeros de estudio que en una u otra forma le prestaron su colaboración.

BIOGRAFIA

Iván Mojica Armella nació en Barranquilla, Colombia, el día 2 de marzo de 1939.

Sus estudios primarios los realizó en la población de Aracataca, Magdalena, lugar en donde vivió hasta la edad de 15 años. Los estudios secundarios los terminó en el Colegio Mayor Distrital de Bogotá, D.E. en el año 1958.

De 1959-1960 fue alumno de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" en Bogotá.

De 1961-1963 estudió en el Instituto Forestal de la Universidad Nacional, en Medellín, graduándose de Ingeniero Forestal en el año 1965.

Entre los años de 1964-1965 desempeñó el cargo de Jefe de la Sección de Investigación en la División Sierra Nevada de Santa Marta, de la Corporación de los Valles del Magdalena y Sinú, (C.V.M.).

En setiembre de 1965 ingresó como estudiante graduado a la Disciplina de Dasonomía, egresando en agosto de 1967.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
INDICES DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	1
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	5
Ubicación del área de estudio	5
Características físicas del área	7
Topografía	7
Zonas de vida natural	9
Geología	11
Suelos	14
Hidrografía	15
Nomenclatura convencional del área y de las subcuencas	16
Superficie	17
Población y centros urbanos	18
Vías de comunicación	19
Uso actual de la tierra	20 →
REVISION DE LITERATURA	22
Transcurso del clima	22
Influencia del clima en la vegetación	24
Factores que influyen en la descarga de los ríos ...	26
Influencia de los caracteres físicos de la Cuenca	29
Influencia del clima	31
Influencia de la cubierta vegetal en la descarga de los ríos	32
MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS	38
Materiales	38
Registros hidrométricos	38
Mapas y fotografías aéreas	38
Métodos	44
Determinación de la pendiente media de la Cuenca	44
Distribución de las lluvias y el conocimiento del clima	44

	<u>Página</u>
Transcurso de la precipitación	48
Temperaturas	49
Intensidad de las lluvias	49
Registro de caudales	51
Clase de uso de la tierra y la cubierta vegetal .	52
Influencia del tipo de uso de la tierra o cu- bierta vegetal sobre la descarga	53
Relación de evapotranspiración	55
Influencia de la pendiente sobre la descarga .	58
RESULTADOS Y ANALISIS	59
Distribución de la pendiente y su influencia en la distribución de las lluvias	59
Transcurso general de la precipitación	65
Intensidades máximas de lluvias	72
Distribución general de la temperatura	74
Descarga de la cuenca y subcuenca	81 ✕
Descarga promedio	81 ✕
Máximos caudales instantáneos	88
Influencia de los tipos de cubierta vegetal sobre la descarga	93
Tipos de cubierta vegetal	93
Cubierta del bosque virgen o primario	93
Bosque secundario	97
Potreros y áreas descubiertas	97
Cafetales	98
Caña de azúcar y otros cultivos	98
La masa boscosa y su evapotranspiración	98
Influencia de la cubierta vegetal sobre la des- carga	102
La Influencia de la pendiente en la descarga de los ríos	104
CONCLUSIONES Y DISCUSION	110

	<u>Página</u>
GUIAS PARA UN PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL RIO REVENTAZON	131/
Aplicación de los resultados de este estudio para el manejo de la cuenca	131/
Algunas recomendaciones básicas para el manejo del área de estudio.....	131/
Uso potencial recomendable para el área de estudio...	135/
Antecedentes	135/
Uso recomendable para el área de estudio.....	137
RESUMEN	140
SUMMARY	142
BIBLIOGRAFIA	144

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Lista de estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	39
2	Lista de estaciones meteorológicas ubicadas en la parte Inferior y lugares vecinos de la Cuenca del Río Reventazón, C. R.	41
3	Lista de estaciones fluviográficos ubicados en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	42
4	Lista de estaciones pluviográficas y pluviométricas con lluvias promedios mensuales y anuales para varios períodos de registros en la Cuenca y lugares vecinos del Río Reventazón, C. R.	46
5	Distribución altitudinal mensual y anual de la temperatura para diferentes períodos de registros, en la Cuenca del Río Reventazón, C. R. ..	50
6	Distribución de la pendiente por categorías en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	59
7	Distribución de la precipitación promedio y en el año 1965 (mes más seco y mes más húmedo), por estación y subcuenca, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	64
8	Tipos típicos de transcurso de la precipitación para la Cuenca del Río Reventazón, C. R. .	68
9	Diferencias mensuales de la temperatura con respecto a la media, en determinadas estaciones, en la Cuenca del Río Reventazón, C. R.	80
10	Transcurso estacional de la temperatura por diferencias de las medias mensuales y en tres regiones de la Cuenca del Río Reventazón, C. R. .	82
11	Descarga media anual por unidad de superficie para cada una de las estaciones ubicadas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R. para un período de 4 a 13 años	86

INDICE DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Ubicación de los principales centros poblados, estaciones pluviométricas y pluviográficas y fluviográficas, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	6
2	Formaciones vegetales, según el sistema Holdridge, que se encuentran en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	10
3	Mapa geológico de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	12
4	Determinación de los movimientos de agua en la atmósfera, por Holdridge	57
5	Mapa de pendiente de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	60
6	Precipitación promedio anual en la Cuenca del Río Reventazón, C. R.	63
7	Transcurso general promedio de la precipitación para la Cuenca Inferior del Río Reventazón, C. R.	66
8	Transcurso general promedio de la precipitación para la Cuenca Superior del Río Reventazón, C.R.	66
9	Transcurso promedio de la precipitación para la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	69
10	Transcurso promedio de la precipitación para la estación de Peralta (Cuenca Inferior del Río Reventazón, C. R.)	71
11	Transcurso promedio de la precipitación para la estación de Villa Mills (Cuenca Superior del Río Reventazón, C. R.)	71
12	Envoltentes de tormentas de máximas intensidades en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	75

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
12	Por ciento de área y descarga promedio para cada subcuenca, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R., en un período de 3 años	87
13	El método teórico de Gumbel aplicado a la estación fluviográfica de Angostura (9-3), para un período de 13 años	90
14	El método teórico de Gumbel aplicado a la estación fluviográfica El Humo (9-4), para un período de 13 años	91
15	El método teórico de Gumbel aplicado a la estación fluviográfica de Cachi (9-6), para un período de 13 años	92
16	Uso actual de la tierra en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	95
17	Temperatura media anual en grados centígrados, para cada una de las estaciones de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	99
18	Lluvia actual, evapotranspiración potencial y descargas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	100
19	Lluvia actual, evapotranspiración potencial y descargas en cada una de las subcuencas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	101
20	Por ciento de cubierta boscosa, pendiente promedio y coeficiente de escorrentía para cada una de las subcuencas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	105
21	Coficiente de escorrentía, en el mes más seco y en el total del año 1965, para las subcuencas ubicadas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	107
22	Descarga media porcentual por meses, en relación con la media anual para cada estación de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	116

Figura No		<u>Página</u>
13	Máximas cantidades de lluvias registradas en algunas estaciones pluviográficas, de la Cuenca Superior del Río Reventazón, C.R., durante el año de 1965	76
14	Distribución altitudinal de la temperatura para la Cuenca del Río Reventazón, C. R.	78
15	Transcurso de la temperatura por diferencias de medias mensuales, en las Cuencas Superior, Media e Inferior del Río Reventazón, C. R.	79
16	Distribución de la Precipitación y de la descarga por subcuenca, de la Cuenca del Río Reventazón, C. R., para el año de 1965	83
17	Descarga promedio mensual para las principales estaciones fluviográficas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	85
18	Período de retorno para caudales máximos instantáneos para las estaciones de Angostura, Cachi y Humo, según la teoría de Gumbel	89
19	Mapa de uso actual de la tierra de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	94
20	Variación relativa porcentual de la descarga para dos subcuencas del Río Reventazón, C. R., respecto a la Cuenca total	103
21	Influencia de la cubierta vegetal en la descarga de agua, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.	106
22	Influencia de la pendiente en la descarga del Río Reventazón, C. R., según datos tomados en las diferentes subcuencas	109
23	Descarga media porcentual de una estación típica de la Cuenca Inferior del Río Reventazón, C. R., (Angostura, 9-3)	117
24	Descarga media porcentual de una estación típica de la Cuenca Superior del Río Reventazón, C. R. (Tapantí, 9-11)	117

Figura No	<u>Página</u>
25	Descarga promedio mensual en un período de 4 años en las cuencas de los ríos Humo, Birris y Atirro-Tuis, subcuencas del Río Reventazón, C. R. (años 1962-1966) 120
26	Mapa de uso potencial de la tierra, recomendado para la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R. 139

INTRODUCCION

Actualmente, tanto en el viejo como en el nuevo continente, muchas ciudades y campos se encuentran con el problema de la carencia del agua. En gran parte, esta situación se debe al aumento de la población que requiere mayores usos, al mayor número de industrias funcionando y a que en algunas áreas los drenajes naturales han sido alterados desfavorablemente, dando como resultado una baja producción hidrica.

Estas situaciones son problemas de uso y conservación, que ya la mayoría de los países han entendido, razón por la cual se están elaborando planes y proyectos tendientes al conocimiento de los movimientos de agua en el suelo, según los diferentes usos que se le pueda imprimir a este último.

En los países de la zona templada, Estados Unidos, países de Europa y Japón, conocidos comúnmente como más desarrollados, se ha previsto, desde hace tiempo, la necesidad de efectuar estudios cuyos resultados sean el conocimiento de los flujos estacionales, en diferentes regiones, en diferentes cuencas y con diferentes usos. En base a esto y con el objeto de determinar como la masa forestal, las prácticas forestales y los diferentes usos del suelo en la agricultura afectan al flujo del agua en los terrenos de las cuencas, el Servicio Forestal de los Estados Unidos estableció en el año de 1934 el Laboratorio Hidrológico de Coweeta, en el Occidente de Carolina del Norte (15).

En los países tropicales, a excepción de algunos en Africa Oriental y del Sur, en donde desde hace algún tiempo se han venido realizando investigaciones tendientes al conocimiento del flujo de

las corrientes de agua en las áreas de captación, estos estudios son escasos. En América tropical, esta clase de trabajos casi no existen y los que hay se encuentran en su fase inicial.

Costa Rica es uno de estos países, bastante privilegiados en cuanto a precipitación y zonas montañosas se refiere, el cual acusa en este aspecto un gran potencial hidro-eléctrico, pero hasta la fecha poco se sabe sobre los factores de la producción del elemento principal para este potencial.

Una de las Cuencas hidrográficas más importantes del país en este aspecto es la Cuenca Superior del Río Reventazón la cual por poseer condiciones climáticas y topográficas propicias para la producción de energía eléctrica, ha merecido especial atención por parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Por esta razón, este organismo ha venido, desde un tiempo atrás, empeñado en el conocimiento de los caudales del Río principal, así como también de los caudales de cada uno de los afluentes que lo forman; objeto por el cual ha venido colocando una serie de aparatos de registro continuo en cada una de las principales corrientes de la Cuenca. En algunos de los afluentes y en el Río principal, el ICE ya posee algunos trabajos de importancia como son las represas hidro-eléctricas del Río Macho y del Río Reventazón, en Cachí. Además de estas obras se proyecta la construcción, en época no muy lejana, de la gran represa de Angostura, cerca de Turrialba, con una capacidad superior a los 200.000 KW (44). Fuera de estos planes y trabajos realizados en el área por el ICE, existen otros planes de

la misma Institución y de otros organismos afines interesados en utilizar el agua en la producción de la energía eléctrica. → fin

Así como estos organismos e instituciones les interesa el área de la Cuenca para la producción del agua, es posible que otras entidades la quieran utilizar para otros fines que sean incompatibles con este uso, y sus manipulaciones sobre la vegetación y el suelo pueden crear alteraciones perjudiciales de orden económico y físico, las que pueden llegar a representar inquietudes tanto en la empresa como en la sociedad.

Este estudio consiste en una contribución para el conocimiento de algunas características físicas y climáticas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, donde el problema reviste especial importancia y se pretende contribuir con algunas observaciones sobre cuáles serían las mejores alternativas respecto al manejo de la zona, que se espera han de ser tenidas en cuenta por los planeadores vinculados con el uso de los recursos.

En cuanto a esto último, Lombo (30) trabajando sobre la Cuenca Superior del Río Macho, Subcuenca del Río Reventazón, y teniendo en cuenta las características de la topografía pluviométrica y del uso actual de la tierra, recomendó en primer lugar como uso más adecuado del área de sus estudios la producción de agua y segundo, aprovechar el área como zona recreativa, este como uso complementario.

Por esto, teniendo en cuenta estos factores, el propósito del estudio se encaminó a determinar bajo condiciones actuales y potenciales de uso de la tierra la producción hídrica de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón de Costa Rica y tratar de interpre-

tar por medio de análisis cualitativos la influencia de algunos factores físicos, así como también la influencia del factor humano.

Los pasos seguidos fueron:

1. Se buscó el conocimiento de las variaciones del clima en toda el área de la Cuenca, por medio de la ayuda de los datos disponibles sobre el clima, especialmente temperatura y precipitación.
2. Una vez conocidas todas las características del clima y sus variaciones, se determinó el transcurso general del mismo, para así poder conocer las épocas de mayores lluvias, las que corresponden a épocas de mayores descargas del Río y sus afluentes, las máximas intensidades pluviales con máximos caudales y la cantidad de agua que puede esperarse de cada una de las subcuencas.
3. En cada subcuenca se correlacionó la descarga con la precipitación, la descarga con la cubierta boscosa y con la pendiente y se determinó la influencia de cada uno de estos factores en el flujo del agua.

Se espera que con el conocimiento de los resultados de investigaciones previas sobre la influencia del uso de la tierra, en la producción de agua, en estas áreas de interés, puedan servir de guía para la elaboración de planes apropiados de manejo de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, capaces de llenar las necesidades de una población creciente.

Es posible que este tipo de trabajo realizado en la Cuenca del Río Reventazón pueda servir de ejemplo o modelo para trabajos similares que han de realizarse en otras zonas montañosas del trópico americano.

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

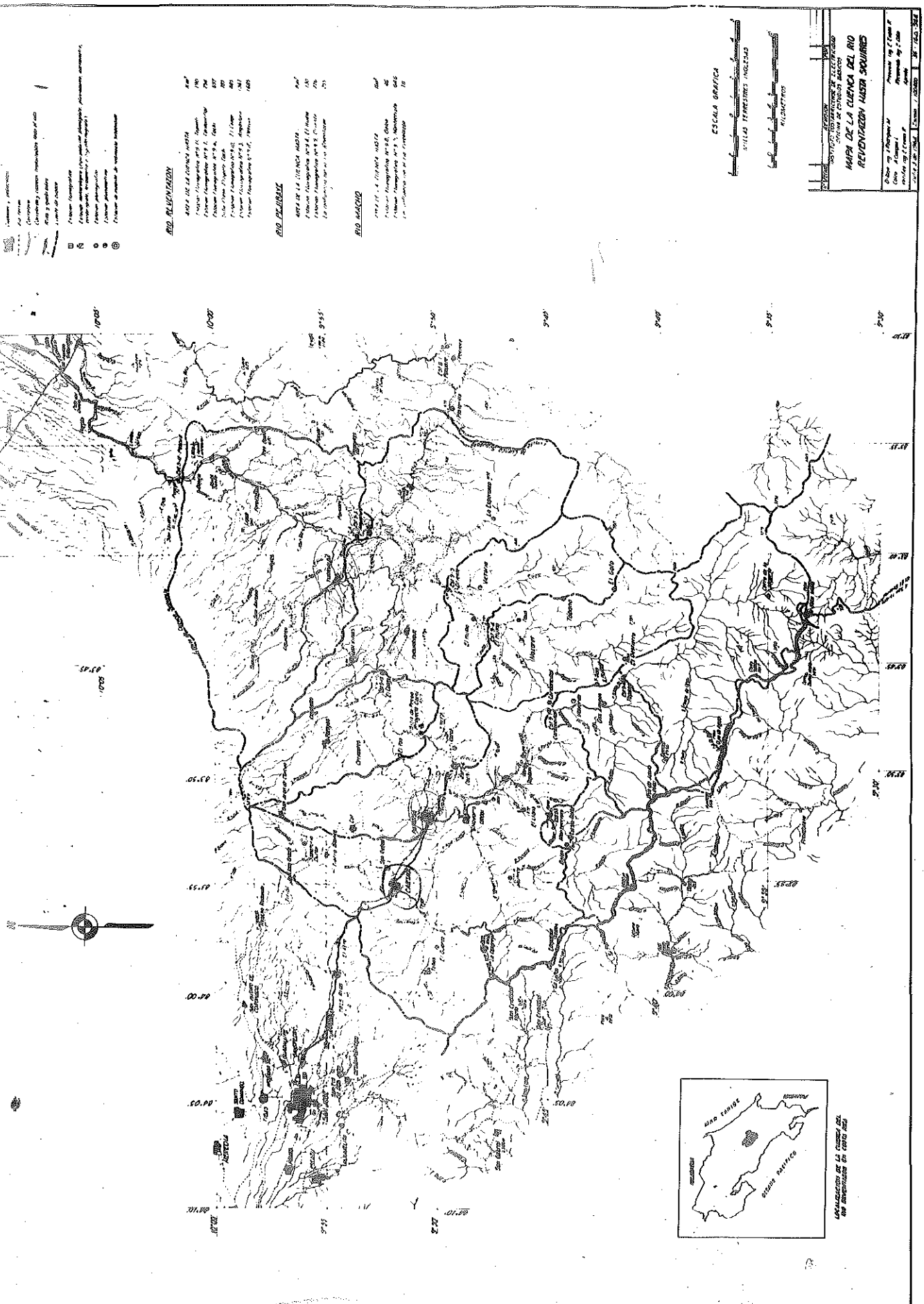
Ubicación del Area de Estudio

El área en estudio, con una extensión de 1367 Km², se encuentra localizada en la vertiente del Atlántico, Provincia de Cartago, Costa Rica, entre las latitudes Norte 10º 17' 30" límite más al Norte, y 9º 32' límite más al Sur. Siendo los puntos extremos el Volcán Irazú y la estación Villa Mills, respectivamente (ver Fig. Nº 1). Sus límites longitudinales están entre los 83º 24' 30" Platanillo, parte extrema oriental de la Cuenca y 84º 02' 30", en los nacimientos del Río Purires, en la región occidental.

Los límites Norte y Sur y Occidental de la Provincia de Cartago sirven de límite a la Cuenca de estudio, o sea desde el Volcán Irazú, en la Cordillera Central, pasando por el Alto de Ochomogo, Cerro de las Vueltas, Cerro Buena Vista; todos estos últimos sobre la Carretera Panamericana, hasta la localidad de Villa Mills en la Cordillera de Talamanca. De este punto, continuando por la mencionada cordillera se llega al Cerro de Cuericí, punto extremo del límite Sur-Oriental.

Por la parte Nor-Oriental los límites de la Cuenca consisten en divisiones de agua de Ríos vecinos, todos cubiertos completamente de bosques generalmente considerados vírgenes o poco intervenidos.

Partiendo del Volcán Irazú, hacia el Oriente, se sigue la divisoria de agua de los Ríos Birris y Turrialba hasta el punto denominado Teresa, a 1980 m s.n.m. Luego de allí, se sigue el



RIO REVENTAZON

Altura de la cuenca en metros	847
Superficie de la cuenca en km ²	700
Población en la zona superior de la cuenca	204
Población en la zona media de la cuenca	807
Superficie de la zona superior de la cuenca	400
Superficie de la zona media de la cuenca	307
Superficie de la zona inferior de la cuenca	1605

RIO TURRES

Altura de la cuenca en metros	847
Superficie de la cuenca en km ²	100
Población en la zona superior de la cuenca	100
Población en la zona media de la cuenca	100
Población en la zona inferior de la cuenca	100

RIO MACHO

Altura de la cuenca en metros	847
Superficie de la cuenca en km ²	100
Población en la zona superior de la cuenca	100
Población en la zona media de la cuenca	100
Población en la zona inferior de la cuenca	100

- 1. Límite de la cuenca
- 2. Límite de la zona superior de la cuenca
- 3. Límite de la zona media de la cuenca
- 4. Límite de la zona inferior de la cuenca
- 5. Límite de la zona superior de la zona superior de la cuenca
- 6. Límite de la zona media de la zona superior de la cuenca
- 7. Límite de la zona inferior de la zona superior de la cuenca
- 8. Límite de la zona superior de la zona media de la cuenca
- 9. Límite de la zona media de la zona media de la cuenca
- 10. Límite de la zona inferior de la zona media de la cuenca
- 11. Límite de la zona superior de la zona inferior de la cuenca
- 12. Límite de la zona media de la zona inferior de la cuenca
- 13. Límite de la zona inferior de la zona inferior de la cuenca

ESCALA GRAFICA
 1:125,000
 1:50,000

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 INSTITUTO DE ESTUDIOS DE LA ZONA
MAPA DE LA CUENCA DEL RIO REVENTAZON HASTA SQUIRES
 Elaborado por el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos
 Dirección: Ing. Carlos A. Squires
 Oficina Técnica: Ing. Carlos A. Squires
 Edición: 1970

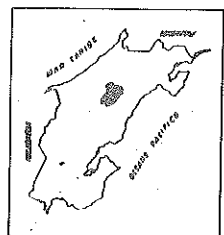


FIGURA 1 - Localización de los principales centros poblados, estaciones pluviométricas, pluviográficas y fluviométricas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.

divorcio de agua entre los Ríos Turrialba y Juan Viñas y continuando por esta serranía se llega al punto denominado Angostura. De este punto, hasta el nacimiento del Río Tuis, el límite son serranías divisorias de agua de afluentes de la parte inferior del Río Reventazón. Desde los nacimientos del Río Tuis hasta el Cerro Cuericí, el límite de la Cuenca lo constituye la divisoria de aguas del Reventazón con el Río Pacuare.

Características Físicas del Area

Debido a la distribución tanto latitudinal como altitudinal de los terrenos, a la serie de cadenas montañosas que cruzan el área y por su ubicación en la Vertiente Atlántica, la Cuenca en estudio posee una gama de características tanto físicas como climáticas, que hacen de ésta una de las pocas zonas con tales condiciones naturales en el país.

Topografía

En su gran mayoría el área de la Cuenca está constituida por terrenos bastante accidentados, los cuales están principalmente localizados entre las partes más altas y en las estribaciones de las Cordilleras Central y de Talamanca. La diferencia altitudinal entre el punto más alto de la Cordillera de Talamanca, Cerro de Buena Vista a 3491 m de altura, s.n.m. y el punto más bajo en Turrialba, Angostura a 540 m s.n.m., es de 2950 m. Dentro de estos límites altitudinales se encuentran algunos puntos importantes en cuanto a altura, como son los Cerros de la Muerte y Cerro Cuericí a

3400 m en la Cordillera de Talamanca y el Volcán Irazú a 3472 m sobre la Cordillera Central.

Desde los 1000 m de altura s.n.m. hacia abajo, se hallan distribuidos amplios valles y zonas de colinas con pendientes leves. Desde esa altura hacia arriba los terrenos se tornan más accidentados y las áreas planas se reducen a estrechos cañones, a áreas cenagosas y a pequeñas mesetas en la parte superior de las cordilleras.

X De acuerdo con las características del clima, de la topografía y de la producción agrícola, el ICE divide la Cuenca general del Río Reventazón en tres zonas:

a. Cuenca Superior

Va desde los nacimientos hasta su confluencia con el Río Macho.

b. Cuenca Media

Va desde la unión con el Río Macho hasta la desembocadura del Río Pejivalle.

c. Cuenca Inferior

Desde la desembocadura del Pejivalle hasta el mar.

La Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, objeto del estudio, está localizada en el área de mayores accidentes topográficos de la Cuenca general del mencionado Río, la cual está representada por la parte alta y estribaciones de las dos grandes cadenas de montañas antes mencionadas (Cordilleras Central y de Talamanca). Sin embargo, la zona más pendiente dentro de esta área se encuentra

de Oriente a Occidente en una faja que abarca aproximadamente desde los 1000 a los 2500 m s.n.m.

En dirección Norte, Sur y hacia la parte Superior de la Cuenca, el área se encuentra cruzada por una serranía que separa los Ríos Pejivalle y Reventazón, desde el nacimiento hasta la desembocadura del primero de estos Ríos. Esta serranía, cuya altura mayor se encuentra a los 2960 m, es cortada por el Río Reventazón en el sitio denominado "el Congo" a 750 m s.n.m.; allí hace contacto con algunos ramales de montañas que descienden del Volcán Irazú.

Zonas de Vida Natural

Debido a las condiciones antes mencionadas de latitud, altitud, topografía y ubicación; la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón posee una gama de climas los cuales están distribuidos desde los nacimientos del Río, hasta el punto denominado "Angostura", en Turrialba.

X Tomando en cuenta la distribución promedio de las lluvias y de la temperatura en cada uno de los pisos altitudinales del área, Reark (42) basándose en el Sistema Holdridge, determinó en 1952 en la misma área de estudio, 9 formaciones vegetales o zonas de vida natural*, caracterizándose cada una de estas "zonas de vida" por la uniformidad en sus condiciones ambientales (ver Fig. 2).

* Formación vegetal o zona de vida, según Holdridge (20) es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, las que tomando en cuenta las asociaciones edáficas y etapas de la sucesión tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo.

FORMACIONES VEGETALES O ZONAS DE VIDA NATURAL DEL MUNDO

según L. R. Holdridge

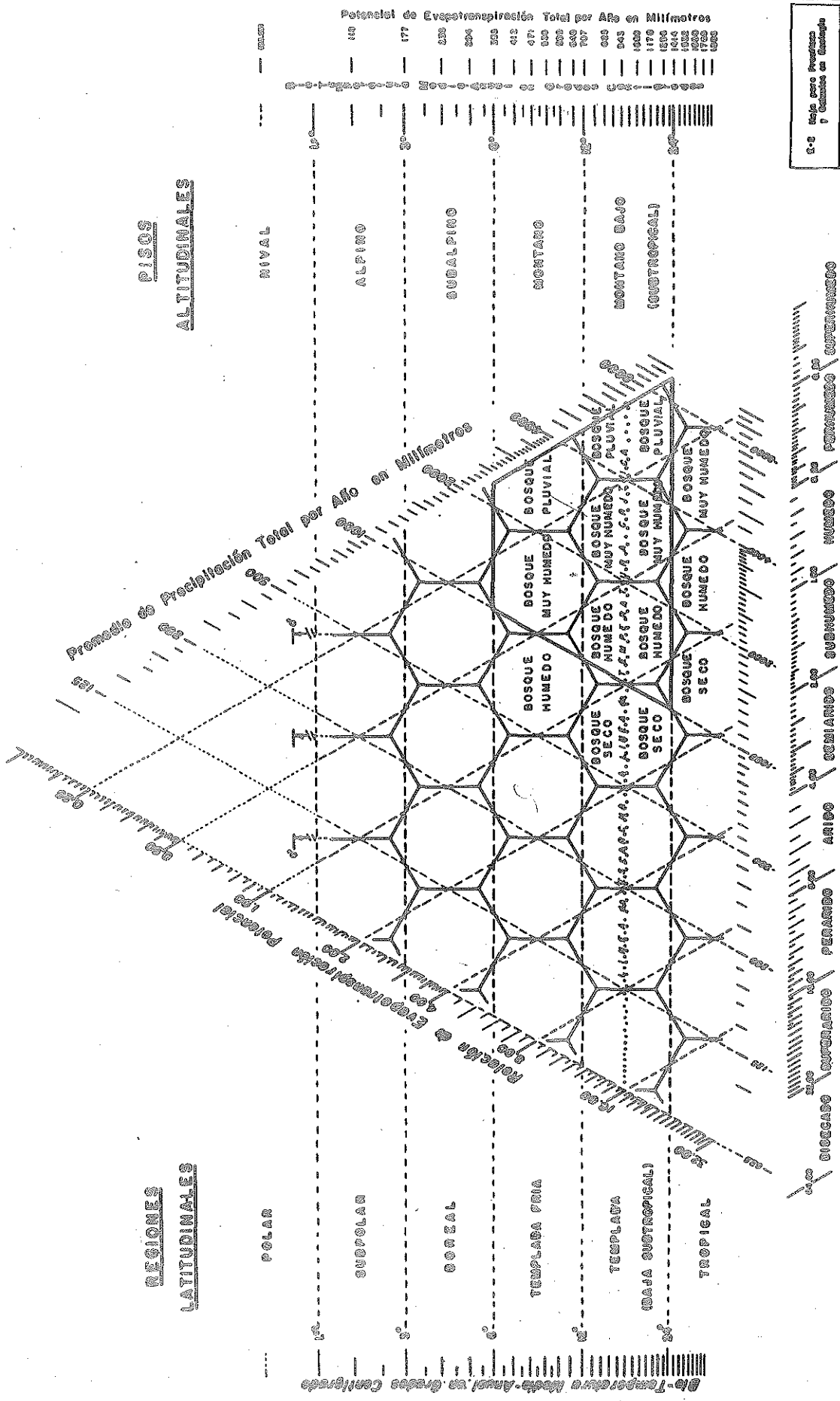


FIGURA 2 Formaciones vegetales, según el sistema Holdridge, que se encuentran en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.

1-2 Hoja para Frutas y Cereales en Montaña
 Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, S.A.
 San Carlos, Costa Rica, C.A.
 Lima, Perú: 1959 (S.A. J. A. No. 2)

Geología

De acuerdo con Dondoli (16) y Weyl (65), las formaciones geológicas que se encuentran en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón son formadas recientemente durante el Pleistoceno y el Plioceno (Terciario Superior).

Dondoli (16) encontró, en la parte Norte y Media del área de la Cuenca, formaciones volcánicas y sedimentarias (ver Fig. 3). Las primeras de estas formaciones consisten en lavas recientes, la vas viejas y algunos diques que se encuentran distribuidos en el área.

Las formaciones sedimentarias la constituyen las formaciones de los aluviones y aglomerados y las formadas durante el Plioceno o Pleistoceno, que son lavina, lacustre viejo, toba, conglomerado y areniscas y arenisca calcárea. La forma dendrítica de los drenajes que se observa en las fotografías aéreas de la parte superior, indican la clase de material sedimentario de esta área (36), lo cual fue insinuado por Dondoli y Weyl (15, 37).

Algunas características de estas formaciones según Dondoli (16) son:

a. Arenisca calcárea

Son formaciones coherentes del Cenozoico Inferior, en el Mioceno, las cuales se encuentran distribuidas en la parte Superior de la Cuenca. Dentro de esta formación se encuentran algunas intrusiones igneas (diques) de profundidad variable; por lo general, en este tipo de sedimentos se encuentran en el área pendientes

CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

ADAPTADO DEL MAPA GEOLOGICO DE LA REGION ORIENTAL DE LA MESETA CENTRAL DE C. DONDOLI Y APUNTES GEOLOGICOS DE R. WEYL

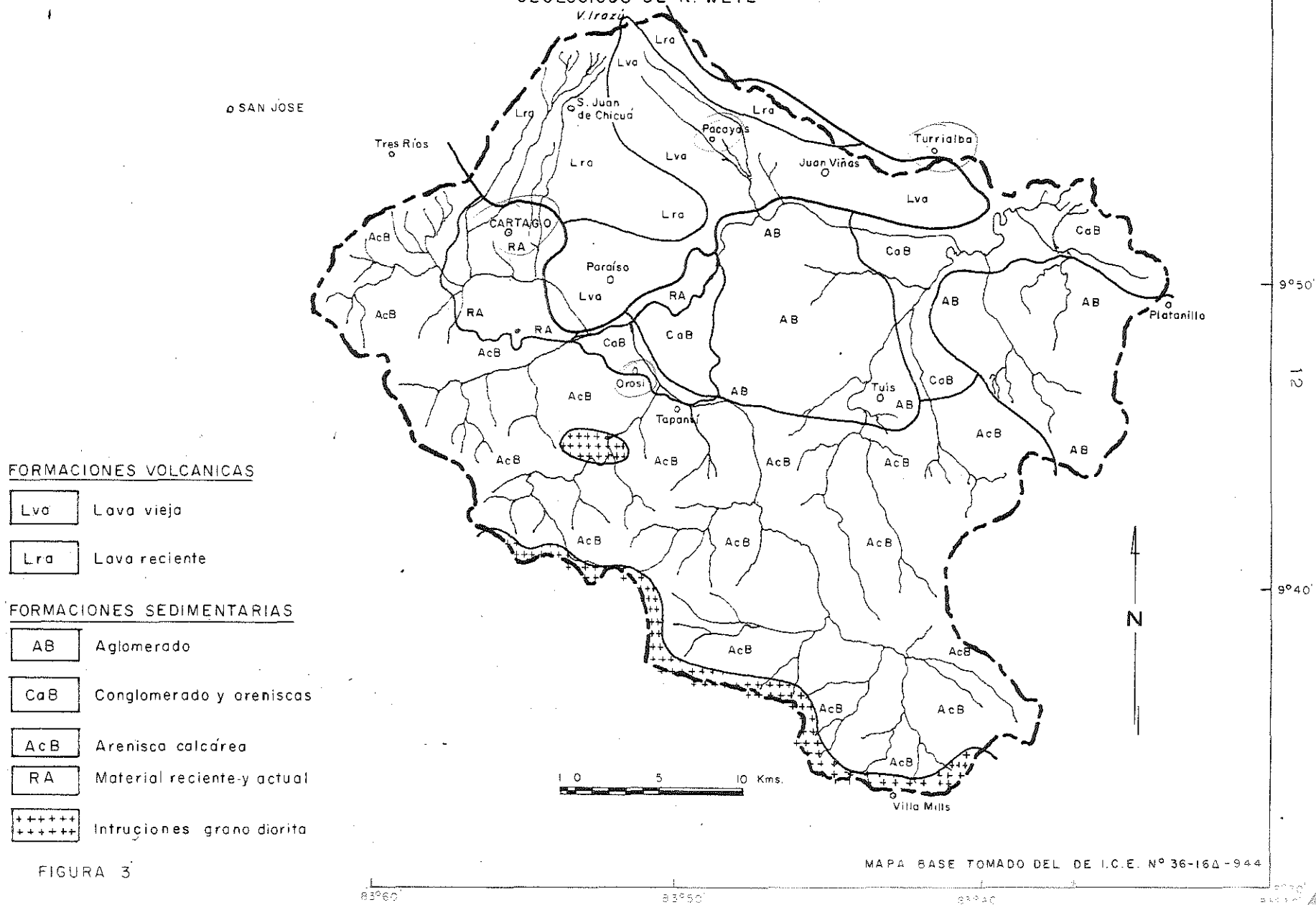


FIGURA 3

bastante fuertes.

