REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

MANUAL DE ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

DIVISION DE PLANEAMIENTO

MINISTRO

[redacted] DE OBRAS PUBLICAS

Ing° Leopoldo Sucre Figarella

DIRECTOR

[redacted] DE OBRAS HIDRAULICAS

Ing° Francisco Pérez Rodríguez

[redacted] JEFE DIVISION DE PLANEAMIENTO

Ing° Arnoldo José Gabaldón

[redacted] JEFE SECCION INVESTIGACION DE PROYECTOS

Ing° Ernesto Alió Mingo

MOP
101
Ej. 2

TOMO I

CAPITULO I

CAPITULO II

CAPITULO III

CAPITULO IV

INTRODUCCION

Existe dentro de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, el convencimiento de que el óptimo aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país, solo podrá lograrse mediante un proceso sistemático de investigación de cuencas hidrográficas que produzca la información necesaria para programar su desarrollo en forma armónica.

Al elaborar el " Manual de Estudios Preliminares para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas " la División de Planeamiento ha pensado en dotar a los ingenieros que trabajan en las oficinas de Investigación de Cuencas Hidrográficas, de una guía que les sea útil para llevar a cabo dichos estudios en su fase preliminar y que les permita, en el mayor número de casos, superar los obstáculos que se derivan de la escasez de información básica, tan común en los países en desarrollo. Por estas razones es necesario destacar que los procedimientos y métodos que se incluyen en este Manual, solo son válidos para la fase inicial de investigación y por lo tanto no deberán emplearse en las etapas más avanzadas de proyecto.

El " Manual de Estudios Preliminares para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas" se ha preparado bajo el sistema de hojas intercambiables y numeración por partes, lo cual permitirá progresivamente la sustitución de aquellos capítulos u hojas que se hagan obsoletos, o la agregación de nuevo material que sirva para mejorar y profundizar su contenido. Cada una de las páginas y gráficos lleva en su parte inferior la fecha de edición original, de tal forma que sea posible un control de las hojas agregadas, las cuales contendrán la nueva fecha de edición y una nota que indica la sustitución de la edición original o anterior.

El material se ha dividido en 7 capítulos, los cuales a su vez se han sub-dividido en partes. El índice general se incluye después de la carátula principal y solo contiene una lista de los respectivos capítulos y sus partes. Cada capítulo lleva a su vez un índice de sus diferentes partes y cada una de las partes va precedida de un índice en el cual se han numerado las páginas de los párrafos principales y secundarios. Cada una de las hojas lleva en su parte superior el número y título del capítulo y de la parte y su respectivo número de página.

El " Manual de Estudios Preliminares para el Aprovechamiento de Cuencas Hidrográficas " fué elaborado bajo la supervisión directa del Ingeniero Arnoldo José Gabaldón, para la fecha Jefe de la Sección de Investigación de Proyectos de la División de Planeamiento y en la preparación de los respectivos capítulos trabajaron las siguientes personas : Capítulo I, Directrices Generales; Ing. Arnoldo José Gabaldón, Capítulo II, Información Hidrológica; Ing. José Curiel, Arnoldo José Gabaldón, Guido Posewitz y Luis Rotundo; Capítulo III, Información Topográfica, Ing. Arnoldo José Gabaldón; Capítulo IV, Información Agrológica; Ing. Arnoldo José Gabaldón y César Mendoza de Armas; Capítulo V, Información Geológica; Geólogos Carlos Flores Calcaño y Carlos Ramírez Castillo; Capítulo VI, Definición de Alternativas, Ing. José Liria Montañes y Luis Rotundo; Capítulo VII, Evaluación Económica, Ing. Eduardo Chapellín, José Curiel, Luis José Díaz Z, Gonzalo Freites y Arnoldo José Gabaldón. La revisión de los manuscritos y la coordinación de la impresión de todo el material fué responsabilidad de los Ingenieros Ernesto Alio y Gustavo Rivas. Los gráficos han sido preparados por el dibujante Lucio Gonzalez.

Se deja constancia además, de la colaboración prestada por el personal de las Divisiones de Hidrología, Edafología, Geotecnia y Programación y Presupuesto, de la Dirección de Obras Hidráulicas, quienes con sus valiosas sugerencias han hecho posible la elaboración de este Manual.

MANUAL DE ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL APROVECHAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

INDICE GENERAL

Capítulo I. Directrices Generales

Capítulo II. Información Hidrológica

Capítulo III. Información Topográfica

Capítulo IV. Información Agrológica

Capítulo V. Información Geológica

Capítulo VI. Definición de Alternativas

Capítulo VII. Evaluación Económica

CAPITULO I

DIRECTRICES GENERALES

1. Estudios Preliminares para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas.

CAPITULO II.

INFORMACION HIDROLOGICA

1. Estimación de la Precipitación Media.
2. Estimación del Rendimiento Medio Anual.
3. Estimación de la Evaporación Media Anual.
4. Estimación de la Producción de Sedimentos.
5. Estimación Preliminar de Capacidades Utiles y Rendimientos Garantizados de Embalses.
6. Método para la Determinación Preliminar del Balance Hídrico de una Región.
7. Regionalización de Curvas de Frecuencias de Crecientes para Venezuela.
8. Curvas Típicas de Duración de Caudales de Ríos Venezolanos.

CAPITULO III

INFORMACION TOPOGRAFICA

1. Estimación Aproximada de Volúmenes de Embalses.

CAPITULO IV

INFORMACION AGROLOGICA

1. Estimación de Requerimientos de Riego.

CAPITULO V

INFORMACION GEOLOGICA

1. Aspectos Geotécnicos Generales de las principales Unidades Estratigráficas Venezolanas relacionadas con las presas para Riego.

CAPITULO VI

DEFINICION DE ALTERNATIVAS

1. Dimensionado Preliminar de Embalses.

2. Definición Preliminar de Proyectos para Agua Potable.

3. Metodología para el Estudio Preliminar del Potencial Hidroeléctrico de una cuenca.

CAPITULO VII

EVALUACION ECONOMICA

1. Evaluación Económica Preliminar de los Proyectos de Obras Hidráulicas.

2. Estimación de Costos de Presas de Tierra.

3. Estimación de Costos de Canales.

4. Estimación de Costos de Zonas de Riego.

5. Análisis de Costo de los Sistemas de Agua Subterranea.

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CAPITULO I
DIRECTRICES GENERALES

DIVISION DE PLANEAMIENTO

CAPITULO I

DIRECTRICES GENERALES

1. Estudios Preliminares para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO I

PARTE 1

ESTUDIOS PRELIMANES PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

Por:

Ingº Arnoldo J. Gabaldón

Caracas, Agosto 1967

I N D I C E

		PAGINA
1.	GENERALIDADES	2
1.1	Motivación para efectuar el Estudio Preliminar de una Cuenca Hidrográfica.	3
1.2	Etapas en la realización del Estudio Preliminar de una Cuenca Hidrográfica.	3
2.	INFORMACION BASICA NECESARIA	7
2.1	Ubicación de la cuenca	7
2.2	Información Hidrológica	9
2.3	Información Agrológica	14
2.4	Información Topográfica	18
2.5	Información Geológica	22
2.6	Información Socio-Económica	23
3.	DEFINICION DE ALTERNATIVAS	26
3.1	Riego	27
3.2	Agua para consumo doméstico e industrial	28
3.3	Mitifación de crecientes	30
3.4	Hidroelectricidad	31
3.5	Navegación	32
3.6	Drenaje	33
3.7	Control de sedimentos y salinidad	33
3.8	Recreación	34
3.9	Evaluación económica de alternativas	34
3.10	Fichero de alternativas	35
4.	GUIA PARA LA PRESENTACION DE INFORMES	35
	BIBLIOGRAFIA	

1. GENERALIDADES

La elaboración de un plan de desarrollo de una cuenca hidrográfica consiste básicamente en la determinación de toda la gama de demandas inmediatas y a largo plazo que puedan devenir (desde adentro o fuera de la cuenca) sobre los recursos de tierra y agua de la zona, la previsión de como estas demandas podrán acontecer y deberán satisfacerse en el transcurso del tiempo y la determinación en forma detallada de las soluciones físicas de aprovechamiento que deberán emprenderse en el futuro inmediato a fín de satisfacer el patrón estimado o establecido de necesidades (1) .

Las cuencas hidrográficas son por lo general las unidades geográficas más adecuadas para planear la utilización y el desarrollo de los recursos hídricos, si se considera que ellas determinan regiones inequívocamente definibles desde el punto de vista hidrológico, además de estar vinculadas a los proyectos de control de inundaciones, de riego, de abastecimiento de agua potable, de producción de energía hidroeléctrica, de navegación, de conservación de suelos, de recreación y en fín de todas aquellas obras en algún modo relacionadas con el uso, control y conservación de los recursos naturales. No obstante, su enmarcamiento dentro de un área limitada, debe reconocerse que la planificación para el desarrollo de los recursos de agua y tierra también requiere la consideración de factores físicos y socioeconómicos pertinentes, más allá de dicha área.

La planificación del desarrollo de los recursos de una cuenca hidrográfica constituye un proceso de ajuste y reajuste, en el cual inicialmente se efectuan estudios que son la base para definir los esquemas preliminares de aprovechamiento y posteriormente se afinan los resultados y se profundizan las investigaciones hasta llegar al programa definitivo de desarrollo.

En la etapa inicial se ejecuta un inventario rápido de los recursos naturales y humanos de cada región, se estiman las demandas de bienes y servicios para ciertos umbrales de tiempo y se definen y evaluan las alternativas físicas que más convienen a los intereses nacionales.

Debe hacerse notar que la determinación de las demandas de bienes y servicios se hará en coordinación con la comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. (C. O. P. L. A. N. A. R. H.).

El esquema preliminar de aprovechamiento de una cuenca hidrográfica debe constituír una secuencia ordenada de medidas y obras, cuyo propósito sean satisfacer necesidades críticas inmediatas o futuras. Esta etapa se ha

denominado " Estudio Preliminar para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas " y la metodología para su realización constituye el objetivo principal de este Manual.

La experiencia ha demostrado que la investigación sistemática de las cuencas hidrográficas en un sentido horizontal, tratando de abarcar el mayor espacio posible y el acopio de la mayor cantidad de información, tiene numerosas ventajas. Ella permite definir importantes alternativas las cuales dan a las oficinas de proyecto un cúmulo de estimaciones preliminares que forman la base para la escogencia de aquellas de mayor prioridad, que son las que deben continuarse a etapas más elaboradas de diseño. Esta indagación debe ser en sentido horizontal, puesto que una investigación profunda requiere mucho tiempo, resulta costosa y quizás el país no cuente con suficientes profesionales para ir a ese grado de refinamiento (2).

1.1 Motivación para efectuar el estudio preliminar de una cuenca hidrográfica. Por diferentes razones suelen emprenderse los Estudios Preliminares de Cuencas Hidrográficas. Los motivos principales son los que a continuación se señalan :

1.1.1 Investigación Sistemática. De acuerdo al Plan Nacional de Obras Hidraúlicas, la División de Planeamiento realiza en forma sistemática Estudios Preliminares para el aprovechamiento de cuencas hidrográficas a todo lo largo y ancho del país. Con este objeto se preparan anualmente los programas de trabajo de cada una de las Oficinas Regionales de Investigación de Proyectos.

1.1.2 Presiones Locales. En muchos casos los habitantes de una zona sienten necesidad de ampliar las dotaciones de agua para el riego de sus tierras cultivables, para el mantenimiento del ganado, para el consumo doméstico o desean que los rios de la región, que son causa frecuente de inundaciones que destruyen instalaciones y sembradíos, sean controlados para reducir los daños. En tales casos surgirán presiones locales que repercuten en los Consejos Municipales, Gobiernos Estadales que, a su vez, son transmitidas a la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Cuando se reciba en la Dirección un pedimento de este tipo, la División de Planeamiento analizará el problema y en caso de que se considere conveniente se dictarán las órdenes necesarias para emprender el estudio por intermedio de la Oficina Regional, bajo cuyo radio de acción se encuentra la zona problema.

1.2 Etapas en la realización del estudio preliminar de una cuenca hidrográfica. En el Estudio Preliminar de una cuenca pueden diferenciarse cinco etapas

distintas a saber : (a) Preparación del Estudio, (b) Reconocimiento en el Campo, (c) Análisis de la Información, (d) Elaboración de Informes y (e) Elaboración de proyectos preliminares para cada alternativa específica.

1.2.1 Preparación del Estudio. La etapa inicial para efectuar el Estudio Preliminar de una cuenca hidrográfica consiste en la recolección de todo el material cartográfico (mapas y aerofotografías) existentes de la zona y de la información de tipo hidrológico, edafológico, geológico y socio-económico que pueda ser de utilidad para formarse un criterio previo de la cuenca investigada. Más adelante aparece una lista detallada de toda la información que deberá obtenerse en esta etapa.

Así mismo es conveniente llenar los requisitos administrativos requeridos para efectuar los reconocimientos en el campo, elaborar programas de visitas y revisar el equipo de trabajo y los vehículos requeridos.

1.2.2 Reconocimiento en el Campo. Durante las giras de reconocimiento por las diferentes zonas de la cuenca se recopilan los datos señalados en el aparte titulado " Información Básica Necesaria " y otros que a juicio del responsable del estudio pueden ser convenientes.

Para efectuar el reconocimiento de una cuenca suele emplearse un personal formado por :

1 Ingeniero de campo
1 Topógrafo
2 Mineros
2 Obreros

aunque la composición de este grupo podrá variar con la magnitud del trabajo a realizar.

Este personal provendrá en la mayoría de los casos de las Oficinas Regionales, pudiéndose enganchar los obreros por días ya que su trabajo sólo se efectuará durante la visita al campo. Una vez que el grupo de reconocimiento se haya trasladado a la zona investigada, es conveniente que su Jefe entre en contacto con las autoridades locales con el objeto de informar sobre la comisión que le ha sido encomendada, para pedir cooperación en la recolección de la información de tipo socio-económica general, para

la contratación de vaqueanos y para la obtención de alojamiento en caso de ser necesario pernoctar en la zona. De no ser posible conseguir alojamiento en alguna localidad, deberá recurrirse a la autoridad comunal, médica, educacional o civil, y pedir su colaboración para conseguir sitio en una casa particular o en un edificio público.

El grupo de reconocimiento tendrá siempre en mente el hecho de que son empleados de un Organismo Nacional y por lo tanto su comportamiento debe ser acorde con la dignidad de aquél.

En esta etapa no es conveniente ser muy explícito con los habitantes de la región sobre el propósito del trabajo que se lleva a cabo, ya que esto puede dar origen a que se ejerzan fuertes presiones para la ejecución de obras cuya factibilidad física o económica no estan todavía determinadas.

Una vez concluído y aprobado el esquema preliminar si es conveniente darlo a conocer con el fin de obtener el apoyo y aceptación por parte de los circulos locales.

El equipo convencional de trabajo para las labores de reconocimiento puede constar de los siguientes instrumentos.

1 Teodolito
1 Nivel
1 Juego de miras
1 Juego de jalones
1 Cinta metálica de 50 m
1 Cinta de 2 m
1 Cámara fotográfica
1 Altímetro de alta precisión
1 Clisímetro
1 Telémetro
1 Brújula
1 Binóculo
1 Esterescopio de bolsillo
1 Plomada
2 Machetes
1 Juego de estacas
1 Cronómetro
1 Tacómetro
1 Flotador

1 Termo de Agua de 4 litros
1 Equipo de primeros auxilios

Para el transporte de un lugar a otro y de la Oficina Regional a los sitios de reconocimiento, el grupo contará con un vehículo que por lo general será de tracción en las cuatro ruedas. El vehículo estará en todo momento bajo la responsabilidad del jefe del grupo.

Durante el reconocimiento en el campo debe destacarse la utilidad de tomar constantemente fotografías de todos aquellos aspectos que puedan ser importantes para ilustrar los informes presentados y para darle al analista una visión más objetiva de la situación de la cuenca.

1.2.3 Análisis de la Información. Una vez concluídas las dos etapas anteriores, se analiza cuidadosamente toda la información recolectada y se hace un diagnóstico preliminar de la problemática regional, se fijan las premisas y objetivos básicos de desarrollo para la cuenca, se realizan los cálculos necesarios para concebir los Esquemas de aprovechamiento más adecuados, se trata de definir todas las alternativas físicas, para uno o varios propósitos y cuyos fines sean el satisfacer las posibles demandas existentes o constituir factores de estímulo al desarrollo económico regional y se determina preliminarmente la prioridad de cada una de ellas, mediante una evaluación económica somera de los beneficios y costos conexos, ponderando todos los factores socio-económicos, los posibles usos del agua, y los problemas de localización de obras (3). La formulación de los Esquemas preliminares de aprovechamiento de la cuenca debe ser un proceso cuidadoso a fin de garantizar que las obras propuestas para ser pasadas a la fase de proyecto definitivo no representen posteriormente un obstáculo para el desarrollo último de la región.

En esta etapa que se realiza generalmente en la oficina, debe disponerse de un equipo mínimo consistente en:

1 Calculadora eléctrica
1 Esteroscopio de espejos
1 Planímetro de precisión
1 Equipo de dibujo
1 Curvímetro

1.2.4 Elaboración de Informes. Concluído el análisis de la información básica y formulado el esquema de aprovechamiento de la cuenca es necesario ela -

borar un informe en donde se presente en forma objetiva un resumen de toda la información recolectada, de su interpretación, las alternativas posibles y sus prioridades. En el aparte 4 de este trabajo se incluye una guía para la elaboración y presentación de dichos informes.

1.2.5 Elaboración de Proyectos Preliminares. En el informe sobre el estudio preliminar para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la cuenca aparecen las alternativas físicas definidas con su respectivo orden de prioridad establecido de acuerdo a la información disponible. Basándose en las recomendaciones de dicho informe, algunas de estas alternativas deberan adelantarse a etapas más avanzadas del proyecto, para lo cual es necesario recabar información más detallada. Esta información deberá solicitarse de las divisiones responsables de su recolección, dentro de la Dirección de Obras Hidráulicas y constituye el fundamento para la ejecución de los proyectos preliminares de cada alternativa. Estos proyectos preliminares se realizaran de acuerdo a las normas que para los efectos se preparan especialmente.

2. INFORMACION BASICA NECESARIA. Se ha creído conveniente incluir una lista de la información básica que debe ser recabada al efectuar el Estudio Preliminar de una Cuenca Hidrográfica. Esta información se obtendrá durante las fases de "Preparación de Estudio" y "Reconocimiento en el Campo" y para facilitar su clasificación, se presenta bajo los títulos de Ubicación de la Cuenca, Información Hidrológica, Información Agrológica, Información Topográfica, Información Geológica e Información Socio-Económica.

2.1 Ubicación de la cuenca. Una de las características de la cuenca que más interesa conocer con precisión es su ubicación política, geográfica e hidrográfica, de manera que ésta pueda localizarse con facilidad en cualquier mapa. La ubicación política es útil también para el momento de recabar otros datos básicos que suelen aparecer en diversas publicaciones (Censos Nacionales de Población, Anuarios Estadísticos, Archivos, etc) discriminados por entidades políticas. La ubicación hidrográfica de la cuenca es necesario obtenerla, para poder clasificarla, de acuerdo a la división del país que a tal efecto se ha realizado.

2.1.1 Ubicación Política. Debe determinarse en cada oportunidad los estados, distritos y municipios en que se encuentra localizada la cuenca. En aquellos casos en que la cuenca abarca varias entidades deberá hacerse notar. La división del país en estados y distritos se consigue con facilidad en los mapas políticos de Venezuela. En algunas ocasiones será difícil determinar los límites municipales, debiéndose en esos casos investigar con los propios habitantes

de la zona el nombre del municipio donde habitan.

2.1.2 Ubicación Geográfica. Debe establecerse en forma aproximada las coordenadas (latitud y longitud) que abarcan el territorio de la cuenca. Además es conveniente hacer una breve descripción del sistema orográfico al cual pertenece la zona, señalando el nombre de los principales accidentes topográficos tales como serranías, mesetas, valles, sabanas, etc.

2.1.3 Ubicación Hidrográfica. Debe determinarse la Región Hidrográfica y el nombre de la cuenca, la subcuenca y la hoya investigada (*).

(a) Región Hidrográfica. La Dirección de Obras Hidráulicas adoptó en Mayo de 1963 (Circular 1680) una división del país en regiones hidrográficas. Estas Regiones Hidrográficas, que aparecen en los Mapas denominados Regiones Hidrográficas, Zona Norte de Venezuela, serán suplidas a las Oficinas Regionales. Los nombres de las doce regiones en que ha sido dividida la zona norte del país son las siguientes :

I	Lago de Maracaibo
II	Falcón
III	Tocuyo-Yaracuy
IV	Norte de Apure
V	Sur de Apure
VI	Costa Central
VII	Lago de Valencia
VIII	Tuy-Barlovento
IX	Unare
X	Llanos Orientales
XI	Costa Nor-Oriental
XII	Delta del Orinoco

(b) Cuencas. Se define como cuenca, para los fines de este Manual, el área que drena hacia un punto situado en los límites de la Región Hidrográfica. El nombre de la cuenca será el del cauce principal. Ejm : Cuenca del río Guárico, del río Unare, del río Chama.