En la parte Superior, a 3450 m, Weyl (67) encontró los primeros vestigios de una glaciación ocurrida en el Pleistoceno, lo cual se puede confirmar al observar en la fotografía aérea los círculos típicos dejados por ella. La cantidad de diques que afloran ponen de manifiesto que la edad de la intrusión es reciente, lo mismo que la influencia volcánica en la formación de la Cordillera de Talamanca.

b. Conglomerados y areniscas

Estas formaciones presentan el aspecto conglomerativo, formado por piezas de diferentes rocas ígneas, las cuales están acompañadas por fragmentos de rocas sedimentarias y esquistos arcillosos que provienen de las areniscas calcáreas.

Las pendientes que ocurren en este tipo de formación son relativamente suaves, no pasan de 10 a 20 por ciento. Esta formación ocurre por lo general a alturas menores de los 1100 m s.n.m.

c. Aglomerados

En la zona derecha y Media del Reventazón, frente a las estribaciones de la Cordillera Central y en los nacimientos de los ríos Atirro y Tuis hay afloramientos de materiales en forma de aglomerados de diferentes piezas de diversos tamaños de tipo basáltico y porfirítico principalmente.

Sobre esta formación, según Dondoli (16), se depositó un derrame lávico del Pleistoceno y se formó la planicie de Cartago. El grueso de esta capa no sobrepasa los 200 m. Esta formación

ocurre entre los 950 y 1150 m.

Suelos

Según Dondoli (16), pueden encontrarse en el área suelos negros provenientes de lavas volcánicas con diferentes texturas que varían de franco-arcilloso-arenoso a limo-arenoso y suelos lateríticos desarrollados a partir de varias clases de sedimentos arenáceos calcáreos.

Por lo general los suelos de la parte Superior de la Cuenca, originarios de las areniscas calcáreas, dieron textura arcillosa.

Los muestreos de suelos realizados por Lombo (30) en la Cuenca del Río Macho y los de FAO-ITCO* en la parte alta de la Cuenca en estudio, dieron una textura bastante pesada. Además de esto, son suelos que tienen menos de 50 cm de profundidad. En esta misma área, según los estudios de FAO-ITCO fue notorio un aumento de la profundidad del suelo a medida que se ascendía hacia la parte más alta de la Cordillera; lo mismo puede decirse respecto a la coloración que varía de pardo claro a pardo oscuro y negro, pero la variación de la textura fue muy poca. Estos suelos que se encuentran en la parte Superior generalmente están sobre pendientes fuertes.

Los suelos originarios de aluviones, que se encuentran cerca al lecho de los ríos y en la parte baja muestran textura entre

* Material inédito consultado en las Oficinas del Proyecto FAO-ITCO, en San José (sin título).

franco-arenosa y franco-arcillosa; algunos con fase pedregosa, otros con fase pantanosa, pero por lo general son planos o casi planos (46).

Hidrografía

Una de las características sobresalientes de la Cuenca del Río Reventazón es que debido a las condiciones climáticas y topográficas que posee se encuentran en el área un gran número de corrientes de agua que sirve de drenaje a los terrenos de la Cuenca.

Por ser la parte Superior y Media de la Cuenca el lugar donde son más notorias estas características especiales, es donde se inician y desarrollan el mayor número de estas corrientes, las cuales con rumbo Sur a Norte buscan salida hacia el Océano Atlántico.

La arteria principal de descarga de la Cuenca está constituida por el Río Reventazón. Este cambia el nombre según la región por donde corre; así por ejemplo, en la unión de las principales afluentes que la componen, en la parte Superior, toma el nombre de Río Grande de Orosí; el nombre de Reventazón lo recibe después de la confluencia con el Río Humo, todavía en la Cuenca Superior.

Según el ICE (24) la Cuenca Superior de este Río posee 422 Km². En esta sección el Río recibe varios afluentes importantes, entre otros: el Badilla, Villegas, Humo, Purisil, Blanquillo y Macho. En la Cuenca Media, recibe los Ríos Navarro, Naranjo y Birris. Ya en la parte baja hasta Angostura, se le unen los Ríos Pejivalle, que tiene como afluente el Río Gato, el Río Tuis y el Río Atirro.

Nomenclatura Convencional del Area y de las Subcuencas

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), para organizar sus trabajos, decidió utilizar para la Cuenca del Reventazón, una nomenclatura conveniente la cual en parte se ajusta a nombres regionales donde están ubicadas sus estaciones y según sus intereses particulares, (ver Fig. 1).

La fórmula de identificación de cada estación dentro de la Cuenca es el número 9, este número es con el que el ICE identifica la Cuenca general del Río Reventazón, desde su nacimiento hasta su desembocadura, en el Océano Atlántico.

El número que sigue al de la zona es un número que tiene que ver con la fecha de instalación de las estaciones pluviográficas más que con la importancia de las estaciones o de las subcuencas. El nombre corriente con que se las denomina representa el paraje o algún sitio cercano de cierta importancia. De esta manera la nomenclatura e identificación de las estaciones es como sigue:

Tapanti	9-11
Congo	9-10
Oriente	9-9
Belén	9-8
Cordoncillal	9-7
Cachí	9-6
Montecristo	9-5
Humo	9-4
Angostura	9-3

El segundo número de la identificación sirvió también para identificar cada una de las subcuencas por separado, así de este modo quedaron:

Cuenca del Río Cuericí (nacimiento del Río Reventazón)	11
" " " Birrís	10
" " " Gato	9
*" Superior del Río Macho	8
" del Río Humo	7
" " " Aguas Calientes, Reventado y Navarro	6
*" Media del Río Macho	5
" del Río Pejivalle	4
" de los Ríos Tuis y Atirro	3

Los dos números juntos representan el área comprendida hasta la estación, así por ejemplo 9-6 cubre las áreas de las subcuencas 11, 8, 7, 5 y 6; la estación 9-9 cubre las áreas de las subcuencas 9 y 4 y así sucesivamente para cada una de las estaciones.

Superficie

La Cuenca en estudio, hasta el punto denominado Angostura, tiene una superficie de 1367 Km² (24) o sea el 52 por ciento del área de la Provincia de Cartago y el 2,7 por ciento del área total del país.

Esta superficie según ICE, está distribuida en subcuenca como sigue:

<u>Subcuencas</u>		<u>Superficie Km²</u>
De los Ríos Aguas Calientes, Reventazón y Navarro	(6)	373.4
De los Ríos Atirro y Tuis	(3)	226.0
Del Río Birris	(10)	193.0
" " Cuericí	(11)	190.0
" " Pejivalle	(4)	130.0
" " Gato	(9)	96.0
" " Humo	(7)	64.6
Superior del Río Macho	(8)	46.0
Media del Río Macho	(5)	18.6

Población y Centros Urbanos Importantes

Los centros poblados más importantes ubicados dentro de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón son: Cartago, Turrialba, Juan Viñas, Paraíso, Orosí, La Suiza, Pacayas y Cervantes. Algunos de estos pueblos se encuentran en las estribaciones de la Cordillera Central, otros en los valles principales; los poblados que se encuentran en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca, no dejan de ser más que caseríos de poca importancia.

El número de habitantes en toda el área es de unos 110.000, de los cuales un 70 por ciento se encuentran en las zonas rurales y el resto en los centros poblados (9).

Vías de Comunicaciones

En el área se encuentran distribuidos unos 650 Km de carreteras, entre vías asfaltadas, vías con gravas, y vías construídas con tierra.

Los principales centros poblados se encuentran unidos por carreteras en buen estado, transitables en todas las épocas del año; las poblaciones más pequeñas sólo cuentan con caminos de grava y tierra, los cuales se presentan más difíciles hacia algunos parajes y peor aún en ciertas épocas lluviosas del año.

Las carreteras principales son la Panamericana, que comunica al país con Panamá y cruza el área de la Cuenca por la parte Sur-Occidental; y la troncal nacional que va de Cartago a Turrialba y continúa hasta Siquirres. De esta vía se desprende una serie de ramales que comunican toda la parte Norte del área y algunas regiones Orientales y Centrales.

Con excepción de pequeñas trochas y senderos construídos por colonos y el ICE, se puede afirmar que la parte Superior de la Cuenca se encuentra aún en estado impenetrable. Sin embargo, en época reciente, el ICE, ha iniciado la construcción de dos vías de acceso a la mencionada área; una de las cuales llega hasta la fecha al paraje de Dos Amigos y la otra a la parte media del Río Macho.

El ferrocarril del Atlántico (Northern Railroad Co.) comunica los principales pueblos de la Cuenca y sigue en general la Cuenca del Río Reventazón desde Cartago, sin alejarse mucho del lecho

del Río, hasta las cercanías de la población de Siquirres.

Uso Actual de la Tierra

De los 1367 Km² de superficie que tiene el área, un poco más de la mitad permanece aún con bosque natural poco intervenido por el hombre.

La vegetación arbórea se encuentra generalmente en la parte Superior de la Cuenca y en aquellas áreas que han dejado de ser utilizadas, por lo menos momentáneamente, para actividades de índole agropecuarias. En todos los terrenos de la Cuenca, donde ha habido esta influencia humana sobre la vegetación natural y luego se ha abandonado a los procesos ecológicos, se encuentra una vegetación de segundo crecimiento compuesta de especímenes de unos 0,5 m hasta 20 m de altura. El área ocupada por este tipo de vegetación alcanza aproximadamente un décimo de la superficie total.

Un buen porcentaje del área total se encuentra ocupada con cultivos como café, caña de azúcar, frijol, cebada, papa, maíz, plátano, etc. y otra parte en ganadería. Las áreas más influenciadas por estas actividades agropecuarias se encuentran en los alrededores de los centros poblados y regiones de fácil acceso, especialmente cuando la topografía no es muy accidentada.

Según Decreto Ejecutivo Nº 1 de enero de 1964, el gobierno nacional creó la Reserva Forestal del Río Macho. Esta reserva cubre la parte Superior del Río Reventazón y la parte Media de los Ríos Pejivalle, Gato y Atirro (55).

De la parte superior de esta Reserva, en los alrededores de la Carretera Panamericana, los colonos extraen aproximadamente 146.133 pulgadas* de maderas de Quercus spp. y Podocarpus spp. y 7000 sacos de carbón al mes (55); estos productos en su mayoría son transportados y vendidos en las ciudades más importantes del país.

En las áreas que han sido utilizadas por estas actividades, se encuentran fincas o parcelas que en su totalidad suman unas 3000 ha, ocupadas hoy día en actividades agropecuarias. En este último grupo están incluidos potreros para pastoreos, que ocupan la mayor parte del área de esta región y áreas para pastos de corte, las cuales son muy reducidas.

* Unidad muy usada en Costa Rica que corresponde a un paralelepípedo de una pulgada cuadrada de grueso por 11 pulgadas de largo. Equivale por lo tanto a once doceavos de la medida internacional conocida como pie tablar ("board foot").

REVISION DE LITERATURA

Transcurso del Clima

En general el régimen de las lluvias depende tanto de los procesos atmosféricos del Sistema de Circulación Intertropical, causado por la distribución barométrica latitudinal, como de la influencia que ejercen las circulaciones locales sobre la distribución regional de estas, de acuerdo con las formas de la topografía (59).

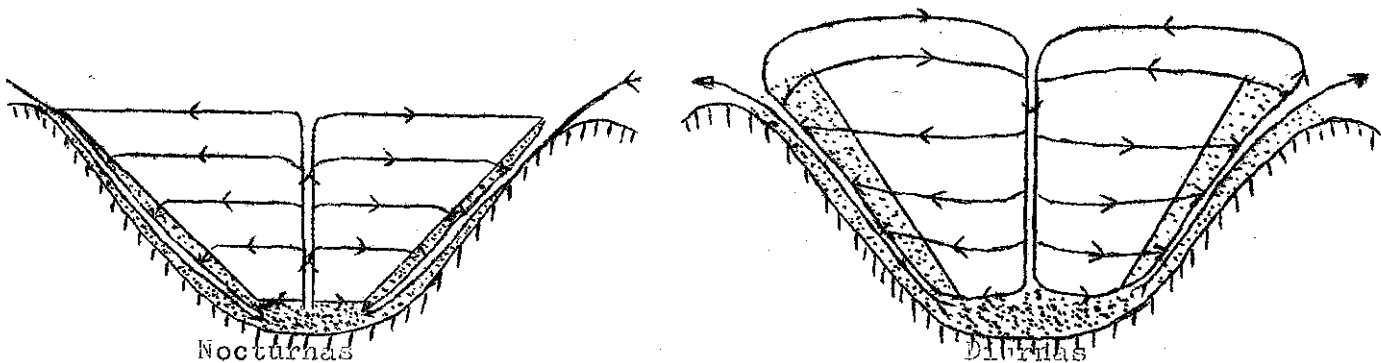
Una de las características más importantes que presenta el transcurso de la precipitación es su periodicidad, la cual generalmente está sincronizada con el cambio de lugar del Sistema de Circulación Intertropical y este a su vez está sincronizado con la traslación del sol entre los dos solsticios, de Sur a Norte en la primera mitad del año, y de Norte a Sur en la segunda mitad.

Correlacionando el traslado periódico de la precipitación en las diferentes latitudes durante el año, De Martonne en Africa, citado por Trojer (58), Trojer en América Latina (58) y Vivó para América Central (63) determinaron el movimiento estacional de las épocas lluviosas y secas que se puede interpretar en la forma anteriormente descrita. Durante los meses de diciembre a marzo la convergencia o divergencia de la corriente general, con dirección predominante del Este, destaca zonas a lo largo de la Costa Atlántica Centroamericana con alta pluviosidad lo cual se debe a estancamientos, especialmente donde hay una detención de las corrientes de aire en la superficie sobre las primeras estribaciones costeras.

La pluviosidad regional varía mucho de una zona a otra y depende de las características de la masa de aire (temperatura,

densidad, humedad absoluta, etc.) desde donde se inician las circulaciones locales. De esta manera, el agua precipitable está en relación con la humedad absoluta y depende del nivel en el cual la masa de aire inicia el movimiento ascendente en convergencia, convección o circulación local (58). En este proceso las formas de la topografía desempeña un papel muy importante. En base a esto, en las zonas montañosas, las cimas de las montañas permanecen nubladas, mientras que el fondo de los valles está despejado. Se manifiestan entonces las circulaciones locales, lo cual se debe en parte a que en el fondo del valle hay más horas de sol, calentando el aire que empieza a circular desde el valle hacia las montañas de donde se dirige hasta el centro del valle hasta cierta altura, para luego descender nuevamente hasta el centro del valle. Como se puede ver en el diagrama adjunto, de noche el proceso se invierte. El proceso es típico para zonas montañosas (52) siendo mayores en estas áreas que en las partes planas (63).

CORRIENTES DE VALLES OPERANDO CIRCULACIONES LOCALES, DIURNAS Y NOCTURNAS DE VIENTOS



Tomado de Geiger, R. The climate near the ground. (pp211 y 255) 1950

Influencia del Clima sobre la Vegetación

Está determinado que son muchos los factores climáticos que influyen sobre la vegetación de cualquier lugar, pero generalmente hay acuerdo en considerar que los principales y más determinantes de estos factores son la precipitación y la temperatura. Otros factores que también intervienen y a los que no se les da mucha importancia son la humedad relativa, la neblina, la distribución anual de las lluvias, la insolación y los vientos. Además de estos factores, Trojer añade que es la variabilidad de la radiación causada por los cambios en la nubosidad, uno de los principales factores que determina el crecimiento de las plantas (57).

En sus estudios para establecer un nuevo método para calcular el balance hídrico para cualquier área dentro de una "Asociación Climática", Tosi (53) observó para Turrialba y lugares vecinos que cuentan con igual número de meses relativamente secos, la pérdida de las hojas de algunas especies en estos períodos de sequía y deduce que en estos períodos la vegetación tiene tendencia a protegerse contra la sequía deshaciéndose de parte o el total de sus hojas.

Veillon, en Venezuela (61), mostró por medio de inventarios de vegetación a cierta altura, la tendencia de ciertas especies de mostrar una reducción en la altura media del fuste, a medida que se asciende hacia pisos térmicos mayores. De esto se deduce que a un menor volumen del material vegetal habrá menor consumo de agua,

pero esto se debe sobre todo al menor ritmo de transpiración. Más tarde mostró mediante estudios realizados en zonas bajas del mismo país (62) una alta correlación entre las características de la masa boscosa (con árboles mayores de 20 cm de diámetro) y la precipitación en esa zona. Hasta cierto límite superior, notó que con el aumento de la precipitación había un aumento del número de árboles, aumento del área basal, de la altura total y del área de las copas de la masa boscosa.

Tasaico (60), en investigaciones realizadas en Costa Rica, a base de mediciones de hojas a diferentes elevaciones desde cerca del nivel del mar hasta los 3000 m de altura encontró que las hojas tienen mayor longitud y anchura en bosques de más altas temperaturas, las que corresponden a bajas alturas, y que el tamaño promedio de las hojas de las especies de una formación disminuye a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, siempre que la humedad en términos de la relación evapotranspiración potencial anual / precipitación se mantenga igual en las diferentes elevaciones.

En estos estudios se puede notar la influencia de los factores climáticos en los diferentes tipos de vegetación, pero no se dice nada sobre la cantidad de agua que puede ser utilizada por determinado tipo de vegetación. Esto fue tratado por Holdridge (22), quien se basó en la hipótesis que el potencial de evapotranspiración es un valor único para cualquier isoterma de la tierra y que los movimientos del agua de la atmósfera, según suelo y clima zonal, son iguales. En base a esto, elaboró un Nomograma para

permitir la interpolación de cantidades de totales movimientos de agua para cualquier estación localizada dentro de una "asociación climática"*, atribuyéndole teóricamente cualquier desbalance hídrico, al tipo de vegetación que se encuentra en la determinada asociación.

Factores que Influyen en la Descarga de los Ríos

La relación precipitación-escorrimento, desde tiempo atrás, ha venido constituyendo uno de los problemas más complejos en el campo de la hidrología. Tal dificultad parece deberse a la falta de una identificación clara de los numerosos factores que pueden intervenir en esta relación, y de los cuales, según Young (68), muy pocos permanecen constantes.

Shanholtz, Dils y otros (3, 15, 47) agrupan los factores que influyen en la descarga de las corrientes en dos grupos: primero, los que pertenecen a las características de las lluvias y segundo, los que pertenecen a la cuenca en sí. Charlton (11), además de notar la importancia de las características de las lluvias sobre las descargas, hace ver la importancia que tienen en estas últimas los tipos de vegetación presentes en los terrenos de la Cuenca.

Estudiando el problema de la descarga, el mismo Shanholtz (47),

* Asociación climática, según Holdridge (20) es aquella asociación vegetal que se desarrolla sobre condiciones edáficas "normales" para el clima, es decir, sobre suelos maduros derivados de materiales geológicos ni muy ácidos, ni muy alcalinos o deficientes en elementos comunes.

correlacionó la pluviosidad con la descarga, pero debido a la existencia de otros factores variables dentro de los terrenos, la relación obtenida resultó poco significativa. Más tarde, Lull y Sopper (32) correlacionaron en forma positiva estas dos variables y dirigiendo además que la influencia de la cubierta vegetal en la descarga está integrada por una serie de factores ambientales que tienden a producir mayor cantidad de agua.

En cuanto a esto último, Burgers (5) encontró en trabajos de reforestación en el Norte de España, además del beneficio económico que constituyen los bosques económicamente aprovechables, una regularización del caudal de las aguas y un aumento en la precipitación. Este último punto sin embargo es debatido por muchos autores.

Estudiando la manera de como aplicar análisis estadísticos a los datos hidrológicos, Harris (18) et al y Sneider, citado por Shanholtz, esquematizaron una serie de factores dignos de tener en cuenta en el empleo de esta clase de análisis. De acuerdo con estos autores, pueden presentarse errores al medir las variables dependientes e independientes, a pesar de la alta correlación que pueda existir entre las variables independientes.

Analizando la independencia o dependencia de los factores que influyen en la corriente de los ríos, Lull y Sopper (32) encontraron 10 factores dependientes y 14 independientes. En su mayoría, los primeros estaban íntimamente relacionados con la escorrentía y sus formas, y los segundos con el clima en general.

En estudios realizados sobre producción de agua en diferentes Cuencas hidrográficas, Nixon (37) determinó como factores físicos influyentes en esta producción el clima, el suelo, la pendiente, el uso de la tierra y las prácticas de manejo. En su trabajo reconoce la independencia de estos factores y sintetiza la producción de ésta por medio de la siguiente ecuación:

$$Y = CLSPM$$

donde,

Y = producción de agua

C = clima

L = uso de la tierra

S = suelo

P = pendiente y

M = prácticas de manejo

Según esto, habría una variación de la descarga de acuerdo al uso del terreno, de la pendiente, de los suelos y de las prácticas de manejo durante las diferentes épocas del año.

Desde el punto de vista de la producción de agua Wilm (67) afirma que esta producción es mayor en áreas que posean menor cantidad de masa forestal debido a que el consumo de agua por las plantas disminuye y quedando así de esta manera más agua disponible para el escurrimiento. En Sperbel, Estados Unidos (35), se comprobó la influencia de la cubierta vegetal en la descarga superficial de las corrientes; aquí, las medidas directas efectuadas sobre el escurrimiento superficial indican que el escurrimiento en ciertas

áreas con bosques y con pendientes entre 35-50 por ciento, no es tan grande como en terrenos adyacentes pastoreados, donde el suelo se ha compactado; aquí el escurrimiento alcanza un 50-60 por ciento de la lluvia en una pendiente del 5 por ciento (35).

Datos similares fueron obtenidos más tarde sobre potreros con ganado en los Alpes (35) en terrenos con pendientes de 45 por ciento donde el escurrimiento obtenido fue de un 78 por ciento de la lluvia total. Por otra parte, potreros que no habían sido utilizados por 7 años mostraron únicamente un escurrimiento de un 12 por ciento.

Influencia de las características físicas de la Cuenca

De acuerdo con algunos autores, las características físicas de las áreas de captación de lluvias tienen gran influencia sobre la distribución de éstas y la manera como se efectúa el drenaje de los terrenos de la Cuenca. La topografía, como lo demostró Isaac (25), es un factor influyente desde el punto de vista que en ciertas épocas del año y a cierta altura pueden formarse niveles de condensación de las masas de aire ascendentes, las cuales pueden traducirse fácilmente en precipitación, según el contenido de vapor de agua que tengan estas masas de aire, y que Trojer denomina en sus trabajos como altitud relativa efectiva (58) para la cantidad pluvial regional.

Las características geológicas y pedológicas son de mucha importancia y son considerados por algunos autores, características decisivas en el flujo de agua de las corrientes de los terrenos.

Mead y Jans, citados por Ayer (1) considerados como los pioneros en las investigaciones sobre la influencia de la geología y el suelo en la descarga, sintetizan la importancia de estos factores en dos puntos básicos: primero, en la escorrentía superficial, y segundo, en la recarga y acumulación del agua para la época seca.

Allí pues, la importancia que le dan ciertos autores (1, 14, 56) a las intensidades de las lluvias, aduciendo que cuando éstas son leves y de larga duración tienen en el suelo un efecto de saturación, permitiendo una mayor infiltración hacia las capas subterráneas del suelo. En cuanto a esta última parte es conveniente tener presente la influencia de la textura del suelo, ya que los suelos livianos por lo general, son más permeables y permiten un mayor movimiento del agua hacia niveles inferiores.

Dapples (14) por su parte da más importancia a la pendiente media y a la gradiente de los drenajes de la Cuenca como factores más influyentes en la cantidad de agua superficial; de esta manera deja ver la función que desempeñan estos factores en el tiempo que tarda en descargar el río. Generalmente los desagües profundos, por razones topográficas, poseen una descarga superficial bastante grande en contraste con una descarga baja de la corriente de la base.

Husch (23), en estudios sobre la influencia de varias clases de factores en la descarga de los ríos, manifiesta que las rápidas avenidas de éstos y de las corrientes superficiales no se debe muchas veces a la falta de infiltración en los suelos sino a las fuertes pendientes del terreno.

Influencia del clima

Algunos autores como Neal (36) dan mayor importancia a la influencia de cada una de las estaciones climáticas en la descarga de las corrientes de una Cuenca. Otros, como Trojer (56), además de esto, subrayan la importancia de las características de la duración e intensidad de las lluvias de diferentes tipos, en relación con las descargas que se puedan producir.

Los días con más agua y un mayor número de días lluviosos, es decir, cuando la densidad pluvial (cantidad/frecuencia) es alta, mostraron tener, según Suárez de Castro (49), tendencia a un aumento en la percolación.

Banks (2), estudiando la influencia de la temperatura en la descarga, determinó en cuatro Cuencas en Sud-Africa que con el aumento de la temperatura había una disminución de la descarga. Por análisis estadísticos efectuados a registros de temperaturas, observó que estas eran mayores a las dos de la tarde, ocurriendo una disminución de la descarga cuatro horas después. Con temperaturas más bajas a las cuatro de la madrugada, observó aumento de caudales hacia las ocho de la mañana, determinando así un ciclo diario en los caudales del río, debido a las diferencias de Evaporación de acuerdo con las horas del día.

Respecto al rocío Dabral (13), trabajando en la India, demostró que este era mayor en épocas de temperaturas frías y alta humedad relativa del aire que en cualquier otra época (13). Lo cual

es importante ya que es una manera de hacerse presente la precipitación y muy pocas veces medida y tenida en consideración.

Influencia de la cubierta vegetal en la descarga de los ríos

Al caer lluvia sobre una masa forestal, la primera influencia de esta masa boscosa es la interceptación; ésta, según Harper (17) puede alcanzar de 10 a 20 por ciento de la precipitación promedio anual en condiciones naturales, dependiendo todo de la forma e intensidad de la lluvia y del espacio de almacenamiento en la superficie de la vegetación cuando empieza la lluvia (23). Esto, aunque variable, según se deduce de lo mencionado por Husch (23), fue confirmado por Beard (3) quien en estudios de interceptación de lluvias, realizados en Sud-Africa, encontró que las copas de los árboles de plantaciones forestales maduras retenían en promedio de 15 a 20 por ciento de la lluvia media anual, variando estos promedios entre un 40 por ciento con lluvias leves y un 13 por ciento con lluvias intensas. De la lluvia caída sobre la copa de los árboles, encontró que un 86 por ciento penetraba por el follaje y el 14 por ciento restante se deslizaba por el tronco. Este último porcentaje puede variar mucho según la intensidad de la lluvia, y se debe a que con lluvias poco intensas este porcentaje tiende a aumentar. En cuanto a la interceptación de la lluvia por la copa de los árboles Isaac (25) observó en Oregon, Estados Unidos que lluvias leves no eran registradas por pluviómetros que se encontraban debajo de la cubierta boscosa; y Voth (64) a base de estudios al respecto realizados en la isla de Barra Colorado,

Panamá, concluyó que la capacidad de retención de agua por los vegetales variaba entre las especies y la parte de la planta donde se hiciera la medición.

Otros datos sobre la influencia de las masas boscosas en la intercepción fueron obtenidos por Kummerov en Chile (27) y por Dabral en la India (12). El primero de estos autores encontró que la cantidad de agua registrada, debida a la neblina, dentro del bosque era mucho mayor que la registrada al aire libre. Caso contrario encontró el segundo autor, midiendo en condiciones similares de vegetación, la cantidad de agua debida al rocío.

Trojer en Colombia (56), midiendo la precipitación bajo cafetales con diferentes sombríos, concluyó que lluvias menores de 0,5 mm no alcanzaban a llegar al suelo y para que estas puedan alcanzarlo se necesita que caiga por lo menos 1,0 mm.

Sobre el tema si la cubierta vegetal influye o no, y en qué grado, en la descarga de los ríos se ha escrito suficiente, y la mayoría de los autores están de acuerdo en considerar positiva esta influencia, la cual depende en cada caso de las condiciones de cada sitio y sobre todo en lo relacionado con el tamaño y la especie del vegetal.

Realizando trabajos sobre balance hídrico Pereira y Blackie (4, 39) sostienen que las plantas jóvenes consumen mucho menos cantidad de agua que las plantas maduras y que éstas necesidades varían de una especie a otra. Sobre esta variación en el consumo de agua por las diferentes especies parece estar de acuerdo Rennie (43) quien aboga por la elaboración de nuevos planes de

investigación tendientes a demostrar hasta que punto la cubierta vegetal natural y los cultivos artificiales influyen en el flujo del agua. Parece que su objetividad se basa en las diferentes características y propiedades de las especies. Otros autores manifiestan que un cambio por eliminación en la cubierta vegetal puede dar como resultado cambios en la descarga de los ríos, en cantidad, calidad y distribución de la misma.

Rowe y Penman (45) en época seca y a una profundidad de 12 cm midieron la humedad restante bajo un chaparral y bajo un pastizal. De sus resultados concluyeron que la evapotranspiración era mayor en el chaparral y dedujo que ésto se debía a la profundidad de las raíces que tienen el poder de almacenar mayor cantidad de agua.

Al hacer comparaciones entre un bosque secundario y un pastizal contiguo, en este mismo tipo de estudio, Loján (27) a 18 pulgadas de profundidad en terrenos del IICA, Turrialba, demostró que los cambios de humedad en cada asociación estudiada, fueron similares en la estación lluviosa y diferentes en la estación seca y concluyó que el almacenamiento de agua fue mayor en los terrenos cubiertos con pastos.

Zahner (69) también durante época seca y en áreas similares comparó el consumo de agua entre un rodal de coníferas y uno de latifoliadas. La comparación de los resultados indicó que no había diferencia en este consumo, concluyendo que la evapotranspiración depende más del clima, que de las especies de árboles. En cuanto a la dependencia de la evapotranspiración del clima, Loján (29) parece estar de acuerdo con Zahner, siempre y cuando las

capacidades de campo de ambas asociaciones vegetales sean iguales, agregando además que al disminuir la humedad del suelo la evapotranspiración depende más del tipo de la vegetación.

Lull y Sopper (31) en Estados Unidos demostraron como la cosecha de madera afecta la producción de agua y para efectuar el balance de producción de esta última utilizaron la evapotranspiración potencial. De los trabajos en Fernow, Estados Unidos (31) de estos mismos autores se vio que aclareos leves dieron como resultados un aumento de la producción de agua proporcional a la cantidad de madera sacada. Allí, el primer año, se notó un aumento de la producción de agua, pero este aumento desapareció luego del tercer año. En Coweeta, (15) con aclareos más intensos tardó 14 años la Cuenca en volver a su producción normal. Lvovitch, citado por Ayer (1), manifiesta que con un aumento de la cobertura del bosque en un 30 por ciento, la descarga media anual de una corriente había disminuído de un 65 por ciento a un 35 por ciento, en relación con la precipitación caída.

Es bien conocido que el agua que es retenida por la cubierta vegetal se divide en dos partes; una que se evapora directamente de la copa de las plantas y otra que va al barruco* del suelo. Según Helvey (9), la capacidad de almacenamiento de este barruco varía según la especie y el tamaño de la planta; y el volumen de agua que se evapora varía según la acumulación de la hojarasca,

* Cantidad de materia orgánica sin descomponer depositadas por los vegetales en el suelo (9).

del clima, de la superficie, de la elevación sobre el nivel del mar y de la actividad biológica.

Referente a este aspecto, o sea en cuanto a la influencia de la cubierta vegetal en la descarga, Colman (7) considera la cubierta como un reservorio artificial que tiene una variedad de formas y su influencia en el flujo del agua ocurre de diferentes maneras.

El tema sobre si la cubierta vegetal influye o no en la evapotranspiración ha sido bastante discutido y algunos autores como Holdridge (20) consideran esta cubierta de mucha importancia para tal efecto y sostienen que entre mayor es la temperatura, mayor es la evapotranspiración y que está íntimamente relacionada con el número de estomas que tienen las hojas; deduciendo de esto que entre más grande es la hoja hay más cantidad de estomas, por lo tanto la pérdida de agua por evapotranspiración es mayor. Otros como Schofield y Penman (47), opinan que la evapotranspiración es un fenómeno físico y que la cubierta vegetal no interfiere en su control.

Thorntwaite (51) comparó la evapotranspiración en diferentes coberturas vegetales y concluyó que esta era menor en terrenos cubiertos con pastos, 14 por ciento mayor con bosque de Quercus y un 20 por ciento mayor en bosque de pino.

Por último en el Laboratorio Hidrológico de Coweeta, en Carolina del Norte, Estados Unidos (15) por medio de selección de Cuencas en condiciones físicas y climáticas ^{similares} simiales, pero con diferentes usos de la tierra, se demostró, en el año de 1949, los efectos perjudiciales de una total supresión de la cubierta forestal

y herbácea. En las Cuencas donde fue eliminada total o parcialmen
te la cobertura boscosa luego de ocurrir lluvias de cierta intensi
dad, se producía un aumento inmediato de la descarga superficial,
trayendo como consecuencias rápidas avenidas de agua y un desequi-
librio en la distribución de las descargas en comparación con las
Cuencas que permanecieron con su cubierta vegetal natural.

MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS

Materiales

Los materiales que se utilizaron en el presente trabajo se pueden catalogar en tres grupos así:

Registros hidrométricos y térmicos

En el área se encuentran distribuidos:

1. Cuarenta y una estaciones pluviográficas, las cuales poseen datos de diferentes períodos. Los propietarios de estas estaciones son: el IICA, el Ministerio de Agricultura, el Servicio Meteorológico Nacional, el ICE y la Northern Railway de Costa Rica. Además de los datos de este número de estaciones, se utilizaron datos de 12 estaciones más, ubicadas algunas de ellas en la parte inferior y otras en lugares vecinos de la Cuenca (ver Fig. 1 y Cuadros 1 y 2).

De este número de estaciones, 12 de ellas poseen datos de temperatura con diferentes tiempos de observación.

2. Diez estaciones de registro de caudales equipadas cada una con un limnógrafo; todas de propiedad del ICE (ver Fig. 1 y Cuadro 3).
3. Aforos ocasionales de máximas descargas tomados por el ICE en diferentes afluentes del Río Reventazón.

Mapas y fotografías aéreas

1. Del Instituto Geográfico Costarricense se utilizaron

CUADRO 1. Lista de estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón C. R.*

Nombre de la estación	Coordenadas geográficas		Elevación s. n. m. en metros	Fecha de instalación	Período de registro en años
	Latitud N.	Longitud O.			
Turrialba (IICA) 1/	09° 53'	83° 38'	602	1941	26
La Suiza 1/	09° 51'	83° 37'	616	21-8-62	4
Turrialba (Norte)	09° 54'	83° 41'	646	1944	23
La Esperanza	09° 47'	83° 38'	700	28-4-64	3
El Humo	09° 48'	83° 42'	746	69-54	6
La Victoria	09° 48'	83° 41'	774	30-5-64	1
Tucurrique	09° 51'	83° 47'	776	14-10-63	2
Nazaret	09° 46'	83° 43'	830	22-4-64	2
Taus	09° 46'	83° 43'	900	22-8-62	4
Cachí 1/	09° 50'	83° 48'	1020	1953	16
Orosi	09° 49'	83° 51'	1050	1948	17
Juan Viñas 1/	09° 34'	83° 44'	1165	1951	16
El Yas	09° 51'	83° 49'	1202	1944	22
Tapantí	09° 46'	83° 49'	1203	1942	23
Cordoncillal	09° 44'	83° 47'	1240	10-4-59	7
Tábano	09° 44'	83° 42'	1300	1964	2
Paraíso	09° 50'	83° 52'	1325	1953	13
Cartago 1/	09° 52'	83° 55'	1400	4-5-59	7
El Guarco 1/	09° 48'	83° 53'	1433	1952	13
Dos Amigos	09° 42'	83° 47'	1470	7-4-64	3
El Llano	09° 46'	83° 51'	1572	11-7-57	8
Valverde	09° 44'	83° 46'	1580	22-4-64	2
Pacayas 1/	09° 54'	83° 48'	1735	14-12-51	15

CUADRO 1. (Cont.) Lista de estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón C. R.*

Nombre de la estación	Coordenadas geográficas		Elevación s. n. M. en metros	Fecha de instalación	Período de registro en años
	Latitud N.	Longitud O.			
La Cangreja	09° 47'	83° 57'	1860	10-8-62	4
Muñeco	09° 46'	83° 55'	1410	14-8-62	4
El Gato	09° 42'	83° 41'	1600	19-9-64	2
Cedral	09° 49'	83° 53'	1800	1964	2
El Destierro	09° 41'	83° 44'	2020	18-8-62	4
Belén - R. Macho	09° 44'	83° 53'	2010	11-11-59	1
T-Seis	09° 42'	83° 46'	2075	7-8-62	4
Empalme	09° 44'	83° 57'	2150	1964	2
Reventado	09° 56'	83° 54'	2190	1965	1
San. Durán <u>1/</u>	09° 55'	83° 53'	2337	1942	24
Cañón	09° 41'	83° 55'	2460	18-8-54	12
Berma	09° 40'	83° 49'	2558	10-8-62	4
Tres de Junio	09° 40'	83° 51'	2660	8-8-62	4
Cerro de la Muerte	09° 35'	83° 42'	2690	1962	4
Puesto #3 Reventado	09° 57'	83° 54'	2720	1965	1
Ojo de Agua	09° 37'	83° 49'	2800	8-8-62	3
Villa Mills <u>1/</u>	09° 33'	83° 42'	3000	6-5-59	6
San Juan Chicué	09° 57'	83° 51'	3140	1965	1
Volcán Irazú	09° 59'	83° 51'	3320	1965	1

* Datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional, San José, C. R.

1/ Con instrumentos para registrar temperaturas.

CUADRO 2. Lista de estaciones meteorológicas ubicadas en la parte Inferior y lugares vecinos de la Cuenca del Río Reventazón, C. R.*

Nombre de la estación	Coordenadas geográficas		Elevación s. n. m. en metros	Fecha de instalación	Período de registro en años
	Latitud N.	Longitud O.			
Limón <u>1/</u>	10° 00'	83° 03'	3	1936	30
Siquirres <u>1/</u>	10° 06'	83° 30'	62	1931	35
Peralta	09° 58'	83° 37'	368	1943	23
Pacuare	09° 49'	83° 30'	800	21-8-62	4
Platanillo	09° 46'	83° 33'	889	7-9-54	12
San José <u>1/</u>	09° 56'	84° 05'	1172	1966	78
Tres Ríos	09° 53'	83° 59'	1320	1940	20
Alto de Ochomogo	09° 53'	83° 57'	1490	1949	16
La Lucha	09° 45'	83° 59'	1600	1962	4
La Lola	10° 04'	83° 22'	39	1950	16
Cuencas	9° 44'	83° 35'	1835	7-7-66	1

* Datos sobre estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, San José C. R. Anuarios meteorológicos de los años 1961-1966.

1/ Con instrumentos para registrar temperaturas.

CUADRO 3. Lista de estiviográficas ubicadas en la Cuanca Superior y Media del Rio Reventazón, C. R.*

Número de la estación	Lugar	Coordenadas geográficas		Elevación del 00 de la escala en m s.n.m.	Elevación del B.M. en m. s.n.m.	Area de descarga en Km ²		Fecha de instalación	Período de registro***	
		Latitud N.	Longitud O.			Neta**	Por Estación		años	meses
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9-3	Angostura	109° 53' 45"	83° 39' 24"	532.11	537.82	226.0	1367.0	050953	13	6
9-4	El Humo	109° 47' 36"	83° 43' 00"	692.29	696.49	130.0	130.0	291053	13	5
9-5	Montecristo	109° 46' 09"	83° 51' 57"	1658.57	1665.03	18.6	64.6	061055	11	5
9-6	Cachí	109° 47' 36"	83° 50' 15"	973.59	981.15	373.4	692.0	040556	10	11
9-7	Cordoncillal	109° 45' 54"	83° 43' 30"	1246.47	1250.42	64.6	254.0	050358	8	1
9-8	Belén	109° 45' 12"	83° 52' 51"	1955.49	1957.12	46.0	46.0	220960	6	2
9-9	Oriente	109° 50' 15"	83° 4' 45"	620.29	622.86	96.0	226.0	060462	5	1
9-10	Congo	109° 53' 15"	83° 46' 00"	723.45	729.22	193.0	885.0	180562	4	11
9-11	Tapanti	109° 42' 15"	83° 45' 00"	1592.50	1599.61	190.0	190.0	230762	4	8

* Tomado del Boletín No 4 del I.C.E. 1964.

** La columna 8 fue adaptada a la numeración del Instituto Costarricense de Electricidad, (ICE).

*** Las columnas 11 y 12 hasta el mes de abril de 1967.

56 fotografías del área a escala aproximada de 1:60.000.

La distribución de las fotos es la siguiente:

<u>Misión</u>	<u>Línea de vuelo</u>	<u>desde</u>	<u>A</u>	<u>Fecha</u>
61	7-1	6796	-6804	18-1-56
61	8-2	6761	-6769	18-1-56
67	9-2	7578	-7587	25-11-56
67	10-2	7562	-7570	25-11-56
611	79 A	2597	-2607	9-11-60
56	12-1	6326	-6334	9-1-56

2. Siete mapas topográficos regionales de la misma institución a escala 1:50.000, así:

1-	Tucurrique	3445-I
1-	Pejivalle ^{b y}	3445-II*
1-	Tapantí	3445-III
1-	Istarú	3445-IV
1-	Cuericí	3444-I
1-	Vueltas	3444-IV
1-	Abra	3345-I

Además de este material, existe un mapa básico de la Cuenca en estudio a escala 1:100.000 elaborado por el ICE.

* Carta preliminar.

Métodos

Determinación de la pendiente media de la Cuenca

Para el conocimiento de la distribución de la pendiente media en la Cuenca general y en cada una de las subcuencas, se utilizó el método de Wetworth, citado por Rains (41), el cual, además de ser simple, resultaba ser bastante eficiente para las condiciones del área. En general, el sistema consiste en contar el número de curvas de niveles que pasan por las diagonales de cuadrículas confeccionadas de antemano en la carta topográfica. Este número de curvas da un coeficiente índice, el cual sirve para hacer las agrupaciones de áreas con pendientes similares.

Por ser el área de gran tamaño y con fuertes diferencias de pendientes, el sistema Wetworth fue modificado; primeramente el conteo se hizo sobre los lados de la cuadrícula y luego se consideraban los puntos más altos y más bajos en cada cuadrícula.

En base a estas medidas y a patrones de pendientes elaboradas con anterioridad y en base a la fórmula de la tangente, se obtuvo el grado de pendiente para toda el área de estudio. Luego, con la ayuda de un planímetro se obtuvo el área ocupada por cada grado de pendiente en cada una de las subcuencas. La pendiente media para las subcuencas y la Cuenca total se obtuvo por el método promedio ponderado.

Distribución de las lluvias y conocimientos del clima

Para el conocimiento de la distribución general de las lluvias

y el estudio del clima se tuvo en cuenta las características topográficas del área y luego se utilizaron todos los datos meteorológicos existentes de las estaciones que se encuentran localizadas dentro de la Cuenca y lugares vecinos (10). Para tal fin se utilizó la interpretación de un mapa base, en el cual se delinearon las estribaciones de las Cordilleras climatológicas efectivas, como han sido experimentados en varias zonas montañosas por Trojer (52, 53), tomando en cuenta la estrecha relación entre las modificaciones climáticas locales y la forma topográfica de las Cuencas. Para el mapa general de las lluvias se emplearon los registros de todas las estaciones agrupadas por períodos de tiempo, y ordenadas en sentido ascendente desde el nivel del mar. De este modo quedaron estaciones que tenían más de 10 años de observación, otras de 5 a 9 años y por último de 1 a 4 años (ver Cuadro 4).

Los promedios anuales de cada una de las estaciones fueron promediadas para cada período correspondiente. Con estos resultados y colocados en un mapa topográfico base, se delinearon las curvas isoyetas. Para el trazado de estas curvas se le dio más veracidad a los valores de aquellas estaciones que poseían períodos de registros de mayor tiempo, teniendo en cuenta la importancia de la forma de la topografía con sus divisorias de agua y la influencia que éstas puedan tener en relación con las circulaciones locales.

Los mapas de lluvias representativos del año 1965 (total, mes más seco y mes más húmedo) fueron elaborados, siguiendo el mismo sistema anterior, pero empleando los datos para los períodos correspondientes únicamente.

4. Lista de estaciones pluviográficas y pluviométricas con lluvias promedias mensuales y anuales para varios periodos de registros en la Cuenca y lugares vecinos del Río Reventazón, C. R.*

Estaciones	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Lluvia prom. en mm.	Altura en m. s.n.d.m.	Período regist. años
Chicuá	64.7	48.5	23.3	5.1	235.7	194.8	153.6	213.8	238.7	192.4	356.8	151.2	1878	3140	1
Villa Mills	24.0	27.1	15.8	97.2	246.3	295.2	282.8	242.7	487.0	418.2	213.3	90.7	2440	3000	5
Ojo de Agua	1.1	12.0	15.8	65.1	216.6	243.7	167.5	187.7	339.9	317.0	121.3	20.8	1710	2800	10
Puesto Nº 3	10.8	16.1	3.0	115	199.1	140.8	75.3	202.0	208.6	157.5	240.0	79.8	1354	2710	1
C. de La Muerte	46.0	22.0	15.0	47.0	210.0	220.0	215.0	216.0	339.0	283.0	180.0	36.0	1780	2690	4
Tres de Junio	129.0	63.1	41.7	98.7	232.5	242.5	249.1	309.3	389.4	339.7	261.0	133.8	2691	2660	4
Berma	201.0	114.0	103.0	115.0	305.0	370.0	430.0	381.0	455.0	431.0	310.0	215.0	3354	2554	4
Cañón	17.5	10.7	15.2	40.0	208.7	252.0	285.9	233.9	328.6	347.6	150.5	65.1	1956	2460	10
Sanat. Durán	23.0	12.3	6.2	26.3	183.2	174.3	117.9	117.4	196.9	263.2	144.0	61.6	1326	2337	10
T. Seis	599.0	277.0	299.0	389.0	734.0	720.0	932.0	971.0	771.0	698.0	775.0	54.6	7679	2075	4
El Destierro	412.0	232.0	211.0	308.0	638.0	520.0	592.0	633.0	572.0	581.0	557.0	325.0	5656	2020	4
Pacayas	165.8	579.0	718.0	96.2	1153.7	201.9	214.9	172.7	185.7	261.3	242.3	229.0	2052	1735	10
El Gato	605.0	338.0	324.0	307.0	892.0	588.0	548.0	718.0	533.0	784.0	600.0	309.0	6338	1600	2
La Lucha	31.0	23.0	7.0	4.0	245.0	183.0	130.0	130.0	276.0	164.5	163.0	52.0	1410	1600	1
El Llano	220.0	130.0	121.3	64.9	354.2	358.3	383.5	274.5	344.0	349.2	239.9	171.3	3012	1572	1
Alto de Ochomogo	7.3	3.4		54.8	154.1	278.0	174.1	148.2	421.8	356.2	176.1	26.2	1800	1490	5
El Guarco	33.6	19.8	20.6	44.2	183.9	195.3	134.2	105.2	229.6	238.2	112.2	52.2	1369	1433	10
Muñeco	56.0	40.0	40.0	61.0	150.0	262.0	209.0	141.0	263.0	210.0	114.0	103.0	1597	1410	3
Cartago	25.0	7.5	9.	54.4	96.5	150.2	96.0	94.9	205.3	216.9	110.4	40.5	1108	1400	5
Paraíso	87.9	43.0	39.4	58.1	177.4	202.2	173.7	142.2	188.6	211.2	145.6	115.0	1585	1325	10

CUADRO 4. (Cont.) Lista de estaciones Ploviográficas y pluviométricas con lluvias promedios mensuales y anuales para varios períodos de registros en la Cuenca y lugares vecinos del Río Reventazón, Costa Rica.*

Estaciones	Ene.	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Lluvia Prom. en mm	Altura en m. s.n.d.m.	Período registro años
Cordoncillal	398.0	213.0	232.0	268.0	410.0	425.0	717.0	534.0	495.0	512.0	467.0	446.0	5114	1240	7
Tapantí	119.7	54.0	46.9	79.4	194.7	339.7	362.3	290.4	229.0	316.1	228.2	175.0	2506	1203	5
El Yas	60.1	16.7	49.9	62.7	88.1	111.7	138.9	97.1	157.8	170.8	159.1	121.8	1735	1202	5
San José	4.9	12.1	8.4	37.8	191.7	274.2	203.7	205.7	341.0	339.0	120.4	30.7	1769	1172	10
Juan Viñas	341.6	218.0	154.2	178.3	331.6	328.6	369.4	260.0	281.1	294.9	396.0	471.0	3725	1165	10
Orosi	62.3	34.3	40.1	55.5	239.9	285.5	268.3	220.5	289.7	288.0	171.3	98.2	2053	1050	10
Cachi	104.9	54.8	49.2	68.2	222.7	284.7	215.5	186.0	257.2	249.2	171.7	158.0	2060	1020	10
Taus	216.0	96.0	154.0	184.0	426.0	547.0	629.0	631.0	516.0	550.0	295.0	182.0	4396	900	4
Platanillo	134.0	66.2	63.3	72.9	248.1	293.3	261.8	189.4	262.1	297.1	279.1	218.2	2387	889	10
Tucurrique	183.2	73.6	55.7	27.2	197.4	284.6	276.8	183.0	217.6	213.1	207.6	103.8	2117	776	2
El Humo	133.4	69.9	57.3	76.2	331.3	408.3	371.0	268.5	355.8	384.2	231.1	189.1	2876	746	10
Turrialba (Norte)	184.6	44.8	68.6	83.4	245.1	242.0	286.0	171.0	203.0	204.5	255.0	244.0	2230	645	10
La Suiza	301.2	93.9	70.1	7.8	295.9	281.9	252.8	178	307.8	314.4	227.9	85.7	2450	616	1
Turrialba (IICA)	170.7	81.9	71.2	96.8	234.4	259.4	288.4	211.7	220.2	250.5	278.4	273.3	2437	602	10
Peralta	252.0	123.0	156.4	201.0	588.0	432.0	547.3	368.2	264.3	399.0	444.3	492.0	4256	368	10
Siquirres	268.9	209.6	170.3	231.9	388.9	374.9	429.9	310.6	235.6	364.9	405.6	525.6	3920	39	30
La Lola	314.9	182.5	164.6	182.8	280.9	257.8	378.2	280.2	126.9	254.3	337.1	481.7	3242	39	10
Limón	698.6	375.4	246.1	45.7	573.8	226.3	559.8	385.1	146.8	273.8	362.5	334.0	4228	3	10

* Datos sobre estaciones pluviográficas y pluviométricas del Servicio Meteorológico Nacional, San José, C. R. Anuarios meteorológicos de los años 1961-1966.

Con el valor medio de cada dos isoyetas y por el método de la media ponderada se obtuvo la cantidad de lluvia promedia en cada una de las subcuencas y luego en toda la Cuenca.

Transcurso de la precipitación

Para el conocimiento del transcurso general de la precipitación, se utilizó el coeficiente Angot (58). Este coeficiente está definido por la relación $\frac{\text{lluvia mensual}}{\text{lluvia anual}}$, multiplicado por el factor que varía según los días del mes. La expresión es como sigue: $\frac{M}{A} \times f$ donde M = valor mensual; A = valor anual

f = factor que depende del número de días del mes, así para mes con 31 días f = 0,085, para los de 30 días f = 0,082; para 29 días f = 0,079 y para los de 28 días f = 0,077.

Según este coeficiente, los meses y períodos de sequía quedan separados de los húmedos por el coeficiente de valor 1,0, obteniendo así, el transcurso relativo en cada estación meteorológica.

Para poder emplear de una manera sencilla y eficiente este coeficiente se ordenaron también los datos de las estaciones pluviométricas, desde el nivel del mar hasta el punto más alto en la Cuenca (ver Cuadro 4). Los valores promedios mensuales de cada una de estas estaciones, fueron promediados por los mismos períodos descritos anteriormente en el método usado para confeccionar el mapa general de lluvias, dando como resultado la distribución media de las lluvias durante el año (transcurso de la precipitación) en cada una de las estaciones. Debido a la serie de estos tipos de transcurros resultantes, se hizo una clasificación

primero por transcurso y luego por zonas con igual transcurso, según el mayor número de características que reunía. La clasificación de los transcurros se efectuó por comparaciones con algunos patrones generales de transcurros típicos para zonas tropicales que habían sido elaborados por Trojer en Colombia (60, 61).

Temperaturas

Para el conocimiento de la distribución de la temperatura en la zona se ordenaron en sentido ascendente en cuanto a altura s.n.m. todas las estaciones que tenían registros de esta clase. Dentro de estas estaciones, algunas tenían registros de muchos años, lo cual sirvió para dar una mayor veracidad a las interpretaciones efectuadas (ver Cuadro 5).

Utilizando el desvío de la temperatura con respecto a la media anual, de los registros de cada mes se obtuvo el transcurso medio relativo de la temperatura en la zona. Luego, con la ayuda de este transcurso se determinaron zonas con igual distribución de las temperaturas agrupadas por niveles, según la tendencia al aumento o disminución respecto a la media anual.

Intensidad de las lluvias

Utilizando los datos de intensidades de lluvias de las diferentes estaciones, se trató de averiguar la frecuencia de ocurrencia de estas y los meses en que mayormente se presentaban. El método empleado fue aplicado para todos los años de registros disponibles. Por último se eligió el año de 1965 para representar

altitudinal mensual y anual de la temperatura para diferentes periodos de registros en la
 io Reventazón, C. R.*

Temperatura en grados centigrados													Período de Observación en años
Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	
9.4	11.0	11.5	11.4	11.6	11.3	11.2	10.9	10.8	10.5	10.2	9.9	10.8	3
14.4	14.5	14.8	15.4	15.0	14.7	14.7	14.9	14.8	14.4	14.6	14.5	14.7	10
15.7	16.4	16.7	17.0	17.5	17.9	17.7	17.8	17.9	17.4	16.9	16.4	17.1	5
17.7	18.5	19.1	19.8	19.9	20.0	19.6	20.1	20.3	19.8	19.9	18.8	19.4	3
18.1	18.7	19.4	20.4	20.4	19.3	19.2	19.5	20.4	19.6	18.8	18.3	19.3	3
19.1	19.0	20.2	20.0	20.0	19.7	20.5	20.2	19.7	19.8	19.1	19.0	19.6	2
19.1	20.0	20.5	20.5	21.0	20.3	20.3	20.5	20.7	20.5	20.0	19.2	20.3	4
19.7	19.6	21.4	21.4	22.0	22.1	21.8	21.9	22.4	22.4	21.6	21.1	21.4	3
20.8	21.1	22.0	22.3	23.1	23.2	22.8	22.8	23.0	22.9	22.2	21.3	22.3	22
23.4	23.4	24.1	24.8	25.4	25.5	24.3	24.8	25.8	25.3	24.6	23.9	24.7	20
24.0	24.1	24.8	25.3	26.2	26.2	25.7	25.9	26.2	25.9	25.2	24.6	25.3	10
24.5	25.4	25.7	26.1	26.4	26.5	26.4	26.1	26.4	26.3	25.7	25.1	25.8	5

s de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional. San José C.R.,
 pas de los años 1961-1966.

intensidades de varias duraciones en cada una de las estaciones, debido a que en este año se poseía mayor número de estaciones y mejores registros.

Registros de caudales

Primeramente se ordenaron las nueve estaciones fluviográficas según el orden de colocación dentro del área según la fecha de instalación. Se anotaron los datos de registro de cada uno de los meses de observación, estos datos fueron promediados para obtener valor medios mensuales y medios anuales para cada una de las estaciones. Para averiguar el transcurso de las descargas se llevaron todas las descargas promedias mensuales a porcentajes con respecto a la descarga media anual, en cada una de las estaciones.

Luego para conocer las descargas de cada una de las subcuencas en sí, se agruparon los datos de cada una de las estaciones por grupos según los períodos de registros así: en Angostura 13 años, luego el Humo 13 años, Montecristo con 10 años y así sucesivamente hasta la estación Tapantí, que cuenta únicamente con 4 años de registros.

Los cálculos de las descargas fueron expresados tanto en m^3/seg como en $m^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ de cada subcuenca.

Con el método de Gumbel y para las estaciones con períodos de observación más antiguos, se elaboró una figura sobre el retorno de las máximas descargas instantáneas. Las nomenclaturas y fórmulas utilizadas en este método son (28):

$$Q_m = \frac{\sum Q}{n} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (Q - Q_m)^2}{n}} \quad b = \frac{1}{0.77975} \quad (Q - Q_m + 0.455)$$

$$P = 1 - e^{-e^{-b}} \quad TP = \frac{n}{m} \quad P = \frac{1}{TP}$$

donde:

Q = descarga n = número de años m = orden de los caudales

σ = desviación standar de los caudales tomados

P = probabilidad de ocurrencia e = base de logaritmos Neperianos

TP = intervalo de ocurrencia b = coeficiente.

Clase de uso de la tierra y cubierta vegetal

El trabajo en relación con la clase de uso de la tierra consistió en determinar las áreas en uso y la clase de cubierta vegetal que poseían estas áreas.

En un principio se hicieron interpretaciones del uso y de la cubierta vegetal en base a las fotografías aéreas de la zona, pero debido a la escala tan pequeña y a la fecha de toma (1956), se vio la necesidad de hacer viajes de reconocimientos al campo para constatar los trabajos realizados anteriormente sobre las fotografías.

Los trabajos sobre tipos de vegetación elaborados fueron comparados con otros trabajos realizados en la zona, como son los efectuados por Reark (42) en 1952 en la Cuenca en estudio; el de Lombo (30) en 1964 en la parte media del Río Macho y el que está elaborando actualmente en la Cuenca Superior el proyecto de FAO-ITCO.

Para la clasificación de la cubierta vegetal se utilizaron cinco categorías tratando de darles un orden de acuerdo con las etapas sucesionales de la cubierta vegetal con menor influencia humana. Así, de esta manera, quedaron en primer lugar las áreas no interferidas por el hombre como el bosque virgen y luego las áreas muy interferidas, como aquéllas que se encuentran en actividades agrícolas anuales. Entre estos dos extremos de la clasificación se encuentran las otras categorías, las cuales como el bosque secundario, que se hizo teniendo en cuenta la altura de las plantas y la composición florística de las mismas, mantienen por más tiempo la estructura de sus tipos de vegetación.

Los tipos de cubierta vegetal utilizados fueron:

1. Bosque primario o muy poco intervenido
2. Bosque secundario o de segundo crecimiento
3. Potreros y áreas recientemente abandonadas
4. Cafetales
5. Caña de azúcar y otros cultivos.

Influencia del tipo de uso de la tierra o cubierta vegetal sobre la descarga

Para determinar la influencia del tipo de uso o de la cubierta vegetal sobre la descarga se siguieron dos métodos:

1. Método de la variación porcentual de la descarga de las Cuencas con diferentes tipos de cubierta en relación con la Cuenca total. Consistió en tomar tres áreas con diferentes cubiertas boscosas y comparar sus descargas en

por cientos. Las áreas seleccionadas pertenecían a las estaciones de Cachi, con una superficie de 692 Km^2 , y 49 por ciento de cubierta boscosa; la estación el Humo, con una superficie de 130 Km^2 y 85 por ciento de área boscosa y la Cuenca total o sea la de Angostura con 1367 Km^2 y un 46 por ciento de área boscosa. El período de análisis fue de 9 años (desde 1957-1965).

En cada una de las estaciones se tomó la descarga total promedio, así como también las descargas del mes más seco y el más húmedo.

Utilizando el valor medio de la descarga de cada año se obtuvo la media general por cada estación del período de observación.

2. Por medio de la correlación del coeficiente de escorrentía para cada una de las estaciones con su respectiva cubierta vegetal. El método empleado aquí, consistió en utilizar los datos de los mapas de Isoyetas de varios años, del año 1965, del mes más seco y el mes más húmedo de este mismo año.

Los datos de lluvia y descarga por cada estación fueron expresados en unidad de volumen por unidad de superficie y en la unidad de tiempo. De la relación del agua caída registrada y el agua salida se obtuvo el coeficiente de escorrentía, el cual fue correlacionado con la pendiente y el porcentaje de cubierta boscosa en cada una de las Cuencas que tienen condiciones físicas similares.

Para la aplicación de estos métodos hubo la necesidad de fijar los factores variables e invariables; esta fijación se hizo por el análisis de sistema (34) utilizando la fórmula del balance hídrico (60) cuya representación es:

$$D = P - x - AR \quad \text{donde}$$

D = descarga o cantidad

P = precipitación

x = pérdidas de agua de la Cuenca que no aparece como escurrimiento

$$x = I + E + T + F$$

I = infiltración

E = evaporación

T = transpiración

F = salida de agua freática a niveles inferiores sin pasar por la estación de aforos.

AR = cambio de cantidad de agua almacenada en la Cuenca entre el principio y el fin del período (cambio en las reservas).

En períodos de varios años $AR = 0$

Los factores que se consideraron constantes fueron I, F, AR, y todos los factores que intervienen en ellos menos la cubierta vegetal y como variables P, D, $ET = V$ (vegetación).

Relación de evapotranspiración

Para calcular de una manera aproximada la cantidad de agua

evapotranspirada se utilizó el nomograma sobre movimientos de agua en la atmósfera elaborado por Holdridge (22). El método consiste en multiplicar la biotemperatura* promedio anual de un área por una constante K, conocida con anterioridad y que es $K = 58,93$. Esto da la cantidad de agua que potencialmente puede ser evaporada y transpirada por las plantas en las zonas. Luego de la relación de este producto con la cantidad de lluvia promedio en la zona se obtiene un factor, el cual con la ayuda del nomograma antes mencionado nos da la cantidad teórica de agua que puede ser evapotranspirada por la zona (ver Fig. 4).

Las fórmulas que se emplearon fueron:

$$ETP = Kt \text{ (bio)} \frac{ETP}{P} = RETP$$

donde:

K = constante que se obtiene del bosquejo de las formaciones vegetales del mundo de Holdridge relacionando la evapotranspiración potencial y la temperatura = 58,93

P = precipitación

ETP = evapotranspiración potencial

RETP = relación de evapotranspiración potencial

La temperatura media se obtuvo para cada subcuenca y cada estación, tomando como punto medio de las áreas la diferencia entre

* Biotemperatura media anual, según Holdridge (22) es aquel límite térmico hasta donde puede existir la vida y es un valor que se determina dividiendo las sumas de las temperaturas diarias positivas en grados centígrados, por el número total de días en el año de observación.

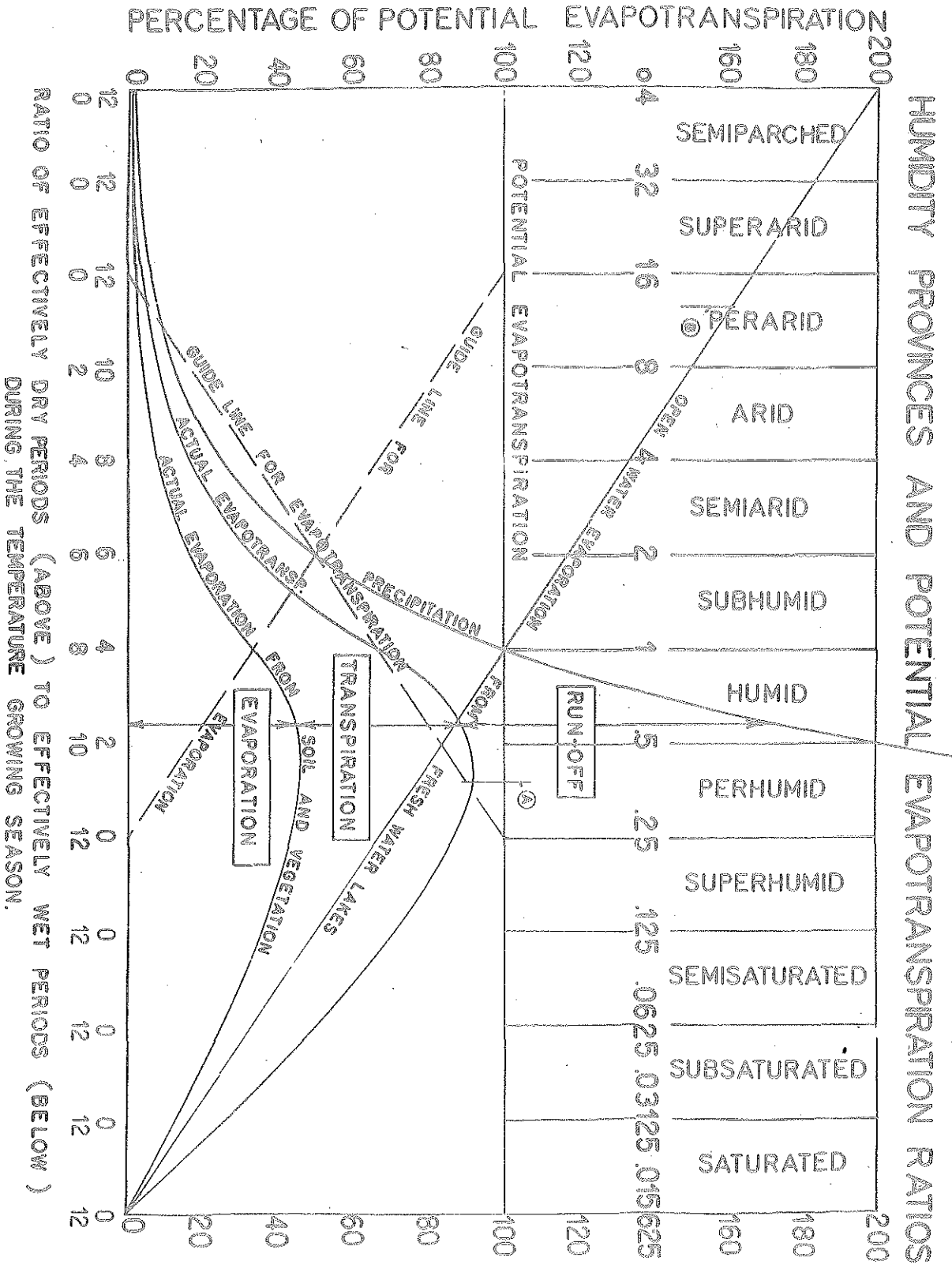


FIGURA 4 La determinación de los movimientos de agua en la atmósfera por Holdridge. (Tomado de Ecology 45:1, 1962)

el punto más alto y más bajo, con la ayuda de la gradiente térmica para la Cuenca general; debido a que al mismo tiempo en la zona la temperatura media es igual a la biotemperatura.

Influencia de la pendiente sobre la descarga

Con la ayuda de los coeficientes de escorrentía, para el promedio anual de la Cuenca y para un año específico, 1965 y con el grado de la pendiente media para cada estación y subcuenca, fue posible establecer una relación entre los diferentes grados de pendiente y de las descargas de los ríos.

De esta manera, se vería según estas características, cuáles serían las Cuencas que con un grado mayor de pendiente mostraban tener mayor coeficiente de escorrentía.

RESULTADOS Y ANALISIS

Distribución de la Pendiente y su Influencia en la Distribución de las Lluvias

Según los fines generales del estudio, en cuanto a pendientes se refiere, los diferentes tipos de pendientes encontrados en el área fueron agrupados en categorías. En el Cuadro 6 se presentan las categorías incluídas en el trabajo, así como también las áreas y porcentajes del área total ocupada con cada categoría tomados del mapa de pendientes resultante (ver Fig. 5).

Cuadro 6. Distribución de la pendiente por categorías en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.