(*) Cuando se hagan descripciones de las margenes de los ríos de la zona, debe emplearse la siguiente convención : margen izquierda son las tierras ubicadas a la izquierda del cauce cuando se mira hacia aguas abajo o sea en la dirección que corre el río. Margen derecha, es por consiguiente la ribera opuesta a la anterior.

(c) Sub-cuenca. Es el área que drena hacia un punto del cauce principal de la cuenca. Ejm : Sub-cuenca del río Cojedes, del río Guaire, del río Guanare etc.

(d) Hoya. Es el área de captación que drena hasta un punto cualquiera del cauce que define una sub-cuenca.

En los restantes capítulos del Manual, al hablar de los estudios que deben realizarse y la información básica que es necesario recolectar, se identificará la zona investigada con la palabra genérica de "cuenca", sin menoscabo de que en los informes específicos que se elaboren en cada caso, se adopten las convenciones y definiciones anteriormente expuestas.

2.1.4 Vías de Acceso. Interesa conocer con gran precisión las posibles vías de acceso a la zona y sus características en cuanto al tipo de carretera, pavimento tráfico, etc. Por estas razones en el informe de reconocimiento deben describirse con detalle las carreteras, caminos o trochas que conducen al sitio de ubicación de las estructuras, a las partes altas de la hoya, a las áreas de riego, etc. En esta forma las cuadrillas de estudio que vengan en el futuro a la zona a proseguir investigaciones más avanzadas de geología, agrología, topografía, etc. tendrán una guía clara de como llegar a cada sitio.

2.2 Información Hidrológica. No obstante lo preliminar de la investigación, los estudios hidrológicos que se realicen, deben efectuarse con la mayor profundidad que los datos disponibles permitan, pues ellos constituyen una de las premisas básicas sobre las cuales se fundamenta todo el programa de aprovechamiento de la cuenca. A continuación se incluye una lista de la información que deberá recabarse y referencias sobre los métodos que podrán utilizarse en cada caso.

2.2.1 Estudios hidrológicos efectuados. La información que conviene recabar inicialmente, puesto que puede ahorrar considerables esfuerzos y tiempo, son los estudios hidrológicos efectuados anteriormente en la cuenca en consideración, ya que un estudio hidrológico, aunque sea de caracter preliminar, deberá contener la mayor parte de la información requerida. En aquellos casos en que dichos informes no contengan información sobre agua subterránea, sedimentos, etc., estos datos podrán obtenerse en sitio. Cada Oficina Regional deberá estar provista de una lista de todos los estudios hidrológicos realizados por la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidráulicas y la de otros organismos que se encargan de hacer este tipo de estudios, dichas listas deberán actualizarse anualmente.

2.2.2 Información obtenida en sitio. Un recorrido por la cuenca del río investigado aportará información que es útil para hacer una descripción general de la zona y de las características hidrográficas de ésta. Es deseable que estos reconocimientos se hagan en compañía de algún funcionario del Distrito Hidrometeorológico correspondiente a la zona, ya que son estas personas las más familiarizadas con la hidrografía, propiedades de los ríos de la región, ubicación de las estaciones hidrometeorológicas, etc. Durante este reconocimiento deberá tomarse nota de características tales como :

- Tipo de río (encajonado, de fuerte pendiente, de llano, de cauce variable, etc.).
- Arrastre aparente de sedimentos.
- Material del fondo del cauce.
- Marcas históricas de las crecientes de mayor magnitud que permitan estimar su valor aproximado.
- Vegetación en diversas zonas de la cuenca (Para esta información y en caso de que la hoya sea mayor de los 300 Km^2, pueden ser útiles los mapas forestales del Ministerio de Agricultura y Cría).
- Efectos de la erosión, etc.
- Caudal de la fecha de visita. El caudal durante la fecha de visita puede calcularse aproximadamente levantando una sección del cauce con la plomada y la cinta métrica y midiendo la velocidad del agua en varios puntos a lo ancho del cauce mediante el uso de un flotador y un cronómetro. Para esto deben consultarse las normas para aforos con flotadores de la División de Hidrometeorología.
- Calidad y grado de contaminación aparente del agua. En esta fase preliminar, se puede tener una idea de si el agua es apta para el riego al preguntar a los agricultores de la zona que la utilizan con esos fines. De igual forma la descarga de aguas negras en el cauce puede ser un índice del estado de contaminación, para el caso de un proyecto de abastecimiento de agua potable. Cuando se consideren estos proyectos es conveniente tomar muestras, que puedan ser llevadas al laboratorio más cercano del Instituto Nacional de Obras Sanitarias para su análisis físico-químico.

2.2.3 Información Complementaria. En la investigación preliminar gran cantidad de datos podrán obtenerse desde la oficina, mediante el uso de publicaciones sobre valores de escorrentía, precipitación, evaporación, etc. La Jefatura proveerá a las Oficinas Regionales de este tipo de publicaciones . La información más importante para recopilarse de esta manera es la siguien

te :

(a) Area de la cuenca. El área de la cuenca es dato indispensable para cualquier estimación hidrológica. Esta puede obtenerse después de dibujar en un mapa a escala aceptable ---- (1: 25.000, 1:50.000, 1:100.000) la divisoria de aguas y medir con un planímetro el área encerrada hasta un punto del drenaje principal de la hoya. El área de la cuenca debe expresarse en kilómetros cuadrados.

(b) Precipitación Media Anual. Para el estudio hidrológico de la cuenca es fundamental poseer planos de isoyetas anuales, preparados con el mayor cuidado posible, pues ellos constituyen uno de los datos básicos para el resto de las estimaciones hidrológicas. Tales planos deberán dibujarse en mapas preferiblemente a escala 1:100.000, con curvas de nivel. En el Capítulo II. Parte 1, Estimación de la Precipitación Media, se hacen indicaciones para la obtención de los mapas isoyeticos o la aplicación de otros métodos existentes para la estimación de la precipitación media.

(c) Escorrentía o Rendimiento Medio Anual. El rendimiento anual en diversos sitios de la cuenca, o sea su potencial hídrico, es el dato hidrológico más importante para los diferentes propósitos del aprovechamiento. Por estas razones la estimación debe ser lo más precisa posible, sin que se pierda el carácter general del estudio. Varios métodos podrán emplearse para obtener estos valores : (a_1) De las publicaciones de la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología, en aquellos casos en que exista una estación fluviométrica en el río investigado. En estas publicaciones los volúmenes anuales de los ríos aparecen en millones de metros cúbicos. (b_1) Cuando el río hacia el cual drena el cauce investigado posea registro fluviométrico y siempre que las condiciones de la zona sean semejantes, se podrá estimar el rendimiento como una fracción de la escorrentía total de acuerdo a la relación entre el área de la hoya en estudio y el área de la cuenca (c_1) Por comparación con otras hoyas vecinas de características similares y en las cuales se conozcan sus coeficientes de escorrentía (escorrentía anual/precipitación anual) se podrá estimar la escorrentía anual, multiplicando el coeficiente de escorrentía promedio por la precipitación anual media sobre la hoya investigada y área correspondiente. (d_1) De los mapas de isopletas (curvas de igual valor) de escorrentía para cada Región Hidrográfica. En estos mapas aparecen las curvas de igual profundidad de las láminas escurridas anualmente en una zona en milímetros. Bastará por lo tanto hacer un cálculo semejante al que se realiza para obtener la precipitación media sobre una hoya con las isoyetas de precipitación. A partir de esta lámina y del área de la hoya se obtie-

ne el volumen. La escorrentía anual deberá expresarse en millones de metros cúbicos

En el Capítulo II, Parte 2, Estimación del Rendimiento Medio Anual, se da una explicación detallada de los métodos que puedan utilizarse para el cálculo de la escorrentía.

(d) Evaporación Media. Los datos de evaporación son valiosos para estimar la magnitud de las pérdidas en los embalses por este concepto. La evaporación media en superficies grandes de agua en la zona en el caso de que no existan estaciones evapométricas en la vecindad podrá obtenerse de las isopletas de evaporación para cada Región Hidrográfica. Ver Capítulo II, Parte 3, Estimación de la Evaporación Media Anual. Dicha evaporación debe expresarse en milímetros.

(e) Gasto Mínimo. El gasto mínimo del río puede obtenerse de las publicaciones de la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología en el caso de que exista estación fluviométrica en el cauce. En la mayor parte de los casos y debido a la no existencia de dichas estaciones, se podrá obtener una estimación del caudal mínimo del río en el período de verano preguntando a los habitantes de la zona sobre este particular. Esa información es útil si se trata de un proyecto para una presa de derivación. Este valor deberá expresarse en metros cúbicos por segundo.

(f) Gastos Máximos. La magnitud de las crecientes y la frecuencia de su ocurrencia son datos importantes para estimar la capacidad de las estructuras de alivio o de tránsito; sin embargo, esto sólo puede obtenerse a partir de estudios hidrológicos de cierta complicación. En el Capítulo II, Parte 7, Regionalización de Curvas de Frecuencia de Crecientes, podrán obtenerse datos preliminares al respecto, en aquellas Regiones Hidrográficas que por disponibilidad de registros fluviométricos han podido analizarse. Se cree conveniente también preguntar a los pobladores de la zona sobre señales dejadas por las crecientes de mayor magnitud, sobre los taludes del cauce, árboles, inmuebles, etc. de manera que en base a ellas pueda estimarse la magnitud de la máxima creciente. Estos valores deben expresarse en metros cúbicos por segundo.

(g) Acarreo de Sedimentos. La información de las cantidades de sedimentos arrastrado por el cauce es útil para cálcular la capacidad muerta de los embalses. Estos datos podrán conseguirse en la División de Hidrometeorología, si existen estaciones medidoras del acarreo de sedimentos en el cau

ce investigado. En el caso contrario, podrá hacerse una estimación preliminar basándose en el método y mapas de producción de sedimentos incluídos en el Capítulo II, Parte 4, Estimación de la Producción de sedimentos.

(h) Existencia de Agua Subterránea. Con el objeto de considerar todas las alternativas posibles para un proyecto de obras hidráulicas, es necesario tener información sobre la existencia de agua subterránea en la cuenca, por estas razones en la visita de reconocimiento a la hoya deberá investigarse la existencia de pozos en la zona y las características de éstos, tales como :

- caudal en litros por hora
- profundidad en metros
- carga dinámica y estática
- diámetro en pulgadas
- ubicación aproximada

También son datos indicativos la presencia de manantiales y jagüeyes (pozos excavados a mano) y sobre todo la información suministrada por los pobladores de la zona sobre este problema. De las publicaciones "Compilación Estadística de las Perforaciones Realizadas por el Ministerio de Agricultura y Cría" podrá también obtenerse información sobre la existencia y características de pozos en la zona. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que estas publicaciones tienen el defecto de que la ubicación de los pozos se ha hecho sólo por municipios, distritos y estados, por lo que es difícil determinar su ubicación dentro de una hoya.

(i) Temperatura. Los datos de temperatura media, mínima y máxima son útiles para definir las características climáticas generales de la zona. Esta información podrá obtenerse de los mapas de isotermas para cada Región Hidrográfica o directamente de las estaciones climatológicas del Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Agricultura y Cría o Servicios Meteorológicos de las Fuerzas Aéreas, situadas en la zona.

(j) Estaciones Climatológicas y Fluviométricas. Dentro de la información recolectada es necesario incluir la ubicación de las estaciones climatológicas (pluviometría, evaporímetros, anemómetros, etc.) de organismos oficiales y privados situados dentro de la cuenca investigada y en su vecindad. La localización de las estaciones pluviométricas y su período de registro puede obtenerse de los mapas y publicaciones de la Sección de Meteorología de la División de Hidrometeorología, del Instituto Nacional de Obras Sanitarias y del Ministerio de Agricultura y Cría. Es fundamental también conocer las estaciones fluviomé -

tricas localizadas en la cuenca y aguas abajo del mismo. Esta información se obtiene de los mapas y publicaciones de la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología. En las estaciones fluviométricas conviene señalar el tipo de estación (automática, miras y aforos, miras, registro de sedimentos, etc.)

2.3 Información Agrológica. La formulación del programa de obras de riego de la cuenca debe ir precedido por un inventario preliminar de las tierras regables existentes. Este inventario debe abarcar preferentemente aquellas zonas que de antemano se saben podrán contar con fuentes de abastecimiento de agua. La determinación de la superficie de suelos regables y otras características del terreno deberán efectuarse con la ayuda de un ingeniero agrónomo especializado y mediante procedimientos que permitan obtener una cobertura extensa con poca profundidad.

2.3.1 Estudios Agrológicos Efectuados. Para obtener la información señalada o parte de ella, es de mucha utilidad tomar en cuenta los estudios agrológicos efectuados anteriormente en la zona. En el caso de existir estudios de suelos realizados previamente de acuerdo a la clasificación de tierras con fines de riego del United States Bureau of Reclamation, las tierras regables aparecerán discriminadas en 6 tipos cuyo significado es el siguiente:

Clase 1 : Comprende las tierras que son muy apropiadas para el riego y capaces de producir altos rendimientos en un amplio margen de cultivos a costos económicos.

Clase 2 : Incluye aquellas tierras, que son moderadamente apropiadas para el riego debido a sus condiciones algo inferior a la clase 1. Su adaptación a todo tipo de cultivo es a veces limitada y los costos para introducir el riego o para su explotación son un poco más elevados.

Clase 3 : En este grupo se encuentran las tierras que poseen condiciones para riego, pero que su aptitud está claramente restringida por una o más deficiencias graves de suelo, topografía o drenaje. La corrección de cualquier deficiencia ya sea de topografía, drenaje, fertilidad es a costos elevados.

Clase 4 : Las tierras incluídas en esta clase son regables pero tienen una o más deficiencias que limitan su uso a fines específicos bajo riego.

Clase 5 : Las tierras de esta clase estan temporalmente indeterminadas en cuanto a su aprovechamiento con fines agrícolas bajo riego. Estas tierras no son arables.

Clase 6 : Las tierras incorporadas a esta clase se consideran eliminadas del proyecto de riego debido a que no presentan los requerimientos mínimos exigidos para las clases anteriores.

Estos estudios deberan solicitarse previamente en los organismos responsables de su ejecución. El Ministerio de Agricultura y Cría, por intermedio del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), el Instituto Agrario Nacional y la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas, son organismos que pueden facilitar información al respecto. En el caso de haber estudios, previos, el reconocimiento debe reducirse a la actualización de parte de la información necesaria. Las Oficinas Regionales deben poseer el registro de los estudios agrológicos efectuados por la División de Edafología.

2.3.2 Información Obtenida en Sitio. En la visita de reconocimiento y en caso de no poderse efectuar un estudio de clasificación de tierras de acuerdo a las normas del U.S. Bureau of Reclamation deben investigarse una serie de características de las tierras de la cuenca y sus zonas de influencia que pueden servir para tener una idea de la factibilidad de ser puestas bajo riego. El área más factible de ser incorporada bajo riego y aquellas que deben reconocerse con más cuidado son las tierras situadas aguas abajo de los sitios de ubicación de las estructuras de regulación y captación, si los aprovechamientos son de tipo superficial. Los aspectos que deben investigarse son los siguientes :

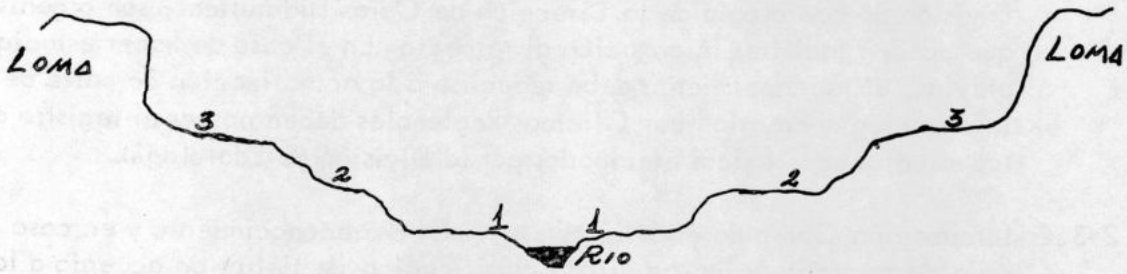
(a) Topografía. La topografía de las tierras dominadas por los distintos proyectos refleja las dificultades o facilidades existentes para hacer llegar el agua a las áreas de cultivo, el costo de desarrollo de la tierra y en cierto modo el drenaje y la adaptabilidad de los cultivos. Por estas razones la inspección a la eventual zona de riego debe estar dirigida a establecer en forma aproximada la extensión de tierras planas o con un grado de pendiente aceptable.

Un recorrido longitudinal por las riberas de los ríos, midiendo las distancias por el tiempo caminado o con el tacómetro del vehículo en el caso de ser posible el recorrido por carreteras y secciones normales al cauce del río cada 500 metros con la ayuda de un clísimetro, deben ser suficientes para hacer una estimación de la superficie de la tierra con :

- 0 - 1% de pendiente, situadas en la 1ra. y 2da. terrazas.

- 1 - 5% de pendiente, situadas en la 3ra. terraza.
- 5 - 12% de pendiente, situadas en la 3ra. y 4ta. terraza.
- Lomas.

Se entiende por terrazas las franjas longitudinales de tierras situadas a ambas márgenes de un río y que tienen origen y características semejantes. Estas pueden identificarse facilmente y se enumeran desde el cauce hacia las montañas.



Es conveniente dibujar un croquis de la región recorrida señalando las características antes anotadas. Si se tiene un mapa de la zona debe destacarse en él esas características. Para hacer la determinación de las zonas topográficamente regables, también suele ser muy útil el empleo de aerofotografías por medio de las cuales pueden identificarse con facilidad los terrenos planos suceptible de ser regados. La delimitación de las zonas planas se hace dibujando su contorno sobre los pares estereoscopicos y luego midiendo su superficie con la ayuda de un planímetro. Asi mismo, un procedimiento semejante al descrito puede aplicarse en el caso de que tengan mapas de escalas grandes 1:10.000 - 1:25.000, e intervalos de curvas de nivel no mayores de 20 metros.

(b) Características de los suelos. Pueden investigarse con facilidad ciertas características de los suelos que son útiles para efectuar una clasificación preliminar. Entre estas características las más importantes son :

- Profundidad. La profundidad hasta una capa impermeable, grava, roca o nivel freático hasta un máximo de 1,2 metros. Esta profundidad puede obtenerse con una sonda de mano y debe expresarse en centímetros.

- Textura. La textura puede determinarse a mano con la ayuda de las pautas que se insertan en el Cuadro 1-1.
- Pedregosidad. La pedregosidad puede diferenciarse en zona de roca abundante, escasa o nula; indicando si es de canto rodado o no.
- Erosión. Si es importante o escasa la presencia de cárcavas superficiales o profundas y tatucos.
- Cantidad de carbonatos. Según de fuerte, mediana o nula efervescencia al rociar el suelo con acido clorhídrico al 10%.
- Acidez. Se puede obtener aproximadamente con papeles reactivos.
- Color. Debe señalarse el color del suelo según sea negro, rojo, pardo, olivaceo, amarillo, gris o blanco. Puede añadirse a estos colores el calificativo de claro u oscuro, cuando proceda. El color debe determinarse en estado húmedo y en todo caso deberá añadirse al final la aclaración "húmedo" o "seco".
- Drenajes. Debe indicarse si el drenaje superficial presenta o no problemas por carecer de cauces de evacuación a bajo nivel. Así mismo conviene indicar las zonas pantanosas o con problemas de encharcamiento, capa freática alta o bien si es zona inundable.
- Zonas salinas. Debe señalarse aproximadamente la presencia de suelos presumiblemente salinos.

(c) Otra información. Además es conveniente incluir el siguiente tipo de información :

- Vegetación Natural y Uso de la Tierra. La vegetación natural y uso de la tierra son buen índice de las tierras de la zona; por estas razones debe tomarse en cuenta durante la investigación en el sitio, para luego describirse en el aparte destinado a la información agrológica del informe de reconocimiento, la presencia de :

- bosques medianos (selva llanera, araguaney, guásimo, palma llanera).
- bosques bajos (selva xerofítica, cardones, tunas, cujies, etc.)
- bosques altos (ceibas, jabillos, cedros, caobas, etc.)
- rastrojos : terrenos que fueron cultivados en años pasados.
- sabanas.
- pastos artificiales : yerba pará, elefante, guinea, pangola, etc.)
- terrenos arados, cultivables.

Para obtener esta información puede ser muy valioso el testimonio de los habitantes de la zona, quienes pueden distinguir con facilidad las diferentes especies vegetales y sus nombres. También es sumamente conveniente disponer

durante este reconocimiento de una cámara fotográfica para tomar vistas de las características antes señaladas.

- Forma de Explotación de la Tierra. Esta información es importante desde el punto de vista agrológico y socio-económico. Por esto es conveniente investigar en la zona las técnicas predominantes de explotación de las tierras como : haciendas, latifundios agrícolas, pecuarios o mixtos, regadíos, etc. La existencia de regadíos puede servir de base para obtener posteriormente información muy valiosa.

2.3.3 Información Complementaria. La información recolectada en el campo puede ser complementada con otros datos obtenidos en el gabinete de oficina.