Categoría en %	Area Km ²	% del área total
0-5	67.53	5.00 4,33
5-10	150.71	11.02 4,10
10-20	160.17	11.71 4,20
20-40	519.10	38.00 32,33
> 40	460.18	33.70 28,20

De/cuadro se deduce que un 72 por ciento del área total de la zona de estudio posee una pendiente mayor del 20 por ciento. De este 72 por ciento, un poco menos de la mitad (46.18 Km²) está representado por áreas que tienen pendientes mayores de 40 por ciento. En este porcentaje, están ubicadas aquellas áreas con más de 100 por ciento de pendiente, las cuales se hallan distribuídas con

MAPA DE PENDIENTES

CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

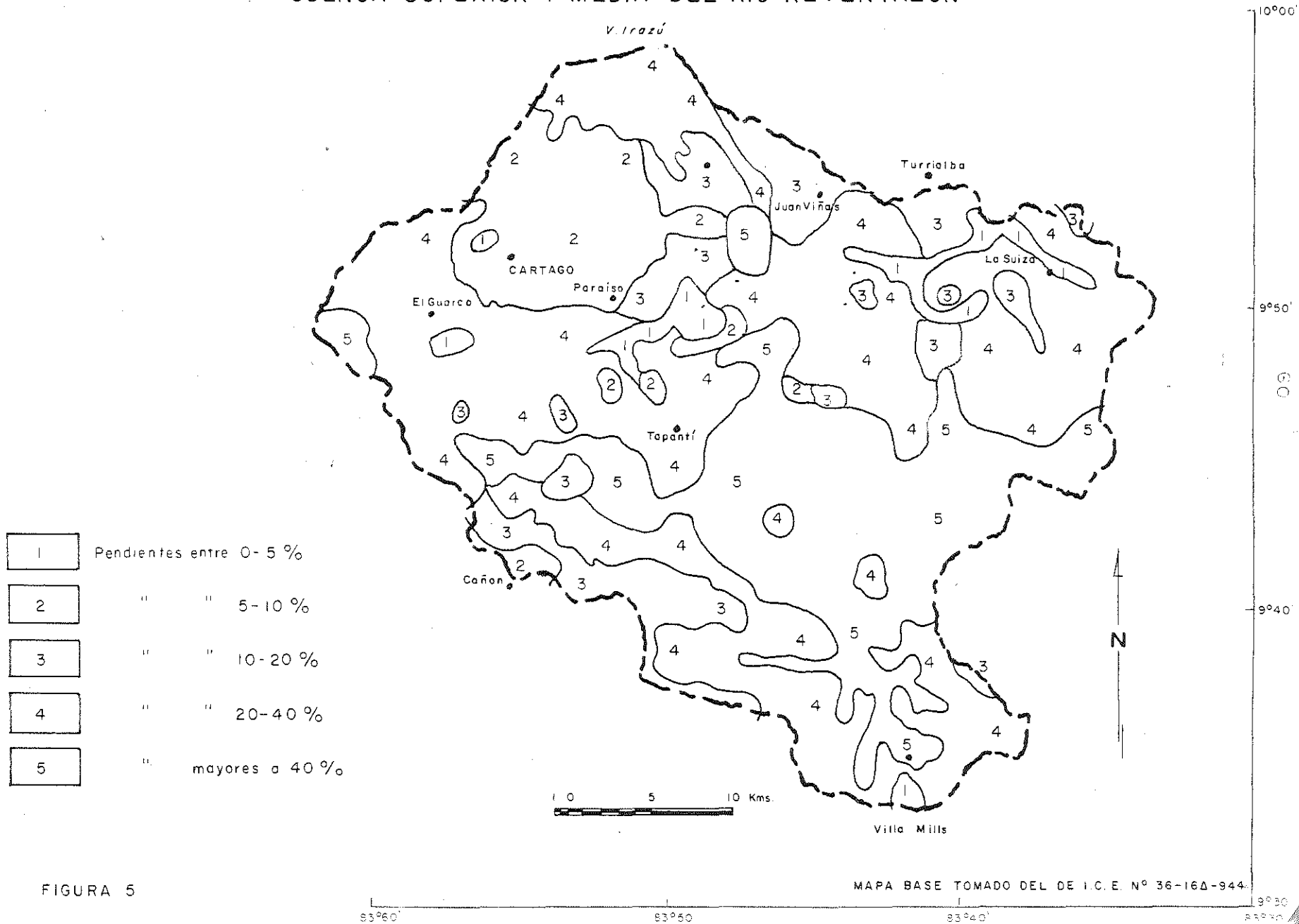


FIGURA 5

cierta regularidad en la parte Superior de la Cuenca.

Observando el mapa de pendientes (Fig. 5) se puede notar que las pendientes bajas, entre 5-10 por ciento, se encuentran en su mayoría en la parte Central y Norte de la Cuenca formando parte de los valles de Cartago, de Turrialba y algunas zonas planas de poca extensión, en la parte Media y Superior de la Cuenca. Dentro de esta última sección se encuentran dos zonas con pendientes mayores del 50 por ciento: la primera de ellas es una franja que va de Oriente a Occidente entre los 1400 a 1900 m s.n.m. y la segunda consiste de las estribaciones de las cordilleras en las cercanías de los valles.

Haciendo una agrupación de las áreas que poseen pendientes mayores del 20 por ciento; es posible observar de Oriente a Occidente y en dirección Norte-Sur, tres ascensos fuertes producidos por las estribaciones de las montañas que bajan de la Cordillera de Talamanca, las cuales imprimen al área una fisiografía característica. El primer de estos ascensos, está formado por las montañas que sirven de límite al área de estudio por la parte Oriental. El segundo, se forma en la cadena de montaña que viene de la Cordillera de Talamanca, cruza el área de Sur a Norte y se une en el Río Reventazón con uno de los ramales de las cadenas montañosas que bajan del Volcán Irazú. El tercer ascenso lo constituyen las cimas de las Cordilleras Central y de Talamanca que limitan la Cuenca por la parte Norte y Oeste respectivamente.

Teniendo en cuenta estas características topográficas, los valores promedios de las lluvias para cada estación y los períodos de

tiempo considerado, se elaboró el mapa de lluvias (Mapa de Isoyetas) para toda la Cuenca general (ver Fig. 6). Como puede observarse de este mapa, la precipitación varía mucho en el área, hallándose las mayores concentraciones de esta en la parte Media (nacimientos de los Ríos Gato y Pejivalle), y en la parte Superior, al iniciarse el último ascenso hacia la Cordillera de Talamanca. La zona seca se representa principalmente en la planicie de Cartago.

Resultados análogos a los anteriores fueron obtenidos haciendo un tipo de análisis similar, al efectuado, en el mapa de lluvia promedio para el total del año 1965, y para los meses más húmedos y más secos del mismo año. En todos estos casos, en la Cuenca de estudio se pudo observar el papel tan importante que desempeña en la distribución de las lluvias.

Observando la cantidad de lluvia, según la ubicación de cada estación, se puede decir que hay un aumento de estas hasta cierto punto y en ciertas direcciones a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar; este punto es el sitio donde las masas de aire que ascienden por el valle se condensan en las laderas, luego hay una disminución paulatina hasta llegar al límite superior de la Cuenca en donde la precipitación llega a ser menor.

El cálculo de la precipitación caída en cada estación y subcuenca puede verse en el Cuadro 7, en donde se puede observar la variación de las lluvias en los diferentes pisos altitudinales y en los diferentes períodos.

PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL
 CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

ISOYETAS EN CENTIMETROS

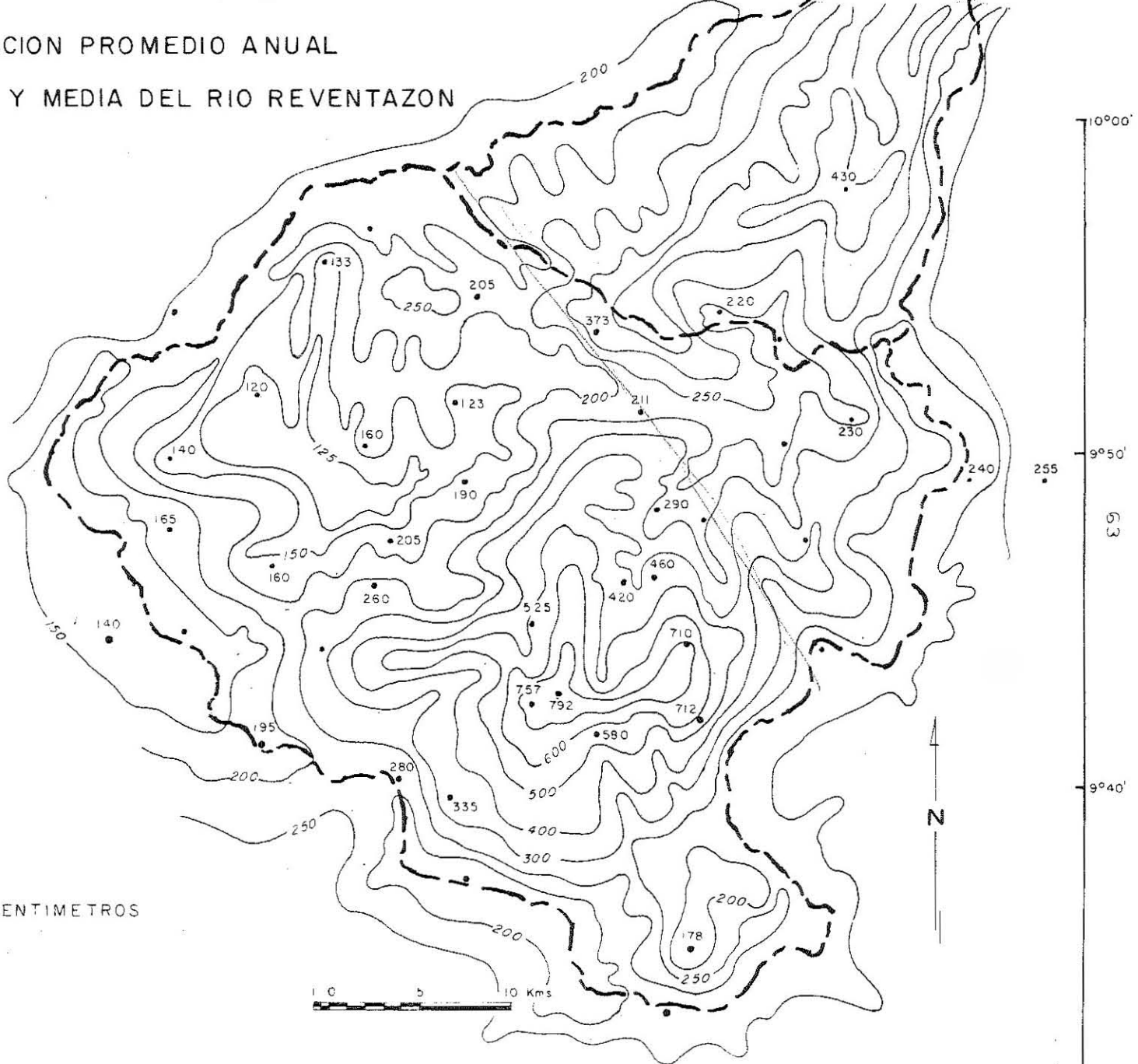


FIGURA 6

MAPA BASE TOMADO DEL DE I. C. E. N° 36-16Δ-944

CUADRO 7. Distribución de la precipitación promedio y en el año 1965 (mes más seco y mes más húmedo) por estación y Subcuenca, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón. C. R.

Estaciones y Subcuencas	Altura media en m s.n.m.		Lluvia promedio por varios años m.m		Lluvia promedio para 1965 m.m		Mes más seco Abril 1965 m.m		Mes más húmedo Noviembre 1965	
	Subcuen.	Estac.	Subcuen.	Estac.	Subcuen.	Estac.	Subcuen.	Estac.	Subcuen.	Estac.
Tapantí (9-11)	2480	2480	2850	2850	2830	2830	64	64	193	193
Congo (9-10)	2030	2080	2040	2340	1773	2763	11	38	256	217
Oriente (9-9)	1470	1650	3400	4481	5030	5290	105	164	349	313
Belén (9-8)	2401	2401	2241	2241	2417	2417	97	97	221	221
Gordonc. (9-7)	1470	2302	4877	3280	5000	2950	100	73	444	261
Cachí (9-6)	2190	2190	2098	2468	2243	2134	27	55	193	218
Montec. (9-5)	2251	2250	3955	2574	3600	2537	59	35	304	255
Humo (9-4)	1670	1670	5154	5154	5884	5884	210	210	592	592
Angost. (9-3)	1291	1942	2812	3100	2788	2080	80	51	216	246

Cálculos efectuados en base a los registros de lluvia de cada una de las estaciones meteorológicas ubicadas en cada Subcuenca.

Transcurso general de la precipitación

Una vez hecha la representación gráfica del factor Angot, en cada una de las estaciones pluviográficas estudiadas, apareció en forma general la distribución media de la precipitación en toda el área de la Cuenca. Analizando detenidamente en cada una de estas estaciones, la manera como se inician, distribuyen y finalizan las lluvias se obtuvo los diferentes tipos de transcurros.

De comparaciones efectuadas con los tipos de transcurros típicos para zonas tropicales, elaborados por Trojer (59), en la Cuenca general del Río Reventazón se encuentran cuatro tipos de transcurros. La determinación y características de estos tipos es como sigue:

Tipo II - Este tipo de transcurso se caracteriza por tener claramente definida una época seca y una lluviosa. Por lo general, los primeros 4 o 5 meses del año son relativamente secos, aunque esporádicamente se presenten lluvias de poca intensidad; luego viene un período lluvioso de unos 6 meses y por último alrededor de 45 días más relativamente secos. El período lluvioso muestra tendencia al aumento a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, y entre este período se observa un verano corto, bien marcado conocido comúnmente como veranillo de San Juan (ver Fig. 8).

Tipo IV - Es un tipo de transcurso de onda doble con menos contrastes que el anterior. El período relativamente seco es prolongado el cual se inicia en los últimos meses del año y termina a mediados del mes de abril. El otro período de sequía ocurre a

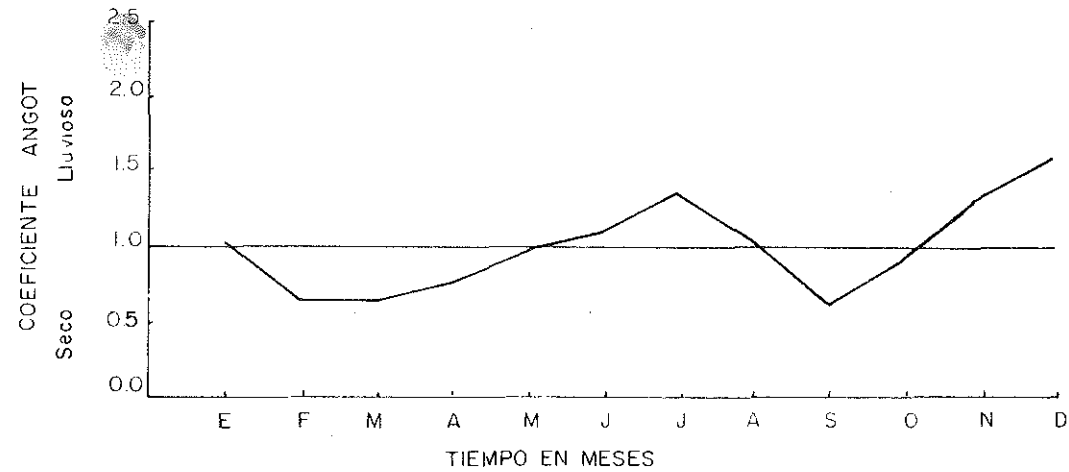


Figura 7 Transcurso general promedio de la precipitación para la Cuenca Inferior del Rio Reventazón, C.R.

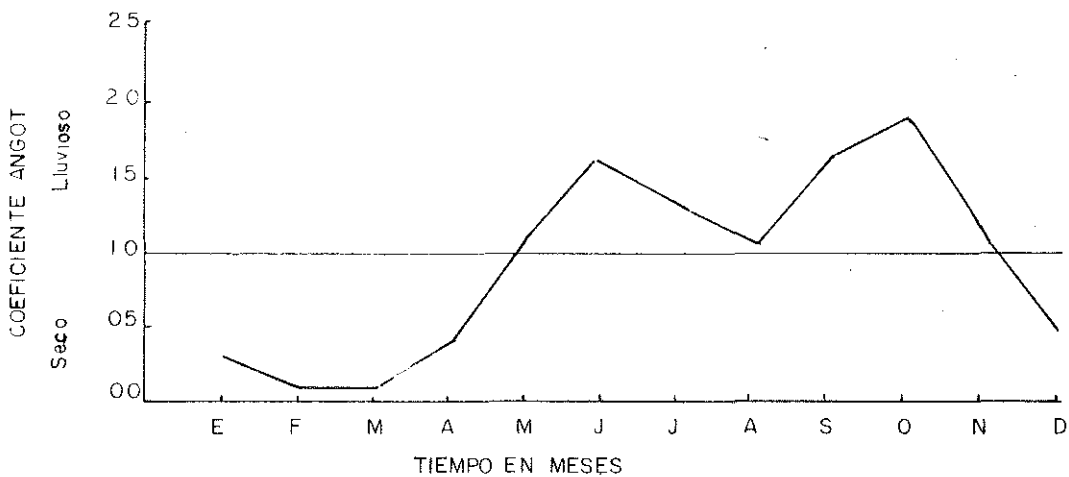


Figura 8 Transcurso general promedio de la precipitación para la Cuenca Superior e Media del Rio Reventazón, C.R.

mediados del año, por los meses de junio y julio con una duración aproximada de un mes y medio.

La tendencia que se marca en este tipo de transcurso es aumentar la precipitación a medida que se asciende sobre el nivel del mar, pero el período seco de la mitad del año tiende a disminuir (ver Fig. 7).

Tipo V - Este tipo se caracteriza por presentar onda múltiple, es decir muchas subidas y bajadas. Posee tres épocas húmedas y dos secas definidas. La época de sequía del fin de año es la más pronunciada y tiene la tendencia a disminuir a medida que se asciende sobre el nivel del mar. La segunda época lluviosa es la más pronunciada y como los tipos anteriores tiende a aumentar con el ascenso.

Tipo VI - Es bastante similar al tipo IV, pero en este, el período lluvioso más prolongado es el de la segunda mitad del año y en el IV es el primero. Posee dos épocas lluviosas y dos secas, la última de las cuales es muy pronunciada.

Analizando dentro de cada tipo de transcurso y para cada una de las estaciones el mes y la duración del período más seco se obtuvo el Cuadro 8 que muestra zonas que están representadas por idénticas características climáticas. Del análisis de estos transcursos y de la ubicación de cada uno de ellos en sus respectivas estaciones se obtuvo la figura 9. En ella, puede observarse dos formas bien definidas de transcurso, las cuales caracterizan todos los tipos descritos anteriormente.

La primera de estas formas se puede observar bien desde los

Cuadro 8. Tipos típicos de transcurso de la precipitación para la Cuenca del Río Reventazón, C. R.

Estaciones	Altura en m s.n.m.	Tipo de trans- curso	Mes más seco (1)	No. de meses del período de sequía (2)	Segundo mes más seco (1)
Villa Mills	3000	II	1	4	3
Ojo de Agua	2800	II	1	4	2
Cañón	2460	II	2	4	3
Sanatorio Durán	2335	II	3	4	2
Belén	2010	II	2	4	3
Pacayas	1735	II	2	5	3
El Guarco	1433	II	2	4	3
Cartago	1400	II	2	4	3
Tapantí	1303	II	3	5	2
Juan Viñas	1165	V	3	3	4
Cachi	1020	II	3	4	4
Platanillo	889	II	3	4	2
Turrialba	602	IV	3	4	2
Peralta	368	IV	3	5	2
Siquirres	62	V	3	4	11
La Lola	39	V	9	3	3
Limón	3	V	9	3	3

(1) Los meses fueron numerados de 1 a 12 correspondiendo 1 a enero, 2 a febrero, etc.

(2) Número de meses continuos de sequía.

TRANSCURSO PROMEDIO DE LA PRECIPITACION
CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

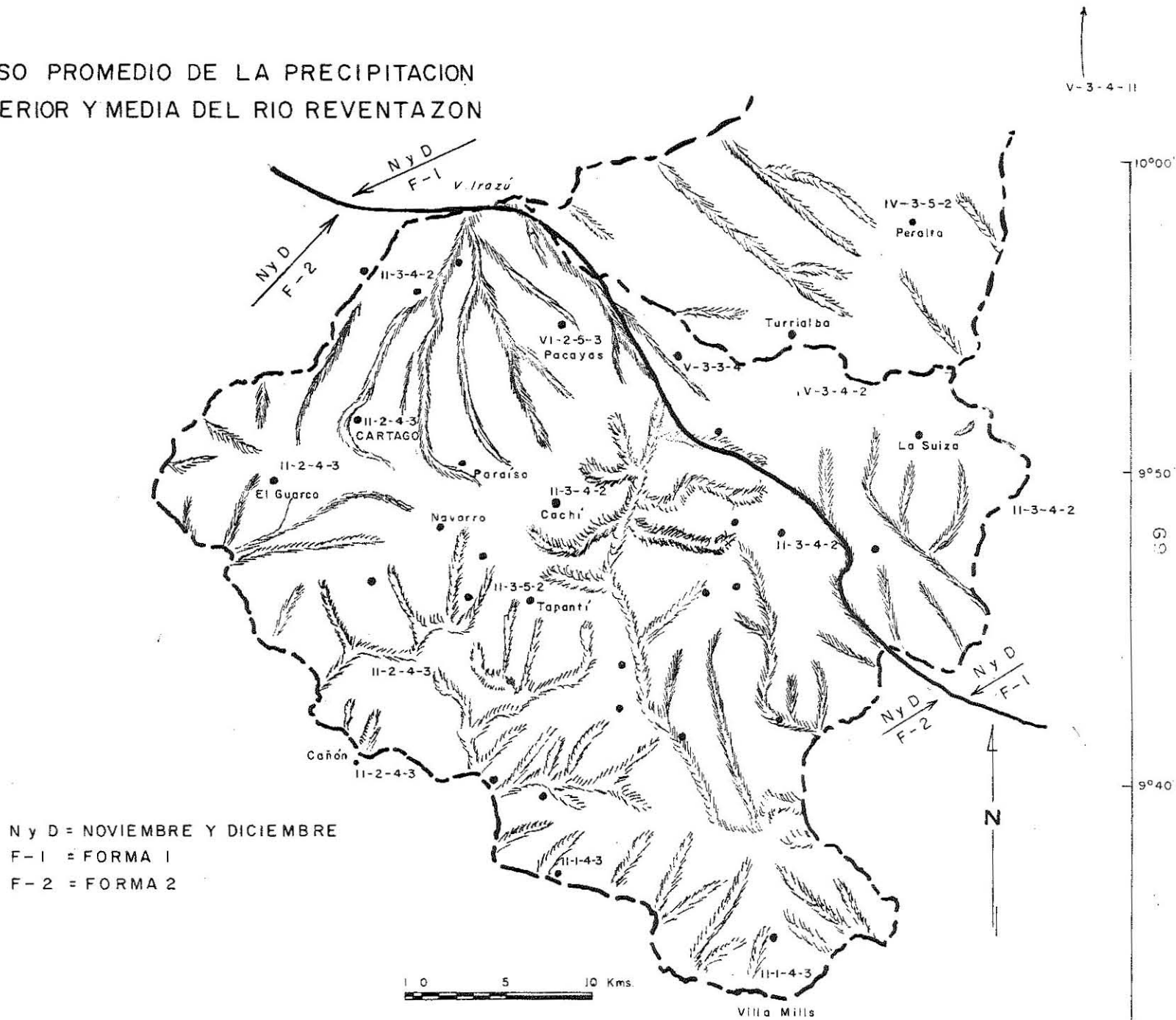


FIGURA 9

MAPA BASE TOMADO DEL DE I. C. E. N° 36-16A-944

cero hasta los 800 m s.n.m., pudiendo existir alguna variación dentro de este rango altitudinal. La característica principal de esta forma es la tendencia general al aumento de las lluvias en los meses de noviembre y diciembre. La segunda forma, que es la que interesa por ocupar el área de estudio, ocurre desde los 800 m s.n.m. hasta las cimas de las Cordilleras de Talamanca y Central, caracterizándose por la tendencia que presentan las lluvias a disminuir durante los meses de noviembre y diciembre. Ejemplos de estas formas de transcurso serían Peralta para la primera forma y Villa Mills para la segunda (ver Figs. 10 y 11).

Los tipos de transcurso IV, V y VI se encuentran incluidos dentro de la primera forma, ocupando los tipos IV y V rangos altitudinales de 0 a 300 m y de 300 a 800 m s.n.m. respectivamente. El rango altitudinal del tipo VI es bastante variable debido a que participa de las dos grandes formas antes descritas.

Entrando más en detalle en cuanto a los transcurso, se ve que estos se pueden agrupar en transcurso de zona alta, transcurso de zona baja, de fondo de los valles, Cuencas y vertientes como puede observarse en el mapa. Haciendo este mismo tipo de análisis con mapas de transcurso para el mes más seco y el mes más húmedo en la Cuenca, se ve que en el primer período de sequía ocurre principalmente en los meses de febrero, marzo y abril, comenzando en la parte baja y en los valles y terminando en la parte alta de las montañas en el mes de abril.

El período de lluvia se inicia en el mes de mayo casi simultáneamente en todos los niveles altitudinales. La mayor cantidad de

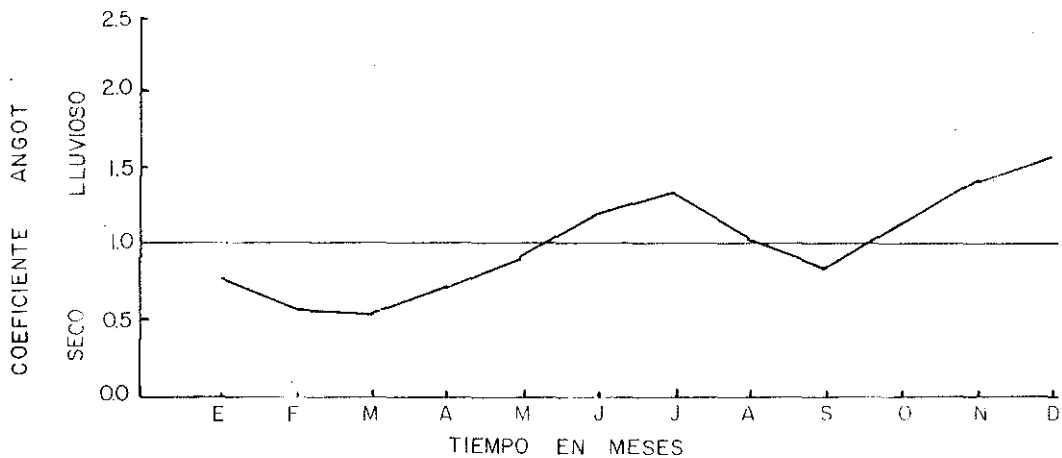


Fig. 10 Transcurso promedio de la precipitación para la estación de Peralta (Cuenca Inferior del Río Reventazón, C.R.)

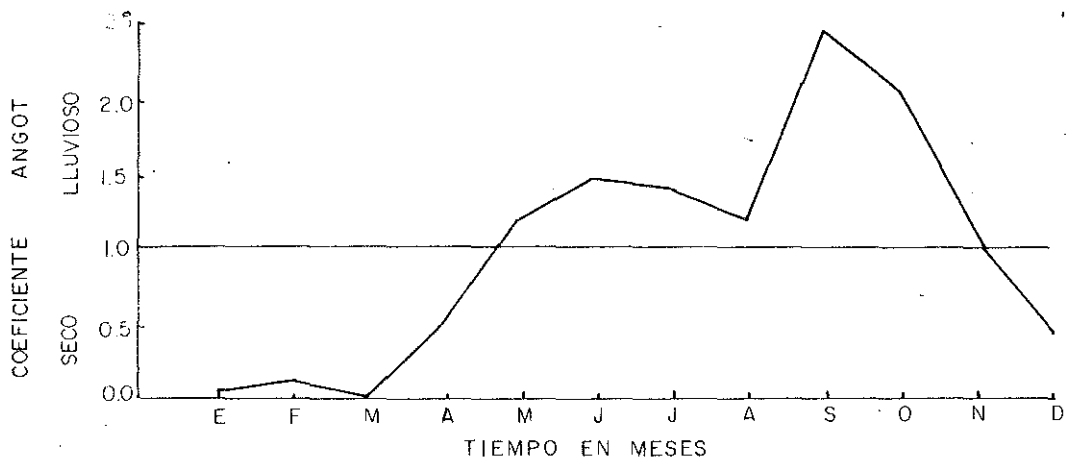


Fig. 11 Transcurso promedio de la precipitación para la estación de Villa Mills (Cuenca Superior del Río Reventazón, C.R.)

lluvias ocurre por lo general en los meses de julio en los valles, y durante los meses de noviembre y diciembre en las montañas en el segundo período lluvioso.

Intensidades máximas de lluvias

Los registros de intensidades de lluvias que se encuentran de las estaciones meteorológicas del área, demostraron ser insuficientes para cualquier cálculo de frecuencia de máximas intensidades. Sin embargo, existe una serie de publicaciones sobre el área que tratan de las tormentas de máximas intensidades, las cuales representan un material valioso para el conocimiento general de esta característica de la pluviosidad, que se presentan mostrando determinadas condiciones típicas del macrotiempo.

Del estudio de Rodríguez (44), se extrajo la siguiente lista resumida de las principales intensidades de lluvia ocurridas en la Cuenca del Río Reventazón, así como también la fecha, duración y lugar de ocurrencia de las mismas.

<u>AÑO</u>	<u>FECHA DE INICIACION</u>	<u>TIEMPO</u>	<u>LUGAR</u>
1800	19 diciembre	11 noches	No hay información
1809	13 diciembre	4 días	" " "
1861	24 octubre	4 días	Cartago
1891	23 octubre	6 días	"
1903	18 diciembre	9 días	Peralta
1908	20 diciembre	6 días	Reventado
1928	22 noviembre	3 días	Cartago, Turrialba
1933	10 noviembre	3 días	Orosí, Río Macho

<u>AÑO</u>	<u>FECHA DE INICIACION</u>	<u>TIEMPO</u>	<u>LUGAR</u>
1935	25 diciembre	4 días	Parte media del Reventazón
1936	25 noviembre	4 días	Toda la Cuenca
1937	2 noviembre	1 día	No hay información
1938	26 noviembre	3 días	" " "
1939	23 noviembre	5 días	Roda la Cuenca
1949	4 diciembre	2 días	Turrialba, Juan Viñas
1951	29 setiembre	1 día	S.E.V. Irazú
1955	12 octubre	3 días	Parte media y superior
1963	11 agosto	1 día	Cuenca Superior
1966	24 febrero	3 días	Turrialba

La tormenta ocurrida en 1949 en la parte Norte del área produjo en Juan Viñas, en un tiempo de 30 horas, la cantidad de 838 mm, y en 12 horas cayeron 508 mm. La tormenta registrada en Villa Mills, en 1955, alcanzó 218 mm en 24 horas.

Como se puede observar en la lista anterior casi todas las lluvias intensas de mayor duración ocurren en la época de aumento de la precipitación en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, pero no siempre en el mismo mes, ni en la misma proporción como se observó al promediar las intensidades de diferente duración en las diferentes estaciones.

El mismo Rodríguez (44), en base a esta información y datos más detallados sobre la zona y áreas vecinas, confeccionó un gráfico sobre líneas envolventes de tormentas de máximas intensidades de lluvia. Con la ayuda de datos más recientes, desde el año 1963

hasta la fecha, este gráfico fue actualizado únicamente para las estaciones que están ubicadas dentro de la Cuenca del Río Reventazón y que tienen mayor tiempo de registro (ver Fig. 12).

Del estudio de la distribución de las intensidades de la lluvia por pisos altitudinales, para el año 1965, se puede separar en el área de la Cuenca, 4 zonas o regiones con mayor aumento de la precipitación. La primera zona se obtuvo alrededor de los 1000 m; la segunda a 1700 m; la tercera 2400 m y la cuarta a los 3200 m s.n.m. (ver Fig. 13). Estas zonas están de acuerdo con las interpretaciones de la lluvia anual, cuyos procesos pueden entenderse por medio de las circulaciones locales.

De la figura 13 puede concluirse que la intensidad de las lluvias está estrechamente relacionada con la cantidad de estas, ocurriendo sus máximas en los puntos de ascenso fuerte donde las masas de aire que ascienden por el valle alcanzan su nivel de condensación.