(a) Requerimientos de Riego. Para estimar en forma aproximada los requerimientos de riego en una zona de la cuenca, podrá consultarse el Capítulo IV, Parte I, Estimación de los Requerimientos de Riego, donde se presenta una compilación de los datos de demandas netas de riego en todas las localidades del país que han sido investigadas por la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas y los métodos para estimarla, cuando no existan datos previos.

(b) Información Varia. Información adicional sobre las formas de explotación de la tierra en la zona puede obtenerse de las publicaciones sobre los Censos Agropecuarios de la Oficina Central del Censo, Ministerio de Fomento Información sobre cultivos de la zona, sus rendimientos, áreas de producción, etc. puede obtenerse de los Anuarios Estadísticos del Ministerio de Agricultura y Cría.

2.4 Información Topográfica. La información topográfica es imprescindible para definir las características de los proyectos o para comparar diversas alternativas entre sí. En la fase preliminar es suficiente contar con mapas de la zona a escalas adecuadas, (1:10.000, 1:25.000), o con pares aerofotogramétricos que permitan obtener con un rango de error aceptable una reproducción de la topografía de la zona. Cuando no existan mapas a escala adecuada, será necesario levantar en el terreno aquellos puntos característicos que puedan tener mayor influencia en la definición de los proyectos.

2.4.1 Mapas y Levantamientos Topográficos efectuados. Previamente a la visita de reconocimiento de la cuenca se deben obtener los mapas existentes a una escala adecuada. En algunos casos puede suceder que en años anterio

CUADRO 1-1

DEFINICION DE LA TEXTURA A MANO

CARACTERISTICAS OBSERVADAS EN ESTADO SECO.	CARACTERISTICAS OBSERVADAS EN ESTADO HUMEDO	TEXTURA DE CAMPO
Material suelto de grano que se siente rápidamente. Si se aprieta con la mano al cesar la presión, se separan las partículas	No es pegajoso. Si se aprieta forma una masa que se parte al ser tocada.	Arenoso
Con elementos ásperos y en menor proporción suaves. Apretado forma una masa que se rompe rápidamente.	No es pegajoso. Se pueden formar filamentos dificilmente que hay que manejar con cuidado para no romperlos.	Franco Arenoso
Friable, un poco arenoso al tacto y bastante suave. Apretado forma una masa que puede ser mantenida sin romperse si se maneja cuidadosamente.	No es pegajoso, aunque algo plástico. La masa formada se manipula libremente sin romperse.	Franco
Formado por elementos muy finos que suelen formar terrones muy duros que casi no se deshacen entre los dedos.	Muy plástico y adhesivo. Pueden formarse filamentos sin resquebrajarse.	Arcilloso
Características intermedias entre las dos anteriores.	Características intermedias entre las dos características.	Franco Arcilloso
Formado por elementos suaves. Los terrones se deshacen apretando con los dedos.	Facilmente moldeable en filamentos y fácil de arrollar en anillos. Poco pegajoso.	Limoso
Características intermedias entre el franco y el limoso.	Características intermedias entre el franco y el limoso.	Franco Limoso

res se haya realizado un reconocimiento a la hoya en cuestión y ya estén levantados los sitios más importantes; conviene, entonces, cerciorarse en los archivos generales de la Dirección de Obras Hidráulicas sobre los levantamientos efectuados en la región, ya que esto puede ahorrar considerables esfuerzos y horas de trabajo.

Las fotografías aéreas (pares estereoscopicos) son también de suma utilidad para ubicar desde el gabinete de la oficina los posibles sitios de embalse y reconocer la zona de riego en el caso de un aprovechamiento de este tipo. Cada Oficina Regional deberá estar provista de una lista actualizada de los mapas de Cartografía Nacional donde se indique la escala de éstos, y una lista de las misiones de vuelo efectuadas sobre la zona.

2.4.2 Información Obtenida en Sitio. En la visita de reconocimiento a los posibles lugares de aprovechamiento estudiado por anterioridad sobre los mapas y fotografías aéreas es conveniente levantar topográficamente en forma muy preliminar algunos sitios que sirven para definir aproximadamente las características de un posible proyecto. Una poligonal de los sitios de presa o de las riberas de un río son útiles para estimar el tamaño y volúmen de la presa o la altura y longitud de un dique de contención de crecientes.

Una buena práctica al iniciar cualquier levantamiento específico es hacer previamente un recorrido panorámico por los posibles sitios de embalse y luego proceder a la investigación de cada sitio en particular, esto es importante principalmente en el caso de un proyecto de poca magnitud.

(a) Sitios de Presa. Al hacerse el reconocimiento de la cuenca pueden observarse con relativa facilidad aquellos estrechamientos de la orografía de las riberas de los cauces que hacen del lugar un sitio adecuado para la ubicación de una presa. En esos sitios deberán levantarse franjas longitudinales del posible eje, con el objeto de hacer comparaciones y estimar preliminarmente la altura y longitud de la estructura, el volúmen del material, etc. Estas franjas deben levantarse taquimétricamente, tomando el mínimo de puntos necesarios. Para tales levantamientos, generalmente deben abrirse previamente picas en dirección normal al cauce y a ambos lados de éste en el lugar del estrechamiento. Las alturas pueden referirse a la elevación del fondo del río, tomando el nivel aproximado de este punto con el altímetro. El levantamiento deberá llevarse hasta una elevación superior a la del nivel probable del embalse máximo. El cierre angular deberá estar dentro de la tolerancia expresada por la siguiente fórmula:

$$T = 1{,}5\sqrt{N} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (f-1)$$

En la cual T = tolerancia angular expresada en minutos.
N= número de vértices de la poligonal.

Debe también levantarse secciones de los posibles escapes del embalse, ya que puede ser necesario la construcción de tapones de cierta magnitud que encarecerían el costo de las obras de regulación. Estos levantamientos deberán ligarse con los del sitio de presa.

Debido a que se trata de un levantamiento muy preliminar no conviene dejar monumentos permanentes en el sitio, aunque podrán dejarse estacas de madera en puntos visibles y es muy recomendable, además, dibujar un croquis de la región y hacer una buena descripción de las características de manera que pueda éste referirse a un mapa general donde se identifique rápidamente el lugar investigado. Para fines de dibujo es aconsejable trazar las secciones en el sitio de presa a escala de 1 : 5000 hasta 1 : 2000, dependiendo de la longitud del cierre.

(b) Sitios de Aliviadero. En el caso de una presa de tierra el aliviadero generalmente debe estar localizado fuera de la presa, por estas razones es conveniente investigar aquellas depresiones favorables para el emplazamiento de un aliviadero. Esas depresiones deben levantarse en forma semejante a la descrita para el caso de los sitios de presa y ligarse altimetricamente con estos.

(c) Zona de Embalse. La capacidad de un embalse puede calcularse a partir de mapas que tengan curvas de nivel a intervalos de (5, 10, 20 m.). Cuando sólo se tengan mapas a intervalos mayores (50, 100 m.) la capacidad puede obtenerse con una aproximación de un 20 por ciento haciendo uso de la fórmula :

$$Vemb = 0{,}34 \times A_1 \times h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-2)$$

Vemb = Capacidad de embalse donde :
A_1 = Area inundada
h = Altura de presa
0,34 = Coeficiente empírico

La altura del cierre puede seleccionarse con facilidad a partir del levantamiento del sitio de presa, y el área inundada para la altura requerida puede obtenerse dibujando por interpolación entre las curvas de nivel existentes (50, 100 m.). Capítulo III, Parte I, Determinación Aproximada de Volumenes de Embalses.

En otros casos, debido a que no existen mapas de la zona que permitan hacer una estimación aproximada de la capacidad de un almacenamiento, puede ser necesario realizar un levantamiento rápido, que dé con un margen de error del 10 al 15 por ciento una idea de la capacidad y el área inundada por el vaso. Estos levantamientos tomarán más tiempo que los reconocimientos de costumbre y en algunos casos se requerirá otro tipo de instrumento que los del equipo convencional. En esos casos podrá pedirse ayuda a la División de Localización y Topografía de la Dirección de Obras Hidráulicas. Tres métodos existen para efectuar estos levantamientos.

- Poligonales con Brújula y Secciones Transversales. Se lleva una poligonal a lo largo del cauce, en la que los ángulos o direcciones de los lados se miden con brújula y las distancias a pasos o haciendo uso de cualquier otro procedimiento rápido (por ejemplo el telémetro) Apoyándose en esa poligonal se toman secciones transversales con nivel de mano a distancias como la topografía del vaso lo requiera.
- Poligonales con Estadía y Secciones Transversales. Se lleva una poligonal con estadía a lo largo del cauce del río que sirve de apoyo para levantar secciones transversales con nivel a mano. Estas secciones pueden espaciarse entre sí unos 500 m o cada vez que así lo exija un cambio notable en la topografía. Los vasos así levantados deben dibujarse a escala 1:5000, 1:10.000, o 1:25.000 y curvas de nivel a intervalos de 5 o 10 metros, dependiendo del tamaño del vaso.
- Poligonales con Estadía y relleno con altímetro de gran precisión. Se lleva una poligonal con estadía por los cauces principales. Partiendo de los vértices de la poligonal puede tomarse la cota con un altímetro de gran precisión (2 metros y ajustes por horas y temperatura) de una serie de puntos fácilmente identificables en las aerofotografías o en mapas planimétricos obtenidos por ampliación de ellas Estos puntos, los vértices de la poligonal principal y el examen de las aerofotografías permiten dibujar aproximadamente la forma del embalse. Debe no obstante, tomarse la precaución de que los puntos levantados con el altímetro no sean medidos en un espacio de tiempo mayor de dos horas y siempre retornando al punto original de partida para hacer la corrección por cierre.

(d) Otras Estructuras. La zona de ubicación de otros tipos de estructuras puede levantarse mediante poligonales con estadía, tomando los puntos que en cada caso se consideran convenientes para un estudio preliminar.

2.5 Información Geológica. En la etapa de Estudios Preliminares es necesario efectuar ciertos reconocimientos geológicos que pueden servir para determinar en primera instancia las posibilidades o limitaciones existentes para la construcción de las obras hidráulicas previstas en el programa de aprovechamiento de la cuenca. En esta fase es muy conveniente la colaboración de un geólogo especializado, sobre todo en aquellos casos en que se prevean complicaciones o estructuras geológicas problemáticas.

2.5.1 Información Obtenida en Sitio. En la visita a la zona de ubicación de las diferentes estructuras deberá hacerse un reconocimiento geológico de superficie, estudiándose a partir de los afloramientos existentes, las formaciones geológicas y sus plegamientos, líneas de fracturas o fallas, diaclasas. etc. con la finalidad de determinar :

(a) En los embalses : La posibilidad de existencia de estratos continuos que enlacen el vaso de almacenamiento con el tramo del río, aguas abajo del sitio de presa y que esten formados por rocas fisuradas o solubles (calizas, dolomitas) que hagan previsibles filtraciones importantes o sean agresivos para el concreto (yeso).

(b) En los sitios de presa: los indicios de posibles fallas que pueden observarse claramente o deducirse de la posición de las rocas en los estribos del cierre en el caso de una presa. Además de las observaciones deben estar dirigidas principalmente a determinar los tipos de rocas presentes y su posición estructural (rumbo y buzamiento). Igualmente debe verse si la roca aflora o si está cubierta por un espesor considerable de suelo, tanto en los estribos como en el lecho del río, que pronostique un trabajo grande de remoción. A tal efecto, los cortes o barrancas en el fondo del valle, pueden dar una idea de los aluviones que deposita o ha depositado un río.

El informe correspondiente puede aportar datos muy valiosos sobre el tipo de presa a adoptar. Las rocas sanas, cuarcita, basaltos, etc. suelen tolerar presas de cualquier tipo. Los granitos, gneis y areniscas permiten presas de concreto o exigen del tipo escollera o tierra, según la importancia de su meteorización y espesor de ésta.

(c) En los tuneles : es importante elegir trazados que atraviesan rocas sanas. El geólogo puede dar información valiosa, indicando la probable orientación de estratos con relación al eje del tunel, dato muy importante para tener ideas del peligro de derrumbamiento y de la importancia del revestimiento resistente. En definitiva debe destacarse que el trazado más corto de un tu-

nel no es siempre el más económico.

(d) Materiales de construcción. En las cercanías del sitio deben hacerse observaciones sobre la posible existencia de depósitos de materiales para la construcción de la presa, material impermeable para presas de tierra y enrocamiento, roca para espaldones y agregados para presas de concreto, etc.

2.5.2 Información Complementaria. Las observaciones efectuadas en el sitio del proyecto deben complementarse con ciertos datos adicionales que se obtienen a partir de mapas geológicos existentes. Cada Oficina Regional deberá proveerse cuando sea posible de mapas geológicos de la zona, los cuales pueden obtenerse en el Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Con la ayuda de un mapa de este tipo y algunas publicaciones existentes tales como la titulada "Aspectos Geotécnicos Generales de las Principales Unidades Estratigráficas Venezolanas Relacionadas con las Presas de Tierra" por los geólogos Flores Calcaño y Ramírez Castillo de la Dirección de Obras Hidráulicas, Capítulo V, Parte 1 de este Manual, puede hacerse una descripción general de la geología de la zona.

También deberán revisarse los archivos de los organismos encargados de hacer estudios geológicos, para ver cuales se han efectuado en la región investigada.

2.6 Información Socio-Económica. Cuando se desarrolla una cuenca hidrográfica suelen persegirse dos objetivos fundamentales; (a) solucionar problemas existentes relacionados con el uso y manejo de los recursos hidráulicos de la zona y (b) propiciar el desarrollo económico regional y nacional al crear infraestructura que sirven para utilizar en forma más eficiente los recursos disponibles, para incrementar la producción y para elevar el nivel de vida de los habitantes de la zona.

Dentro de cualquiera de estos objetivos el programa tiene una importante proyección económico-social, de ahí que interesa recolectar en la fase de reconocimiento, información que sea útil para diagnosticar la situación actual de la zona y para evaluar los beneficios derivados de los posibles proyectos. Esta información se obtiene parte en sitio, encuestando a las personas más conocedoras del medio, y parte en el gabinete de la oficina, haciendo uso de diversas publicaciones que incluyen datos estadísticos, información económica, demografía, etc. y que aparecen periodicamente.

Alguna de la información requerida en esta fase de investigación es la siguien

te :

2.6.1 Demografía de la Zona. Al visitar la zona interesa conocer cuáles son los principales centros poblados ubicados dentro del área de influencia del proyecto. Esta información deberá acompañarse, cuando sea posible, del número de habitantes de los centros poblados y de la zona en general. En las publicaciones de la Oficina Central del Censo puede conseguirse este tipo de datos para centros poblados que sean capitales de municipio, de distrito y de estado y la población total de la zona discriminada en población urbana, intermedia y rural (*). Cuando sea necesario hacer proyecciones de población para el caso de los proyectos de abastecimiento de agua debe obtenerse información sobre el número de habitantes de la localidad de acuerdo a todos los censos anteriormente realizados en el país.

Así mismo, es necesario señalar las características y tendencias más notables de la población de la cuenca, por ejemplo, si se espera un crecimiento explosivo en algún centro poblado, si se espera estacionalidad, etc.

2.6.2 Desarrollo Agrícola de la Zona. Es conveniente incluir en el informe de reconocimiento una breve descripción del desarrollo agrícola de la zona. En dicha descripción debe destacarse la siguiente información :

(a) Una lista de los asentamientos campesinos del Instituto Agrario Nacional ubicados en la zona, señalando sus principales características. Esta información puede recogerse en el sitio o en la Oficina de la Delegación Agraria a la cual corresponde el proyecto.

(b) Los principales renglones que constituyen la producción agrícola de la zona. Esta información puede obtenerse en los Anuarios Estadísticos y demás

(*) Para los fines del Censo General de Población de 1961, se denominó "Centro Poblado" a todo lugar o sitio del Territorio Venezolano que estuviese integrado por tres o más viviendas que no tengan separación entre sí de más de 500 metros, estas viviendas pueden ser chozas, ranchos, caneyes, tiendas, campamentos, casas, quintas, etc. No es necesario que el "Centro Poblado" tenga calles y plazas, escuelas o iglesias. El "Centro Poblado" debe tener un nombre propio y que se le reconozcan linderos. Para los fines del mismo censo se establecieron las áreas : Urbana, Intermedia y Rural. Se consideró Area Urbana a los centros poblados con una población de 2.500 y más habitantes, Area Intermedia las comprendidas entre 1.000 y 2.499 habitantes y Area Rural las de menos de 1.000 habitantes y la población intermedia.

publicaciones de la Dirección de Economía y Estadística del Ministerio de Agricultura y Cría y la zonas de este Ministerio, o en las publicaciones del Censo Agropecuario del Ministerio de Fomento.

(c) Características, situación y problemas para el mercadeo de los productos agrícolas. Información sobre esto puede obtenerse de conversaciones con comerciantes y agricultores de la zona o con funcionarios del Ministerio de Agricultura y Cría y Banco Agrícola y Pecuario.

(d) Precio de las tierras en la zona. Es muy conveniente en el caso que se tenga un embalse o una zona de riego, obtener los precios aproximados de las tierras que pueden quedar inundadas o deban ser expropiadas. Esta información puede obtenerse preguntando a algunos dueños de fincas, conucos, etc., de la zona.

(e) Existencia de obras de riego de la zona. Deberá señalarse la existencia de obras de riego, la extensión cultivada en esta forma y otros datos que se consideran útiles como puede ser la diferencia de productividad entre tierras regadas y tierras de secano.

2.6.3 Desarrollo Industrial de la Zona. Dentro de este campo es conveniente investigar cuáles son las principales industrias existentes, su ubicación, renglones de producción. En el caso de que no exista ninguna industria deberá señalarse. Información al respecto puede obtenerse en la zona a través del Censo de Estructura de la Industria de la Oficina Central del Censo del Ministerio de Fomento.

2.6.4 Servicios Públicos en la Zona. Es muy conveniente hacer una buena descripción de los servicios públicos existentes en la zona tales como servicios educacionales (escuelas rurales, escuelas urbanas, liceos particulares o públicos) sanitarios (medicaturas rurales, unidades sanitarias, hospitales, acueductos y sus fuentes de captación, cloacas, etc.) Transporte y Comunicaciones (tráfico terrestre, aéreo, acuático, telégrafo, correo, etc.)Energía (térmica, hidráulica). Instalaciones recreacionales. Información sobre los servicios existentes pueden obtenerse con facilidad en la zona.

2.6.5 Recursos Naturales de la Zona. Debe hacerse una breve descripción de los recursos animales (caza, pesca, etc.) vegetales (bosques maderables) y minerales.

2.6.6 Problemas. Una descripción sobre los problemas más importantes de la zona ta

les como situación de la vivienda, problemas de desempleo, sanitarios, de control de inundaciones, etc. es conveniente para tener una idea de la situación actual. En las publicaciones del Censo de Población aparece información detallada sobre vivienda y desempleo para todos los municipios de Venezuela (*). En la zona podrá investigarse sobre las amenazas y daños causados por inundaciones y las medidas tomadas para prevenirlas.

3. DEFINICION DE ALTERNATIVAS. Una de las fases que se considera fundamental en la ejecución del Estudio Preliminar para la utilización de los recursos de una cuenca hidrográfica, la constituye la definición de las diferentes alternativas de aprovechamiento y la elaboración de los proyectos específicos. Es conveniente señalar que una interpretación errónea o superficial de la información básica compilada en esta fase, puede conducir al descarte de ciertas alternativas o a presentarlas exageradamente atractivas. Dentro del contexto de este Manual se define el vocablo "proyecto" tal como es empleado en el Plan Nacional de Obras Hidráulicas (3) "Proyecto es el conjunto de estudios y datos básicos que sirven para definir un aprovechamiento para el uso, control o conservación de los recursos hidráulicos y naturales concomitantes de una cuenca y que permiten estimar las ventajas y desventajas para la nación, que se derivan de asignar ciertos recursos económicos para iniciar o mejorar la producción de determinados bienes y servicios. El proyecto puede ser simple o complejo, grande o pequeño y para uno o varios propósitos".

Al hablar de proyectos dentro del desarrollo integral de cuencas hidrográfica, cobra especial interés el llamado aprovechamiento múltiple u obras de propósitos múltiples, o sean aquellas diseñadas específicamente para ser o

(*) A los fines censales se entiende por población económicamente activa, las personas de 10 años y más que se encontraban ocupadas con renumeración (patrones, trabajadores por cuenta propia, empleados, obreros) y aquellas otras que figuraban como ayudantes familiares en empresas económicas de algún miembro de la familia, dentro o fuera de la vivienda, o con otro tipo de relación sin percibir renumeración expresa. Igualmente el término "desempleo actual" se refiere a aquellas personas que han tenido una ocupación renumerada en el último año, pero que la semana anterior a la del censo no la tuvieron y que se encontraban buscando trabajo. Las personas que estuvieron ocupadas anteriormente como patronos o trabajadores por cuenta propia y busquen por primera vez trabajo asalariado, se consideraron como desocupadas o desempleadas.