Distribución general de la temperatura

De la representación gráfica de la temperatura promedio de cada una de las estaciones en relación con la altura de estas sobre el nivel del mar, y de esta última en relación con la distancia entre diferentes puntos del área se obtuvo, primero, la distribución promedio altitudinal de la temperatura para toda la Cuenca, y segundo el conocimiento del ciclo de temperatura en las diferentes regiones de la misma. De esta manera resultó para la Cuenca un gradiente térmico promedio de 0.58°C. por cada 100 m de ascenso

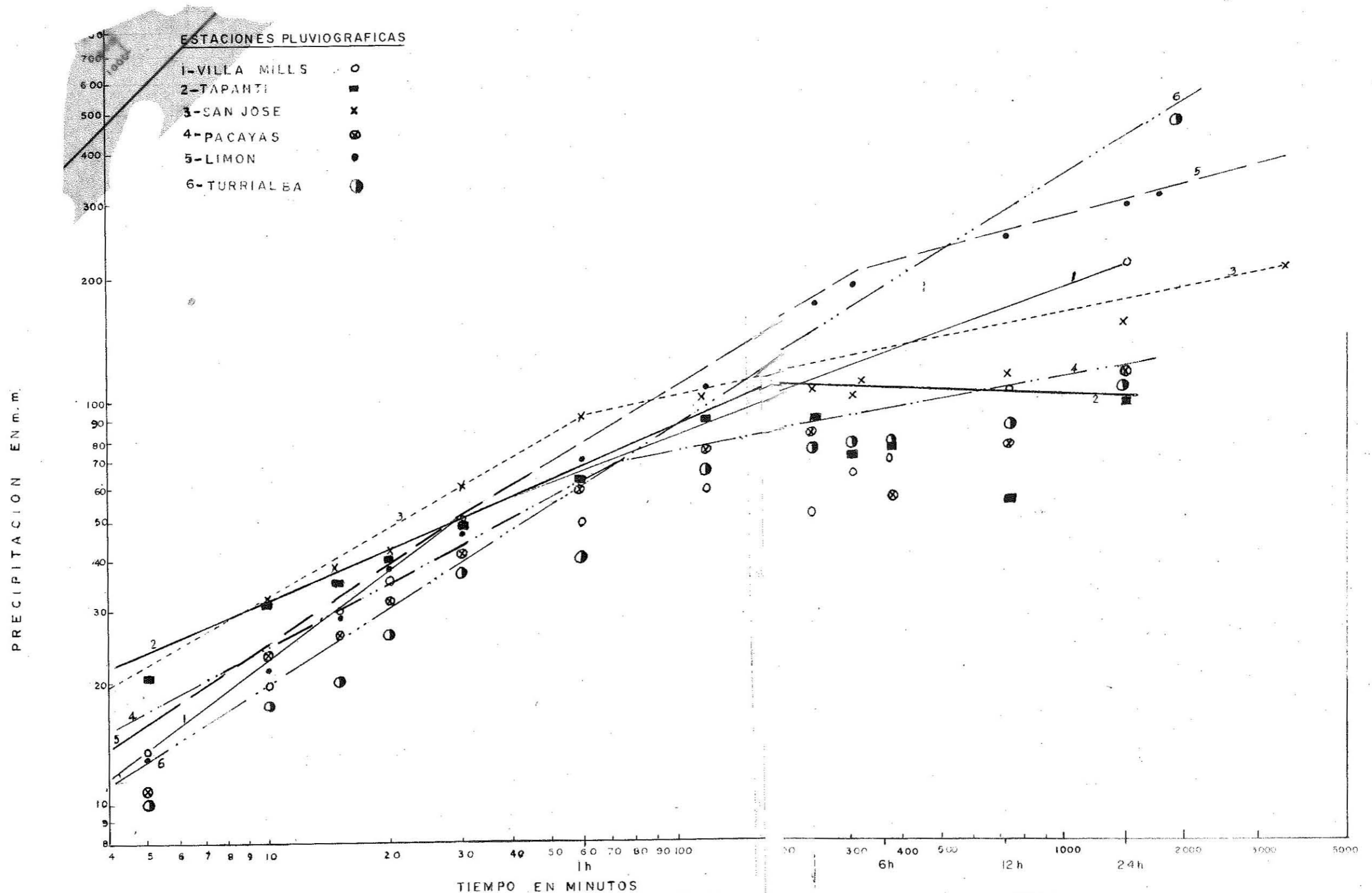


FIGURA 12 ENVOLVENTES DE TORMENTAS DE MAXIMAS INTENSIDADES EN LA CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

Trabajo recomendado por el Ing. Agustín Rodríguez M. de la Sección de Estudios Básicos del I.C.E.

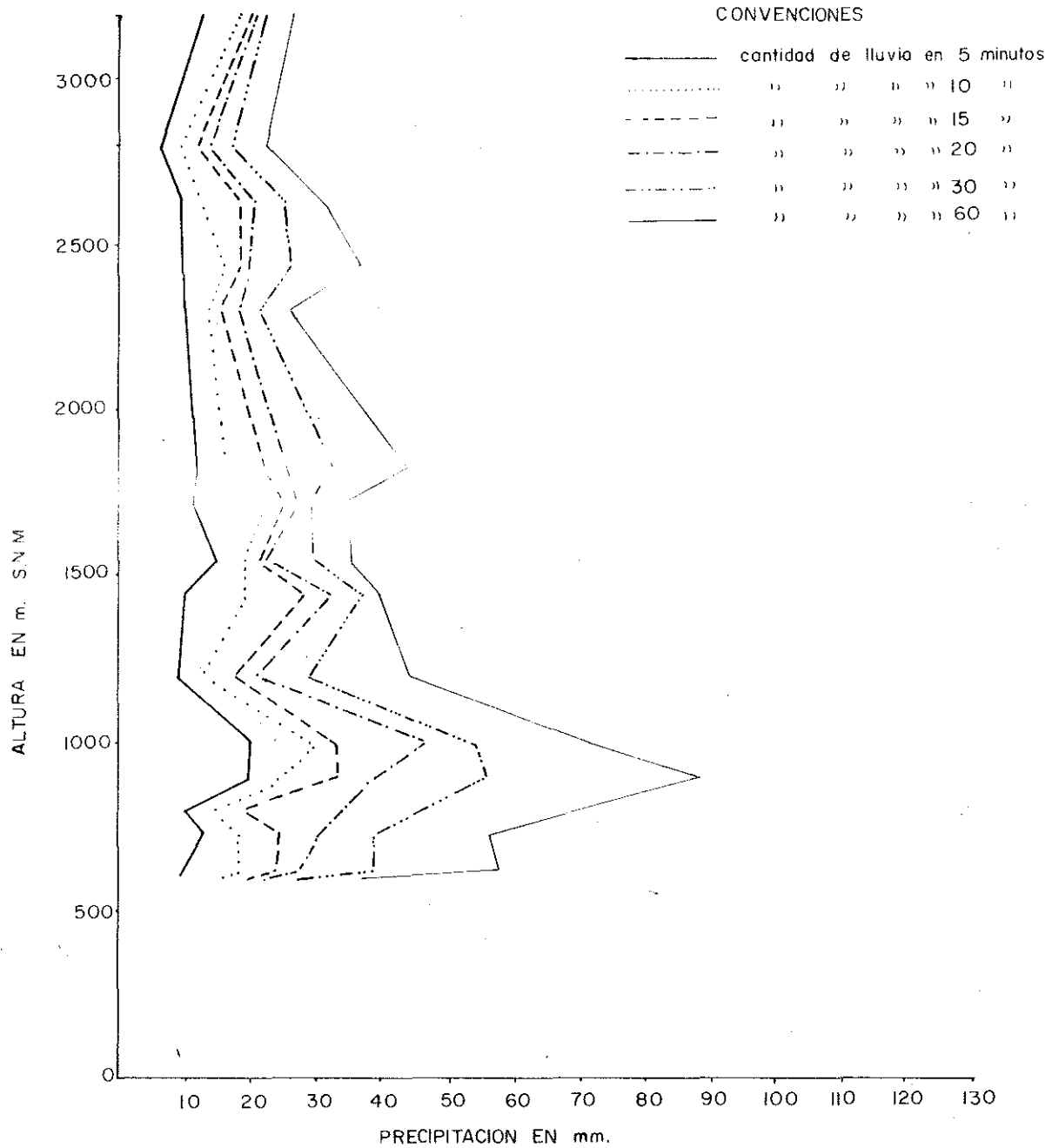


Fig. 13 Máximas cantidades de lluvias registradas en algunas estaciones pluviográficas de la Cuenca Superior del Río Reventazón, C.R., durante el año 1965.

(ver Fig. 14). En base a este gráfico y conociendo la altura de cualquier lugar dentro de la Cuenca es posible determinar con buena aproximación la temperatura promedio anual para dicha localidad.

Del análisis de la gradiente térmica realizado para cada uno de los meses del año, se observó que la temperatura varía muy poco de un mes a otro y los resultados obtenidos para cada mes no difieren mucho de la media general resultante.

El estudio del ciclo diario de temperatura, no pudo ser realizado en el área, debido a que se carece de registros de temperatura bihorarias. Sin embargo, del resumen mensual, se puede observar que los ciclos de temperatura son diferentes en los valles, en las laderas y en las cimas como lo encontró Trojer en Colombia (58) (ver Fig. 14).

Por medio de un análisis de las desviaciones mensuales de la temperatura respecto a la media, en cada una de las estaciones con estos datos, se pudo observar que en el área de estudio existen tres zonas que tienen las mismas características en cuanto a las variaciones térmicas. Estas zonas son: la parte Superior, Media e Inferior (ver Fig. 15 y Cuadro 9).

De la figura 15 se deduce que en los primeros meses del año en la zona baja, la temperatura promedio tiende a descender y coincide con la época lluviosa en este período para la misma zona.

En el cuadro 9 se muestra la variación de las temperaturas con los meses y con la altura en cada estación. Estos cambios térmicos están muy relacionados con los períodos de iniciación y finalización de los períodos lluviosos y secos, en la Cuenca general del Río.

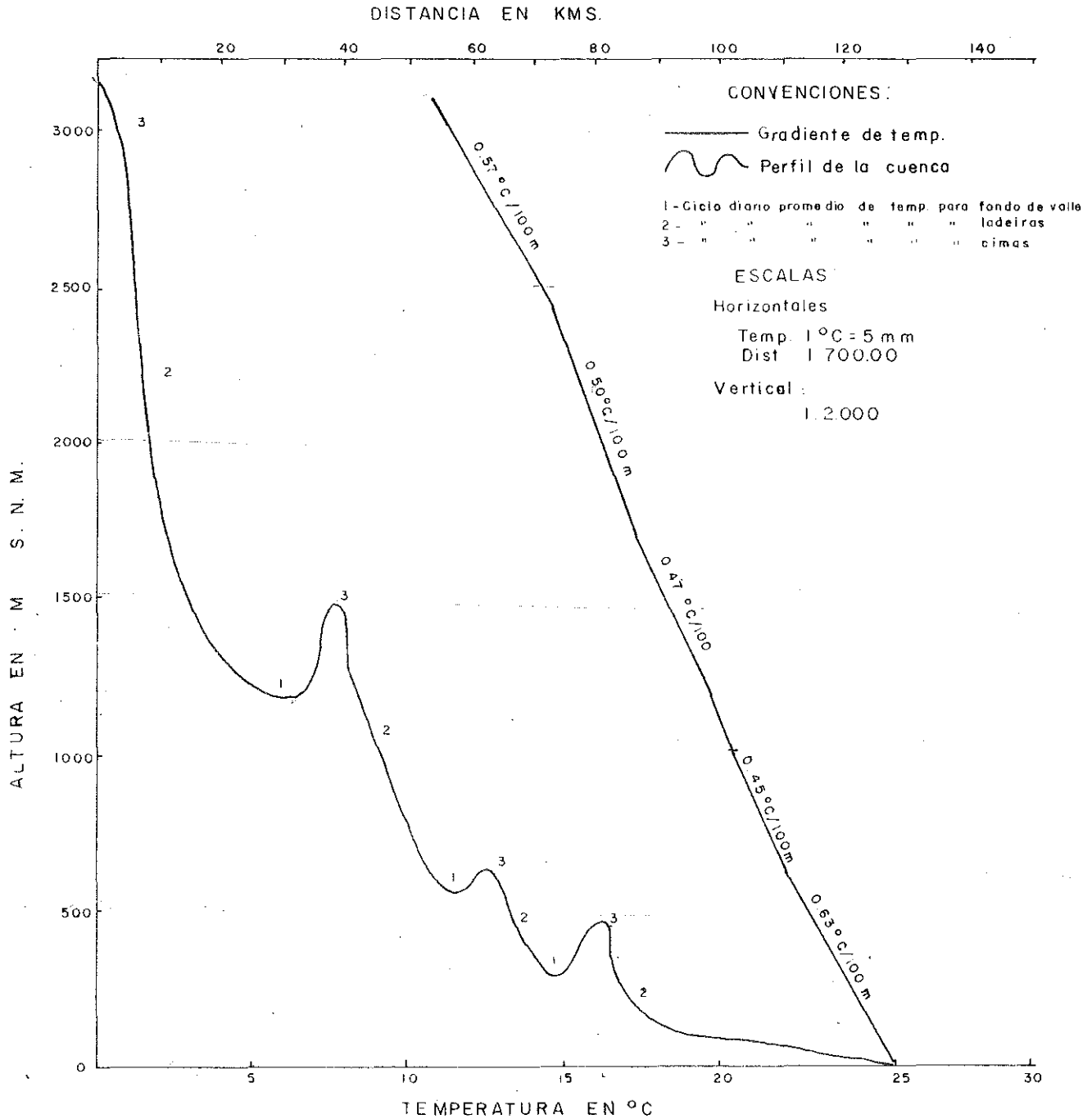


Figura 14 Distribucion altitudinal de la temperatura para la cuenca total del Rio Reventazón, CR

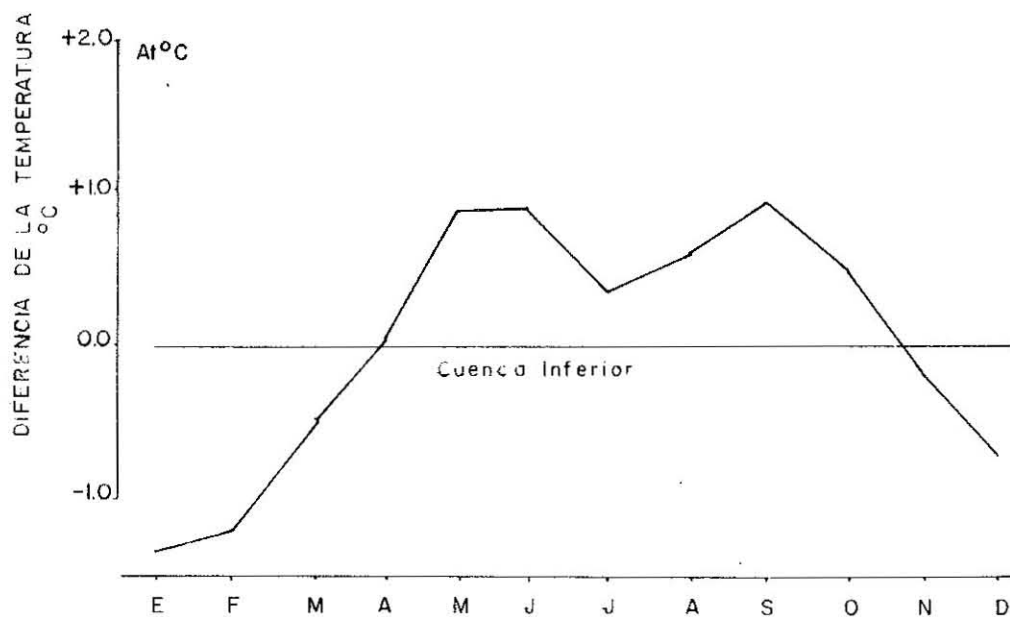
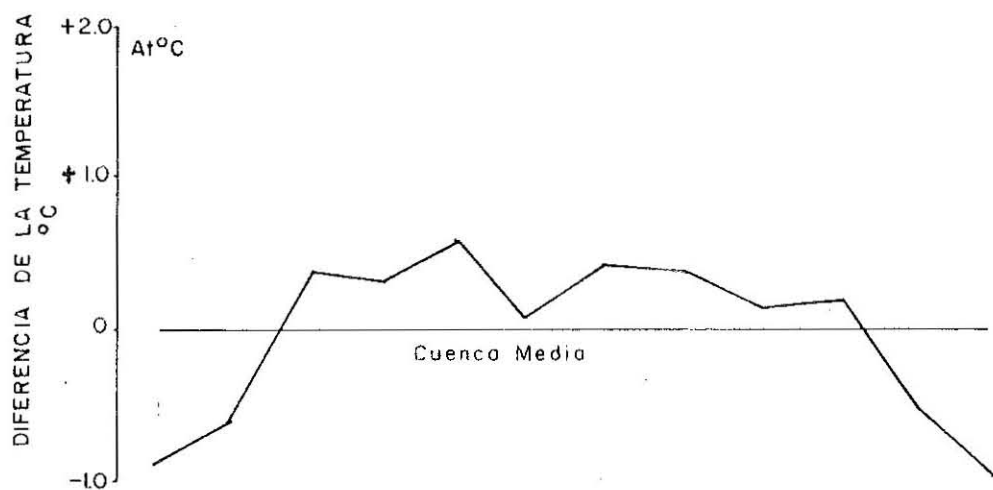
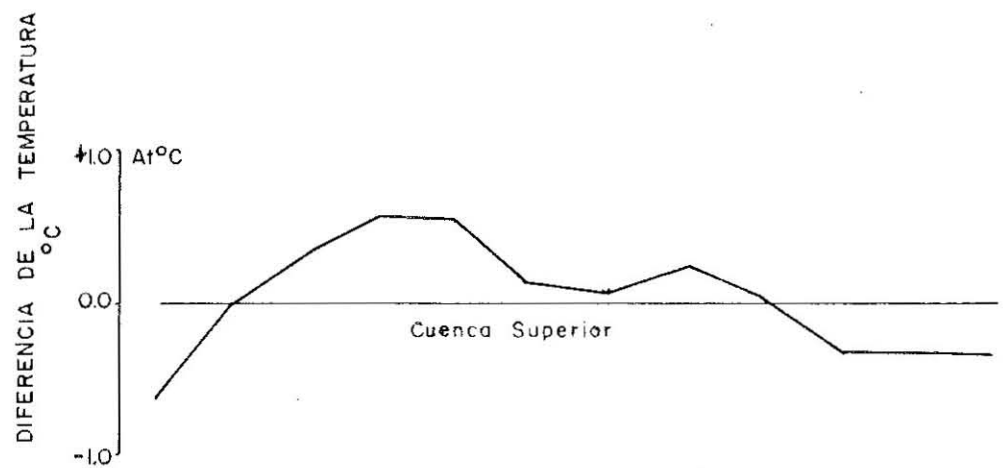


Figura 15 Transcurso de la temperatura por diferencias de las medias mensuales en la Cuenca Superior, Media e Inferior del Rio Reventazón, C.R.

CUADRO 9. Diferencias mensuales de la temperatura con respecto a la media de determinadas estaciones en la Cuenca del Río Reventazón, C. R.*

Estaciones	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Villa Mills	-1.4	+0.2	+0.7	+0.5	+0.8	+0.5	+0.4	+0.2	.00	-0.3	-0.6	-0.4
Sanatorio Durán	-0.3	-0.2	+0.2	+0.7	+0.4	0.0	0.0	+0.2	+0.1	-0.4	-0.1	-0.2
Pacayas	-1.4	-0.7	-0.4	-0.1	+0.4	+0.8	+0.6	+0.8	+0.9	+0.3	-0.2	-0.6
El Guarco	-1.6	-0.8	-0.3	-0.5	+0.6	+0.6	+0.2	+0.7	+0.9	+0.5	+0.6	-0.5
Cartago	-1.0	-0.6	+0.1	+1.1	+1.1	0.0	-0.2	+0.2	+1.1	+0.4	-0.5	-1.0
Tapantí	-0.5	-0.6	+0.5	+0.4	+0.4	+0.1	+0.9	+0.6	+0.1	+0.3	-0.5	-0.6
Juan Viñas	-1.2	-0.4	+0.2	+0.2	+0.7	0.0	.0	+0.2	+0.3	+0.2	-0.4	-1.0
Cachí	-1.7	-0.9	-0.3	+0.3	+1.0	+1.2	+0.3	+0.5	+0.7	+0.7	+0.6	-1.5
IICA	-1.4	-1.1	-0.6	+0.2	+0.9	+0.9	+0.5	+0.6	+0.7	+0.5	-0.2	-0.9
Siquirres	-1.3	-1.3	-0.5	+0.2	+0.8	+0.8	+0.2	+0.5	+1.1	+0.6	-0.1	-0.7
La Lola	-1.2	-1.1	-0.5	0.0	+0.9	+0.9	+0.5	+0.7	+0.9	+0.5	-0.1	-0.6
Limón	-1.2	-0.4	-0.2	-0.3	+0.6	+0.7	+0.6	+0.4	+0.6	+0.7	+0.2	-0.3

1
00
1

* Cálculos efectuados con los datos de temperaturas de las estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca del Río Reventazón, C. R.

En el Cuadro 10 puede observarse el transcurso estacional de la temperatura promedio en cada una de estas zonas y para cada uno de los meses del año. De las diferencias de estas desviaciones puede verse que cuando en la parte Inferior de la Cuenca están haciendo altas temperaturas, en la parte Superior las temperaturas tienden a ser bajas. Esto por lo general ocurre entre los meses de abril a octubre.

El proceso inverso, o sea aumentos de temperaturas en la parte Superior y disminución en la parte Inferior ocurre durante los otros meses del año.

Descarga de la Cuenca y Subcuencas

Descarga promedio

De los resultados obtenidos en cuanto a la cantidad de precipitación, la distribución de ésta y la superficie de cada una de las subcuencas, se puede notar que estas variables están íntimamente relacionadas con la descarga de agua de cada una de las áreas de captación consideradas.

Analizando los datos de descargas, para el año de 1965, de las subcuencas que más caudales registraron se ve que corresponden a aquellas que en general poseen mayor cantidad de lluvias y mayor superficie (ver Fig. 16).

Según los registros de caudales del ICE (24) para el período de observación de 13 años, que tiene la estación de Angostura, la parte Superior y Media de la Cuenca del Reventazón, con una superficie de 1367 Km² tiene una descarga promedio de 112.17 m³/seg.,

CUADRO 10. Transcurso estacional de la temperatura por diferencias de las medias mensuales en tres regiones de la Cuenca del Río Reventazón, C. R.*

Estaciones	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.
Región Alta	-0.66	0.00	+0.36	+0.61	+0.53	+0.16
Región Media	-0.85	-0.65	+0.35	+0.30	+0.55	+0.05
Región Baja	-1.30	-1.20	-0.50	+0.15	+0.82	+0.82
Regiones	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Región Alta	+0.13	+0.20	+0.06	-0.36	-0.28	-0.21
Región Media	+0.45	+0.40	+0.20	+0.25	-0.45	-0.80
Región Baja	+0.35	+0.57	+0.95	+0.55	-0.12	-0.72

* Cálculo efectuado en base de los análisis realizadas en el Cuadro 9.

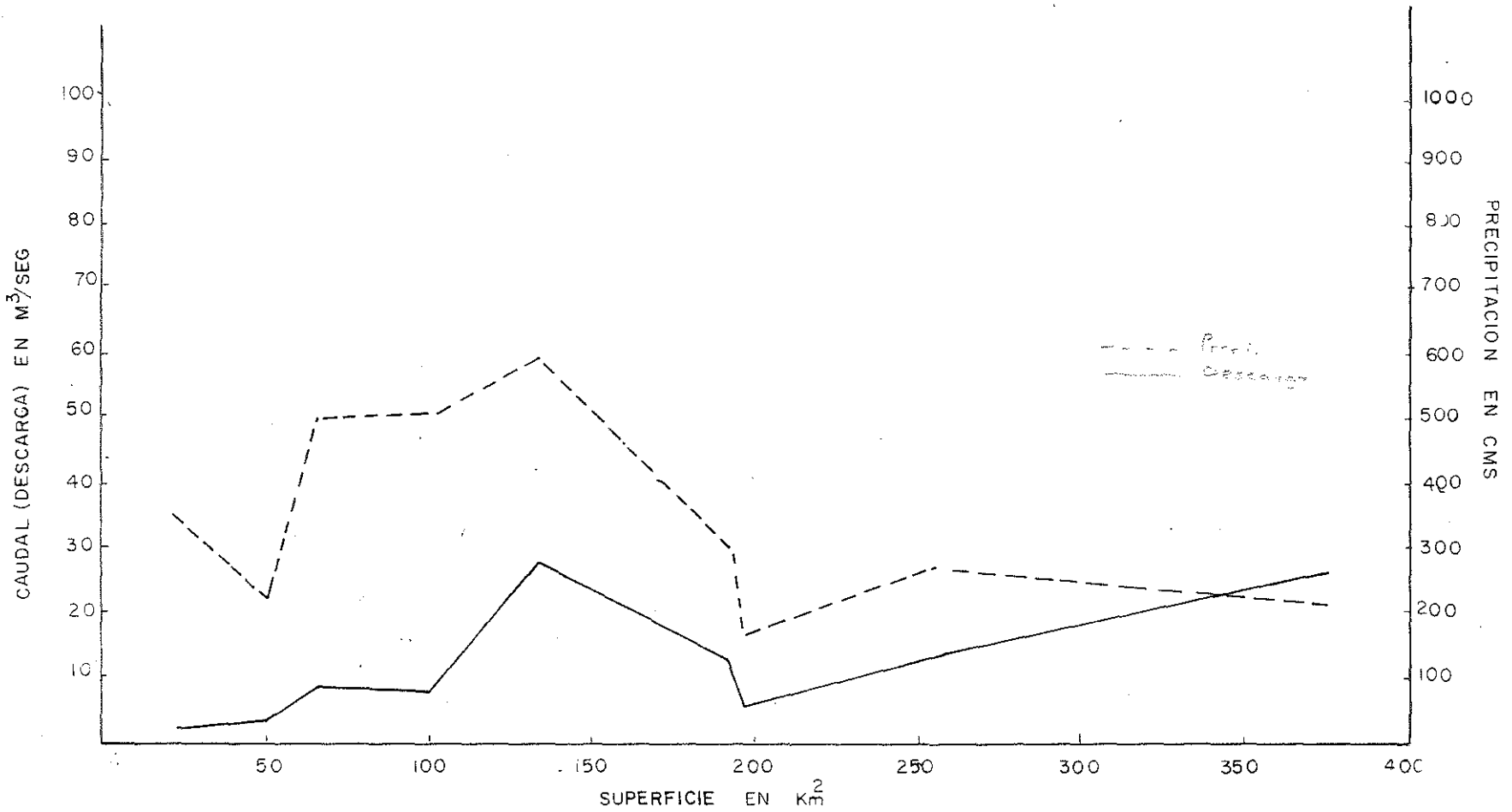


Figura 16 Distribución de la precipitación y de la descarga por subcuencas de la Cuenca del Rio Reventazón, C.R. para el año de 1965

la cual representa una descarga media de $0.082 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ (ver Fig. 17).

La descarga mínima media anual de la Cuenca se registró durante los años 1958-1959 cuando se totalizó unos $76.04 \text{ m}^3/\text{seg.}$, o sea $0.056 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$. La máxima que se ha presentado se observó entre 1956-1957 y fue de $129.47 \text{ m}^3/\text{seg}$, lo que equivale a $0.096 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$.

Con excepción de los registros de descargas de las estaciones de Cachí y Humo, que también tienen 13 años de observación, ninguna otra estación tiene el promedio más fidedigno que la estación de Angostura. Los demás puestos de observación ubicados en las subcuencas poseen promedios de descargas de pocos años, por lo tanto no son tan confiables como los de las estaciones que tienen registros más antiguos.

En el Cuadro 12 se presenta en forma resumida el área y descarga total de la Cuenca así como también descargas parciales de las estaciones y de cada una de las subcuencas.

En el Cuadro 11 los resultados son más veraces debido a que los períodos de observación de los caudales en las estaciones son mayores. De esta manera, en ambos cuadros se puede observar cuanto representa en área y descarga cada una de las estaciones y subcuencas en los diferentes períodos considerados. Las subcuencas que más contribuyen en descarga por Km^2 a la Cuenca del Río Reventazón son la Cuenca del Río Pejivalle (Nº 4) con un 28.58 por ciento, del promedio de la descarga total, lo que significa $0.200 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ y la del Río Gato, la cual junto con la primera contribuyen

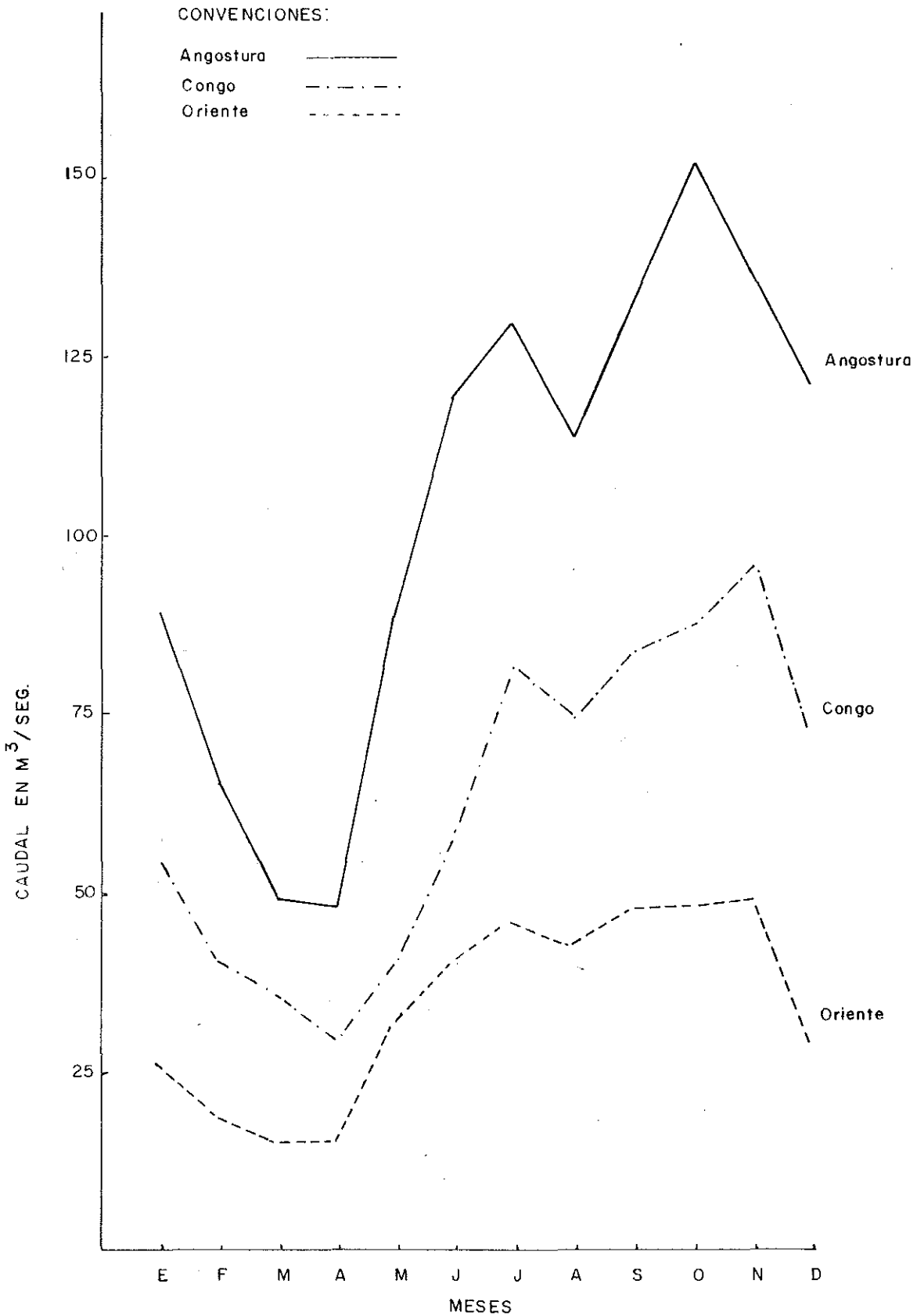


Figura 17 Descarga promedio mensual para las principales estaciones fluvigráficas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, CR

CUADRO 11. Descarga media anual y por unidad de superficie para cada una de las estaciones ubicadas en la parte Superior y Media de la Cuenca del Río Reventazón, C. R. para períodos de 4 a 13 años.*

Estaciones	Area en K ²	% del área Total	Descarga media en m ³ /Seg.	% de la descarga Total	Descarga en m ³ /Seg/Km ²
Angostura (9-3)	1367.0	-	112.17	-	0.082
Comgo (9-10)	885.0	64.70	62.12	55.38	0.070
Cachí (9-6)	692.0	50.60	48.70	43.42	0.070
Cordoncillal (9-7)	254.0	18.58	22.23	19.90	0.088
Oriente (9-9)	226.0	16.53	34.83	31.00	0.0154
Tapanti (9-11)	190.0	13.89	12.54	11.18	0.066
Humo (9-4)	130.0	9.50	25.33	22.58	0.200
Montecristo (9-5)	64.6	4.72	4.90	4.36	0.076
Belén (9-8)	46.0	3.36	3.19	2.84	0.070

* Cálculos efectuados en base los datos de las estaciones fluviográficas del ICE. Boletines Hidrológicos Nos. 1, 2, 3, 4 y 5 - Período 1952-1967.

CUADRO 12. Porcentaje de área y descarga promedio por cada Subcuenca en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, en un período de 3 años (1963-1966).*

Subcuencas		Area Km ²	% del Area Total	Descarga Media en m ³ /Seg.	% de la descarga Total	Descarga en m ³ /Seg./Km ²
R. Navarro	(6)	373.4	27.31	26.14	24.31	0.70
R. Atirro y otros	(3)	256.0	18.72	15.87	14.76	0.062
R. Birris	(10)	193.0	14.11	13.32	12.39	0.032
R. Cuerici	(11)	190.0	13.87	12.52	11.65	0.065
R. Pejivalle	(4)	130.0	9.50	23.13	21.51	0.181
R. Gato	(9)	96.0	7.57	8.95	8.83	0.073
R. Humo	(7)	64.0	4.38	8.96	8.33	0.14
C. Sup. R. M.	(8)**	46.0	3.36	3.19	2.96	0.070
C. M. R. Macho	(5)***	18.6	1.36	1.86	1.73	0.100

* Cálculo efectuado en base a los datos de las estaciones fluviográficas del ICE Boletines Hidrológicos Nos. 1, 2, 3, 4 y 5. Período 1952-1966.

** Cuenca Superior del Río Macho

*** Cuenca Media del Río Macho.

con 31.00 por ciento de descarga total de la Cuenca, y que representa $0.154 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ (ver Cuadro 11).

En el Cuadro 12 se muestra la descarga promedia para un período de 3 años de registros únicamente; el porcentaje de descarga de las subcuencas para ese período fue posible expresarlo con respecto al promedio general obtenido y así se obtuvo una descarga promedio, por cada subcuenca, de mayor utilidad.