CUADRO 1-2

PROPOSITOS A CONSIDERAR EN LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

PROPOSITOS	OBJETIVOS	TIPOS DE OBRAS Y MEDIDAS
(1) RIEGO	Incremento de la producción agropecuaria.	Presas de regulación y derivación, campos de pozos, canales, estaciones de bombeo, redes de distribución interna, habilitación de tierras, sistemas de drenaje.
(2) AGUA PARA CONSUMO DOMESTICO E INDUSTRIAL.	Suministro de agua para uso doméstico, industrial, comercial, municipal y otros.	Presas de regulación y derivación, pozos, galerias filtrantes, tuberías de aducción, plantas de bombeo, plantas de tratamiento, conversión de agua salina y redes de distribución.
(3) MITIGACION DE CRECIENTES.	Prevención o reducción de daños ocasionados por crecientes, regulación de cauces fluviales, defensa de poblaciones.	Presas de regulación, diques marginales, muros de contención, rectificación de cauces y canales. Estaciones de bombeo, zonificación de áreas inundables, pronóstico de crecientes.
(4) HIDROELECTRICIDAD.	Suministro de energía eléctrica para el desarrollo económico e incremento de los niveles de vida.	Presas de regulación y derivación, conducciones forzadas, plantas, líneas de transmisión.
(5) NAVEGACION.	Transporte de bienes y pasajeros.	Presas de regulación y derivación, canales, esclusas, mejoramiento de cauces fluviales, mejora de puertos.
(6) DRENAJE.	Incremento de la producción agropecuaria, desarrollo urbano y protección a la salud.	Zanjas, drenajes subterráneos, estaciones de bombeo, tratamiento del suelo.
(7) CONTROL DE SEDIMENTOS.	Reducción del acarreo de sedimentos en los cauces fluviales y protección de embalses.	Conservación de suelos, manejo de bosques, estructuras para atrapamiento de sedimentos, conservación de riberas de ríos.

CUADRO 1-2

PROPOSITOS	OBJETIVOS	TIPOS DE OBRAS Y MEDIDAS
(8) CONTROL DE SALINIDAD.	Prevención de la contaminación con agua salina, de los suministros de agua para uso agrícola, doméstico e industrial.	Embalses para aumentar el caudal de estiaje, barreras, recarga de pozos.
(9) RECREACION.	Aumento del bienestar y salud de la población.	Presas de regulación, instalaciones para uso recreacional, control de contaminación de ríos, preservación de bellezas naturales.
(10) MANEJO DE LAS CUENCAS.	Conservación y mejoras del suelo, control de erosión y producción de sedimentos, retardación del escurrimiento, mejora de bosques y pastizales.	Prácticas de conservación de cuencas, manejo de bosques y pastizales, estructuras de retardación del escurrimiento, pequeños embalses, tapones y lagunas.
(11) CAZA Y PICICULTURA.	Mejoramiento del habitat para la caza y pesca, reducción de la pérdida de animales de cacería y peces por acción del hombre. Aumento en la pesca comercial.	Refugios para caza y pesca. Viveros de peces, escaleras de peces y mayas de protección en embalses, regulación de ríos, control de la contaminación.

peradas sirviendo a dos o más propósitos.

Una de las conclusiones básicas a que debe llegarse en esta etapa del Estudio, es sobre los propósitos de las diferentes alternativas o proyectos. En ciertas circunstancias algunas soluciones se habrán investigado teniendo en mente satisfacer demandas específicas, en este caso al menos uno de los propósitos estará fijo con anterioridad; en otros los propósitos podrán definirse después de analizar la información recopilada. Con el objeto de señalar los diferentes propósitos que deberán ser considerados, en la definición de cada proyecto se ha elaborado el Cuadro 1-2 (4) en el cual además se incluye una lista de los tipos de obras y medidas relacionadas con cada propósito.

A continuación se exponen las directrices generales y principios de políticas que deberán seguir los estudios para definir los proyectos para los diferentes propósitos de aprovechamiento.

3.1 Riego. La magnitud de los requerimientos nacionales de productos de origen agropecuarios determina la estrategia a seguir en el desarrollo del sector agrícola. Por esta razón la cuantificación de estos requerimientos deben proceder a la formulación de los esquemas de aprovechamiento de las diferentes cuencas hidrográficas del país.

Cuando hay la necesidad de considerar el riego como una de las alternativas de aprovechamiento debe hacerse un análisis del desarrollo de la agricultura de regadío dentro de la cuenca, en el pasado, en el presente y de sus posibilidades futuras.

Es posible que desde un punto de vista regional, no existan deficits de productos agrícolas dentro de la zona, que puedan inducir a la construcción de obras de riego. No obstante, si consideramos que las cuencas hidrográficas son entidades hidrológicas o físicas más bien que entidades económicas, se puede concluir que gran parte de la demanda de productos agrícolas proceden de los mercados nacionales que trascienden las fronteras hidrológicas y por lo tanto la conveniencia de construir sistemas de riego en la zona deberá determinarse dentro del marco del desarrollo del sector agrícola y de la economía del país en general.

La planificación de los diferentes proyectos de riego en una cuenca hidrográfica debe ir precedida de un inventario de todas las tierras que se consideran aptas para ser regadas y una estimación de las demandas netas de riego requeridas por los distintos renglones de cultivos.

Localizadas las tierras regables, deberán determinarse las posibles fuentes de abastecimiento de agua, las cuales podrán ser superficiales (una presa de regulación o derivación) o subterránea (una bateria de pozos.)

La conducción del agua desde las fuentes de abastecimiento hasta las zonas de riego se hace generalmente mediante el empleo de una red de canales principales y secundarios, o en ciertos casos por tuberías a gravedad o por bombeo, en cuyo caso se hace necesario acoplarlas a estaciones de bombeo En todo momento deberá considerarse la elevación de la fuente de abasteci miento (presa o bateria de pozos), para determinar la posibilidad de condu cir el agua por gravedad, lo que suele ser corrientemente menos costoso . Así mismo la distancia hasta la zona de riego puede ser un factor limitante para la ubicación de la fuente de abastecimiento.

Dentro de la zona de riego propiamente, hay que preveer las obras de habi litación de tierras, consistentes en redes de distribución del agua dentro de las parcelas, drenajes internos, deforestación, rastreo, nivelación, destron conamiento, quema, dispersión y bigromeo.

"El riego es la aplicación artificial del agua a los cultivos agrícolas según un sistema planificado y de acuerdo con las necesidades de las plantas, las características del suelo y otros factores pertinentes". (1) La aplicación pro piamente del agua al suelo para proporcionarle humedad a los cultivos du- rante los períodos de pluviosidad deficiente suele hacerse mediante zanjas superficiales , boquillas asperjadoras conectadas a tubos metálicos, o con- ductos subterráneos.

Para el dimensionado preliminar de los embalses para riego o para la deter minación de la factibilidad de un desarrollo por explotación del agua del subsuelo deberá consultarse el Capítulo VI, Parte 1, Dimensionado Prelimi nar de Embalses y el Capítulo VII, Parte 5, Análisis de Costos de los Siste mas de Agua Subterránea, respectivamente. Así mismo para la estimación de los costos de los diversos componentes de un proyecto de riego deberá consultarse el Capítulo VII de este Manual.

3.2 Agua para Consumo Doméstico e Industrial. El proyecto y construcción de los abastecimientos de agua para consumo doméstico e industrial de las po- blaciones de Venezuela, es responsabilidad del Instituto Nacional de O - bras Sanitarias, para las poblaciones de más de 5.000 habitantes, y del Mi nisterio de Sanidad y Asistencia Social, para las poblaciones de menos de 5.000 habitantes.

Desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos hidráulicos de las cuencas del país, los servicios de acueductos para las poblaciones de menos de 5.000 habitantes no constituyen un elemento importante de tomar en cuenta en un Estudio Preliminar, porque entre los planes del Gobierno Nacional que se adelantan actualmente, está el de dotar de acueductos interdomiciliarios a todas estas poblaciones antes de 1968 y segundo, porque los volúmenes de agua requeridos para satisfacer las demandas de centros poblados de esta categoría, son muy pequeños cuando se comparan con los otros usos posibles del recurso (por lo general menos de 1×10^6 m^3 por año).

La definición de proyectos de abastecimiento de agua para poblaciones, debe ir precedido por la realización de un inventario de los servicios de acueductos y sus capacidades en todos los centros poblados de la cuenca, mayores de 5.000 habitantes y de una estimación del crecimiento de sus poblaciones futuras para un período de 50 años a partir de la realización del estudio.

De acuerdo a la estimación del crecimiento de la población y de la capacidad de las instalaciones existentes, puede determinarse cuales son los centros poblados cuyos requerimientos deberán satisfacerse en el futuro.

Para estas poblaciones será entonces necesario investigar cuales son las fuentes de abastecimiento más convenientes (superficiales o subterráneas) teniendo en cuenta que deben ser capaces de : satisfacer en calidad y cantidad los requerimientos para usos : municipales, domésticos, comunales, industriales, etc de la población presente y futura estimadas de acuerdo a las dotaciones que por norma se fijan para los diversos usos.

Seleccionada la (o las) fuentes de abastecimientos que llenan las condiciones anteriormente expuestas, deberán definirse las estructuras necesarias para captar y conducir el agua hasta el centro poblado, no despreciándose la posibilidad de abastecer varias poblaciones con un sólo sistema, ya que esto suele redundar en una disminución de los costos de operación y construcción.

Entre las estructuras posibles de considerar para cumplir con los objetivos propuestos estan las presas de regulación o derivación, pozos galerías filtrantes, tuberías de aducción, plantas de bombeo, etc.

Para la ejecución de los inventarios para determinar la existencia y capacidad de los acueductos de las diferentes poblaciones de la cuenca, deberá solicitarse información en las oficinas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, División de Acueductos Rurales del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y

autoridades municipales de la región.

Para más detalles acerca de los proyectos, cuyo propósito es el abastecimiento de agua para poblaciones, deberá consultarse el Capítulo VI, Parte 2. Definición de Proyectos de Agua Potable.

3.3 Mitigación de Crecientes. La definición de los proyectos de mitigación de crecientes dentro de la cuenca debe ir precedida por la ejecución de un inventario de aquellas poblaciones y tierras cultivables que sufren el efecto de las inundaciones. Las autoridades municipales, las dependencias responsables de la conservación de carreteras nacionales, las personas que habitan las riberas de los ríos, suelen ser fuentes de información valiosa para la ejecución del mencionado inventario.

Una vez determinadas las "zonas problemas" deben tratar de evaluarse la magnitud y frecuencia de los daños ocurridos. Para esto puede ser útil la revisión de los archivos de prensa y las entrevistas con los habitantes más viejos de la zona. En el caso de que durante la investigación de la cuenca, ocurran crecientes desastrosas, deberán ejecutarse inspecciones detalladas y avaluos de los daños causados en los inmuebles y sus pertenencias, puentes y carreteras, cercas, postes y cables, acueductos, jardines, parques y tierras de cultivos, pues tales encuestas pueden aportar elementos básicos para la justificación de las obras propuestas. Así mismo pueden servir para el establecimiento de módulos de daños por hectárea en tierras agrícolas o daños por manzana en los centros poblados, que sirvan para ser extrapoladas a otras zonas de la cuenca investigada.

Es necesario además calcular, para las "zonas problemas" el promedio de los daños anuales, a partir de las curvas de frecuencia de daños obtenidos por combinación con las curvas de frecuencia de ocurrencia de las crecientes, curvas de gastos para diversas alturas y daños para distintas profundidades.

Entre las estructuras que deberán considerarse para la mitigación de los daños ocasionados por las crecientes dentro de la cuenca estan las presas cuyo propósito especifico sea la atenuación de las avenidas, los diques marginales que impiden el desbordamiento de los ríos, la canalización de cauces fluviales que permiten el paso rápido de la onda de la creciente, especialmente por zonas urbanas.

Deberá tenerse en cuenta que aquellos proyectos costosos que son destinados exclusivamente a dar protección contra las crecientes a zonas agrícolas,

generalmente no se justifican económicamente y por lo tanto es ventajoso cuando el proyecto se define para propósitos múltiples, obteniéndose una distribución más equitativa de los costos entre las distintas funciones de la obra. Tal situación puede no ser verdad cuando se trata de obras de bajo costo o aquellas que sirvan para defender zonas urbanas con instalaciones de gran valor, que puedan resistir una alta inversión por unidad de superficie protegida.

Deberá preverse además la posibilidad que como consecuencia de los proyectos de desarrollo que se ejecuten en la cuenca, zonas que antes no merecian atención desde el punto de vista de su defensa contra inundaciones, puedan convertirse en el futuro en zonas críticas, a las cuales se les deberán programar obras de protección o dictarse normas de zonificación que impidan la proliferación de instalaciones costosas en las zonas peligrosas. Así mismo deberá tenerse en mente la posibilidad de poner en acción un programa de pronóstico de crecientes, cuando se compruebe que mediante este tipo de medida, puedan reducirse los daños ocasionados por las crecientes.

Para más detalles acerca de los proyectos cuyo propósito es la mitigación de crecientes deberá consultarse el Capítulo VI, Parte 4, Proyectos de Mitigación de Crecientes.

3.4 Hidroelectricidad. Al estudiar preliminarmente una cuenca hidrográfica es aconsejable evaluar en forma general su potencial hidroeléctrico y si este resulta ser importante, deben definirse las alternativas que muestren mayor prioridad.

El problema de los requerimientos de energía eléctrica dentro de la cuenca, en el presente y su incremento en el futuro, no debe analizarse restringidamente desde un punto de vista puramente regional, ya que la tendencia a la interconexión de todas las fuentes de energía del país, hace que las fronteras hidrográficas pierdan su sentido, no siendo entonces lógico considerar estrechamente vinculados a las fuentes de producción con los centros de consumo. Claro está, que si se prevee un aumento apreciable de la demanda de energía eléctrica en la región investigada, existirán mayores razones para localizar posibles proyectos para producción de energía hidroeléctrica dentro del ámbito de la cuenca, sin menospreciar tampoco las ventajas que existen en nuestro país para la instalación de centrales termoeléctricas a base de gas natural.

En la definición de los diferentes proyectos de producción de energía hidroeléctrica, deberán considerarse alternativas tales como presas de regulación en las cuales la presencia de un desnivel natural o la posibilidad de construir

lo artificialmente y la existencia de un caudal de agua permite la instalación de un aprovechamiento hidroeléctrico.

Así mismo deberán tenerse en cuenta presas de derivación que sirvan para captar el caudal de un río hasta conducirlo a terrenos topográficamente favorables para la producción de energía o plantas de bombeo y generación de energía para la producción de energía de punta en las horas de mayor consumo.

Para más detalles acerca de los proyectos cuyo propósito sea la hidroelectricidad deberá consultarse el Capítulo VI, Parte 3, Metodología para el Estudio Preliminar del Potencial Hidroeléctrico de una Cuenca.

3.5 Navegación. Cuando se estudie el aprovechamiento de una cuenca hidrográfica, especialmente de aquellas constituídas por ríos de cierta magnitud, no debe descartarse la posibilidad de considerar la navegación fluvial como uno de los posibles propósitos. Debe tomarse en cuenta que el tráfico fluvial es uno de los transportes de más bajo costo existente hoy en día y que pueden haber muchas zonas en las cuales la existencia de una vía navegable facilita apreciablemente el mercadeo de los productos que en ella se obtienen Existen en el país una serie de ríos que hoy se utilizan en forma limitada para el tráfico fluvial con embarcaciones de pequeño calado durante el período de aguas altas y que podrían aprovecharse en una forma más permanente, si se logra la regulación de uno o varios de sus afluentes.

Los factores que afectan la posibilidad del transporte fluvial son la profundidad, el ancho, el alineamiento del cauce o canal y la magnitud del caudal y su mínima velocidad. Los criterios para fijar la profundidad, el ancho y el alineamiento de una vía navegable pueden ser determinados solamente comparando los incrementos en las economías de costo de transporte obtenibles con cada solución versus el costo de proveer dicha alternativa.

Entre las estructuras que pueden considerarse al definir un proyecto de navegación estan las presas de regulación, canales, rectificación y dragado de cauces y esclusas. Con las presas puede regularse el caudal del río de forma que cuando el gasto de estiaje alcance sus mínimos niveles, pueda ser suplementado con los volúmenes retenidos en el embalse. No obstante, debe tenerse en cuenta que esas presas, rara vez suelen justificarse economicamente si su único propósito es facilitar la navegación en el río, por lo que deberá considerarse siempre la posibilidad de definir proyectos de propósitos múltiples.

3.6 Drenaje. Los estudios de drenaje implican la localización e identificación de las tierras que presentan dificultades derivadas del exceso de humedad, la determinación de las cantidades de agua que deben evacuarse en cada zona y el análisis de la factibilidad física y económica de las diversas soluciones propuestas para lograr el objetivo deseado.

El drenaje es la eliminación o control del exceso de agua de la superficie o perfil del suelo, mediante zanjas, drenajes profundos, u otra clase de estructuras con el objeto de facilitar el desarrollo de los cultivos que se desean producir en la zona o mejorar las condiciones de áreas urbanas. Este exceso de agua puede tener su origen en las lluvias, el mal uso del riego, nivel de la mesa de agua o el desbordamiento de los cauces naturales. Es difícil fijar el límite entre lo que se considera una obra cuyo propósito sea el drenaje y otra cuyo fin sea la mitigación de crecientes, pues ambas estan intimamente ligadas. Sin embargo puede generalizarse diciendo : que las primeras actuan sobre el agua que independientemente de su origen, aniegan los terrenos, mientras que las segundas tratan de evitar que se produzcan las inundaciones por desbordamiento de los cauces naturales.

Entre las principales medidas para lograr el drenaje de una zona limitada por este factor, está la mejora de los cauces naturales para facilitar o abreviar el desague del agua acumulada. En ciertos casos podrá ser más económico la construcción de nuevos canales o zanjas.

Cuando existan limitaciones topográficas que impiden la evacuación de los excedentes de agua en el suelo, pueden utilizarse estaciones de bombeo.

Para más detalles acerca de los proyectos cuyo propósito sea del drenaje deberá consultarse el Capítulo VI, Parte 5, Proyectos de Drenaje.

3.7 Control de Sedimentos y Salinidad. En las cuencas hidrográficas la sedimentación suele ser factor importante en la reducción de la vida útil de los embalses y canales, en el aumento de los perjuicios ocasionados por las inundaciones en las zonas agrícolas e influye en la utilización de los suministros de agua potable. Por esta razón, no obstante, la preliminaridad de los estudios que se llevan a cabo, conviene al menos señalar aquellas zonas donde se cree que la sedimentación puede constituir un elemento limitativo importante para el desarrollo de los recursos de la cuenca y recomendar las medidas que deben tomarse para corregir el problema.

Los sedimentos son consecuencia de la erosión, ocasionada por la acción del

agua concentrada en cárcabas, o por el desprendimiento de las partículas superficiales del suelo por efecto de las lluvias torrenciales. Entre las medidas que pueden considerarse para disminuir la producción de sedimentos en una zona se encuentran los programas de control de erosión mediante, reforestación, tratamiento del suelo o mejoras en las prácticas de cultivo. También suelen utilizarse estructuras de atrapamiento de sedimentos o retardación de torrentes. Sin embargo, deberá tenerse en cuenta que estas soluciones sólo son medidas paliativas ya que no eliminan la causa básica del peligro.

Así mismo la salinidad puede influir en el desarrollo de los recursos naturales de una cuenca al efectar la vida piscícola de los cauces fluviales o al contaminar los suelos agrícolas, impidiendo su aprovechamiento racional . Cuando tales problemas existan, deberán señalarse claramente en los informes de investigación de cuencas y proponerse posibles soluciones.

3.8 Recreación. Deberá preverse la posibilidad de usar los aprovechamientos hidráulicos con fines recreacionales. Los lagos originados por presas, son lugares adecuados para el desarrollo de deportes lacustres y turismo en general . La existencia de sitios históricos y parques nacionales que mantengan un flujo constante de turistas hacia la zona debe tomarse en cuenta.

Cualquier incremento en las actividades recreativas que se produzcan como consecuencia del uso de las instalaciones construídas con este objetivo, puede constituir beneficios tangibles o intangibles apreciables.

3.9 Evaluación Económica de Alternativas. Una vez definidas las diferentes alternativas de aprovechamiento, es necesario hacer una evaluación económica preliminar de cada una de ellas, con el objetivo de determinar el esquema óptimo de utilización de los recursos de agua y suelo de la cuenca hidrográfica.

Los lineamientos de orden económico que deben servir de guía para la selección de las mejores alternativas y por ende del óptimo esquema de aprovechamiento, son los siguientes : (5).

(a) El uso más eficiente de los recursos económicos que se invertirán en la ejecución del proyecto, se logra cuando se les utiliza de forma que la cantidad en la cual los beneficios exceden a los costos se sitúa en un máximo.

(b) Un proyecto, o bien un segmento o incremento de éste, escogido para lo -

grar un propósito dado, debe ser más económico que cualquier otro medio disponible, real o potencial, público o privado, para alcanzar el mismo propósito.

(c) La prioridad de los proyectos desde el punto de vista económico esta determinada por su eficiencia relativa en el uso de los recursos disponibles, sin descartarse en cada caso, los efectos no medibles en términos monetarios.