Máximos caudales instantáneos

Utilizando los datos de los máximos caudales instantáneos anuales ocurridos en las estaciones Cachi (9-6), Humo (9-4) y Angostura (9-3), para el período de 13 años, se elaboró con la ayuda del método teórico de Gumbel (28), la figura 18, que puede ser de mucha utilidad para el conocimiento periódico de los máximos flujos de agua que pueden ocurrir en esas estaciones. Este método (el de Gumbel) está basado en probabilidades estadísticas que teóricamente determinan cada cuanto puede presentarse una avenida máxima instantánea de determinada magnitud. Debido a que el método está basado en probabilidades estadísticas, para una mayor exactitud en las predicciones, se requieren períodos más largos de registros, caso por lo cual se esperan fallas en las predicciones que se obtengan de estas figuras (ver Fig. 18 y Cuadros 13, 14 y 15).

En estos cuadros, además de mostrarse las descargas máximas instantáneas en cada una de las tres estaciones seleccionadas, se deja ver a grandes rasgos, la periodicidad del aumento o disminución de estas descargas. La tendencia de las líneas matrices para

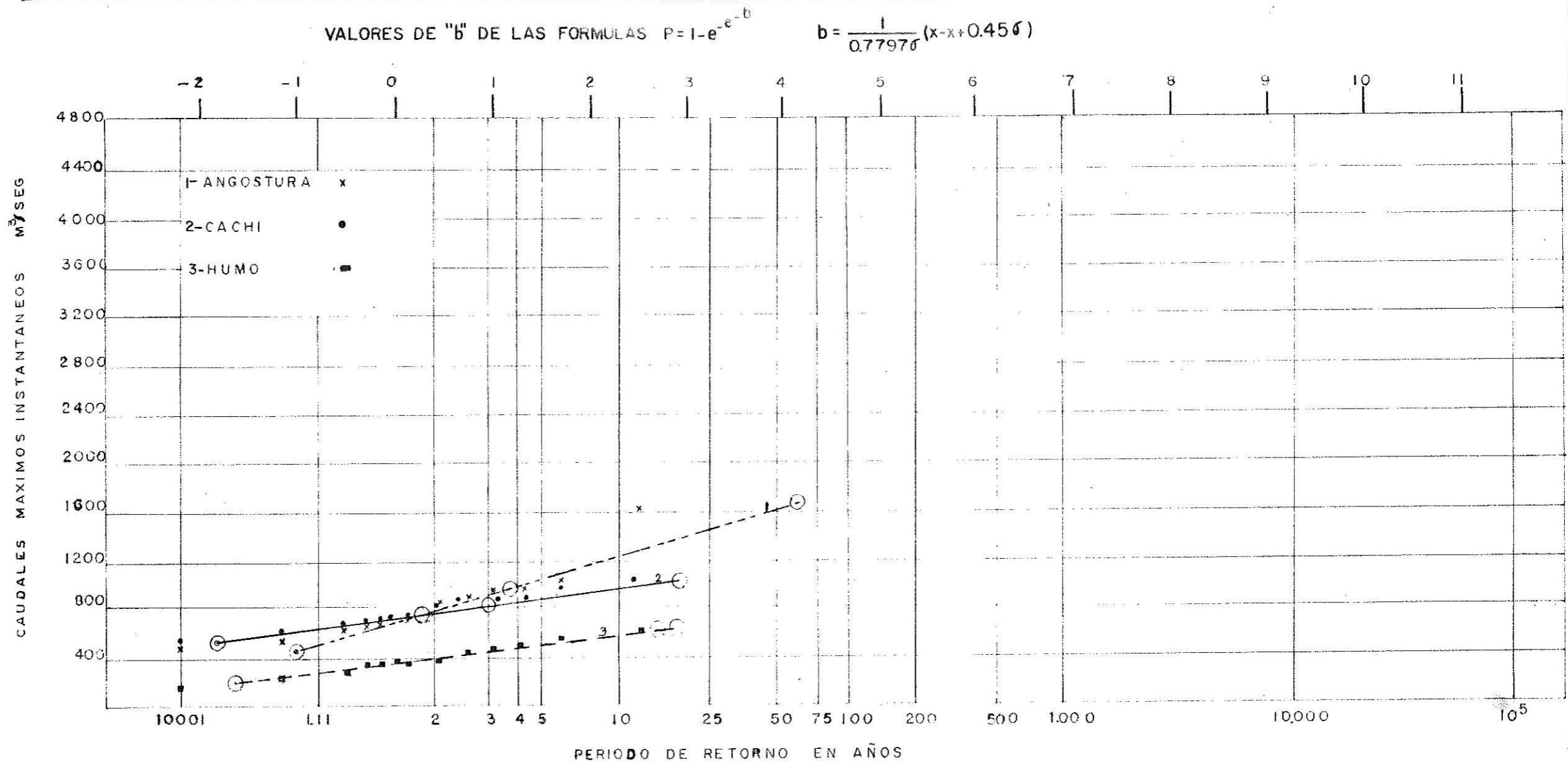


FIGURA 18 PERIODO DE RETORNO PARA CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS PARA LAS ESTACIONES DE ANGOSTURA, CACHI Y HUMO, SEGUN LA TEORIA DE GUMBEL.

SÍMBOLOS:

- Puntos calculados para cada una de las estaciones según la teoría de Gumbel.
- x Caudales máximos instantáneos registrados en la estación de Angostura.
- Caudales máximos instantáneos registrados en la estación del Humo.
- Caudales máximos instantáneos registrados en la estación de Cachi

Nota: años analizados de 1954 a 1966.

CUADRO 44. El método teórico de Gumbel aplicado a la estación fluviométrico "El Humo" (9-4) para un período de 13 años.*

Año	Caudales máximos m ³ /Seg	Caudales ordenados m ³ /Seg	M	$\frac{M}{T-P}$	P	(Q-QM)	(Q-QM) ²
1954	452	199	13	1.00	1.00	-206.6	42.683.56
1955	286	259	12	1.08	0.92	-146.6	21.491.56
1956	385	286	11	1.18	0.85	-119.6	14.304.16
1957	598	323	10	1.30	0.76	-82.6	6.822.76
1958	259	377	9	1.44	0.69	-28.6	817.96
1959	490	385	8	1.62	0.61	-20.6	424.36
1960	389	386	7	1.85	0.53	-19.6	384.16
1961	386	389	6	2.16	0.46	-16.6	275.56
1962	377	452	5	2.60	0.38	+46.4	2.152.96
1963	615	490	4	3.25	0.30	+84.4	7.123.36
1964	514	514	3	4.33	0.23	+108.4	111.750.56
1965	199	598	2	6.50	0.15	+192.4	37.017.76
1966	323	615	1	13.00	0.07	+209.4	43.848.36

* Cálculos efectuados en base a los datos de máximos caudales instantáneos anuales ocurridos en esta estación y aplicando las fórmulas de Gumbel (pag. 36)

CUADRO 15. El método teórico de Gumbel aplicado a la estación fluviográfica de "Cabhá (9-6)", para un período de 13 años.*

Año	Caudales máximos m ³ /Seg	Caudales ordenados m ³ /Seg	M	T _P	P	(Q-QM)	(Q-QM) ²
1954	511	511	13	1.00	1.00	-291	48.691.00
1955	928	650	12	1.08	0.92	-202	40.804.00
1956	650	655	11	1.18	0.85	-145	21.025.00
1957	740	708	10	1.30	0.76	-94	8.836.00
1958	764	740	9	1.44	0.69	-62	3.844.00
1959	655	748	8	1.62	0.61	-54	2.916.00
1960	748	764	7	1.85	0.53	-38	1.444.00
1961	708	848	6	2.16	0.46	+46	2.116.00
1962	848	858	5	2.60	0.38	+56	3.136.00
1963	1060	924	4	3.25	0.30	+122	14.884.00
1964	1030	928	3	4.33	0.25	+126	15.876.00
1965	858	1030	2	6.50	0.15	+228	51.984.00
1966	924	1060	1	13.00	0.07	+258	66.564.00

* Cálculos efectuados en base a los datos de máximos caudales instantáneos anuales ocurridos en esta estación y aplicando las fórmulas de Gumbel (pag. 36).

estas estaciones fueron obtenidas aplicando las fórmulas del método Gumbel a tres registros de caudales máximos instantáneos anuales en cada una de las estaciones.

Influencia de los Tipos de Cubierta Vegetal sobre la Descarga

Como puede observarse en el mapa de cubierta vegetal resultante del presente estudio, las partes Norte y Central del área se encuentran bastante influenciadas por la actividad humana. En la actualidad existen pocas áreas, de esas mismas regiones, que aún conservan en parte la cubierta original (ver Fig. 19).

La Cuenca Superior o sea donde tiene lugar el nacimiento de los principales ríos, se encuentra aún en estado natural. Sin embargo, desde hace algún tiempo atrás en esta región, se han venido observando infiltraciones humanas al área, cuyas actividades están cambiando la cubierta alta del bosque natural por otra cubierta de tipo más bajo.

Los resultados obtenidos en cuanto a tipos de cubierta vegetal se resumen en cinco grupos a saber (ver Cuadro 16):

Tipos de cubierta vegetal

Cubierta del bosque virgen o primario

Constituido por un tipo de bosque de hoja ancha siempre verde; este tipo de cubierta ocupa en el área un 47.8 por ciento de la superficie total, correspondiéndole el primer lugar en cuanto a su superficie se refiere. Aquí se incluyen todos aquellos tipos de vegetación que se cree aún no han sido intervenidos por el hombre.

MAPA DE USO ACTUAL DE LA TIERRA
CUENCA SUPERIOR Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON

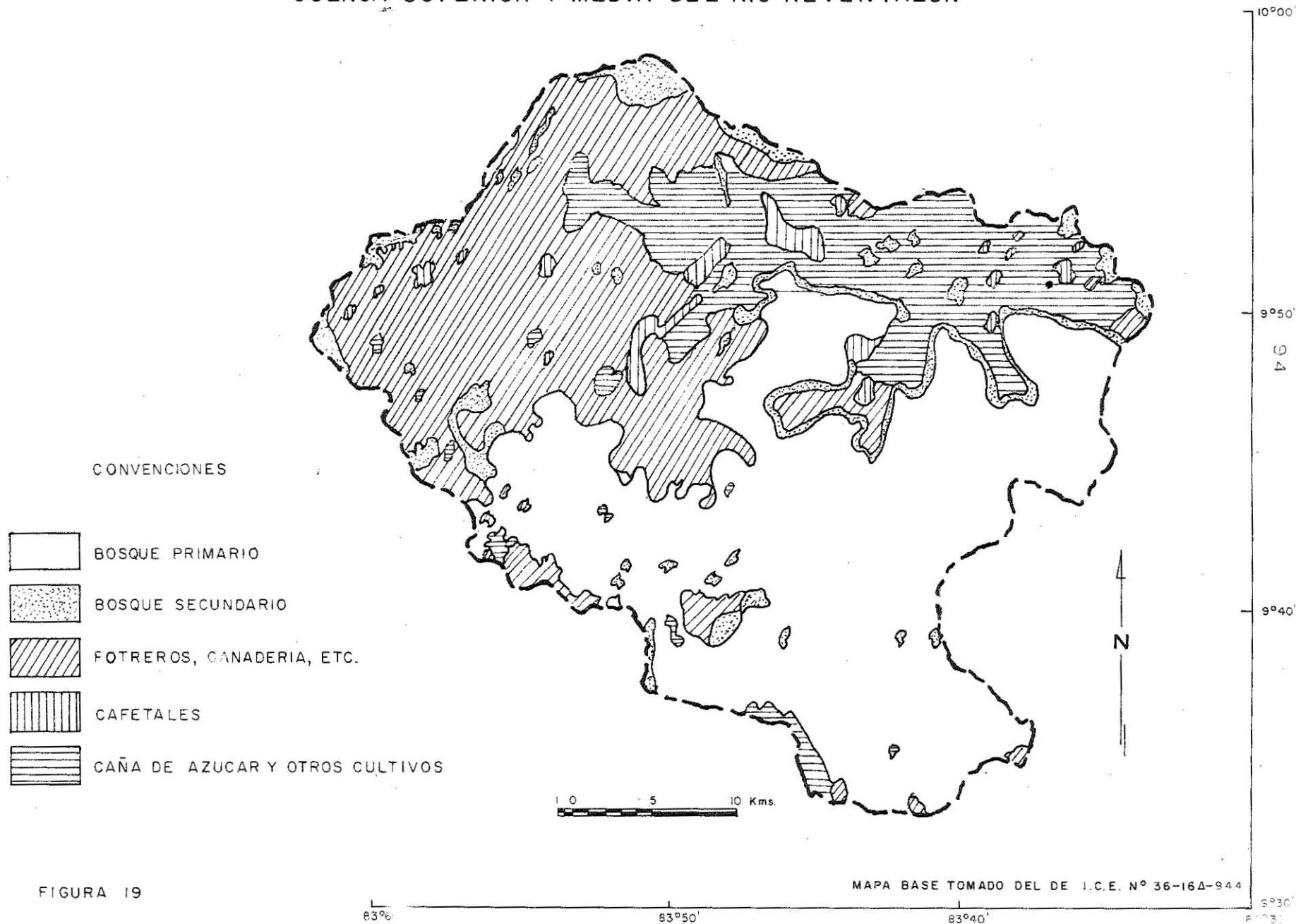


FIGURA 19

En términos generales este tipo de cubierta boscosa se encuentra distribuída entre los 1.200 y 3.400 m s.n.m.; pero es posible encontrarlo a alturas menores como se vio en los alrededores del caserío de Platanillo, desde los 800 m en adelante.

Entre los 1.800 y 2.200 m de altura, la cubierta vegetal es bastante diversificada; sin embargo, a partir de los 2.000 m comienza a hacerse presentes algunas asociaciones casi puras de Quercus spp. y asociaciones mixtas de esta especie con varias especies del género Podocarpus. Estas asociaciones muestran un aumento de homogeneidad en la composición florística a medida que se asciende sobre el nivel del mar.

En los límites inferiores de estas asociaciones la masa boscosa existente es muy heterogénea, apareciendo allí especies de diferentes géneros y ejemplares de los géneros antes mencionados. Según Soels*, en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca, a unos 2.350 m a.n.m., al género Quercus se encuentra creciendo en masas puras y es fácil encontrar entre ellas ejemplares de más de 40 m de altura, con copas anchas y muy densas. En estas asociaciones se encuentra bien definido un estrato superior arriba de los 35 m y uno inferior entre los 20 y 35 m; el suelo en estas asociaciones siempre está cubierto por una gruesa capa de materia orgánica sin descomponer.

* SOELS. Foto-intérprete del proyecto FAO-IICA. Información dada verbalmente de acuerdo a datos de campos. San José, Costa Rica.

Bosques secundarios

Este tipo de cubierta vegetal incluye áreas de bosque natural muy entresacados con árboles mayores de 30 m de alto, hasta áreas que han sido cultivadas por algún tiempo y luego abandonadas al estado sucesional. En estas últimas áreas se encuentran ejemplares desde 1.0 hasta 20 m de altura. Según esto, es posible encontrar dentro de este tipo de vegetación grupos de plantas jóvenes coetaneas y homogéneos, grupos mezclados de diferentes especies y grupos maduros disetáneos bastante heterogéneos. Este tipo de cubierta vegetal representa el 85 por ciento del área total del área de la Cuenca y generalmente se encuentra a lo largo de los ríos y quebradas, en los alrededores de los centros poblados y limitando las fajas del bosque primario o virgen.

Potreros y áreas descubiertas

Este tipo de cubierta vegetal está constituido por aquellas áreas dedicadas a pastoreos intensivos y extensivos, áreas dedicadas al cultivo de pastos de corte, y a zonas que en un tiempo relativamente reciente, fueron potreros y luego quedaron en completo abandono. Este tipo representa el 24.3 por ciento del área total, y en cuanto a extensión, ocupa el segundo lugar.

Las mayores áreas dentro de este grupo están ocupadas por potreros y pastizales. También se encuentran incluidas dentro de este grupo áreas que no tienen ningún uso agropecuario o forestal, áreas erosionadas, carreteras y zonas urbanas.

Cafetales

Por ser el cultivo del café un cultivo semi-permanente con un tipo de cubierta propia se agrupó por separado. Dentro de este cultivo se encuentra una gama de cubiertas, las cuales varían según la especie, del sombrío, de la época, etc. Este tipo de uso ocupa un 2.9 por ciento del área total.

Caña de azúcar y otros cultivos

Este tipo ocupa aproximadamente el 16.6 por ciento del área total de estudio y como el tipo anterior tiene una gama de cubierta según el período vegetativo de cada uno de los cultivos. La importancia de este tipo de cubierta vegetal consiste en que además de ocupar el tercer lugar en cuanto a superficie está compuesto generalmente por cultivos que tienen duración aproximada a los 20 meses, muy significativos para la economía de la región y de la nación.

La masa boscosa y su evapotranspiración

Las temperaturas promedio obtenidas para cada estación de la Cuenca del Reventazón, fueron obtenidas por medio del gradiente térmico (ver Cuadro 17). Con estos resultados y por medio del método de Holdridge, para calcular el potencial de evapotranspiración, se obtuvo los resultados presentados en los Cuadros 18 y 19 sobre la cantidad de agua que potencialmente se pierde en cada una de las subcuencas del Río Reventazón.

Cuadro 17. Temperatura media anual en °C para cada una de las estaciones de la Cuenca Superior y Media del Reventazón, C. R.

Estación	Altura del punto medio de la Cuenca m s.n.m.	Temperatura media °C
Tapantí (9-11)	2480	14.0
Belén (9-8)	2401	14.5
Cordoncillal (9-7)	2302	15.2
Montecristo (9-5)	2250	15.5
Cachí (9-6)	2190	15.7
Congo (9-10)	2080	16.2
Angostura (9-3)	1942	16.5
Humo (9-4)	1670	16.8
Oriente (9-9)	1650	17.0

Resultados obtenidos por medio del gradiente térmico resultante para la Cuenca del Río Reventazón y de los mapas topográficos de la misma área, del Instituto Geográfico Costarricense.

CUADRO 18. Lluvia actual, evapotranspiración potencial y descarga en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón C. R.

Estación	Lluvia Registrada mm	Evapotranspiración según Holdridge mm	Descarga Registrada en m ³ /Seg	Precipitación necesaria para este balance mm (1)	Descarga según Holdridge para precipitación registrada mm
Tapantí (9-11)	2850	761	12.54*	2850	12.58
Belén (9-8)	2241	778	3.19**	2964	2.13
Condoncillal (9-7)	3280	806	22.33***	3566	19.91
Montecristo (9-5)	2574	831	4.90****	3223	3.57
Cachí (9-6)	2468	841	48.70****	3060	35.71
Congo (9-10)	2340	694	62.12*	2907	38.44
Angostura (9-3)	3100	815	112.17****	3403	108.15
Humo (9-4)	5154	832	25.33****	6976	18.00
Oriente (9-9)	4481	792	34.83*	5652	26.43

* - Registros de 4 años

** - Registros de 6 años

*** - Registros de 10 años

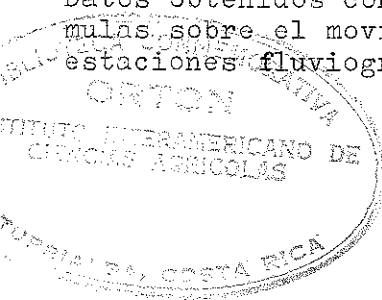
**** - Registros de 13 años

(1) Sin tener en cuenta otras pérdidas

CUADRO 19. Lluvia actual, evapotranspiración potencial y descargas en cada una de las Subcuencas de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C. R.*

Subcuencas	Lluvia registrada mm.	Evapotranspiración según Holdridge mm.	Descarga media calculada m ³ /Seg.	Descarga media según Holdridge m ³ /Seg.
Río Pejivalle (4)	5154	832.0	25.33	18.00
Río Humo (7)	4877	807.0	8.96	8.25
Río Med. Macho (5)	3955	820.0	1.86	3.57
Río Gato (9)	3400	1011.00	9.50	7.50
Río Cuerici (11)	2850	761.0	12.54	12.58
Ríos Atirro y Tuis (3)	2812	993.0	16.22	14.02
Río Sup. Macho (8)	2241	778.0	3.19	2.13
Río Aguacaliente (6)	2090	821.0	26.14	15.14
Río Birris (10)	2040	846.0	13.32	7.30

* Datos obtenidos con los registros de lluvias de las estaciones meteorológicas, el nomograma y fórmulas sobre el movimiento de agua en la atmósfera (de Holdridge) y registros de descargas de las estaciones fluvigráficas.



Influencia de la cubierta sobre la descarga del río

A pesar de la variedad de factores que intervienen en el flujo de agua de la Cuenca en estudio, es posible notar a grandes rasgos la influencia de la cubierta vegetal sobre la salida del flujo en las corrientes de los ríos.

Los resultados obtenidos por el método de la variación porcentual para un período de varios años entre cuencas diferentes porcentajes de cubierta vegetal pueden observarse en la figura 20. En esta figura puede notarse como aquellas cuencas que poseen menor cantidad de áreas con cobertura boscosa muestran una mayor variación en la salida del flujo de agua en los ríos. Esta variación tiene la tendencia a disminuir a medida que aumenta la cantidad de áreas boscosas en los terrenos de las respectivas cuencas. En los casos típicos seleccionados, se puede ver estas variaciones en los flujos de las descargas de las estaciones de Angostura (9-3) con 46 por ciento de área boscosa y la estación Humo (9-4) con un 85 por ciento.

Realizando los mismos análisis de la variación porcentual entre mes más seco y más húmedo para un año específico 1965, se notó la misma tendencia general de las áreas con menor porcentajes de cubierta vegetal alta de mostrar mucha variación.

Del método de la correlación entre el coeficiente de escorrentía promedio y el porcentaje de cubierta boscosa en cada subcuenca y entre estas, aquellas cuencas con características físicas y climáticas similares, se pudo observar la tendencia al aumento de este coeficiente en aquellas áreas que tienen menor cantidad de

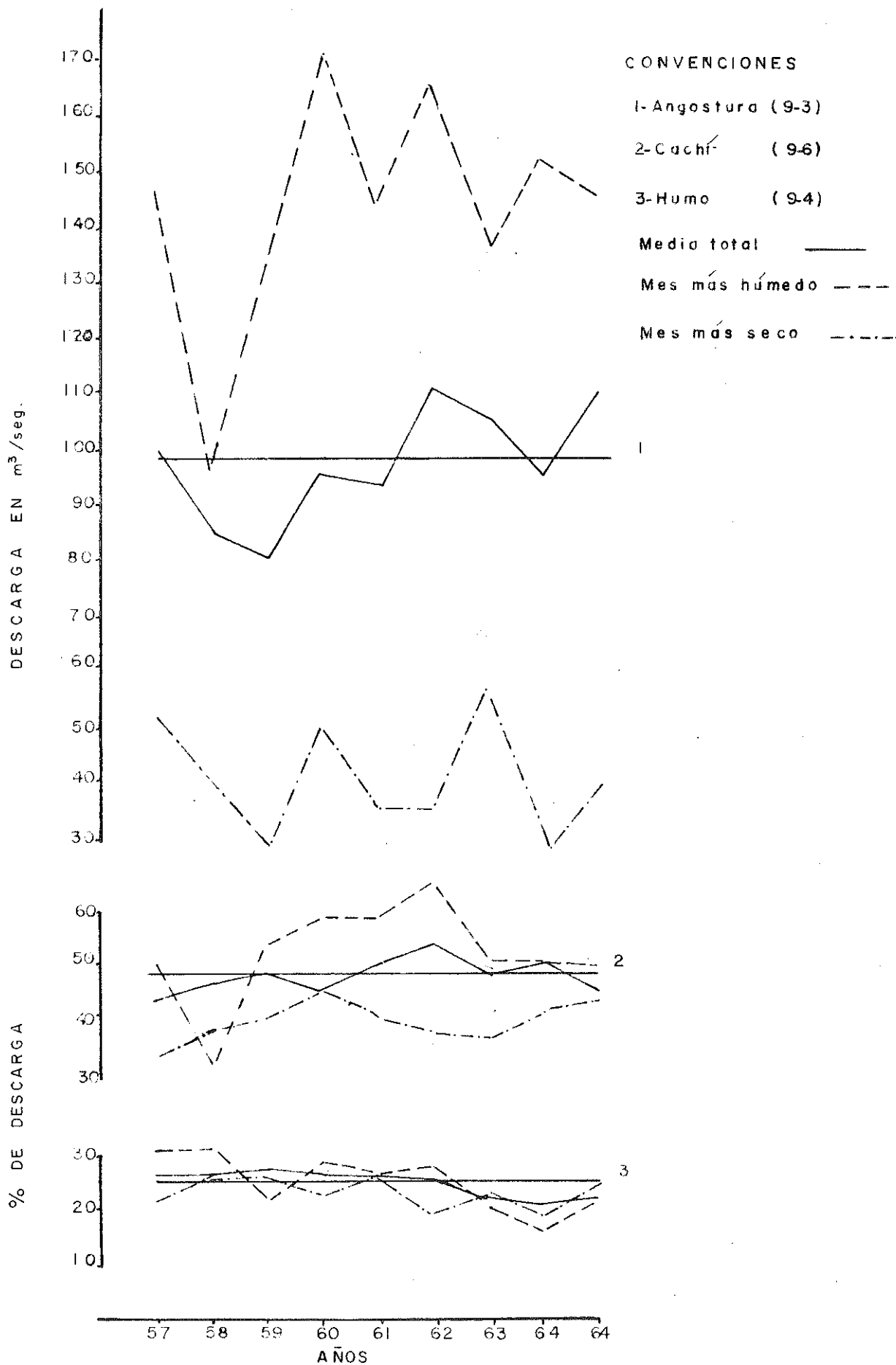


FIGURA 20 Variación relativa porcentual de la descarga para dos subconfluencias del Río

áreas cubiertas con bosques (ver Cuadro 20). Estos resultados también fueron observados con el mismo tipo de análisis para el mes más seco y para el total del año 1965 para estaciones en cuencas en condiciones físicas similares (ver Fig. 21 y Cuadro 21).

En los Cuadros 20 y 21 puede observarse en la columna del coeficiente de escorrentía, algunos valores de este coeficiente mayores que uno (1-0). Esto, es posible que se deba en gran parte a influencias externas e internas de otros factores en las cuencas.

La Influencia de la Pendiente en la Descarga de los Ríos

Los resultados obtenidos sobre las pendientes promedio para cada estación y subcuenca, en el área de estudio, son los siguientes:

<u>Estaciones</u>		<u>% de Pendiente</u>	<u>Subcuencas</u>	<u>% de Pendiente</u>
Tapantí	(9-3)	45	Cuenca del R. Cuericí (11)	45
Belén	(9-8)	35	C. Super R. Macho (8)	35
Cordoncillal	(9-7)	52	C. " R. Macho (5)	65
Montecristo	(9-5)	59	C. de los R. Navarro y Aguas Calientes (6)	40
Cachí	(9-6)	46	C. del Río Birris (10)	45
Angostura	(9-3)	47	C. del Río Humo (7)	65
Congo	(9-10)	48	C. del R. Pejivalle (4)	65
Humo	(9-4)	65	C. del R. Gato (9)	50
Oriente	(9-9)	62	C. de los Ríos Tuis y Atirro y afluentes inferiores	30

CUADRO 20. % de cubierta boscosa, pendiente promedio y coeficiente de escorrentía para cada una de las Subcuencas de la Cuenca y Media del Río Reventazón, C. R.*

Estaciones	% de cubierta boscosa por Estación	Pendiente de promedio %	Lluvia registrada $m^3/Seg/Km^2$	Descarga registrada $m^3/Seg/Km^2$	Coeficiente de Escorrentía
Cordoncillal (9-7)	89	52	0.100	0.087	0.87
Tapantí (9-11)	88	45	0.090	0.066	0.73
El Humo (9-8)	85	65	0.160	0.190	<u>1.18</u>
Oriente (9-9)	84	62	0.142	0.154	<u>1.08</u>
Montecristo (9-5)	72	59	0.081	0.075	0.92
Belén (9-8)	68	35	0.080	0.070	0.87
Cachí (9-6)	49	46	0.079	0.070	0.88
Angostura (9-3)	46	47	0.104	0.082	0.79
Congo (9-10)	38	48	0.074	0.070	0.94

* Datos obtenidos de lluvia y descarga en la Cuenca del Río Reventazón y de las figuras 20 y 5 respectivamente.

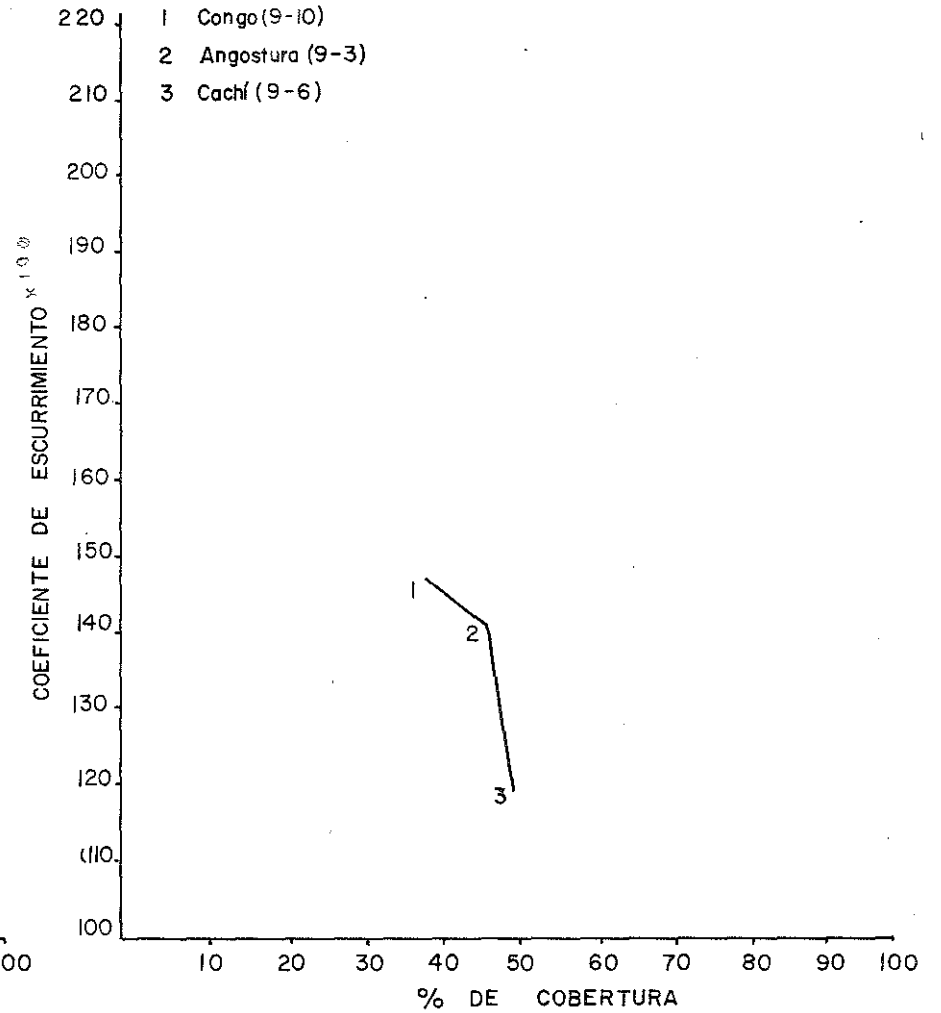
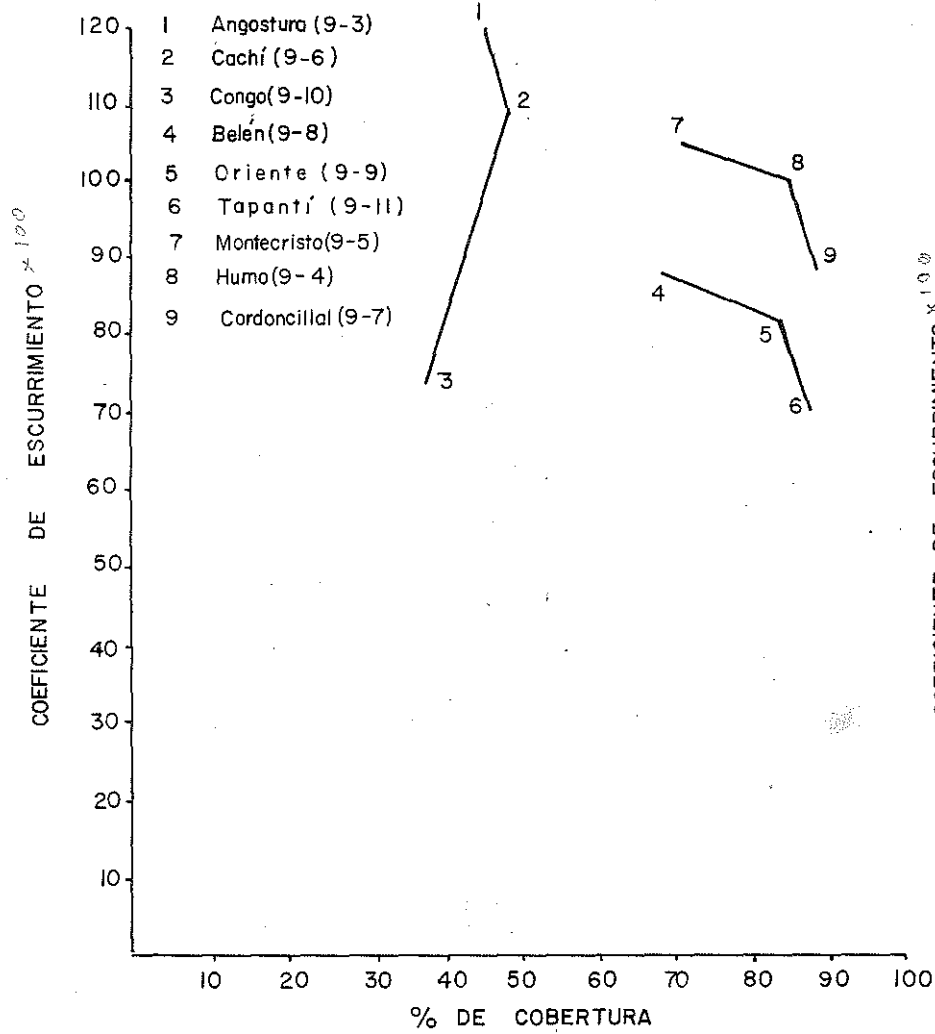


Figura 21 Influencia de la cubierta vegetal en la descarga de agua en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, C.R.

de escorrentía en el mes más seco y el total del año 1965, para las Subcuencas ubicadas en la
 or y Media del Río Reventazón, C. R.*

Cubierta boscosa por estación	Pendiente Promedio	Total del año			Mes más seco (Abril)		
		Lluvia Registrada m ³ /Seg/Km ²	Descarga Registrada m ³ /Seg/Km ²	Coefficiente de Escorrentía	Lluvia Registrada m ³ /Seg/Km ²	Descarga Registrada m ³ /Seg/Km ²	Coefficiente de Escorrentía
89	52	0.093	0.083	0.89	0.028	0.033	<u>1.17</u>
88	45	0.090	0.063	0.70	0.025	0.025	0.76
85	65	0.190	0.191	<u>1.01</u>	0.081	0.074	0.91
84	62	0.167	0.140	0.83	0.063	0.049	0.77
72	59	0.080	0.084	1.05	0.013	0.030	<u>2.30</u>
68	35	0.080	0.070	0.87	0.037	0.018	0.48
49	46	0.067	0.073	<u>1.09</u>	0.021	0.025	<u>1.19</u>
46	47	0.065	0.081	<u>1.20</u>	0.020	0.028	<u>1.40</u>
38	48	0.087	0.063	0.74	0.015	0.022	<u>1.46</u>

s registros de lluvia y descarga para el año 1965 y figuras 20 y 5 respectivamente.

Los análisis efectuados para probar la influencia de la pendiente en la descarga de los ríos, resultaron difíciles debido a la serie de factores que intervienen en este último. Sin embargo en las comparaciones que se efectuaron en cuencas con condiciones actuales similares del terreno, fue posible notar la influencia que tiene la pendiente en la descarga.

En la figura 22 y en los Cuadros 20 y 21 donde se representan la pendiente y el coeficiente de escorrentía, para cada estación, puede observarse que entre mayor es el grado de pendiente, mayor tiende a ser el coeficiente de escorrentía. Resultados análogos a estos fueron obtenidos realizando el mismo tipo de análisis para el mes más seco de 1965 y con cuencas que aparentemente no estaban influenciadas por otras cuencas de la parte Superior.

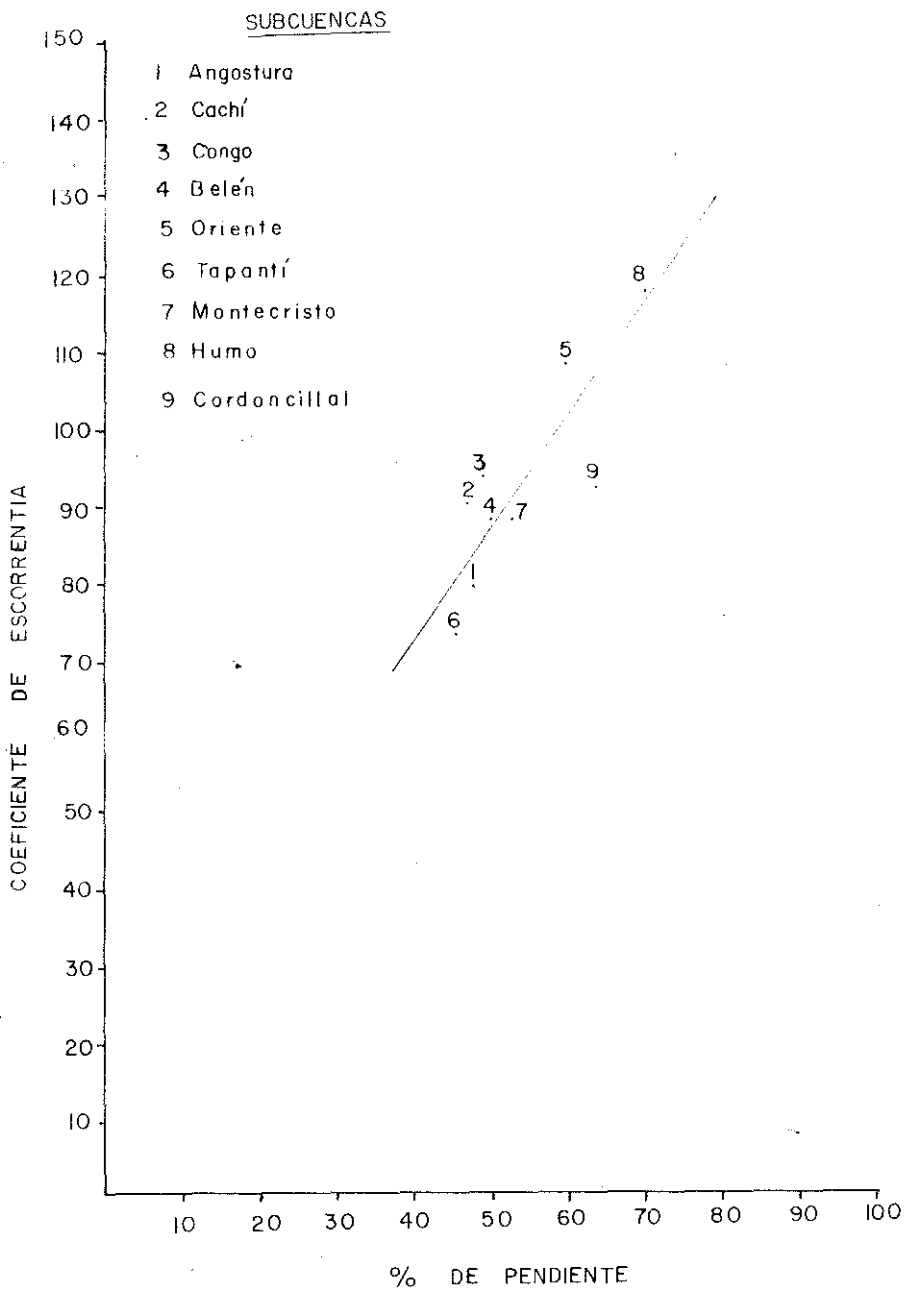


Figura 22. Influencia de la pendiente en la descarga del Río Reventazón de Costa Rica, según datos tomados en las diferentes subcuencas.

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

El Transcurso General de la Precipitación, en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, está Relacionado con el Sistema de Circulación Intertropical, los vientos Alisios del Noreste y las Condiciones Locales Reinantes

Aprovechando los resultados obtenidos en cuanto al clima y comparándolos con otros trabajos al respecto, es posible darse cuenta que el régimen pluviométrico de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón está íntimamente relacionado con el movimiento del Sistema de Circulación Intertropical, a los vientos Alisios y a las condiciones locales reinantes en las áreas como se manifiesta por las circulaciones locales.

Este sistema de Circulación Intertropical, según Trojer (57) al principio del año se encuentra en su posición meridional, y es en esa época cuando el sistema ciclónico o de perturbaciones del tiempo inicia su movimiento hacia el Norte, hacia las latitudes medias, llegando al área de estudio a fines del mes de abril o principio del mes de mayo. El flujo predominante que corresponde a estas situaciones en dirección Norte y ondas variables, causa mayor pluviosidad en esta época en la Vertiente del Pacífico. Es precisamente, en esta época, cuando las masas de aires ecuatoriales, cálidas y húmedas, chocan con las masas de aires del Noreste produciendo lluvias intempestivas acompañadas de descargas eléctricas.

Durante los meses de enero a mayo predomina la influencia de los vientos del Noreste, los cuales son causados por centros de alta presión localizados en las latitudes medias del hemisferio

Norte. En esas zonas se originan masas de aire las cuales cargadas de humedad causan las precipitaciones orográficas que ocurren en la Cuenca Inferior alcanzando su influencia alturas mayores de los 800 m s.n.m. y muchas veces sobrepasan las cordilleras.

Estos vientos, conocidos comúnmente como "Alisios", se presentan primeramente en el área durante los meses de julio-agosto, los cuales al sobrepasar las cadenas de montañas por el proceso adiabático seco crean en los fondos de los valles condiciones de sequía.

Durante estos mismos meses, el Sistema de Circulación Intertropical se encuentra más activo entre las latitudes 15°-20°N, quedando la zona en estudio sometida a los vientos del Noreste y a las condiciones locales reinantes, hasta el regreso nuevamente del Sistema de Circulación, lo cual ocurre a fines del mes de setiembre o principios del mes de octubre. Desde este último mes en adelante comienzan a sentirse sobre toda el área de la Cuenca los vientos fríos del Norte, los cuales se hacen presentes hasta mediados del mes de abril. Casi toda el agua de lluvia que cae por este tiempo en los niveles bajos, especialmente en la parte Superior, son debidos a estancamientos que sufren de las masas de aire que ascienden por la ladera de los valles.

Este transcurso general de la iniciación y finalización de los periodos lluviosos y secos, deja ver en la Cuenca del Reventazón áreas que por sus condiciones topográficas y condiciones locales similares están bajo la misma influencia de los vientos, distribución relativa de las lluvias y del transcurso de la temperatura.

La Topografía Influye Notablemente en la Distribución
de la Temperatura

La distribución vertical de la temperatura está influenciada en forma general por el tiempo reinante y se encuentra relacionada directamente con la masa de aire presente, el nivel de condensación de estas masas, los cambios estacionales, la forma del terreno y las diferentes formas de ascenso debido a la inclinación de las pendientes; de ahí, las variaciones de los gradientes térmicos de un mes a otro, los cuales oscilan entre 0.5°C/100 m hasta 1.0°C/100 m. Debido a esa influencia que la topografía impone al transcurso climático, se seleccionó el factor Angot como sistema que permite diferenciar, en áreas con topografías occidentadas, el transcurso climático de acuerdo con el dinamismo de los procesos atmosféricos.

Diferentes Clases de Climas Crean Variaciones en los Tipos
de Vegetación lo cual Influye en el Consumo de Agua por
las Plantas y en las Descargas de los Ríos

El efecto de la distribución periódica de las lluvias, correlacionada con el transcurso de la temperatura durante el año, influye decisivamente sobre el desarrollo de las masas boscosas que crecen en el área. Esta diferenciación específica bastante apreciable, es notoria en la composición florística, fisonomía y aspectos generales de las masas boscosas. De esta manera, es posible encontrar especies con diferentes exigencias hídricas, las cuales

pueden cumplir sus ciclos vegetativos en diferentes tiempos; todo depende de la región y bajo que tipo de transcurso climático se encuentra.

Lo relacionado con los tipos de vegetación fue constatado por Reark (42), quien siguiendo la clasificación de formaciones vegetales de Holdridge, determinó en 1952, en el área de estudio, 9 formaciones y 17 asociaciones o tipos de vegetación diferentes. Más tarde Lombo (30), en estudios más detallados sobre la Cuenca del Río Macho, observó que durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero algunos géneros de especies arbóreas se encontraban en floración, mientras que otros ya estaban fructificando; esto puede deberse, como se mencionó antes, a diferentes ciclos vegetativos, los cuales están íntimamente relacionados al transcurso climático y como es de suponer durante esos estados vegetativos el consumo de agua por las plantas varía.

Los Registros Existentes sobre Intensidades de Lluvias
Demostraron ser Insuficientes para Llevar a cabo
Métodos que Permitan Calcular Frecuencia de
Ocurrencia de Lluvias de Máximas Intensidades

Debido a las variaciones del transcurso de la precipitación de un año a otro, incluso variación dentro de los mismos meses del año, las representaciones gráficas que se intenten hacer del promedio de intensidades de diferentes duraciones, dentro del área de estudio, estarán propensas a errores; y se deben además de lo expuesto anteriormente, a la carencia de información al respecto y a que

intensidades de un mismo valor pueden ocurrir en cualquier época del año y en cualquier región, aunque haya máximas que solo se presentan en ciertos puntos con determinado ciclo de ocurrencia. Sin embargo, del análisis de máximas intensidades efectuadas para diferentes duraciones en el año 1965, se puede ver la tendencia que se observa para las diferentes intensidades de lluvias es de aumentar con los ascensos fuertes de la zona (Fig. 12).

Por otra parte, parece que las precipitaciones de máximas intensidades tienen pocas probabilidades de ocurrencia. Así lo manifiesta Ives (28) en su trabajo sobre escorrentía realizado en Turrialba, y afirma que lluvias del tipo ocurridas en diciembre de 1949, sólo tienen probabilidad de ocurrencias cada 20 años. Sobre lo mismo parecen estar de acuerdo Corrales (9) y Rodríguez (48) al tratar sobre intensidades de lluvias sobre el Río Reventado cerca de Cartago y la Cuenca del Río Reventazón respectivamente.

El Transcurso de las Descargas de la Cuenca y Subcuenca está Intimamente relacionado con el Transcurso de la Precipitación

Según los tipos de transcurros de la precipitación descritos anteriormente para la zona en estudio, se aduce que en el área se presenta una época relativamente seca, de una duración aproximada de 5 meses y una lluviosa de 7 meses. Prácticamente en el área de la Cuenca, la época seca se inicia en el mes de diciembre y finaliza en los últimos días del mes de abril, de ahí en adelante empieza la época lluviosa, la cual demora hasta el fin de año; ocurriendo una pequeña época de "sequía" durante el mes de julio.

A medida que se asciende hacia la parte Superior de la Cuenca se nota un aumento de la precipitación especialmente hacia los últimos meses del año, siendo los meses de octubre y noviembre los meses que registran la mayor cantidad de lluvia. Este transcurso de las lluvias se refleja fielmente en la forma de presentarse las descargas en las subcuencas, lo cual se comprobó por medio de las relaciones porcentuales de las descargas de los ríos por cada mes con relación a la descarga promedio anual para toda la Cuenca en estudio (ver Cuadro 22). Analizando estos porcentajes en las estaciones cuyos caudales se registraron en la parte alta y baja se puede observar, que en la primera, los 8 últimos meses del año hay una descarga promedio del 82 por ciento de la descarga total y de los últimos 5 meses de este período se registró un 58 por ciento de la descarga total. En la parte Media e Inferior de la Cuenca donde hay una distribución más uniforme de las lluvias durante todo el año, se registran para esos mismos meses 80 por ciento y 52 por ciento de la descarga total del área de estudio.

Caso contrario al anterior ocurre en la parte Inferior y Media de la Cuenca donde el porcentaje medio de descarga, respecto a la descarga total, en los cuatro primeros meses del año alcanza un 20 por ciento y en la parte Superior un 18 por ciento. La única excepción a esto, la representa la estación fluvigráfica Cordoncillo, que por estar en la parte baja de la Cuenca Superior posee características de transcurso de lluvias similares a los transcurros de la Cuenca Inferior (ver Figs. 23 y 24).

CUADRO 22. Descarga media porcentual por meses en relación con la media anual para cada estación de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón. C. R.*

Estaciones	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Angostura (9-3)	6.95	5.20	3.84	3.80	6.95	9.35	9.35	10.20	9.00	10.50	11.80	9.45
El Congo (9-10)	7.45	4.80	4.50	4.00	5.65	8.05	10.70	9.75	10.90	12.00	12.80	9.60
Cachi (9-6)	6.55	4.30	3.60	3.30	6.85	9.05	11.00	9.70	11.30	13.10	11.50	9.80
Cordoncillal (9-7)	7.15	4.75	4.25	4.20	6.45	9.00	10.60	10.00	11.20	11.40	12.90	10.20
Oriente (9-9)	6.75	4.70	3.65	3.66	8.05	10.10	11.40	10.20	11.60	11.90	11.90	6.60
Tapantí (9-11)	7.70	4.70	3.76	2.60	6.20	8.20	9.50	9.80	13.40	13.50	13.55	6.70
El Humo (9-4)	6.10	4.80	3.56	3.84	9.50	9.85	10.80	10.10	10.60	12.15	10.20	8.30
Montecristo (9-5)	6.55	4.75	3.78	3.20	5.00	8.90	11.00	11.15	12.70	12.40	11.75	9.10
Belén (9-8)	5.75	3.62	2.90	2.70	4.00	10.60	10.20	11.80	14.90	11.10	13.50	9.05

* Resultados obtenidos por medio de los datos de las estaciones fluviográficas del ICE. Boletines Hidrológicos Nos. 1, 2, 3, 4 y 5.

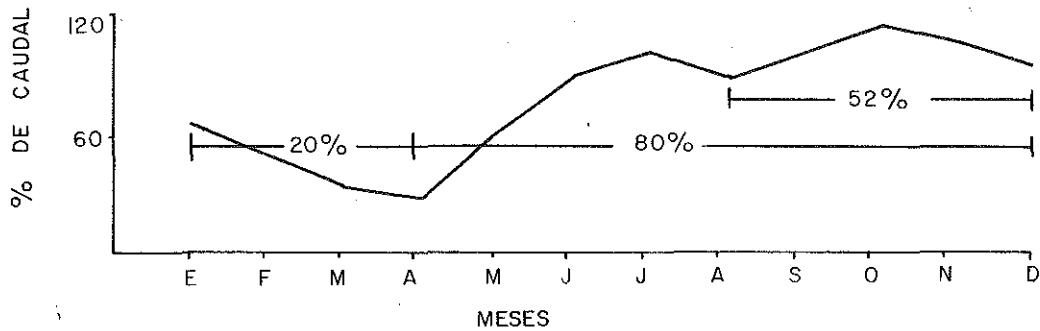


Figura 23 Descarga media porcentual de una estación típica de la Cuenca Inferior del Río Reventazón, C.R. Angostura (9-3)

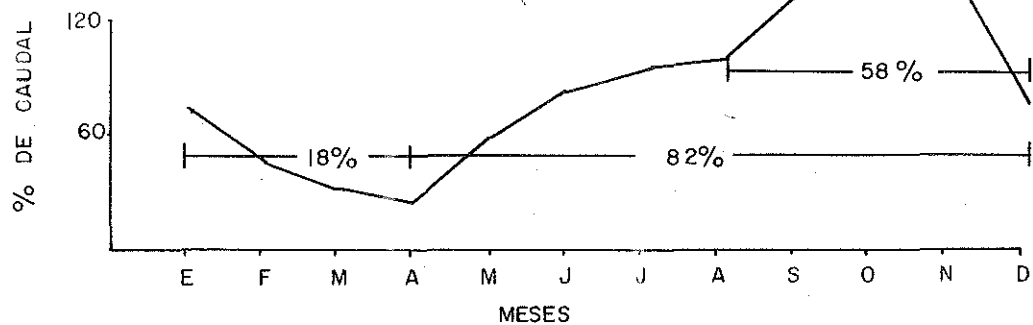


Figura 24 Descarga media porcentual de una estación típica de la Cuenca Superior del Río Reventazón, C.R. Tapantí (9-II)

La estación Oriente (9-9) por recibir influencia tanto de la parte Inferior como de la Superior, muestra características porcentuales de la zona baja en los primeros meses del año y de la zona alta en los últimos meses.

Los Promedios Anuales de las Descargas de la Cuenca Principal
y de las Subcuencas no Caracterizan un Buen Régimen del
Flujo de las Corrientes

La descarga promedio anual para los 13 años de observación en la estación de Angostura fue de $112.17 \text{ m}^3/\text{seg}$ lo que representa $0.082 \text{ m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$. De esta descarga promedio total, los ríos que más contribuyen al flujo de la Cuenca son los Ríos Pejivalle, Gato, Macho y Humo, todos de la parte Superior y Media del área.

Si se observan las representaciones gráficas de las descargas promedios anuales y mensuales para las diferentes Cuencas (Figs. 17 y 20), se puede deducir que los datos de estas representaciones, tanto anuales como mensuales, no son sino generalizaciones de estos períodos de tiempo considerados, no caracterizando así un buen régimen del flujo de las corrientes. De ahí, que las grandes inundaciones y avenidas están más relacionadas con el número e intensidad de las lluvias individuales. Sin embargo, estos promedios generales y parciales tienen su importancia desde el punto de vista de la producción de agua de la Cuenca y desde el punto de vista de las descargas en cada año y en cada mes.

Debido a los períodos de observación tan reciente, de la mayoría de las estaciones hidrológicas y a las características de la

Cuenca más bien variables, no se sabe aún con certeza si estos pro medios puedan aumentar o disminuir al transcurrir el tiempo. Por otra parte, la descarga promedio total del área, parece estar mayormente influida por la descarga de aquellas subcuencas que arrojan mayor cantidad de caudal, los cuales están íntimamente relacio nados con la precipitación, la pendiente, la cubierta vegetal, el suelo, la temperatura y otros factores de menor importancia.

Lo expuesto anteriormente fue confirmado por medio de los aná lisis efectuados a cada una de las subcuencas, especialmente en las cuencas de los Ríos Birrís, Humo y varios afluentes de la parte Inferior como los Ríos Atirro y Tuis (Fig. 25).

En las dos primeras subcuencas, aunque los promedios de los últimos cuatro años demuestran aumento en los meses de noviembre y diciembre, la tercera demuestra disminución en estos mismos meses. Estas tendencias están regidas por factores locales de transcurso, características de la Cuenca y cubierta vegetal, los cuales como se dijo antes, no influyen mayormente en el transcurso general promedio de la descarga de la Cuenca general.

La Descarga del Río Principal y sus Afluentes está

Influenciada por muchos Factores de los cuales

muy pocos Permanecen Constantes

Aunque los promedios de descargas puedan denotar, en términos generales, la influencia de algunos factores importantes no dan información alguna de la forma de estos factores y cómo están influenciando éstos sobre la misma.

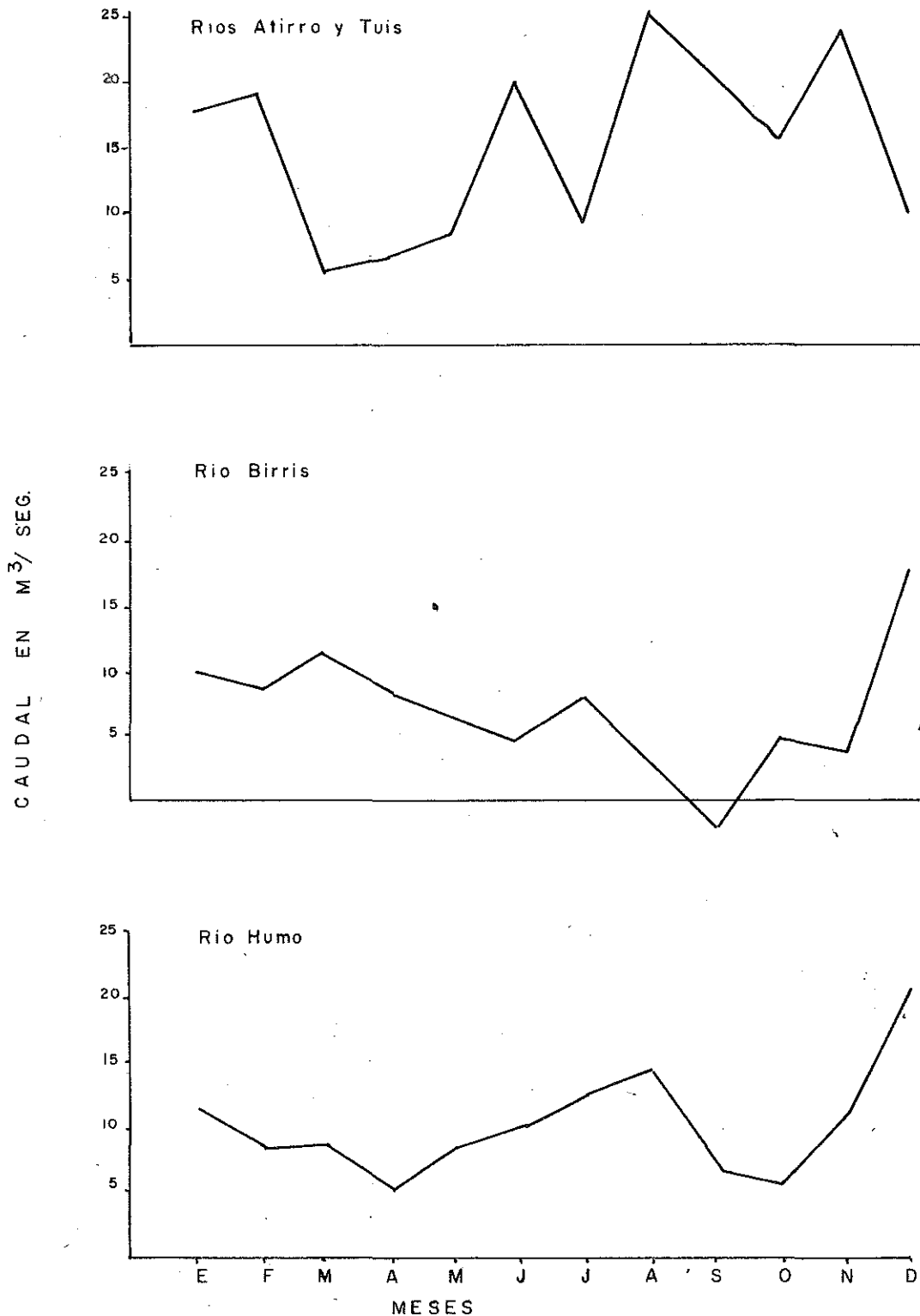


Figura 25 Descarga media mensual en un periodo de 4 años en las cuencas de los rios Humo, Birris y Atirro - Tuis, subcuencas del rio Reventazon, C.R. (anos 1962-1966)

De acuerdo con lo mencionado, en el capítulo de Revisión de Literatura, son muchos los factores que intervienen en la descarga de los Ríos. Algunos son constantes y se refieren principalmente a las características de la Cuenca, otros son variables y tienen que ver más con el clima y las descargas; estos últimos factores pueden ser independientes o no. Los primeros se refieren a las formas de las lluvias y los segundos a la descarga en si misma.

Debido a esta complejidad de factores que influyen en la descarga total de la Cuenca fue difícil aplicar fórmulas tendientes al conocimiento del balance hídrico en la Cuenca general. Sin embargo, en Cuencas más pequeñas y donde las condiciones tanto físicas como ambientales no variaban demasiado fue posible realizar, en parte este balance (ver Cuadros 20 y 21). En esta misma forma, es decir, con Cuencas más pequeñas, fue posible determinar la influencia de la cubierta vegetal y la pendiente en la descarga de los ríos.

En muchas subcuencas, sobre todo en las ubicadas en la parte Inferior de la Cuenca principal, se observó una cantidad de agua en las descargas mayor que la registrada, por los pluviógrafos de donde se deduce que existen algunos factores que están influenciados en la descarga y que hasta la fecha no han sido tomados en consideración.

Areas con mayor Porcentaje de Cobertura Boscosa dieron como Resultado una mayor Regularización del Flujo de Agua

Aunque en los trópicos hasta hace poco tiempo se hayan ini-

ciado las investigaciones tendientes al conocimiento de la influencia de la cubierta vegetal sobre la descarga de los ríos, en la zona Templada, por medio de diferentes clases de estudios ha quedado bastante definida esta influencia para cada una de las estaciones climáticas del año y en diferentes condiciones de uso de la tierra. Según estos resultados, la cantidad de agua utilizada por los vegetales varía según las especies, según la edad de los árboles, de la estación climática y de su ubicación latitudinal y altitudinal.

Aceptado el principio de esta influencia, cabe anotar que dentro del área de estudio de la Cuenca del Reventazón, la cubierta vegetal no es uniforme y que más de un 50 por ciento de esta cubierta ha sido afectada por actividades humanas. Aproximadamente un 48 por ciento del área total, está cubierta aún con vegetación primaria, las cuales, según se mencionó anteriormente están ubicadas entre los 800 y 3400 m s.n.m. Esta diferencia de uso de las tierras trae consigo diferencias en el consumo de agua por las plantas, el cual puede variar incluso dentro de una misma zona, debido a las necesidades que posean las plantas. Estas necesidades pueden ser fácilmente suplidas si se coincide con un transcurso de precipitación bien distribuido durante el año o si el suelo está en condiciones de suministrar la cantidad de agua requerida por los vegetales. En caso de no ocurrir esto, el vegetal tiene que acudir a procesos naturales de defensa del medio en que se desarrolla y ocurre entonces la caída de las hojas en ciertas especies, tan notoria en algunas áreas de la Cuenca en ciertas épocas del año.

En cuanto a la influencia del sistema radicular, en el paso del agua hacia niveles inferiores del suelo, es un aspecto también variable debido a que estos sistemas radiculares varían entre las especies, la edad de estas, la profundidad del tipo de suelo y la pendiente.

En lo relacionado al suelo en si ya se ha comentado sobre la importancia de su estructura y porosidad en el proceso de dejar infiltrar el agua. Este, según el uso que se le imponga, puede reducir o perder estas propiedades, lo cual sucede con el tiempo, por lo tanto no es posible decir, con certeza y en un momento determinado, en base a este estudio, en que estado se encuentra el suelo para permitir el paso del agua hacia niveles inferiores.

Es bien conocido que las épocas de siembras, mantenimiento o mejoramiento y cosecha de los productos agrícolas siempre coinciden con algunos estados del tiempo. Según estas actividades el suelo puede o no encontrarse cubierto con cualquier tipo de cubierta en determinada época del año. Así por ejemplo, se puede ver en el área que el cultivo de la caña de azúcar, cuyo ciclo vegetativo es variable según la variedad y la región donde se desarrolle, posee diferentes tipos de cubierta vegetal y sistemas radiculares durante el año. Por lo general su cultivo se realiza en las regiones cercanas a Turrialba, de enero a mayo. Sin embargo, es en esta época, cuando la cubierta es escasa, se tienen datos de algunas precipitaciones de alta intensidad que hasta la fecha no se tienen registros de eventos similares.

Los alrededores de Juan Viñas y Cervantes, por poseer condi-

ciones de clima diferentes a la zona antes descrita, las actividades agrícolas se llevan a cabo en cualquier época del año.

Deteniéndose a ver la figura 7 puede observarse que estas áreas, Turrialba entre los 600-700 m s.n.m. y Juan Viñas cerca de los 1200 m, coinciden con la primera y segunda zona de ascenso fuertes de la pendiente, las cuales fueron anteriormente descritas dentro del área de la Cuenca. Esto es de suma importancia y debía tenerse en cuenta para planes futuros del uso de los recursos, debido a que esos sitios por su ubicación y configuración están expuestos a un mayor número de precipitaciones de variadas intensidades. Estas áreas propensas a lluvias de alta intensidad pueden estar cubiertas con una cubierta boscosa bien desarrollada, pueden tener cualquier clase de cultivo en cualquiera de sus fases de desarrollo o pueden estar con ganadería, lo que significa una variación de la capacidad de retención de agua por las cubiertas vegetales y traducirse en el tiempo que tarda el agua en llegar a la estación de aforos.

En la Cuenca en estudio, las cuencas que poseen un mayor porcentaje de cubierta boscosa, en condiciones físicas y ambientales similares, el coeficiente de escorrentía y la variación porcentual de la descarga mostraron tendencia a disminuir a medida que esta cubierta aumentaba.

Muchos autores (33) han comentado que cuando las lluvias son de alta intensidad en áreas descubiertas y según la clase de material edáfico ocurre un taponamiento de los poros del suelo que trae como consecuencia un rápido escurrimiento superficial. Este

escurrimiento también puede suceder, según lo demostró Suárez de Castro (49) con áreas cubiertas en donde la velocidad de caída de la lluvia era mayor que la velocidad de infiltración en el suelo.

En algunas áreas, donde ha habido influencia de actividades volcánicas (46), este taponamiento puede ocurrir a niveles inferiores del suelo en donde el material lávico con el transcurso de los años ha formado una especie de costra impermeable, que luego con el peso de material situado en la superficie, causa además de la rápida descarga superficial de agua, deslizamientos tan frecuentes en las zonas influenciadas por este tipo de material, como sucede en las zonas abiertas en los alrededores de las poblaciones de Santa Rosa y Santa Cruz, en el Cantón de Turrialba.

Por ser el Potencial de Evapotranspiración una Cantidad Hipotética difícil de medir y sólo Estimable con Métodos muy Complicados el Método Teórico de Holdridge puede ser Empleado para el Cálculo de esta con algunas Restricciones en forma general

El potencial de evapotranspiración es una cantidad hipotética que es difícil de medir. Holdridge (22), sin embargo, recomienda que si este potencial va a ser utilizado para calcular otros movimientos de agua, el cálculo por cada una de las estaciones podría ser suficiente. Basado en esto y para tener una idea de la cantidad de agua que podría evaporar y transpirar cada una de las zonas en la Cuenca, todos los cálculos al respecto fueron efectuados en base al nomograma, sobre movimientos de agua en la atmósfera, elaborado por Holdridge.

Es conveniente hacer resaltar, el hecho, que todos los cálculos que se realizan en base al Sistema Holdridge están basados en estado ideal natural de la cubierta vegetal, la cual debió haberse desarrollado en un suelo zonal bajo un clima zonal. Para obtener estas condiciones, requeridas por este sistema es necesario que hayan transcurrido miles de años sin haber ocurrido ninguna influencia humana, y esto es difícil encontrarlo en la Cuenca Superior y Media del Reventazón donde más del 50 por ciento de la superficie total ha sido alterada por el hombre, un 30 por ciento de la misma ha estado influenciada por derrames lávicos y además de esto las medidas realizadas sobre la precipitación son relativamente recientes y muchas veces no muy bien llevados.

Debido a que las condiciones básicas exigidas por el Sistema Holdridge no se cumplen en su totalidad en los terrenos de la Cuenca los resultados con este sistema en algunas zonas se alejan un poco de la realidad. Sin embargo, estos resultados, en la parte Superior, donde las condiciones básicas del sistema se cumple más a cabalidad, fueron más exactos. Es de anotar que los cálculos efectuados con este sistema se hicieron en base a algunos registros pluviométricos los cuales son insuficientes por denotar las condiciones reales de humedad.