En el Capítulo VII, de este Manual se dan los métodos para estimar los costos y beneficios de los diversos tipos de proyectos y las instrucciones para efectuar las evaluaciones económicas preliminares.

3.10 Fichero de Alternativas. Después de efectuar la evaluación económica y definir el Esquema Preliminar de aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la cuenca, es conveniente elaborar una ficha para cada una de las alternativas seleccionadas, de manera de poder disponer de toda la información necesaria y las características principales de cada obra, en una forma concisa y manejable. Estas fichas podrán hacerse de acuerdo al Modelo que se adjunta, Cuadro 1-3.

4. GUIA PARA LA PRESENTACION DE INFORMES. Concluídas las fases de análisis de la información básica y formulación de alternativas, es necesario presentar los resultados del estudio en un informe. Para la elaboración de este informe debe tenerse en cuenta, que los resultados y conclusiones de todas las investigaciones efectuadas pueden perder parcialmente su valor si no son presentadas en una forma clara, legible y objetiva.

Se ha creído conveniente preparar una "Guía" para la elaboración de los informes de "Estudios Preliminares para el Aprovechamiento Integral de Cuencas Hidrográficas" con el objeto de lograr uniformidad en su presentación. Debe quedar claramente establecido que en cada caso específico podrán existir particularidades que obliguen a modificar el esquema propuesto y que por lo tanto esta "Guía" constituye un listado de aspectos que podrán ser ampliados o reducidos, de acuerdo al criterio de los responsables de la preparación del Informe.

De una manera general el Informe podrá dividirse en los siguientes capítulos: 1. Objetivos del Estudio, 2. Ubicación, 3. Informes Socio-Económicos, 4. Información Topográfica, 5. Información Hidrológica, 6. Información Agrológica, 7. Información Geológica, 8. Definición de Alternativas, 9. Esquema Optimo de Aprovechamiento Hidráulico, 10. Conclusiones y Recomendaciones.

CUADRO 1-3

ALTERNATIVA _____ No. _____

REGION HIDROGRAF _____ CUENCA : _____ SUB-CUENCA : _____

ESTADO : _____ DISTRITO : _____ MUNICIPIO : _____

1. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

PROPOSITO _____

R H A M D N
i e P c r a ( )

TIPO DE OBRA PREVISTA _____

1. OBRAS DE REGULACION. CAPACIDAD DE EMBALSE _____ x 10^6 m3 AREA INUNDADA _____

TIPO DE PRESA _____ LONGITUD DE PRESA _____ m VOLUMEN DE PRESA _____ m3

OTRAS ALTERNATIVAS _____

TIPO DE ALIVIADERO _____ CAPACIDAD ALIVIADERO _____ m3./s

TIPO DE TOMA _____ CAPACIDAD DE TOMA _____ m3./s

FUENTE DE INFORMACION _____

2. OBRAS DE DISTRIBUCION : TIPO DE OBRA _____ AREA REGABLE _____

OTRAS ALTERNATIVAS _____

FUENTES DE INFORMACION _____

3. OBRAS VARIAS _____

PLANTA HIDROELECTRICA _____ CAPACIDAD DE PLANTA _____

DEFENSA CONTRA INUNDACIONES _____

OBRAS DE DRENAJE _____

OBRAS DE NAVEGACION _____

OBRAS RECREACIONALES _____

FUENTES DE INFORMACION _____

4. OBSERVACIONES GENERALES _____

( ) R_i, Riego; H_e, Hidroelectricidad, A_p, Agus Potable; Mc, Mitigación de creciente; D_r Drenaje; N_a, Navegación.

II. INFORMACION HIDROLOGICA

AREA DE LA HOYA _____ km2.

1. ESTUDIOS HIDROLOGICOS EFECTUADOS _____
2. ESTACIONES PLUVIOMETRICAS ECINAS (T, AÑOS) _____
3. ESTACIONES FLUVIOMETRICAS VECINAS (T, AÑOS) _____
4. PRECIPITACION MEDIA ANUAL _____ mm. 5. GASTO MEDIO ANUAL - _____ m3./s.
6. GASTO MAXIMO _____ m3./s. 7. GASTO MINIMO _____ m3./s.
8. ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL _____ x 10³ m3. 9. ACARREO DE SEDIMENTOS _____ lon/año.
10. CALIDAD DE LAS AGUAS _____
11. EVAPORACION MEDIA ANUAL _____ mm. 12. TEMPERATURA MEDIA, MAXIMA, MINIMA _____ °0 °0 °0
13. EXISTENCIA DE AGUA SUBTERRANEA _____
14. FUENTES DE INFORMACION _____
15. OBSERVACIONES GENERALES _____

III. INFORMACION AGRONOMICA

1. ESTUDIOS AGRONOMICOS EFECTUADOS _____
2. TIPOS DE SUELO 1 _____ ha. 2 _____ ha. 3 _____ ha. 4 _____ ha, 5 _____ ha. 6 _____ ha.
3. REQUERIMIENTOS DE RIEGO _____ 4. EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. _____ mm.
5. CULTIVOS EN LA ZONA _____
6. TECNICOS DE EXPLOTACION _____
7. EXISTENCIA DE REGADIOS _____
8. USO DE LA TIERRA _____
9. PROBLEMAS DE EROSION _____
10. FUENTES DE INFORMACION _____
11. OBSERVACIONES GENERALES _____

IV. INFORMACION SOCIO ECONOMICA

1. VIAS DE COMUNICACION HASTA EL PROYECTO _____
2. POBLACIONES MAS CERCANAS Y HABITANTES _____
_____
3. POBLACION URBANA _____ 4. POBLACION RURAL _____
5. INDUSTRIAS DE LA VECINDAD _____
6. PRODUCCION INDUSTRIAL _____
7. ASENTAMIENTOS CAMPESINOS EN LA ZONA _____
8. PRODUCCION AGRICOLA _____
9. PRECIO DE LA TIERRA _____
10. MERCADO PARA LOS PRODUCTOS DE LA ZONA _____
11. SERVICIOS PUBLICOS EXISTENTES. _____

(a) EDUCACIONALES _____

(b) SANITARIOS _____

(c) TRANASPORTE _____

(d) ENERGIA (TERMICA O HIDROELECTRICA) _____

12. EXISTENCIA DE OBRAS DE RIEGO _____
13. MITIGACION DE CRECIENTES _____

(a) PROBLEMAS _____

(b) ZONAS AFECTADAS _____

(c) DEFENSAS EXISTENTES _____

(d) DAÑOS OCASIONADOS _____
14. ATRACCIONES TURISTICAS _____
15. RECURSOS NATURALES _____

(a) ANIMALES _____

(b) VEGETALES _____

(c) MINERALES _____
16. PROBLEMAS DE VIVIENDA _____
17. PROBLEMAS DE DESEMPLEO _____
_____
_____

V. INFORMACION TOPOGRAFICA

1. MAPAS DE LA ZONA _____
2. LEVANTAMIENTOS PRELIMINARES EFECTUADOS _____
3. AEROFOTOGRAFIAS DE LA ZONA _____
4. CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS DE LA ZONA _____
5. FUENTES DE INFORMACION _____

6. OBSERVACIONES GENERALES _____

VI. INFORMACION GEOLOGICA

1. ESTUDIOS GEOLOGICOS EFECTUADOS _____
2. CARACTERISTICAS GEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTRUCTURAS _____
3. CARACTERISTICAS GEOLOGICA DE LA ZONA DE PRESTAMOS _____
4. FUENTES DE INFORMACION _____

5. OBSERVACIONES GENERALES _____

VII. OTRAS INFORMACIONES Y OBSERVACIONES

Estos capítulos podrán contener la siguiente información :

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.
1.1 Motivación.
1.2 Objetivos.

2. UBICACION.
2.1 Ubicación política.
2.2 Ubicación geográfica.
2.3 Ubicación hidrográfica.
2.4 Vías de Acceso.
2.5 División de las cuencas en zonas.

3. INFORMACION SOCIO-ECONOMICA.
3.1 Demografía.
3.1.1 Demografía de la Cuenca.
(a) Urbana.
(b) Intermedia
(c) Rural

3.1.2 Demografía de los centros poblados.
3.1.3 Características significativas de la demografía.
3.2 Servicios Públicos.
3.2.1 Servicios Sanitarios.
(a) Médico asistenciales
(b) Agua potable
(c) Alcantarillado
(d) Requerimientos futuros

3.2.2 Servicios educacionales.
3.2.3 Servicios de comunicación y transporte.
(a) Terrestre
(b) Aéreo
(c) Acuático
(d) Telégrafo y correo
(e) Teléfonos

3.2.4 Servicio de energía eléctrica.
(a) Fuente térmica
(b) Fuente hidráulica
(c) Requerimientos futuros

3.2.5 Instalaciones recreacionales.
3.3 Desarrollo agrícola.
3.3.1 Principales renglones de producción agropecuaria y sus rendimientos.
3.3.2 Formas de explotación de la tierra.
3.3.3 Asentamientos del Instituto Agrario Nacional.
3.3.4 Problemas de mercadeo en la zona.
3.3.5 Precio de la tierra.
(a) Zonas regables
(b) Zonas inundables por obras hidráulicas.

3.3.6 Instalaciones agrícolas existentes.
3.3.7 Existencia de regadíos.
(a) Fuentes superficiales
(b) Fuentes del subsuelo

3.4 Desarrollo industrial.
3.4.1 Gran industria.
3.4.2 Pequeña y mediana industria.
3.5 Zonas afectadas por inundaciones.
3.5.1 Areas urbanas
3.5.2 Areas agrícolas
3.5.3 Magnitud de los daños anuales.
3.6 Recursos naturales de la cuenca.
3.6.1 Animales.
3.6.2 Forestales.
3.6.3 Minerales.
3.7 Diagnóstico de la problemática regional.

4. INFORMACION TOPOGRAFICA.
4.1 Mapas disponibles (escala).
4.2 Aerofotografías.
4.3 Levantamientos topográficos efectuados.
4.3.1 Sitios de presa y embalse.
4.3.2 Zonas de riego.
4.3.3 Otras estructuras.

5. INFORMACION HIDROLOGICA.
5.1 Características de la cuenca.
5.1.1 Superficie hasta los sitios seleccionados.
5.1.2 Patrón de drenaje.
5.1.3 Pendiente y tipos de cauces.

5.2 Precipitación.
5.3 Escorrentía superficial en los sitios seleccionados.
5.4 Caudales de estiaje.
5.5 Crecientes máximas en los sitios seleccionados.
5.6 Acarreos de sedimentos.
5.7 Agua subterránea.
5.7.1 Pozos existentes.
5.7.2 Características de los acuíferos.
5.7.3 Potencial de la zona.
5.8 Evaporación.
5.9 Temperatura.
5.10 Estaciones pluviométricas e hidrométricas.
5.11 Contaminación y calidad de las aguas.
5.12 Estudios hidrológicos previamente efectuados.

6. INFORMACION AGROLOGICA.
6.1 Suelos de la cuenca.
6.1.1 Superficie de suelos regables.
6.1.2 Características de los suelos regables.
(a) Profundidad
(b) Textura
(c) Pedregosidad
(d) Erosión
(e) Cantidad de carbonatos.
(f) Acidez
(g) Color
(h) Drenaje
(i) Zonas salinas

6.2 Requerimientos de riego.
6.3 Estudios agrológicos previamente efectuados.

7. INFORMACION GEOLOGICA.
7.1 Provincias fisiográficas.
7.2 Geología superficial de los sitios de estructuras.
7.2.1 Sitios de presa.
7.2.2 Embalses.
7.2.3 Materiales de construcción.
7.2.4 Otras estructuras.
7.3 Estudios geológicos previamente efectuados.

8. DEFINICION DE ALTERNATIVAS.
8.1 Alternativas de aprovechamiento (variantes).
8.2 Propósitos a considerar.
8.3 Criterios de diseño.
8.3.1 Vida útil de las estructuras.
8.3.2 Período de diseño.
8.3.3 Materiales de construcción.
8.4 Predimensionado de las diferentes estructuras.
8.5 Características de las diferentes estructuras.
8.6 Costo de las obras.

9. ESQUEMA OPTIMO DE APROVECHAMIENTO.
9.1 Evaluación económica de las diferentes alternativas.
9.1.1 Costos directos.
9.1.2 Costos asociados.
9.1.3 Beneficios tangibles.
9.1.4 beneficios intangibles.
9.1.5 Relación beneficio-costo de cada alternativa.
9.2 Otros factores a tomar en cuenta en el establecimiento de prioridades.
9.3 Comparación de soluciones alternas.
9.4 Esquema de aprovechamiento.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
10.1 Conclusiones.
10.2 Recomendaciones.

BIBLIOGRAFIA

(1) _____, Planeamiento de Cuencas Hidrográficas. Manuales Técnicos (Provisionales) Gobierno de Venezuela. Fondo Especial de la ONU. FAO-CBR. Caracas, Mayo 1966.

(2) Gabaldón, A. J. Sobre la Conveniencia de Efectuar Estudios Preliminares de Cuencas Hidrográficas en los paises Sub-desarrollados. Conferencia de Agua para la Paz. Washington, D. C. Mayo 1967.

(3) _____, Plan Nacional de Obras Hidráulicas. Programa 1965-1968. República de Venezuela. Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas.

(4) VEN-TE-CHOW Handbook of Applied Hydrology. Mc Graw Hill. New York

1964.

(5) _____, Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects. Subcommitee on Evaluation Standards. Mayo 1958.

OTRAS OBRAS CONSULTADAS

(1) Linsley, R. K., Kohler, M. A., y Paulhus, J. L., "Applied Hydrology", Mc Graw-Hill, New York. 1949.

(2) _____, "Desing of Small Dams". Bureau of Reclamation, United States Departament of the Interior. 1960.

(3) Betancourt, F. "Instructivos para Levantamientos Topográficos". Publicaciones de la Dirección de Obras Hidráulicas.

(4) _____, "Manual de Clasificación de Tierras con Fines de Riego". Bureau of Reclamation, United States Departament of the Interior. Traducción hecha por la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas.

(5) _____, "Manual de Procedimiento". División de Acueductos Rurales, Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social.

(6) Linsley, R. K. Franzini J. B. "Water Resources Engineering" Mc .Graw-Hill New York.

(7) Houk, I., "Irrigation Engineering" Wiley, New York . 1956.

(8) Krynine D., Judd W., "Principles of Engineering Geology and Geotechnics. Mc Graw-Hill. New York. 1957.

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CAPITULO II
INFORMACION HIDROLOGICA

DIVISION DE PLANEAMIENTO

CAPITULO II.

INFORMACION HIDROLOGICA

1. Estimación de la Precipitación Media.
2. Estimación del Rendimiento Medio Anual.
3. Estimación de la Evaporación Media Anual.
4. Estimación de la Producción de Sedimentos.
5. Estimación Preliminar de Capacidades Utiles y Rendimientos Garantizados de Embalses.
6. Método para la Determinación Preliminar del Balance Hídrico de una Región.
7. Regionalización de Curvas de Frecuencias de Crecientes para Venezuela.
8. Curvas Típicas de Duración de Caudales de Ríos Venezolanos.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE PLANEAMIENTO

SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 1

ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MEDIA

Por:

Ingº Luis Rotundo

Caracas, Febrero 1967

INDICE

PAGINA

1.	OBJETIVO.	2
2.	FORMACION DE LAS LLUVIAS Y FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR SU DISTRIBUCION.	2
2.1	Formación de las lluvias.	2
2.2	Factores que afectan la distribución de las lluvias.	2
2.3	Indices de la distribución de las lluvias.	3
3.	ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MEDIA.	4
3.1	Método aritmético.	4
3.2	Método de los polígonos de Thiessen.	4
3.3	Método de las isoyetas.	5
4.	INFORMACION REQUERIDA.	5
4.1	Mapas.	5
4.2	Datos registrados de lluvia.	5
5.	APLICACION DE LOS METODOS EXISTENTES.	7
5.1	Método aritmético.	8
5.2	Método de los polígonos de Thiessen.	9
5.3	Método de las isoyetas.	10
	BIBLIOGRAFIA.	11

1 OBJETIVO

El objetivo de esta publicación es presentar los métodos que permiten estimar la precipitacion media que cae sobre una zona. Antes de exponer dichos métodos se hace una pequeña descripción del proceso de formacion de las lluvias y de los factores que la pueden afectar, a fin de permitir la evaluación personal, por parte del analista, de dichos factores y por lo tanto poder llegar a una distribución de la precipitación más cercana a la realidad. Una vez explicados los métodos para el cálculo de la lluvia media se incluye un ejemplo ilustrativo de los mismos.

Por ser la precipitación uno de los factores más importantes de tener en cuenta en los proyectos de obras hidráulicas, su estudio debe ser hecho en la mejor forma posible, dentro de las limitaciones impuestas por los datos disponibles y procurando obtener los resultados más precisos, no obstante la preliminaridad de la investigación.

2 FORMACION DE LAS LLUVIAS Y FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR SU DISTRIBUCION

2.1 Formación de las lluvias. Al elevarse una masa de aire húmedo, la presión atmosférica disminuye, originándose una expansión del mismo, y reduciéndose su temperatura, como consecuencia del trabajo realizado a expensas de su propio calor. Como la tensión de saturación disminuye con la temperatura, se favorece la condensación del vapor de agua, produciéndose pequeñas gotas de agua que forman las nubes.

Posteriormente las pequeñas gotas de agua se van uniendo entre sí, aumentando su volumen y por lo tanto su velocidad descendente, hasta llegar al suelo en forma de precipitación

Mayor información acerca del proceso de formación de las lluvias puede ser encontrada en "Hydrology for Engineers" de Ray K. Linsley, M.A Kohler y J.L. Paulhus (2).

2.2 Factores que afectan la distribución de las lluvias. Los principales factores que afectan la distribución de las lluvias son entre otros: (a) la cercanía a mares y grandes lagos, (b) la orografía y (c) las perturbaciones atmosféricas de carácter local.

(a) Si se supone el resto de las características de varias zonas, iguales; es más probable observar precipitaciones altas en aquellas que se encuentran próximas a grandes masas de agua, ya que el aire llega a tierra cargado de hu

medad, especialmente si los vientos dominantes proceden de dichas masas.

(b) La orografía juega también un papel importante en la distribución de las lluvias. Por ejemplo, la precipitación es mayor en las laderas de las montañas expuestas a los vientos, ya que obligan a las masas de aire húmedo a ascender con la consiguiente pérdida de temperatura y producción de la lluvia. Para las mayores elevaciones, los vientos se han descargado de humedad, por lo que es común observar una disminución en la precipitación. Así mismo, se observa una menor cantidad de lluvia en los valles situados a sotavento de macizos montañosos de importancia.

(c) En cuanto a las perturbaciones atmosféricas de carácter local en Venezuela, se deben tomar en consideración algunas que pueden causar en sus zonas de influencia, lluvias de extraordinaria magnitud. Entre las más importantes se pueden nombrar las siguientes: (ver Capítulo II, Parte 2, Estimación del Rendimiento Medio Anual)

- El Frente Norte, causado por el avance de grandes masas de aire polar, puede causar, a lo largo de todo el litoral del país, precipitaciones de extraordinaria magnitud.

- La convergencia Intertropical, llamada también Frente Ecuatorial, produce la mayor parte de la precipitación en Venezuela, siendo más marcada su influencia en las regiones Sur y Sureste del país.

- Los fenómenos propios de la masa de aire tropical que pueden causar los siguientes fenómenos:

(a) Convergencia local de vientos sobre la región de Barlovento.

(b) Collado o Col, sobre las cordilleras cercanas al Mar Caribe.

(c) Baja de presión sobre el Lago de Maracaibo, a causa de los cuales se producen sobre las zonas indicadas precipitaciones de gran magnitud.

2.3 Indices de la distribución de las lluvias. Es conveniente al hacer la estimación de la lluvia media, tener presente una serie de factores que pueden servir como índices de la distribución de las lluvias. Entre estos índices los más importantes de mencionar son: la elevación de las diversas zonas y la vegetación existente en ellas. En cuanto a la elevación de las diferentes zonas, en Venezuela se ha observado que las máximas precipitaciones suelen ocurrir en

tre los 1500 y 2000 m.s.n.m.

En cuanto a la vegetación, es lógico suponer que ésta se desarrolle mejor en aquellas zonas donde existan factores que la favorezcan, siendo el agua uno de los principales, a una mayor cantidad de agua corresponderá una vegetación más desarrollada, por lo tanto si se razona a la inversa se podrá decir que en aquellas zonas donde la vegetación se encuentre desarrollada es probable que la precipitación sea más alta que la de las zonas donde la vegetación es pobre.

3. ESTIMACION DE LA PRECIPITACION MEDIA

La estimación de la precipitación media sobre una zona puede ser hecha mediante uno de los siguientes métodos y teniendo en cuenta las consideraciones que de cada uno se hacen:

3.1 Método aritmético. Es el más simple de los métodos existentes y consiste, simplemente, en igualar la precipitación media caída sobre una zona, al promedio aritmético de las lluvias registradas en las estaciones pluviométricas situadas en el área problema. Este método sólo será aplicable a zonas planas donde las estaciones presenten una distribución uniforme y las lluvias registradas en cada pluviómetro no difieran mucho entre sí.

3.2 Método de los polígonos de Thiessen. Este método es aplicable a zonas planas con una distribución de estaciones no uniforme y en las cuales la orografía no juegue papel importante sobre la producción de la lluvia.

La estimación de la precipitación media por el método de Thiessen es hecha de la siguiente forma: se dibujan en un mapa de la zona las estaciones situadas en su interior y exterior pero cercanas a ella. Luego se une por medio de trazos rectos cada estacion con las estaciones circunvecinas tratando de formar triángulos, cuyos lados sean de la menor longitud posible. Una vez dibujado los triángulos se trazan las mediatrices de cada uno de sus lados, estas mediatrices formarán unos polígonos alrededor de cada estación. Se supone que los lados de los polígonos son los linderos de las zonas de influencia de cada estación. Luego se mide el área de cada polígono situada dentro de la zona problema, y se expresa dicha área como una fracción del area total.

La lluvia media es la sumatoria de los productos de la lluvia registrada en cada estación, por la fracción del área total representada por su polígono de influencia.

3.3 Método de las isoyetas. El método consiste en dibujar sobre elmapa de la zona problema, las estaciones registradoras de las lluvias, trazando luego las curvas de igual precipitación o isoyetas. La precipitación media es el cociente de la sumatoria de los productos del área entre dos isoyetas, comprendida en la zona, por la precipitación media entre ambas (esta precipitación media no tiene porque ser la media aritmética), dividida por el área total de la zona.

Se observan en este método una serie de ventajas para la correcta estimación de la lluvia media. En la construcción de un mapa de isoyetas el analista puede poner en práctica todos sus conocimientos acerca de la distribución de las lluvias y de la influencia que sobre ellas tienen los factores orográficos, pudiendo con toda seguridad representar el mapa una copia más fiel de lo que ocurre en la realidad.

Claro está, que la mayor o menor certeza en la estimación hecha por el método de las isoyetas, dependerá de la habilidad del analista y que así mismo como los resultados obtenidos pueden ser los más realistas, también pueden ser los más alejados de la realidad.

Ya para concluir es conveniente recordar que se debe tener en cuenta, los campos y condiciones de aplicación de cada uno de los métodos existentes y que en general ninguno de ellos es mejor que otro, sino que todos serán tan buenos o tan malos, dependiendo exclusivamente de la buena o mala aplicación que de cada uno de ellos se haga.

Una discusión más amplia de los métodos expuestos puede ser hallada en el libro "Hydrology for Engineers" anteriormente nombrado.

4. INFORMACION REQUERIDA

La información básica requerida para hacer la estimación de la lluvia media es de dos tipos diferentes.

4.1 Mapas. Sin duda alguna que se necesitarán mapas de la región que se va a estudiar. Estos mapas o cartas cartográficas deberán estar dibujadas en escalas, tales, que dando una visión del conjunto, permitan apreciar los detalles orográficos. Se recomiendan los mapas en escala 1:100.000 provistos de curvas de nivel como uno de los más apropiados para realizar la estimación. Estos se pueden hallar en la Dirección de Cartografía Nacional del Ministerio de Obras Públicas.

4.2 Datos registrados de lluvia. Es obvio que la estimación se basa en lo que ya a

conteció y por lo tanto se requerirá conocer el pasado de la lluvia para poder conocer el futuro.

Este pasado es posible conocerlo gracias a las estaciones hidrológicas que permiten recoger y medir las aguas de la lluvia. Estas son de diferentes tipos y cada uno tiene su razón de ser. Los pluviómetros de cántaro, consisten, como su nombre lo indica en un simple recipiente o "cántaro" que recoge las aguas de lluvia y las almacena para que luego pueda venir el observador y mida la cantidad de agua caída. Son colectores que almacenan el agua caída en períodos más o menos cortos, y permiten medir el agua recogida en el período. Cuando este período de tiempo es corto se llama "pluviómetro de cántaro", cuando los períodos son largos, seis meses o un año, se le conoce con el nombre de "pluviómetro totalizador". Otros tipos de pluviómetros están provistos de sistemas de relojería que permiten mediante mecanismos especiales, hacer el gráfico de la lluvia que cae en cada momento, éstos reciben el nombre de pluviómetros registradores o simplemente pluviógrafos. Los datos obtenidos de estos últimos suelen ser los de mayor confianza, ya que los procedimientos automáticos evitan los posibles errores personales del observador.

Estos pluviómetros se instalan formando redes pertenecientes a diversos organismos, en los cuales deberán ser solicitados los datos requeridos. Los principales organismos son:

(a) Ministerio de Obras Públicas - División de Hidrometeorología.

La División de Hidrometeorología publica en forma regular los "Anuarios Climatológicos" donde aparecen, entre otros, los datos de lluvias medidas, en las diferentes estaciones pluviométricas de la red del Ministerio de Obras Públicas.

Por razones técnicas de compilación, procesado y reproducción de los datos, dichos anuarios suelen salir con un año de atraso, esto no significa que los datos del último año no se puedan utilizar ya que se encuentran al día y a disposición de quien los solicite en el archivo de la División.

(b) Instituto Nacional de Obras Sanitarias - Departamento de Hidrología.

(c) Fuerza Aérea Venezolana - Servicio de Meteorología.

(d) Ministerio de Agricultura y Cría:

a) Servicio de Meteorología Agrícola
b) Dirección de Recursos Naturales Renovables

(e) Redes Particulares - Los datos de algunos de ellos pueden ser obtenidos en el Ministerio de Obras Públicas.

(f) Otras redes más pequeñas han sido instaladas por la Corporación Venezolana de Guayana, Compañias Petroleras, Electricidad de Caracas, C.A., etc.

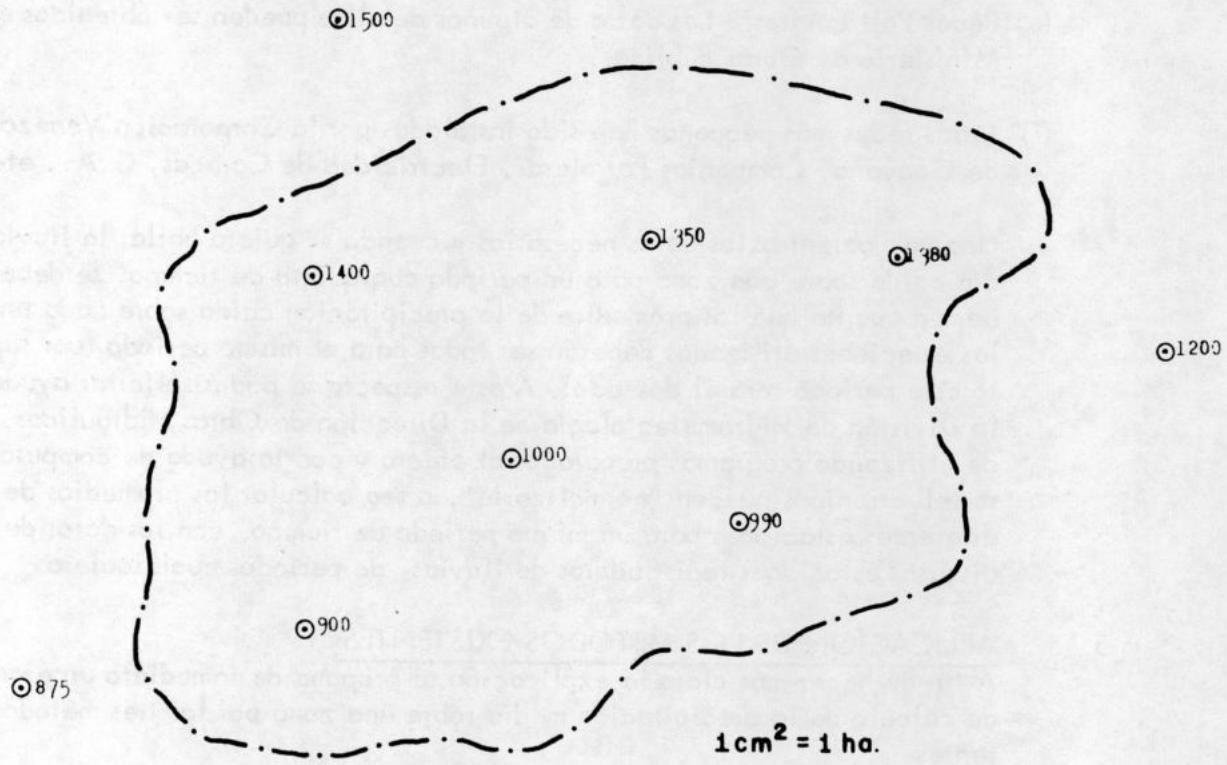
Una vez obtenidos los datos necesarios y cuando se quiera hallar la lluvia media caída sobre una zona para un período cualquiera de tiempo, se deberá tener en cuenta que los promedios de la precipitación caída sobre cada una de las estaciones utilizadas deberán ser todas para el mismo período (por supuesto este período será el deseado). A este respecto se podrá solicitar ayuda a la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidráulicas, donde utilizando programas preparados al efecto y con la ayuda de computadores electronicos pueden "normalizarse", o sea calcular los promedios de las diferentes estaciones para un mismo período de tiempo, con los datos de las diversas estaciones registradoras de lluvias, de períodos cualesquiera.

5. APLICACION DE LOS METODOS EXISTENTES

A fin de hacer más clara la explicación se propone de inmediato un ejemplo de cálculo de la precipitación media sobre una zona por los tres métodos existentes.

Ver página siguiente.

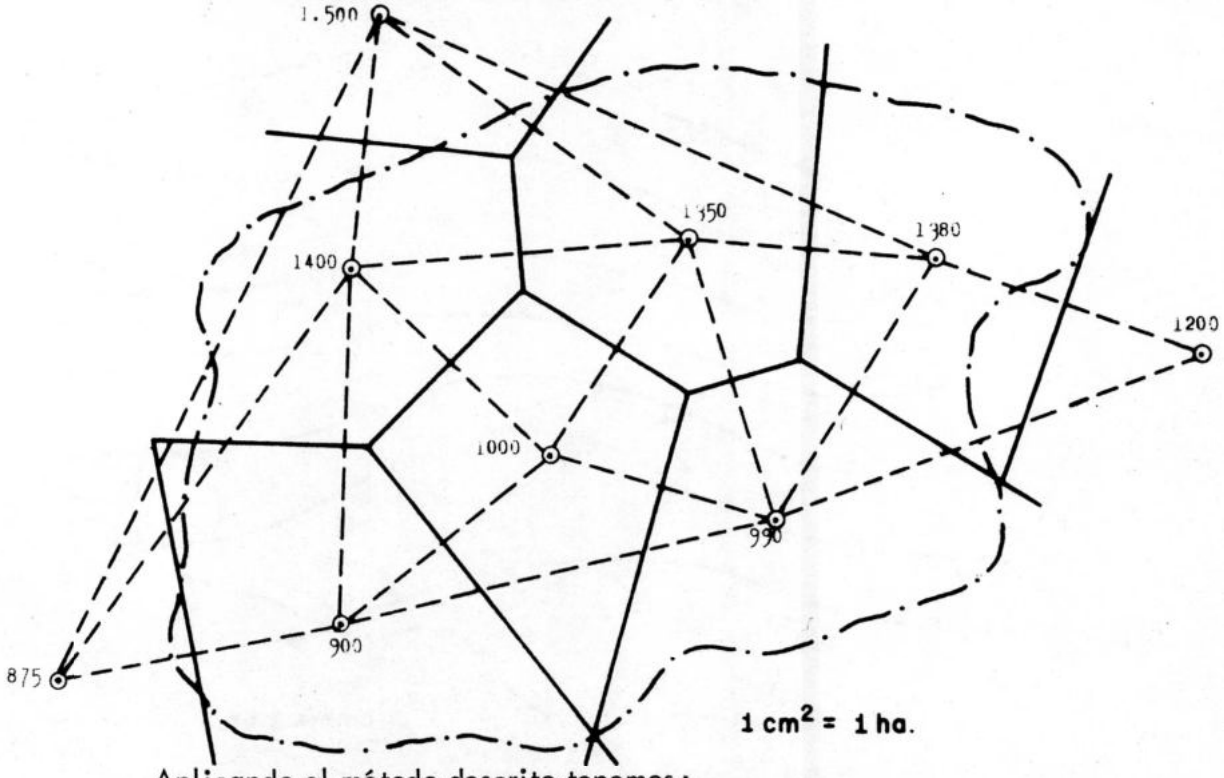
5.1 Método del promedio aritmético



De acuerdo a la explicación antes hecha

$$Pm = \frac{1400 + 1350 + 1380 + 1000 + 990 + 900}{6} = 1170 \text{ mm}$$

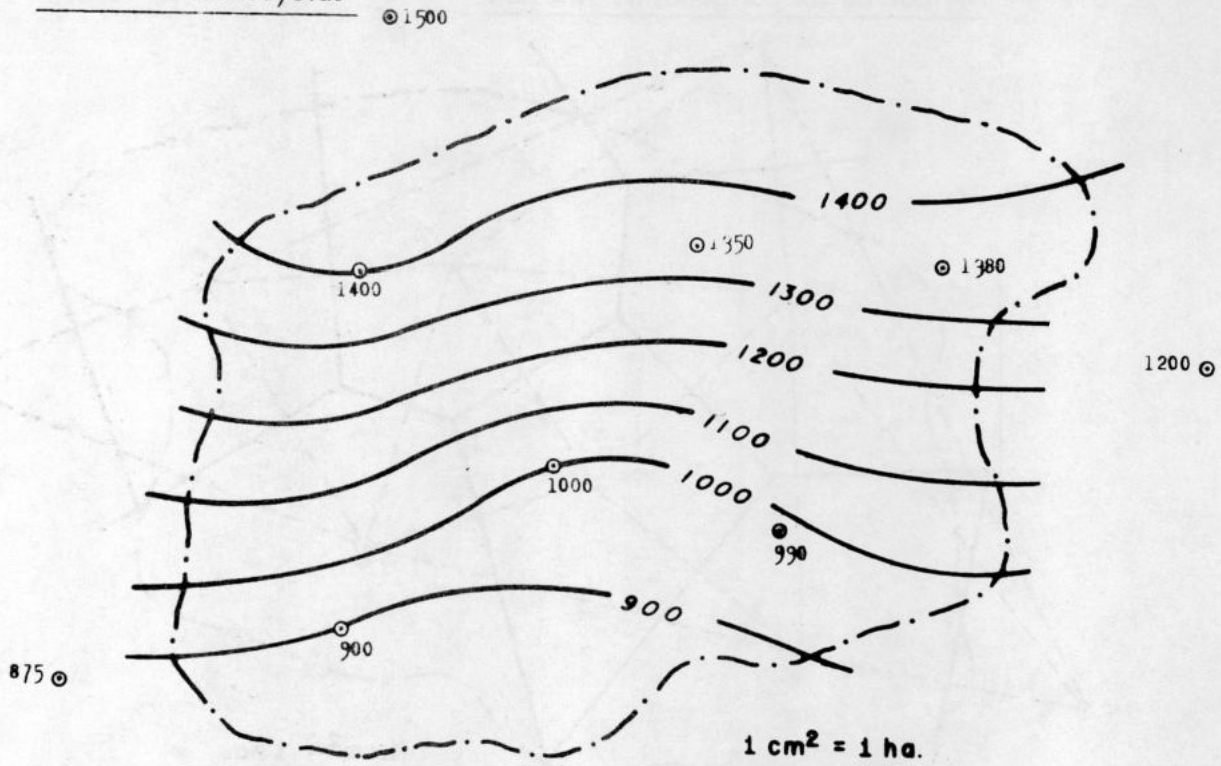
5.2 Método de los polígonos de Thiessen



Aplicando el método descrito tenemos :

Precipitación Registrada (1)	Area dominada (2)	% Area Total 3 = 2 / 2	% Precip. Media 4 = 1 x 3
875	0,21	,0025	2,19
900	15,78	,1892	170,28
990	14,84	,1780	176,22
1200	0,00	,0000	0,00
1000	12,90	,1547	154,70
1400	12,40	,1487	208,18
1350	14,63	,1755	236,93
1380	12,12	,1454	200,65
1500	0,50	,0060	9,00
	83,38	1.0000	1158,15

5.3 Método de las isoyetas



Procediéndo en la forma indicada

Isoyetas (1)	Precipit. Media (2)	Area (3)	(4) = (2) x (3)
900	860	11,53	9915,80
900	950	14,00	13300,00
1000	1050	10,60	11130,00
1100	1150	10,76	12374,00
1200	1250	8,68	10850,00
1300	1350	14,57	19669,50
1400	1425	13,11	18681,75
1400		83,25	95921,05

$$Pm = \frac{95921,05}{83,25} = 1152,2$$

BIBLIOGRAFIA

(1) J.L. Gomez Navarro y J.J. Aracil. "Saltos de Agua y Presas de Embalse". Tipografía Artística. Madrid 1.952.

(2) R.K. Linsley, M.A. Kobler y J.L. Paulhus. "Hydrology for Engineers" Mc Graw Hill Book. Company Inc. New York 1.958.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE PLANEAMIENTO

SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 2

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO MEDIO ANUAL

Por:

Ingº Guido Posewitz

Caracas, Febrero 1966

I N D I C E

		Pag.
1.	OBJETIVO	4
2.	RELACION GENERAL ENTRE LLUVIA Y ESCURRIMIENTO.	4
2.1.	Area de la hoya	4
2.2.	Lluvia Media.	4
2.3.	Escorrentía o Escurrimiento	4
2.4.	Coeficiente de Escorrentía	5
2.5.	De qué depende la Escorrentía Anual	5
3.	DATOS OBSERVADOS DE ESCORRENTIA	6
3.1.	Datos existentes de Escorrentía	6
3.2.	Compensación de los valores medios anuales de largo período	6
3.3.	Elaboración del Mapa de Escorrentía anual	7
3.4.	Valores estimados de la Escorrentía	8
4.	DATOS DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL	8
4.1.	Anotaciones sobre el cálculo de las lluvias medias	9
5.	RELACION ENTRE LLUVIA MEDIA Y COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE DIFERENTES CUENCAS	10
5.1	Resumen de los datos de las cuencas estudiadas	11
6.	APLICACION DE LAS RELACIONES CONOCIDAS PARA CUENCAS DESCONOCIDAS	13
6.1.	Rendimiento de subcuencas en cuencas ya conocidas	13
6.2.	Utilización de datos de cuencas vecinas para el cálculo de rendimientos.	14
7.	RESUMEN	15
8.	RECOMENDACIONES	16

INDICE

TABLA No. 2 - 1 : Datos observados de escorrentía.

TABLA No. 2 - 2 : Resumen de los datos promedios de la relación lluvia media anual vs. coeficiente de escorrentía en las cuencas estudiadas Mapa Indice.

GRAFICOS Nos. 2-1, 2-19 : Curvas de las relaciones estudiadas del coeficiente de escorrentía vs. lluvia media anual.

ANEXO " A " : Procedencia y datos anuales para la determinación de las curvas de la relación coeficiente de escorrentía vs. lluvia media anual correspondiente a los GRAFICOS Nos. 2-1 al 2-18.

Mapa de Escorrentía Anual.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente a las siguientes entidades y personas por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo:

Secciones de Fluviometría, Estudios Hidrológicos, Dibujo y Estadística y Publicaciones de la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Ing. José Curiel

Ing. Arnoldo J. Gabaldón

Ing. Leopoldo Ayala

****

1. OBJETIVOS

En casi todos los casos de aprovechamiento de los recursos hidráulicos la primera pregunta es: ¿qué cantidad de agua se dispone ?. o sea, cuál es el rendimiento del río en un sitio determinado?. En los sitios donde existen estaciones fluviométricas los registros dan dicha contestación (*) pero en la mayoria de los casos no se encuentran datos directos sobre los rendimientos por lo cual deben estimarse por comparación con datos obtenidos en cuencas hidrológicamente semejantes o calcularlas a partir de las lluvias medias anuales correspondientes a la cuenca en cuestión, aplicando un coeficiente de escorrentía. El problema entonces se reduce a escoger correctamente el coeficiente de escorrentía.

2. RELACION GENERAL ENTRE LLUVIA Y ESCURRIMIENTO - DEFINICIONES.

2.1 Area de la Hoya. Se obtiene al dibujar la divisoria de aguas correspondiente a la zona de estudio, en un mapa adecuado (posiblemente a escala 1:25000 ó 1 : 100.000) y se mide su superficie con planímetro. El área de la hoya debe expresarse en Km^2.

2.2 Lluvia Media. La lluvia es distinta en las diversas partes de la cuenca. Para los cálculos de rendimiento es preciso obtener la lluvia media o sea el valor promedio de la lluvia caída sobre toda la hoya, expresada en mm de altura, que multiplicado por la superficie de la hoya da por resultado el volúmen de la lluvia caída en la cuenca.