Cuencas con mayor Porcentaje de Pendiente y de Cobertura

Boscosa mostraron un mayor Coeficiente de Escorrentía

A pesar de los diversos grados de pendiente y de las pendientes medias en cada una de las subcuencas, la correlación de éstas

con la descarga de los respectivos ríos resultó ser un poco difícil. Esta dificultad parece deberse principalmente a la variación de los grados de pendiente entre las cuencas y a los diferentes factores variables del clima que se hacen presentes en toda el área de la Cuenca. Teniendo en cuenta estos antecedentes y para realizar estudios de esta clase es necesario emplear métodos que cobijen la fijación de algunos factores, especialmente algunos factores variables independientes. Así por ejemplo, el Coeficiente de Escorrentía, el índice utilizado en este trabajo para medir la influencia de pendiente y la cubierta vegetal, está influenciado por una serie de factores como la cantidad de lluvia, su distribución, la forma en que cae, el uso de los terrenos, la pendiente y las condiciones del suelo y sus propiedades.

Los resultados obtenidos de comparaciones entre los coeficientes de escorrentía para cada subcuenca manifestaron ser muy incierto debido a los factores antes mencionados, pero al hacer los cálculos para áreas acumuladas o estaciones se deja ver una tendencia bastante apreciable del coeficiente de escorrentía al aumento, a medida que aumenta la pendiente, la cual es más notoria entre cuencas con condiciones ambientales semejantes.

Existen otros Factores Importantes no Medidos que Influyen
en la Descarga de los Ríos

Una vez establecidas y discutidas las influencias de la precipitación con su transcurso y la cubierta vegetal sobre la descarga, es necesario tener presente algunos factores, bastante relacio

nados con los anteriores, que pueden influir decisivamente en los resultados obtenidos de las descargas prestándose a interpretaciones incorrectas.

Es posible entonces, observar de los hidrogramas y sus representaciones gráficas de las diferentes estaciones limnimétricas los efectos de otros factores que influyen en la descarga y actualmente no considerados como son la configuración y dirección de los terrenos y características de la Cuenca como son el índice infiltración y las condiciones geológicas y edáficas.

Esto pudo comprobarse al observar los registros de aforos de ciertas Cuencas, los cuales mostraban una mayor cantidad de agua salida que la registrada en los pluviómetros y pluviógrafos. Esto puede tener su explicación al considerar las influencias de aguas infiltradas en la parte Superior, cálculo de datos de estación hidrométrica errados, aparatos medidores mal ubicados y a que la precipitación no está medida en todas sus formas. Estas influencias pueden observarse en las Cuencas de los Ríos Navarro y Aguas Calientes, Cuenca Media del Río Macho y el Río Gato.

En el Cuadro 18, columna 5, se hace un cálculo de la precipitación posible en cada estación teniendo en cuenta únicamente el agua salida, sin considerar la evapotranspiración, infiltración ni acumulación de agua en el suelo.

Sobre la falta de veracidad de los métodos de medir precipitación Wicht en Sud-Africa (66) demostró, con varias clases de pluviómetros, distribuidos en diferentes ángulos y diferentes direcciones, la influencia que tienen las áreas expuestas de los

terrenos de las Cuencas sobre la dirección de los vientos; más tarde de Dabral en la India (13), mostró que el rocío representa una buena cantidad de la precipitación, que casi nunca es medido ni teniendo en consideración para hacer cálculos de balance hídrico. Además de esto, sugirió que gran parte de este rocío que cae a la superficie del suelo es factible que llegue a formar parte de la descarga de este mismo.

Observando la distribución de las lluvias y el transcurso de la temperatura, se nota que ocurren épocas, especialmente en la parte Superior, de gran afluencias de masas de nubes y de neblina. Sobre esto hicieron mucho énfasis Reark (42) cuando estudió la vegetación de la Cuenca Superior del Río, y Holdridge (21) refiriéndose a la cantidad de agua que significa el goteo de la vegetación, debido a la neblina, en las formaciones vegetales de los pisos altitudinales Montano y Montano Bajo, en la Cordillera de Talamanca.

Esta neblina es una forma de hacerse presente la precipitación y puede ser de mucha importancia en aquellos puntos, donde en diferentes épocas del año, se crean niveles de condensación. Sobre ésto, Isaac hizo algunas mediciones en Oregon (25), en la Costa del Pacífico de los Estados Unidos, utilizando una serie de pluviómetros en diferentes puntos de una Cuenca y en diferentes estaciones climáticas demostró la importancia que tiene el porcentaje de humedad de la masa de aire y la forma de la topografía en la formación de esta nubosidad o neblina. Además de esto, con pluviómetros colocados dentro y fuera de áreas boscosas, encontró que los primeros registraban algunos milímetros de lluvia, no

ocurriendo lo mismo, en los pluviómetros que se hallaban a plena exposición.

Algo similar a este último caso encontró Kummerov en Chile (27) cuando midió durante 15 semanas la cantidad de precipitación debida a la niebla; para tal fin utilizó tres pluviómetros; uno a plena exposición, otro debajo de cubierta boscosa y uno especial para la niebla, también al aire libre; los resultados obtenidos fueron que la niebla ocupó el segundo lugar después del registro del pluviómetro que estaba debajo del bosque, duplicando la cantidad de agua registrada por el pluviómetro al aire libre.

Un caso típico de esta influencia de estos factores se presentó al usar el coeficiente de escorrentía como método para determinar la influencia de la cubierta vegetal y la pendiente en la descarga. Como puede observarse en los Cuadros 20 y 21 este coeficiente resultaba en algunos casos mayor que la unidad (1.0), números subrayados lo que impidió se hiciera buenos cálculos sobre el balance hídrico.

Esta serie de factores no considerados influye de una manera decisiva en cada uno de los procesos de la descarga y obliga al investigador a fijar condiciones para poder evaluar la influencia de otras características.

GUIAS PARA UN PLAN DE MANEJO EN LA CUENCA DEL
RIO REVENTAZON, COSTA RICA

Aplicación de los Resultados obtenidos de este Estudio
para los fines de Manejo del Area

De los resultados obtenidos en el presente estudio se puede notar que por su ubicación, su topografía y condiciones climáticas, la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón es una fuente potencial para el desarrollo de energía hidráulica y la producción de agua de buena calidad, la cual puede ser utilizada para el consumo de la población.

De la observación de las características geológicas, edáficas y topográficas y de acuerdo con las condiciones climáticas de las diferentes áreas de la Cuenca, es posible determinar, según los fi nes deseados, cuales son las áreas que pueden permitir el uso de actividades agropecuarias o de tipo forestal.

Una vez establecida la influencia de la cobertura boscosa y la pendiente de los terrenos en la descarga de los Ríos se hace ne cesario dejar cubierta con este tipo de cobertura aquellas áreas donde hay una mayor incidencia de precipitaciones de alta intensidad y que estén propensas a los peligros de deslizamiento y a procesos erosivos.

Algunas Recomendaciones Básicas para el Manejo del
Area de Estudio

Antes de iniciar actividades tendientes al Manejo de la Cuenca del Río Reventazón, es conveniente tener un conocimiento exacto de

los planes que se van a realizar y cuales son los resultados que se esperan de la aplicación de estos planes.

El conjunto de planes para el manejo del área, estará apoyado por una serie de ramas técnicas y para la comprensión y uso de estas áreas de la Cuenca sería útil la integración de todas estas técnicas relacionadas. La carencia o falta de una de estas técnicas puede traer algunos reveses al plan general de manejo de la Cuenca.

Es posible que un plan de explotación forestal bien organizado en la Cuenca Superior, vaya a representar una ayuda económica a la región o al país mismo, pero sería bueno considerar también si esa ayuda económica puede demostrar, a corto o largo plazo, beneficios ante los resultados futuros que pueden acarrear el desequilibrio natural del medio ambiente, en la misma área o en áreas vecinas. Aunque estos planes, en las condiciones actuales, sean elaborados por técnicos capacitados en sus ramas técnicas y con los mejores deseos de utilizar los recursos en base a rendimientos sostenidos, no se sabría con certeza que puede suceder más adelante, debido a que en el área faltan una serie de estudios más concretos sobre algunos factores cuyo comportamiento en las condiciones naturales y actuales se ignora.

Del presente estudio se concluyó que en el área de la Cuenca hay una serie de factores que influyen en la descarga de los Ríos y que en las condiciones actuales de superficie relativamente grande de las subcuencas y debido al escaso número de aparatos que registren las lluvias y las descargas no fue fácil darle una interpretación más adecuada a estos factores presentes, aunque estos

datos se prestan a una interpretación preliminar que debe ampliarse con nuevos estudios detallados.

De acuerdo con esto, se hace necesario seleccionar áreas más pequeñas o Cuencas experimentales pequeñas con un buena red de aparatos hidrométricos con el objeto de llevar a cabo allí estudios tendientes al conocimiento de las variables que influyen en una forma directa o indirecta en la descarga de los Ríos.

Del estudio general del área en cuanto a pendiente, clima y uso de la tierra se nota que los terrenos de la Cuenca en estudio puedan ser utilizados de un modo múltiple. Pero deben fijarse con anterioridad el uso o usos principales a que deberían dedicarse es tos terrenos, de tal manera que estos usos no resulten incompatibles con el uso principal a que se debe dedicar el área o sea la producción de agua de buena calidad. Esto confirma las conclusiones a las que llegó Lombo (30) en su estudio sobre la Cuenca del Río Macho.

En base a estos antecedentes a continuación se puntualizan una serie de pasos, esperando sirvan de guía a un plan de manejo de la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón.

1. El gobierno y las instituciones interesadas en el área deben iniciar otras clases de estudios tendientes a un mayor conocimiento de los recursos actuales y potenciales de la misma.
2. Que se estudie la posibilidad de incorporar al manejo del área otros usos compatibles con el uso principal o sea la producción de agua.

3. Deben clasificarse las áreas según el tipo de uso, de esta manera deberían permanecer bajo cubierta boscosa aquellas áreas que sean dedicadas a la captación de agua de lluvia.
4. En las áreas aptas para otros tipos de usos diferentes al de la producción de agua de buena calidad se debe:
 - a) mejorar las vías de comunicaciones y adaptarlas a las necesidades presentes;
 - b) utilizar mejores técnicas en cuanto al uso, de tal manera que estas no sean perjudiciales y produzcan el máximo de rendimiento;
 - c) Incorporar nuevas áreas aptas a ser utilizadas.
5. En las áreas aptas para la protección de los cursos de agua y protección de áreas captadoras es necesario:
 - a) reducir la penetración, e impedir la entrada de colonos y de particulares a la zona, si esta no está integrada a un plan de manejo. Mientras el gobierno y las entidades interesadas no hayan impuesto un uso diferente al de la producción de agua no es conveniente abrir nuevas vías de acceso al área de la Cuenca;
 - b) anexar a las áreas de protección, bajo cubierta vegetal arborea, todas las fincas cuyo uso sea incompatible con el de la producción de agua. Aquí debe tomar parte activa el gobierno bien sea adquiriendo las tierras, o incluyendo al propietario dentro del plan de manejo del área;
 - c) Debe evitarse cualquier fragmentación dentro de la propiedad en las áreas captadoras. Esto se debe a que las

prácticas de conservación es mejor utilizarlas a escala grande y a que al reducir el tamaño de la propiedad la presión sobre los terrenos aumenta;

- d) suprimir las prácticas de agricultura migratoria;
- e) dejar con cubierta boscosa, bien sea natural o artificial toda el área captadora;
- f) reforestar con especies valiosas las áreas que han sido deforestadas y que debían permanecer cubiertas con bosques, los cuales pueden ser aprovechables económicamente;
- g) establecer vigilancia por parte de los organismos en la conservación de estas áreas para impedir así la entrada de nuevos colonos a las áreas que debían estar cubiertas con bosques.

Uso Potencial Recomendable para el Area de Estudio

Antecedentes

Son muchas las características que pueden ser empleadas para la determinación del uso potencial de cualquier área de una Cuenca. Algunos autores para tal fin utilizan ciertas condiciones físicas de esta como son la topografía, la geología y los suelos; otros dan más valores a las condiciones climáticas de estas áreas. Entre estos dos extremos utilizados para determinar la potencialidad de los terrenos pueden encontrarse un variado número de sistemas de clasificación basados en las condiciones antes mencionadas, pero siempre dándole más importancia a algunas de estas características.

Sobre la Cuenca del Río Reventazón se han generalizado dos sistemas en cuanto a la potencialidad de uso de los terrenos. Uno de estos, bastante definido, fue elaborado por Plath (40) en base a los recursos físicos del área. El otro sistema es deducible del sistema de clasificación de las formaciones vegetales del Mundo de Holdridge (21).

Tosi (54) en base al sistema de Holdridge, determinó para la Cuenca en estudio, 9 formaciones vegetales. Reark (42), en trabajos más detallados con este sistema encontró el mismo número de formaciones y 17 asociaciones vegetales. Según estos dos autores, la parte Superior, Norte y Sur, de la Cuenca en estudio, pertenece a los pisos altitudinales Montano Bajo y Montano, y la parte Inferior y Media pertenecen al piso Premontano.

En cuanto a alta cantidad de lluvia y a las condiciones abruptas de la topografía que prevalecen en los pisos antes mencionados del área, Holdridge (21) manifiesta que las formaciones vegetales o zonas de vida que se encuentran en estos pisos con las características antes mencionadas deberían estar permanentemente con una cubierta vegetal natural. En algunas formaciones, según sus condiciones climáticas, topográficas y edáficas dentro de estos mismos pisos, se puede permitir el establecimiento de bosques industriales y el de ciertas actividades agropecuarias que son compatibles con el buen uso de los terrenos de la Cuenca desde un punto de vista conservacionista.

Plath (40) en su trabajo sobre uso potencial de los suelos de Costa Rica, dedica para los terrenos de la Cuenca del Río

Reventazón, una superficie de bosque natural potencialmente explotable de un 50 por ciento. Las demás áreas restantes pueden permanecer en actividades agropecuarias de tipo intensivo y extensivo. Las actividades de tipo intensivo, que representan un 40 por ciento del área total del mencionado análisis, las ubica en los valles inferiores de los Ríos Atirro, Tuis, Gato, Pejivalle y regiones localizadas al Norte de Cartago y Oeste de Turrialba. Entre estas áreas algunas pueden soportar cultivos de tipo anual y otros de tipo permanente. Todo depende del tipo de terreno y su ubicación. Para el 10 por ciento restante, se recomienda sean utilizadas extensivamente con cultivos de tipo permanente. Estas áreas corresponden a los terrenos vecinos al Río Reventazón desde la represa de Cachi hasta la localidad denominada el Congo.

Uso recomendable para el área de estudio

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas y físicas del área y una vez reconocida la influencia de la precipitación, la topografía y la cubierta vegetal en la descarga de las corrientes de agua de los Ríos, es aconsejable determinar cual o cuales áreas deberían seleccionarse para que permanezcan cubiertas exclusivamente con bosques para el uso de captación de agua.

En el caso que se desee utilizar el área total para la producción de agua de buena calidad y bien distribuída durante todo el año, es aconsejable dejar toda el área cubierta con una vegetación arborea bien desarrollada, ya bien sea natural o artificial. Pero si lo que se desea es tener agua en cantidad sin tener en cuenta

su regularización, una buena cubierta vegetal herbácea podría dar los resultados deseados. Sin embargo, a pesar de que el uso principal seleccionado sea la producción de agua limpia y bien regularizada, es posible que se implanten, en ciertas áreas de la Cuenca, usos tanto intensivos como extensivos, con buenas prácticas de conservación, que no presentan incompatibilidad con el uso principal. Estas zonas por lo general están situadas en los valles que se encuentran en la parte Media e Inferior de la Cuenca y en los terrenos ubicados en las estribaciones de la Cordillera Central (ver Fig. 26).

Algunas de estas áreas, especialmente la de los valles y las de aquellas zonas con pendientes suaves, soportarían uso intensivo en sus terrenos, los cuales con adecuadas prácticas de manejo darían buenos rendimientos anuales en actividades agropecuarias.

A pesar de encontrarse la mayor parte del área de la Cuenca con terrenos muy accidentados en condiciones geológicas, edáficas y climáticas desfavorables para cualquier actividad agropecuaria, es posible llevar a cabo en ciertas zonas de esta área, actividades de tipo forestal, tales como serían el aprovechamiento del bosque natural y el establecimiento de bosques que sean técnicamente explotables. En otras áreas por el contrario, debido a su ubicación y condiciones topográficas y climáticas extremas, no sería aconsejable en ningún momento adelantar planes tendientes a la remoción de la cubierta natural que poseen actualmente.

Y MEDIA DEL RIO REVENTAZON - C.R.

CONVENCIONES

- P - Cubierta vegetal natural protectora
- a - Cobertura boscosa natural o artificial
- cm - Con mejoras. Buenos sistemas de uso
- P - Cubierta vegetal permanente
- I - Uso intensivo de la tierra
- E - Uso extensivo de la tierra
- g - Ganaderia, potreros

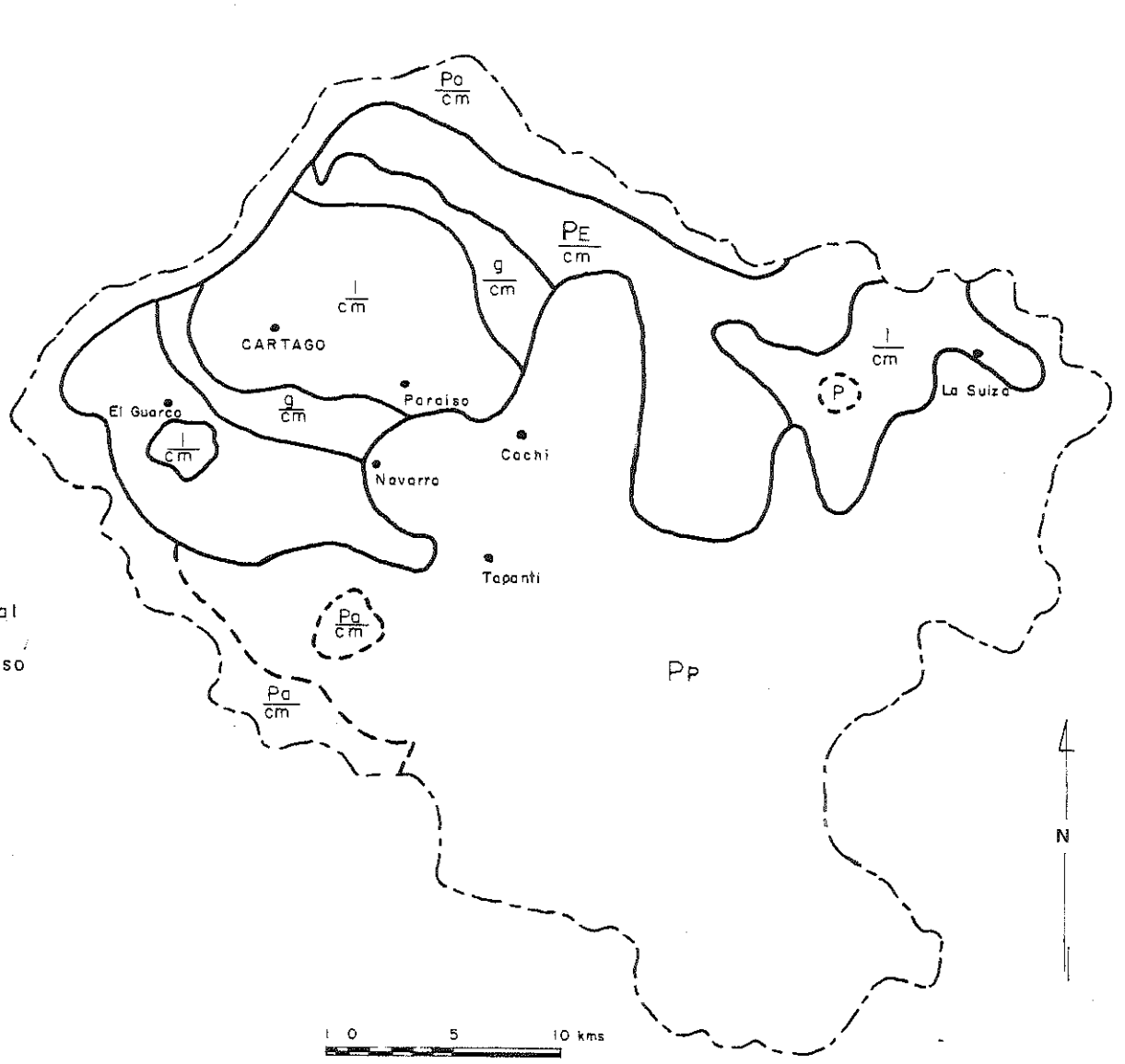


FIGURA 26

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objeto obtener un conocimiento general del clima y determinar, bajo las condiciones de uso actual de la tierra, la cantidad de agua que puede producir en las diferentes estaciones del año la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón, de Costa Rica.

En base a los datos disponibles sobre precipitación, temperatura, descarga de los Ríos y condiciones topográficas del área se hizo:

1. La determinación de las principales características de la Cuenca.
2. La elaboración de un mapa de lluvia promedio anual y mapas de lluvias para el año de 1965. (Mapa de lluvia anual; mes más seco y mes más húmedo).
3. Figuras de transcurso general de la precipitación para cada una de las estaciones de la Cuenca.
4. Figuras del transcurso de la temperatura en diferentes pisos altitudinales y para la Cuenca general.
5. Líneas que cubren las lluvias de máximas intensidades ocurridas en la Cuenca Superior y Media del Río Reventazón.
6. La determinación de la descarga promedio anual del Río principal y para cada una de las subcuencas.
7. Figuras de períodos de retorno de máximos caudales instantáneos, para las máximas avenidas anuales ocurridas durante el período de observación, en las estaciones con mayor tiempo de registro.

8. Correlación del transcurso de la precipitación con el transcurso de las descargas de los Ríos.

Con ayuda de fotografías aéreas y con el conocimiento de las condiciones topográficas del área se obtuvo:

1. Mapa de uso actual de la tierra.
2. La pendiente media general para toda la Cuenca y para cada una de las subcuencas.

Con el conocimiento de la cantidad de lluvia caída, el porcentaje de cubierta vegetal y el grado de la pendiente media en cada subcuenca se determinó:

1. La influencia de la cubierta vegetal en la descarga de los Ríos.
2. La influencia de la pendiente de los terrenos en la descarga de los Ríos.

A base de los resultados sobre la precipitación, la descarga y la topografía, y tomando en consideración la influencia que la cubierta vegetal y la pendiente tienen sobre la descarga de las corrientes de agua, se elaboró una serie de recomendaciones preliminares para un plan de manejo de la Cuenca en estudio.

SUMMARY

A survey was conducted in the Upper and Middle River Basin of the Reventazón River in the Atlantic zone of Costa Rica in order to obtain general information about the climate and to determine actual land use and water supply during the different seasons of the year.

Available data on rainfall, temperature, river flow and topography of the zone, allowed the following determinations to be made:

1. Main characteristics of the basin.
2. An annual average rainfall map and maps of rainfall for 1965 (annual rainfall; driest and more humid months).
3. Figures of rainfall patterns for each season in the whole basin.
4. Figures on temperature patterns on different altitude levels and for whole basin.
5. Maximum rainfall charts for the Upper and Middle Basins of the Reventazón River.
6. Annual average discharges for the main river and all of its sub-basins.
7. Figures for return periods of maximum instantaneous flows and maximum yearly floods, that occurred during the period of observation in the season with the longest records.
8. Correlation between the rainfall and the discharge of the rivers.

With the aid of air photos and knowledge of the topographic conditions of the area, a map of actual land use was devised and the general slope was determined for the main basin and each sub-basin.

The quantity of rainfall, percentage of plant cover and average degree of slope of each sub-basin, allowed the determination of the influence of the plant cover and slope upon river discharge.

The gathered information on rainfall, river discharge and topographic conditions of the area, together with due allowance for the influence of plant cover and slope upon the water flow, made it possible to draw a series of preliminary recommendations for a management plan of the basin.

BIBLIOGRAFIA

1. AYER, H. D. A survey of watershed yield. Australian University of New South Wales, Water Research Laboratory, 1962. 82 p. X
2. BANKS, C. H. The hydrological effects of riparian and adjoining vegetation. *Bosbou in South Africa* 1:31-45. 1961.
3. BEARD, J. S. Results of the mountain home rainfall interception and infiltration. Project in Black Wattle. *Journal of the South African Forestry Association* 27:72-85, 92-95. 1956.
4. BLACKIE, J. R. Hydrology and afforestation in the Aberdares. *East African Geography* 2:17-22. 1964.
- 4 5. BURGERS, T. F. La influencia sobre el clima de las repoblaciones forestales. *Montes* 10(60):399-407. 1954. ?
6. COHEN, E. y ROSALES, A. Lluvias, tormentas y vientos en Costa Rica durante el período 1952-56. San José, Ministerio de Agricultura e Industrias. Servicio Meteorológico y Sismológico, 1959. 25 p.
7. COLMAN, E. A. Vegetation and watershed management. New York, Ronald Press, 1953. 412 p.
- 4 8. CORRALES, M. Informe sobre el problema del Río Reventado. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). San José, 1965. 312 p.
9. COSTA RICA. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. Censo de población, 1963. 633 p.
10. _____. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Datos sobre estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, San José. Anuarios de los años 1961-1966.
11. CHARLTON, F. G. Hidrology in Malaya - River flow. *Malayan Forester* 25(2):117-122. 1962.
12. DABRAL, B. G., BALI, N. K. L. Dew studies under forest plantations at new forest, Denhra Dun. *Indian Forester* 90(3):169-170. 1964.
13. _____ y RAM, S. Dew at new forest, Denhra-Dun. *Indian Forester* 90(1):24-25. 1964.

- † 14. DAPPLES, E. C. Geología básica en ciencias e ingeniería. *
Trad. del inglés por José Ma. Fuster Casas. Barcelona,
Ediciones Omega, 1963. 640 p.
15. DILS, R. E. The Coweeta hydrology laboratory. Asheville, N.
C. U.S. Department of Agriculture, Forest Service,
Southeastern Forest Experiment Station, 1957. 40 p.
16. DONDOLI, C. y TORRES, A. Estudio geoagronómico de la región
oriental de la Meseta Central. San José, Ministerio de
Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
- † 17. HARPER, V. L. Aspectos hidrológicos de la ordenación de bos-
ques y pastizales en Estados Unidos. Unasylya 7(3):
116-126. 1953.
18. HARRIS, B. et al. An improved statistical model for evalua-
tion parameters affecting water yields of river basins.
Journal of Geophysical Research 66:3319-3328. 1961.
19. HELVEY, J. D. Rainfall interception by hardwood forest
litter in the southern Appalachians. U.S. Department of
Agriculture, Forest Service. Research Paper SE-8,
1964. 18 p.
20. HOLDRIDGE, L. R. Simple method for determinings potential
evapotraspiration from temperature data. Science
130(3375):595. 1959.
21. _____ The ecology of the Talamanca range in the Republic
of Panama with special reference to the Area Boquete and
Cerro Punta. 1961. 13 p. (mimeografiado)
- × 22. _____ The determination of atmospheric water movements.
Ecology 43(1):1-9. 1962.
23. HUSCH, C. R. Research in forest-stream flow relations.
Unasylya 5(1):3-9. 1951.
- † 24. INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD. SECCION DE ESTUDIOS
BASICOS. Datos de las estaciones fluviográficas del Ins-
tituo Costarricense de Electricidad. Período 1952-1966.
Boletín Hidrológico Nº 1: 1962; Nº 2 1962; Nº 3: 1963;
Nº 4: 1964; Nº 5: 1967. San José.
25. ISAAC, L. A. Fog drip and rain interception in coastal
forests. U.S. Department of Agriculture. Forest Service.
Pacific Northwest Forest Experiment Station. Research
Notes 34. 1946. 16 p.

26. IVES, N. C. Soil and water runoff studies in a tropical region. Turrialba 1(5):240-244. 1951.
27. KUMMEROW, J. Quantitative Messungen des Nebelniederschlages im Walde von Fray - Jorge and der nordchilenischen Küste. Naturwissenschaften 49(9):203-204. 1962.
28. LINSLEY, F. Water resources engineering. New York, McGraw Hill, 1964. pp. 110-117.
- * 29. LOJAN, L. Balance de humedad del suelo bajo dos tipos de cobertura vegetal relacionado con la evapotranspiración. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 61 p.
30. LOMBO, R. Contribución para un plan de manejo de la Cuenca Superior del Río Macho, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1963. 81 p.
31. LULL, H. W. y SOPPER, W. E. How harvesting forest products effects waters yields in Apalanchia. Proceedings, Society of American Foresters. 108-112. 1966? (Reimpreso)
32. _____ y SOPPER, W. E. Factors that influence stream flows in the Northeast. Water Resources Research 2(3):371-379. 1966.
- * 33. McCULLOCH, J. S. G. y DAGG, M. Hydrological aspects of protection forestry in East Africa. East African Agricultural and Forestry Journal 30(4):390-393. 1965.
- * 34. MILLER, K. Curso de protección forestal. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. 50 p. (mimeografiado)
- * 35. MOLCHANOV, A. A. The hydrological role forests. Translated from Russian by Prof. A. Gourevitch. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translation. 1963. 407 p.
36. NEAL, J. H. Soil and water losses as affected by rainfall characteristics. Agriculture Engineering 26:463-464. 1945.
37. NIXON, P. R. y SCHUSAB, G. O. Water yield prediction in Southern Iowa bases in watershed characteristics. Iowa State Journal Science 35(3):331-342. 1961.
38. PEARL, R. M. Geology. 3rd. ed. New York & Nobles, 1963. 262 p.

39. PEREIRA, H. C. Land use and streamflow. East African Agricultural and Forestry Journal 30(4):395-397. 1965.
- + 40. PLATH, C. V. y SLUIS, A. VAN DER. Uso potencial de la tierra; un estudio centroamericano. II, Costa Rica. Rome. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1964. 26 p. 1 mapa (FAO, Nº AT 2234)
- + 41. RAINS, E. Cartografía. Trad. del inglés por José H. Montero. 2a. ed. Barcelona, Ediciones Omega, 1959. 435 p.
- * 42. REARK, J. B. The forest ecology of the Reventazon Valley. Tesis, Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1952. 52 p.
43. RENNIE, P. J. Effect of the afforestation of catchment areas upon water yield. Nature 180(4587):663-664. 1957.
44. RODRIGUEZ, M. A. Estudios de las avenidas de diseño y máxima probable para el proyecto hidro-eléctrico sobre el Río Reventazón en Angostura. Tesis, Ing. Civil. San José, Universidad de Costa Rica, 1964. 111 p.
45. ROWE, P. B. y PENMAN, L. F. Water use by brush, grass and grass for vegetation. Journal Forestry 59(3):175-178. 1961.
- + 46. SAENZ, M. A. Suelos volcánicos cafeteros de Costa Rica. Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 1966. 355 p. (Costa Rica. Universidad. Sección Agron. Nº 6)
47. SCHOFIELD, R. K. y PENMAN, H. L. The concept of soil moisture deficit. Reprint from Proceedings of Second International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1951. 6 p.
48. SHANHOLTZ, V. O. y DICKERSON, W. H. Influence of select rainfall characteristics on runoff volume. West Virginia Agriculture Experiment Station. Bulletin 497t. 1964. 27 p.
- + 49. SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ, G. A. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de suelos en Colombia. Bogotá, Fedecafé, 1962. 473 p.
- + 50. TASAICO, H. La fisonomía de las hojas de los árboles en algunas formaciones tropicales. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1959. 52 p.

51. THORNTHWAITTE, C. W. The determination of potential evapotranspiration. The measurements of potential evapotranspiration. Seabook, New Jersey Publication in Climatology 7(1):218-223. 1954.
52. _____ y MATHER, J. R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerlon, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1957. (Laboratory of Climatology Publications in Climatology v. 10, No 3, p. 2)
53. TOSI, J. A. Climatic characteristics of the Costa Rican study sites. Field seasons, 1964-1965 y 1965-1966. San José, 1966. 43 p. (sin publicar)
54. _____ Mapa ecológico de Costa Rica. 1965. s.n.t.
55. TREJOS, A. Reserva de Río Macho. San José, Costa Rica, Instituto de Tierras y Colonización, 1965. 10 p.
56. TROJER, H. Distribución y características de la precipitación en un cafetal bajo sombrío. Cenicafé, Colombia 6(67):256-264. 1955.
57. _____ Nuevo rumbo de la climatología tropical y su importancia para la ciencia del suelo. Cenicafé, Colombia 6(71):468-415. 1955.
58. _____ Fundamentos para una zonificación meteorológica y climatológica del trópico y especialmente Colombia. Cenicafé, Colombia 10(8):287-374. 1959.
59. _____ Algunas características agroclimatológicas del trópico. In Reunión Internacional sobre problemas de la agricultura en los trópicos húmedos de América Latina, Lima, 1966. s.n.t. 15 p. (mimeografiado)
60. TSCHINKEL, J. P. Curso de hidrología. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. 58 p. (mimeografiado)
61. VEILLON, J. P. Relación de ciertas características de la masa forestal de unos bosques de las zonas bajas de Venezuela con el factor climático húmedo pluvial. Acta Científica Venezolana 14(2):30-41. 1963.
62. _____ Variación altitudinal de la masa forestal de los bosques primarios en la vertiente Nor-Occidental de la Cordillera de los Andes, Venezuela. Turrialba, Costa Rica 15(3):216-224. 1965.

63. VIVO, J. A. Weather and climate of Mexico and Central America. In Handbook of Middle American Indian. Natural Environment and Early Cultures, Austin, University of Texas Press. 1964. v. 1, pp. 187-215.
64. VOTH, P. D. Conduction of rainfall by plant stems in a tropical rain forest. Botanical Gazette 101(328-340). 1939-40.
65. WEYL, R. Vestigios de una glaciación del Pleistoceno en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. San José, Costa Rica, Ministerio de Obras Públicas, Instituto Geográfico de Costa Rica, 1965. pp. 9-21.
66. WICHT, C. L. Hydrological research in South African Forestry. In British Empire Forestry Conference, 5th. Great Britain, 1947. s.n.t. 18 p.
67. WILM, H. G. Bosques y cuencas hidrográficas. Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1962. pp. 227-246. (FAO Estudio de Silvicultura y Productos Forestales Nº 15)
68. YOUNG, V. D. Rainfall-runoff selection for small watersheds. Agricultural Engineering 29:212-214. 1948.
69. ZAHNER, R. Soil water depletion by pine and hardwood stands during a dry season. Forest Science 1(4):258-264. 1955.