Para el cálculo de la lluvia media existen 3 métodos a saber: (ver Capítulo II, Parte 1, Estimación de la Precipitación Media)

(a) Promedio Aritmético

(b) Isoyetas

(c) Método de los polígonos de Thiessen

2.3 Escorrentía o escurrimiento. Se entiende por escorrentía aquella porción de la lluvia que fluye por un punto seleccionado del drenaje de la cuenca, o sea, es la cantidad remanente después de sustraerle a la precipitación las

(*) Resumen de Datos Hidrométricos 1940 - 1962 y los Anuarios Hidrométricos 1961 - 1962, 1962 - 1963, 1963 - 1964 y 1964 - 1965 editados por la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología del M.O.P.

pérdidas por evaporación y transpiración. El escurrimiento puede ser superficial cuando es suceptible de aforarse o subterráneo, principalmente por el subalveo, cuando sigue su camino entre los sedimentos permeables del valle, por lo cual no es suceptible de aforarse. El escurrimiento se calcula dividiendo el volúmen escurrido registrado durante un tiempo determinado (año, mes, duración de una creciente, etc) por la superficie del área tributaria de la hoya El resultado es siempre expresado en mm (*) en forma análoga a la lluvia media. Por tal razón se denomina también como "lámina escurrida" la escorrentía o escurrimiento. En lo siguiente se utiliza el año climático como la unidad del tiempo. Por ejemplo: 60 significa el período comprendido desde el 1-4-1960 hasta el 31-3-1961.

2.4 Coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía es la relación entre la lámina escurrida y la lluvia caída en una cuenca especifica y durante un tiempo determinado (año). Como ambos valores son expresados en mm, el coeficiente significa el tanto por ciento de la lluvia que escurre.

2.5 ¿ De qué depende la escorrentía anual?. La escorrentía anual depende de los siguientes factores:

(a) Cantidad y distribución de la lluvia anual. Debido a que el escurrimiento crece exponencialmente con la lluvia, la misma cantidad anual de lluvia puede producir diferentes escurrimientos, por ejemplo: un aguacero de 100 mm de precipitación produce mucho más escurrimiento que 10 lluvias de 10 mm cada una.

(b) Tipo de suelo y geología del subsuelo. Estos factores influyen en la capacidad de infiltración; los materiales impermeables son los que producen más escorrentía.

(c) Cobertura Vegetal. Influye en la retención de la lluvia caída y las pérdidas por evapotranspiración.

(d) Pendiente del terreno. Mayor pendiente produce más escorrentía y viceversa.

(e) Clima. La mayor intensidad de las lluvias produce más escorrentía y la mayor temperatura aumenta las pérdidas por evapotranspiración.

(*) 1 mm de escurrimiento representa sobre un área de 1 Km^2 1.000 m^3 de volúmen de agua escurrida.

(f) Situación orográfica en vista a los vientos dominantes. Las faldas de las montañas expuestas a vientos dominantes reciben siempre más lluvia y por lo tanto tienen mayor escurrimiento.

(g) Acción del Hombre. Las talas, quemas o construcciones, son factores que afectan el escurrimiento y hasta pueden cambiar la relación lluvia media-escorrentía, en la misma cuenca.

En resumen: en cada hoya la escorrentía principalmente depende de las precipitaciones, pero los factores individuales de la hoya determinan qué cantidad de las lluvias caídas llegan a escurrir. Por lo cual es recomendable determinar la relación lluvia media - escorrentía por observaciones directas individualmente para cada cuenca. En estudios preliminares, para mejor comparación entre diferentes hoyas es más práctico utilizar la relación lluvia media - coeficiente de escorrentía. El valor del escurrimiento es entonces el producto del coeficiente de escorrentía por la lluvia media correspondiente a la hoya en estudio.

3. DATOS OBSERVADOS DE ESCORRENTIA.

Para determinar la relación lluvia media vs escorrentía, es indispensable conocer este último factor por observaciones directas en las estaciones hidrométricas, y las lluvias medias se calculan según lo descrito en el párrafo 2.2 y para el mismo período del cual se conoce la escorrentía.

3.1 Datos existentes de escorrentía. Se anotaron en la Tabla No. 2-1 (Veáse anexo) todos los sitios de Venezuela donde existen datos observados sobre escorrentía con los valores medio anuales observados para el período de registro, además los compensados para el período correspondiente a los años 1951- 64 que se escogió como período base de comparación y que corresponde a valores promedios de largo período.

3.2 Compensación de los valores medios anuales de largo período. Para el período base escogido (1951- 64) se compensaron los valores donde el registro correspondiente no fué completo. La compensación se hizo con los datos de las estaciones vecinas y climáticamente parecidas, donde existían datos completos de todo el período.

Las compensaciones se hicieron con la siguiente fórmula:

$$\overline{A} = \overline{B}\ \frac{An}{Bn}$$ donde:

$\overline{A}$ = escorrentía promedio del periodo 1951/52 - 1964/65 en la estación "A" en estudio.

$\overline{B}$ = escorrentía promedio del periodo 1951/52 - 1964/65 en la estación básica "B".

An= promedio de la escorrentía correspondiente a los años (n) observados en la estación "A".

Bn= el mismo promedio correspondiente en la estación "B".

En los casos donde los datos no eran adecuados para hacer la comparación se indicó que el valor era estimativo por medio de un asterisco.

3.3 Elaboración del Mapa de Escorrentía Anual. Los valores observados y compensados de la escorrentía correspondiente al período base (1951 - 64) se anotaron en el Mapa de Escorrentía Anual en sus cuencas respectivas. En las cuencas donde existen dos, o más estaciones fluviométricas se han calculado los valores parciales de la escorrentía correspondiente a las sub-cuencas. Estos valores siempre representan las escorrentías medias de las cuencas parciales respectivas donde existen observaciones directas.

Es interesante observar la enorme diferencia entre los valores de la escorrentía de las cuencas hidrográficas correspondientes a diferentes zonas del país, las cuales oscilan entre 20 y 2500 mm/año, o sea la zona de mayor precipitación produce 125 veces más escurrimiento que la zona más árida.

Para dar una orientación clara sobre la distribución de los recursos hidráulicos del país se han reunido los valores de escorrentía en 6 grupos, los cuales están marcados con los siguientes colores:

Grupo No.	Escorrentía anual en mm.	Rendimiento.	Color.
1	0 - 80	muy bajo	amarillo
2	80 - 200	bajo	naranja
3	200 - 300	regular	rojo
4	300 - 700	bueno	marrón
5	700 - 1.400	alta	verde
6	1.400 - 2.500	muy alta	azul

Entre las cuencas con rendimientos muy bajos existen fenómenos especiales

que debemos mencionar:

(a) En la cuenca del río Palmar entre las estaciones fluviométricas El Diluvio y Las Múcuras existen regadíos y además el agua del río se infiltra en las capas permeables los cuales conducen el subalveo del río hacia el Lago de Maracaibo.

(b) En la cuenca del río Bucares el subalveo del río juega un papel importante

(c) En las cuencas de los ríos Morere, Tocuyo Alto y Turbio existen zonas bajo riego de consideración.

(d) En el río Aroa gran parte del caudal se infiltra en las capas permeables del mismo valle y sigue su curso como subalveo.

(e) Lo mismo se supone en los casos de los dos ríos Aragua en La Chorrera y en El Vallito en el Estado Anzoátegui.

3.4 Valores estimados de la escorrentía. Para dar mejor orientación sobre la distribución de la escorrentía en el país se anotaron también valores estimativos de diferentes zonas, donde existían estudios preliminares. Tal anotación se hizo rayando con los colores indicados correspondiente a los 6 grupos.

En las regiones hidrográficas II, III (Estados Falcón, Lara y Yaracuy) y IV (Estados Barinas, Portuguesa, Cojedes y Guárico) se utilizaron los resultados de los estudios "Evaluación Preliminar de los Recursos Hidráulicos de las Regiones Hidrográficas II y III" por Sebastián Paz C. y Luis E. Madriz B. con fecha de Julio de 1965 y "Evaluación Preliminar de los Recursos Hidráulicos de Venezuela primera parte (Región IV)" por Oscar Ayala B, Luis J. Díaz y Pedro Palacios R. con fecha de Julio de 1964 respectivamente.

Los datos correspondientes a la zona oriental del país se tomaron de diferentes estudios hidrológicos que el autor del presente trabajo ha elaborado en la División de Hidrometeorología.

4. DATOS DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL.

En el país existe una red de las estaciones pluviométricas con cuyos datos se han elaborado diferentes mapas isoyéticos. Los mapas isoyéticos de precipitación media anual normalizada para largo período y elaborados por la Sección de Meteorología de la División de Hidrometeorología del M.O.P.

muestran la distribución de las lluvias anuales en el país y están acordes con el Mapa de Escorrentía Anual.

Se intentó dibujar tales isoyetas sobre el Mapa de Escorrentía Anual, pero por razones de dibujo técnico se abstuvo, para no complicar demasiado la interpretación del mapa mencionado.

La utilidad de los mapas isoyéticos en gran escala que cubren todo el país es solamente de orientación. Para estimar los rendimientos de cuencas determinadas debe calcularse separadamente la lluvia media anual.

4.1 Anotaciones sobre el cálculo de las lluvias medias. En ningún caso es aconsejable aumentar las isoyetas de una escala grande (1:1.000.000, 1:500.000), a escalas más pequeñas (1:100.000, 1:250.000) por el uso del pantógrafo, pues ese procedimiento puede llevar a errores muy grandes, como ya ocurrieron en diferentes estudios. Por lo contrario, si necesitamos las isoyetas a un mapa a escala 1:250.000 es preferible trazarlas sobre mapas de escala 1:100.000 donde se puede apreciar con más detalles la orografía y reducirlas después a la escala 1:250.000.

En las zonas planas (Los Llanos) o de colinas, donde la orografía no juega ningún papel se puede aplicar el Método de los polígonos de Thiessen para determinar la lluvia media. Mientras en las zonas montañosas los factores: orografía, altura sobre el nivel del mar y dirección de los vientos dominantes juegan un papel muy importante. En estos casos se recomienda el trazado de isoyetas para una área siempre mayor que la cuenca estudiada.

Se recomienda tomar en consideración las perturbaciones atmosféricas que afectan a Venezuela y que pueden ocasionar en sus zonas de influencias, lluvias de extraordinaria magnitud, de las cuales las más importantes son las siguientes:

(a) El Frente Norte. Causado por el avance de las masas de aire polar, que puede causar en el litoral del país precipitaciones de extraordinaria magnitud.

(b) La Convergencia Intertropical ó Frente Ecuatorial que produce la mayor parte de la precipitación en Venezuela y es predominante en la zona S y SE del país.

(c) Los fenómenos propios de la masa de aire tropical sobre Venezuela que puede causar los siguientes fenómenos:

(a 1) Convergencia local de Barlovento,

(b 1) Collado sobre las Cordilleras Caribianas,

(c 1) Baja presión del Lago de Maracaibo

y producir en las zonas indicadas precipitaciones extraordinarias.

En la mayoria de los casos la red existente de estaciones pluviométricas no es completa por lo cual el resultado depende de la interpretación y práctica del proyectista, que debe tener muy en cuenta las zonas que por la orografía deben tener mayor precipitación que los valores medidos en sitios menos expuestos a las lluvias y estimar adecuadamente las precipitaciones máximas correspondientes.

En los casos en que hay datos de escorrentía pero los datos pluviométricos existentes no dan orientación para las zonas de mayor precipitación, se han llegado a resultados satisfactorios con el siguiente método: se han elaborado sobre una zona que abarca varias cuencas 3 mapas isoyéticos anuales a saber: para el año más seco y más lluvioso del período que tiene datos fluviométricos y para un año correspondiente a los valores promedio anuales de la precipitación.

En la elaboración de los mapas citados se tuvo en cuenta el factor orográfico y la influencia de los vientos dominantes, así para los tres mapas en cuestión, se buscaron tres distribuciones de isoyetas considerando:

(a) Que no existe contradición entre ellas y con los datos existentes en la zona.

(b) Que la zona de las lluvias máximas quede comprendida entre las alturas de 500-1500 m s.n.m. hecho éste observado en varias partes del país.

(c) Que las lluvias medias encontradas den coeficientes de escorrentía aceptables y parecidas a las que ya se conocen a través de estudios anteriores hechos para zonas semejantes.

(d) Que las pérdidas den valores aceptables y sin grandes diferencias entre los años analizados.

5. RELACION ENTRE LA LLUVIA MEDIA Y COEFICIENTES DE ESCORRENTIA DE DIFERENTES CUENCAS

Durante las últimas 2 décadas se han elaborado en la División de Hidrometeorología (*) del M.O.P. varios estudios sobre diferentes cuencas del país de la relación media lluvia anual vs coeficiente de escurrimiento. Estos estudios principalmente se hicieron con todos los valores anuales del período observado ó para los 10 años últimos, pero en algunos casos cuando los datos de la pluviometría fueron deficientes (Vease el párrafo anterior) se utilizaron para determinar la curva de tal relación, 3 datos a saber: los valores del año más seco más lluvioso y del promedio, correspondiente al período del estudio.

A fin de que todos estos estudios laboriosos seán de utilidad pública, se han recopilado sus datos en los Gráficos Nos. 2-1 al 2-18 (Vease anexo) además se han resumido todas las curvas de coeficiente de escorrentía vs. lluvia media anual encontradas en Venezuela en el Gráfico 2-19 sin anotar en ellas las relaciones anuales.

5.1 Resumen de los datos de las cuencas estudiadas. Se ordenaron según las regiones hidrográficas y se anotaron en la Tabla No. 2 (Véase anexo) los siguientes datos:

(a) Región Hidrográfica

(b) Número de la curva

(c) Nombre del Río

(d) Sitio de la estación fluviométrica estudiada

(e) Area de la cuenca en Km^2

(f) Cálculo de la lluvia media o sea cuántos años fueron estudiados y con qué métodos: por ejemplo: I-9 significa que se han determinado 9 años con el método de isoyetas, ó T-7 quiere decir que con el método de los polígonos de Thiessen se calcularon los 7 años: mientras PROM, MAX, MIN, significa que se han dibujado 3 mapas isoyéticos con los valores indicados.

(g) Procedencia de los datos del escurrimiento los cuales, pueden ser observados por fluviógrafos (R) o por simple lectura de mira (M).

(*) Anteriormente División de Hidrología.

(h) El período analizado.

(i) El valor de la lluvia media anual correspondiente al período analizado.

(j) El valor del escurrimiento medio anual para el mismo período.

(k) El valor promedio del coeficiente de escurrimiento correspondiente al período analizado.

(l) El número del Gráfico donde se encuentra la curva correspondiente. Para mejor ubicación se anexa a la Tabla No. 2-2 un mapa de Venezuela indicando los sitios de las cuencas estudiadas y las regiones hidrográficas correspondientes.

Los datos anuales para la determinación de las curvas con su procedencia se han anotado en el Anexo A ordenada según el número de los Gráficos a lo que se refieren

Debe mencionarse que si un punto correspondiente a la relación de un año determinado cae lejos de la curva podría deberse a las siguientes causas:

(a) El año anterior fué muy seco; en tal caso el punto cae al lado izquierdo de la curva, mientras, si el año anterior, fué muy lluvioso ocurre lo contrario, debido a la influencia de las aguas subterráneas y a la humedad del suelo en la cuenca.

(b) Que hubo error en el cálculo de los datos del escurrimiento con que se ha calculado la relación, por motivo de la estimación de los datos deficientes o faltantes.

(c) Que la lluvia media fué determinada erróneamente. Ese caso puede ocurrir fácilmente si no hay suficientes datos pluviométricos y la interpretación del autor no corresponde a la realidad.

En la mayoría de los casos se hicieron investigaciones minuciosas para aclarar la veracidad de cada relación que parecía irregular y si era necesario se hicieron algunos cambios en el mapa isoyético. Pero los ajustes posibles y permitidos nunca tienen un efecto grande sobre la relación.

Debe mencionarse además que la relación lluvia media anual vs coeficiente de escorrentía en la misma cuenca puede dar valores muy diferentes. Por

ejemplo en la cuenca del río Guárico en la Puerta (Gráfico No. 2-9) para una lluvia anual de aproximadamente 1.300 mm corresponde en el año 1942, un coeficiente de 0, 127, en el año 1944 : 0, 193 y en el año 1951: 0, 308, o sea la misma cuenca puede producir con una lluvia media anual de 1.300 mm; 163, 251 y 403 mm de escurrimiento respectivamente. Con este ejemplo quiere demostrarse que en el uso del coeficiente de escorrentía para estimar rendimientos debe tenerse mucho cuidado, y emplear juicio y experiencia.

6. APLICACION DE LAS RELACIONES CONOCIDAS PARA CUENCAS DESCONOCIDAS.

La base de la comparación entre dos o más cuencas es que exista homogeneidad entre ellas, en vista de la meteorología, geología, pendiente del terreno y cobertura vegetal principalmente.

Los factores que determinan la homogeneidad meteorológica son las siguientes:

(a) Distancia al oceáno

(b) Dirección de los vientos dominantes

(c) Temperatura media

(d) Altitud sobre el nivel del mar

(e) Factores orográficos

de los cuales b, d, y e tienen mayor importancia.

Un método práctico para determinar la homogeneidad meteorológica es dibujando las curvas de precipitación mensual de varias estaciones pluviométricas en ambas cuencas y compararlas. Si resultan semejantes no hay duda sobre la homogeneidad, pero la falta de homogeneidad entre las cuencas que se comparan podría llevar facilmente a conclusiones erróneas.

La homogeneidad geológica principalmente se refiere a la permeabilidad o impermeabilidad del suelo. La pendiente del terreno y la cobertura vegetal también influye en el rendimiento de las cuencas respectivas y deben tomarse en consideración.

6.1 Rendimiento de subcuencas en cuencas ya conocidas. La distribución de la escorrentía de una cuenca no es uniforme. Las zonas con mayor precipitación y

mayor pendiente producen más. Para en cálculo del rendimiento de las subcuencas se puede utilizar la relación entre la lluvia media anual y el rendimiento, que en forma de una curva se ha elaborado para el sitio de la estación fluviográfica; se determina entonces la lluvia media anual para la subcuenca en cuestión y se multiplica ese valor por el coeficiente de escorrentía que corresponde a tal lluvio anual según la curva. A las zonas con mayor precipitación corresponden mayores coeficientes de escorrentía y por lo tanto mayores rendimientos.

Para llegar entonces a los gastos anuales o mensuales escurridos de la subcuenca, se determina la relación entre el rendimiento de la subcuenca y la cuenca total ya conocida multiplicando el escurrimiento de ambos por sus áreas correspondientes, después con dicha relación se calculan los gastos de la subcuenca a partir de los gastos ya conocidos en la cuenca total.

6.2 Utilización de datos de cuencas vecinas para el cálculo de rendimientos. Se pueden presentar dos casos, a saber:

(a) En la cuenca hay observaciones de escorrentía de corto período. Se determinan las curvas de las relaciones lluvia media anual vs coeficiente de escorrentía para las cuencas vecinas u homogéneas donde hay datos hidrométricos. Se dibuja en el mismo gráfico las mismas relaciones de la cuenca en cuestión correspondiente al corto período. Se traza sobre estos puntos una curva semejante en forma a las otras curvas. Se determinan entonces los valores de las lluvias medias anuales para la cuenca en cuestión y se multiplican tales valores con los coeficientes correspondientes de la curva estimada. Los resultados son los valores de la escorrentía que multiplicados por el área de la cuenca dan los valores de rendimientos.

En el caso que se necesiten también estimar los rendimientos mensuales, se dibuja la relación los escurrimientos mensuales observados expresados en mm de ambos ríos. Se obtiene en esta forma tantos puntos como meses existan de observaciones hidrométricas en ambas cuencas. Se traza una curva de relación entre estos puntos. Si los puntos no se sitúan muy dispersos el rendimiento de ambos ríos es semejante y sin duda con tal relación puede calcularse los datos del río conocido los rendimientos mensuales del río en cuestión para todo el período en que el río base tiene datos.

Para la mejor seguridad se aconseja chequear la homogeneidad entre ambas cuencas dibujando para el período en que ambos ríos tienen datos observados , las curvas de los escurrimientos mensuales en mm los cuales deben ser

semejantes en caso de existir homogeneidad entre las dos cuencas en comparación.

Si el procedimiento descrito no lleva a resultados satisfactorios se aconseja calcular antes los rendimientos anuales como se ha descrito anteriormente al comienzo de este párrafo y repartirlos en las 12 partes mensuales según la distribución mensual encontrados en el río base del mismo año. El resultado será aproximado, pero todavía mejor que con una curva de relación dudosa.

Puede ocurrir que en una de las cuencas en comparación extraen agua para riego u otro propósito. En tal caso debe estimarse el volúmen de agua extraído y consumido para luego corregir los escurrimientos correspondientes.

(b) En la cuenca en cuestión no existen observaciones hidrométricas. En tal caso estamos ante un problema difícil que necesita mucho cuidado en su solución. Se busca con mucho juicio cuencas homogéneas, donde la relación lluvia media anual vs coeficiente de escorrentía ya está conocida y hay datos para determinarlas. Se lleva a cabo un estudio pluviométrico detallado y se comparan las curvas de la distribución anual - y si es necesario también mensual - de las estaciones pluviométricas situadas en ambas cuencas. Se estudia la orografía y la dirección de los vientos dominantes en ambas cuencas, como también la cobertura vegetal y las pendientes. Lo mejor es estudiar sobre pares aerofotogramétricos ambas cuencas o visitar la zona. Al fin de todos estos estudios se forma un criterio y se estima la curva, con la cual conociendo las precipitaciones se estima el rendimiento. El grado del error depende de la práctica y cuidado del autor.

7. RESUMEN.

Para facilitar los estudios sobre el cálculo del rendimiento de cuencas, donde no existan datos de escorrentía observados, o si existen son suficientes para tales fines, se han reunido los estudios hechos en Venezuela de esa índole:

(a) En la Tabla No. 2-1 se han reunido los datos observados de escorrentía cuyos resultados completados con valores estimados para las zonas sin observación, se han anotado en el "Mapa de Escorrentía Anual".

(b) La Tabla No. 2-2 contiene el resumen de los estudios elaborados en Venezuela sobre la relación coeficiente de escorrentía vs lluvia media, cuyos resultados para mayor utilidad se han dibujado en los gráficos Nos. 2-1 al 2-18, mientras en el gráfico No. 2-19 se han reunido todas las curvas elaboradas sobre tal relación. La procedencia de estos datos se anotaron en el Anexo "A".

(c) Se han descrito algunos métodos para la determinación del rendimiento de cuencas por el método indirecto o sea por las lluvias caídas y el uso del coeficiente de escorrentía.

8. RECOMENDACIONES.

Los métodos descritos para determinar el rendimiento de una cuenca sirven solamente para la etapa de Estudios Preliminares. Para proyectos definitivos deben utilizarse datos observados sobre la escorrentía o si no es posible por urgencia se procurará utilizar otros métodos más refinados, buscando la manera de llegar a resultados satisfactorios por diferentes caminos.

TABLA 2 - 1

DATOS OBSERVADOS DE ESCORRENTIA (* *)

Región Hidrográfica (1)	ESTADO (2)	RIO (3)	SITIO (4)	AREA Km 2 (5)	TIPO DEL REGISTRO (6)	PERIODO DEL REGISTRO (7)	AÑOS DEL REGISTRO (8)	ESCORRENTIA PROMEDIO DEL PERIODO DE REGISTRO mm (9)	ESCORRENTIA PROMEDIO DEL PERIODO DE BASE (1951 - 1964) mm (10)
IV	PO	Acarigua	Pte Acarigua	970	R	50 - 63	14	976	963
VII	AR	Aguaire	Col. Guayabita	42	MI	62 - 64	2	181	305*
VI	CA	Alpargaton	Caserío El Manguito	48	R	62 - 64	2	340	430
IV	AP	Apure	San Fernando	114.880	M3	62 - 63	2	552	564*
IX	AN	Aragua	El Vallito	1.952	R	61 - 64	4	24	20*
VII	AR	Aragua	Hda. El Recreo	198	R	40 - 56 y 60 - 64	22	158	150
XI	AN	Aragua	La Chorrera	1.881	R	45 - 64	20	40	39
XI	AN	Aragua	San Nicolás	466	R	64	1	95	72
III	YA	Aroa	El Hacha	860	R	59 - 61	3	20	18*
IV	CA	Bejuma	Pte. Bejuma	40	R	49	1	219	320*

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
IV	TR	Boconó	Boconó	257	R	62 - 64	3	1.326	1.420
IV	TR	Boconó	Peña - Larga	1.580	R	52 - 64	13	1.453	1.447
III	LA	Bucares	Piedras Negras	750	R	41 - 64	24	75	56
I	ZU	Cachirí	La Casadora	830	R	59 - 61	3	36	64
IV	CO	Camoruco	Sitio de Presa	620	R	58 - 63	6	197	217
IV	PO	Caño Guamal	Tureń	150	M3	59 - 62	4	795	800
IV	ME	Caparo	Punta Piedra	3.275	R	62 - 64	3	1.727	1.800*
VIII	MI	Capaya	El Peñón	162	MI	51 - 63	13	593	578
XI	SU	Carinicuao	El Negro	550	R	61 - 64	4	547	497
XI	SU	Carinicuao	El Cordón	615	R	52 - 58	7	437	---
I	ME	Chama	Ejido	1.130	M3	63 - 64	2	683	797*
IV	TA	Chururu	Pte. Chururu	129	R	62 - 64	3	2.241	2.500*
IV	CO	Cojedes	Pte. San Rafael	4.325	R	42 - 63	12	139	112

* Valores estimados

** Para información más detallada véase las publicaciones editadas por la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología del MOP. (véase pág. 1 de ese estudio y el archivo de la misma División.)

TABLA 2 - 1 (Continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
VIII	MI	Cuira	Hda. Sta. Rosa	595	R	49 - 50	2	1.428	842 *
VIII	MI	Curiepe	Curiepe	125	R	49 - 50	2	765	451 *
IV	TA	Doradas	Pte. Doradas	550	R	62 - 64	3	1.996	2.200 *
IV	PO	Durigua	Payara	140	R	62 - 64	3	584	629
I	ZU	Escalante	Ferreira	3.920	R	54 - 64	11	440	444
VIII	MI	Grande	Carpintero	719	R	43 - 60 62 - 63	21	327	273
VII	CA	Guacara	Las Vegas	75	R	49 - 61	13	253	246
VII	CA	Guacara	Autopista	112	R	62 - 64	3	199	169
IV	PO	Guache	Pte. Viejo	300	R	50 - 64	15	1.428	1.424
VIII	MI	Guaire	Pichao	807	R	52 - 60	9	165	151
VIII	MI	Guaire	Hda. Mopia	1.222	R	45 - 50	6	137	90
IX	AN	Guanape	La Guasimita	205	R	63	1	175	130 *
VII	MI	Guarenas	Centro Indust.	224	R	62 - 64	3	122	---
IV	PO	Guanare	Pte. Coromoto	1.310	R	57 - 60	4	1.779	1.711
IV	AR	Guárico	Campo Alegre	297	M	44 - 46	3	376	250
IV	AR	Guárico	Boca Chica	475	R	40 - 42	3	190	250
IV	AR	Guárico	La Puerta	625	R	40 - 64	25	199	176

* Valores estimados

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
IV	AR	Guárico	Camatagua	2.185	R	50 - 54	4	345	---
IV	AR	Guárico	Boca de Cagua	2.040	R	54 - 64	11	222	238
IV	GUA	Guárico	El Playón	3.626	R	63 - 64	2	267	---
IV	GUA	Guárico	El Sombrero	4.110	R	52 - 64	13	191	211
IV	GUA	Guárico	Calabozo San Marcos	8.150	R	52 - 55	4	216	195
IV	GUA	Guárico	Pte. Pedro Aldao	8.150	M	54 - 55	2	230	---
I	ZU	Guasare	El Carbón	1.760	R	63 - 64	2	673	708
IV	CA	Guataparo	Cía. Inglesa	39	R	51 - 64	14	251	251
IV	CA	Guataparo	Mocundo	81	R	40 - 44	5	273	---
IX	AN	Güere	El Puente	3.789	M	63 - 64	2	90	85*
I	TA	La Grita	La Curva	438	M	48 - 49	2	300	334*
IV	BA	La Yuca	Pte. La Yuca	265	M3	52 - 64	13	1.323	1.318
IV	PO	Las Marías	Pte. Las Marías	325	R	57 - 64	8	889	889
VII	AR	Las Minas	Barrancón	85	R	45 - 62,64	19	66	51
IX	GUA	Las Raíces	Las Raíces	199	R	61 - 63	3	107	89*

* Valores estimados

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
VII	CA	Los Guayos	Pte. Los Guayos	114	R	49 - 64	16	121	117
XI	SU	Manzanares	Guaripa	830	R	41 - 64	24	642	599
VII	CA	Maruria	Paso Flores	75	R	62 - 64	3	395	323
VII	CA	Maruria	Casa Sánchez	49	R	50 - 54	5	405	---
IV	BA	Masparro	Pte. Masparro	495	R	51 - 64	14	1.870	1.870
II	FA	Máticora	Pte. Don Pancho	2.490	R	59 - 64	6	82	112
IV	PO	Morador	Pte. Morador	615	R	57 - 64	8	1.242	1.242
III	LA	Morere	Pte. Bolivar	3.420	R	44 - 64	21	66	60
III	CA	Morón	Morón	120	M	44 - 56 58 - 61	17	310	260
I	TR	Motatán	Agua Viva	4.200	R	41 - 64	24	250	229
XI	AN	Naricual	Naricual	143	M	45 - 51	7	682	550
XI	AN	Neverí	Botalón	976	R	41 - 44 61 - 64	8	978	1.030
XI	AN	Neverí	Pte. Carr. Negra	1.092	M	46 - 59	14	1.007	---
XI	AN	Neverí	La Corcovada	925	R	64	1	1.457	---
VII	CA	Noguera	Paso Aragüita	109	M	44 - 50	7	286	201

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
IV	GA	Orituco	Guanapito	170	R	59 - 60	2	275	400*
IV	PO	Ospino	La Estación	95	M3	57 - 64	8	951	951
IV	BA	Paguey	El Paso	810	R	50 - 64	15	1.956	1.975
I	ZU	Palmar	El Diluvio	888	R	58 - 64	7	325	477
I	ZU	Palmar	Las Múcuras	1.572	R	43 - 64	22	305	265
IV	CO	Pao	Paso La Balsa	2.730	R	51 - 64	14	280	280
IV	PO	Portuguesa	Pte. Portuguesa	810	R	57 - 64	8	1.114	1.114
IX	GUA	Qda. Honda	El Playón	1.587	R	64	1	97	115*
XI	AN	Querecual	Caripita	196	M	45 - 48	4	481	---
XI	AN	Querecual	Querecual	254	R	48 - 64	17	474	360
II	FA	Ricoa	Aguas Abajo	149	R	57 - 61	5	144	149
IV	BA	Sto. Domingo	El Curay	690	R	52 - 58	7	1.459	1.282
IV	BA	Sto. Domingo	Pte. Sto. Domingo	1.215	R	59 - 62	4	1.727	1.523
IV	LA	Sarare	Sarare	220	R	50 - 64	15	170	157

* Valores estimados

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
IV	PO	Sarare	Agua Blanca	585	R	42 - 63	22	305	292
I	ZU	Socuy	La Cabaña	340	R	63 - 64	2	1.337	1.405
I	ZU	Socuy	Playa Bonita	575	R	59 - 63	5	597	879
IX	GUA	Tamanaco	San Antonio T.	498	R	61 - 64	4	99	95*
IV	CO	Tinaco	Pte. Tinaco	625	R	51 - 64	14	355	355
IV	CO	Tinaco	Sitio de Presa	1.330	R	59 - 64	6	280	302
IV	CO	Tirgua	Paso Viboral	1.490	R	41 - 64	24	320	294
IV	GUA	Tiznados	Rio Verde	1.423	M3	63	1	610	379*
VII	AR	Tocorón	Parcela Chavero	114	R	51 - 64	14	64	64
III	LA	Tocuyo	La Guaya	532	R	63 - 64	2	268	308
III	LA	Tocuyo	Dos Cerritos	675	M3	51 - 63	13	308	298
III	LA	Tocuyo	La Calera	1.344	M3	60 - 64	5	139	178
III	LA	Tocuyo	Pte. Torres	3.590	R	43 - 64	22	104	92
III	FA	Tocuyo	El Alto	17.774	R	63 - 64	2	67	77
IV	TA	Torbes	Sabaneta	294	R	62 - 64	3	644	722
IV	CA	Torito	Paso Las Mangas	56	R	48 - 49	2	329	350*

* Valores estimados

TABLA 2 - 1 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
IV	PO	Tucupido	Pte. Tucupido	440	R	57 - 64	8	744	727
IV	AR	Tucutunemo	Tucutunemito	99	R	47 - 61	15	60	57
IV	AR	Tucutunemo	La Carita	172	R	41 - 46	6	78	58
IV	LA	TURBIO	Pte. Tononó	1.710	M2	)45 - 53( )57 - 64(	17	52	41
VII	AR	Turmero	Turmero	192	R	42 - 63	22	134	127
VIII	AR	Tuy	Hda. Barrios	210	R	41 - 64	24	210	157
VIII	MI	Tuy	Hda. Tazón	1.180	R	41 - 64	24	184	150
VIII	MI	Tuy	Sta. Teresa	2.348	M	45 - 47	3	312	189*
VIII	MI	Tuy	El Vigía	3.620	R	46 - 63	18	181	154
VIII	MI	Tuy	Pte. San Juan	6.610	R	52 - 63	12	311	321
VIII	AN	Uchire	La Tigra	249	R	63 - 64	2	246	220*
IX	AN	Unare	Pte. Zaraza	4.910	M3	63 - 64	2	174	155*
III	CA	Urama	Pte. Urama	430	R	44 - 64	21	279	224
IV	TA	Uribante	Pte. Colgante	4.469	M2	49 - 64	16	1.408	1.325
IV	TA	Uribante	Pte. Uribante	2.920	R	62 - 64	3	1.309	1.467
III	YA	Yaracuy	Pte. Cumaripa	266	R	51 - 64	14	236	236
III	YA	Yaracuy	Pte. Peñón	1.206	R	42 - 64	23	249	229

* Valores estimados

TABLA 2 - 2

RESUMEN DE LOS DATOS PROMEDIOS DE LA RELACION LLUVIA MEDIA ANUAL VS COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LAS CUENCAS ESTUDIADAS

Región Hidrográfica (1)	No. de la Cuenca (2)	RIO (3)	SITIO (4)	AREA Km2 (5)	Cálculo de la lluvia media (6)	Datos del escurrimiento (7)	Período analizado (8)	RESULTADOS PROMEDIOS ANUALES			Gráfico No. 2.- (12)
								lluvia media mm (9)	esco-rrentía mm (10)	coefi-ciente (11)	
I	1	Palmar	El Diluvio	888	Prom. Max. Min.	R	58 - 61	2030 *	600 *	0,296	1
I	2	Palmar	Las Múcuras	1.572	Prom. Max. Min.	R	43 - 61	1710	334	0, 195	1
I	3	Socuy	Playa Bonita	575	Prom. Max. Min.	R	59 - 61	2060 *	1.019 *	0,495	1
I	4	Escalante	Ferreira	3.920	I-9	R	54 - 62	1721 *	449	0,261	2
I	5	Machango	Machango	589	T-7		56 - 62	1221	119	0,098	3

TABLA 2 - 2 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
I	6	Misoa	El Menito	840	T-7		56-62	1280	59	0,046	3
I	7	Motatán	Agua Viva	4.200	I-10	R	54-63	906	221	0,244	17
II	8	Ricoa	Aguas Abajo	149	I-5	R	57-61	1056	144	0,136	18
II	8/a	Ricoa	Sitio de Presa	270	I-5	R	57-61	818	103	0,126	18
III	9	Morere	Puente Bolivar	3.420	T-8	M	51-58	876	63	0,072	4
III	10	Tocuyo	Pte. Torres	3.590	T-8 I-14 Prom.	)R)	51-58 51-64	615 590	106 94	0,172 0,156	4 4
III	11	Tocuyo	Dos Cerritos	675	Max. Min.	M	51-60	980	246	0,250	4
III	12	Yaracuy	Pte. Peñón	1.206	I-19	R	43-61	1212	255	0,210	5
III	13	Yaracuy	Paso Cumaripa	266	I-8	R	51-58	1041	241	0,232	5
IV	14	Paguey	El Paso	810	Prom. Max. Min.	R	52-59	3050	1.980	0,649	6
IV	15	Sto.Domingo	El Curay	690	Prom. Max. Min.	R	52-59	1930	1.467	0,760	6
IV	16	Sto. Domingo	Pte. Santo Domingo	1.215	Prom. Max. Min.	R	52 -59	2370	1.679*	0,708	6

TABLA 2 - 2 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
IV	17	La Yuca	Pte. La Yuca	265	Prom. Max. Min.	M	52 - 59	2640	1.313	0,497	6
IV	18	Masparro	Pte. Masparro	495	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2880	1.854	0,644	6
IV	19	Boconó	Peña Larga	1.580	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2090	1.475	0,706	6
IV	20	Tucupido	Pte. Tucupido	440	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2010	666	0,331	6
IV	21	Guanare	Pte. Coromoto	1.310	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2770	1.818	0,656	6
IV	22	Portuguesa	Pte. Portuguesa	810	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2330	1.147	0,492	6
IV	23	Las Mañias	Pte. Las Marías	325	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2030	884	0,435	6
IV	24	Morador	Puente Morador	635	Prom. Max. Min.	R	52 - 59	2290	1.057	0,462	6
IV	25	Tirgua	Paso Viboral	1.490	1-9	R	52 - 60	1329	306	0,230	7
IV	26	Pao	Paso La Balsa	2.730	1-10	R	51 - 60	1359	281	0,207	8

TABLA 2 - 2 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
IV	27	Tinaco	Pte. Tinaco	625	I-10	R	51 - 60	1478	365	0,247	8
IV	28	Guárico	La Puerta	625	I-17	R	41 - 57	1203	219	0, 182	9
IV	29	Guárico	Boca de Cagua	2.040	I-8	R	50 - 57	1279	282	0,220	9
VII	30	Las Minas	Barrancón	85	I-7	R	45 - 51	921	110	0, 119	10
VII	31	Aragua	Hda. El Recreco	198	I-11	R	41 - 51	1191	168	0, 141	11
VII	32	Turmero	Turmero	192	I-9	R	43 - 51	1149	145	0, 126	11
VIII	33	Tuy	Hda. Barrios	210	I-11	M	41 - 51	1162	256	0,220	10
VIII	34	Capaya	El Peñón	162	I-13	M	51 - 63	1558	543	0,349	12
VIII	35	Lagartijo	Sitio de Presa	300	I-6	R	54 - 59	1571	370	0,236	13
IX	36	Aragua de Barcelona	El Vallito	1.935	T-3	R	61 - 63	871	26	0,029	16
IX	37	Tamanaco	San Antonio de Tamanaco.	498	T -3	R	61 - 63	1079	115	0, 106	16
XI	38	Manzanares.	Guaripa	830	Prom. Max. Min.	R	52 - 58	1750	585	0,334	14
XI	39	Carinicuao	El Cordón	615	Prom. Max. Min.	R	52 - 58	1570	437	0,278	14

TABLA 2 - 2 (continuación)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
XI	40	Neverí	Botalón	976	Prom. Max. Min.	R	52 - 58	1980	1.103	0,557	14
XI	41	Aragua de Neverí	La Chorrera	1.881	T-17	R	45 - 61	950	39	0,038	15
XI	42	Querecual	Querecual	254	T-14	R	48 - 61	1462	363	0,248	15

* Valores deducidos o estimados

ANEXO A

PROCEDENCIA Y DATOS ANUALES PARA LA DETERMINACION DE LAS CURVAS DE LA RELACION COEFICIENTE DE ESCORRENTIA VS. LLUVIA MEDIA ANUAL CORRESPONDIENTE A LOS GRAFICOS Nos. 1 al 18.

GRAFICO No. 2-1

Estudios :
1) Río Palmar en El Diluvio (curva No. 1)
2) Río Palmar en Las Múcuras (curva No. 2)
3) Río Socuy en Playa Bonita (curva No. 3.)

Elaborado : por Ing. Guido Posewitz en el "Informe Hidrológico sobre la Laguna de Tulé y el Río Socuy (Edo. Zulia) ", con fecha de marzo de 1961, Método isoyetas anuales.

DATOS UTILIZADOS

	Prom.anual 1943-61	Año Seco 1959-60	Año Lluvioso 1960-61
1) Río Palmar en El Diluvio :			
Lluvia media anual (mm)	2.030	1.410	1.680
Escurrimiento (mm)	600	195	343
Coef. de escorrentía %	29,6	13,8	20,4
2) Río Palmar en Las Múcuras :			
Lluvia media anual (mm)	1.710	1.300	1.450
Escurrimiento (mm)	334	101	183
Coef. de escorrentía %	19,5	7,8	12,6
3) Río Socuy en Playa Bonita :			
Lluvia media anual (mm)	2.060	1.430	1.660
Escurrimiento (mm)	1.019	366	565
Coef. de escorrentía %	49,5	25,6	34,0

GRAFICO No. 2 - 2

Estudio: Río Escalante en Ferreira (curva No. 4)

Elaborado: por Ing. José Curiel con los datos de " CIVISAN "

DATOS UTILIZADOS

AÑO	Lluvia media * mm	Escurrimiento mm	Coef. de escorrent.
1954-55	2.161	680	0,315
1955-56	2.567	1.061	0,413
1956-57	1.810	640	0,354
1957-58	1.460	301	0,206
1958-59	1.285	229	0,178
1959-60	1.512	223	0,147
1960-61	1.489	393	0,264
1961-62	1.595	232	0,145
1962-63	1.609	279	0,173
Prom. 54-62 (9 años)	1.721	449	0,261

* Con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2 - 3

Estudio: 1) Río Machango en Machango (curva No. 5)
2) Río Misoa en El Menito (curva No. 6)

Elaborado: Fundación Shell : " Estudio de la posibilidad de riego de los Distritos Bolivar y Baralt del Estado Zulia " Año 1964.

DATOS UTILIZADOS

1) Río Machango en Machango

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1956-57	1.484	216,1	0,146
1957-58	1.156	54,1	0,047
1958-59	1.289	121,7	0,094
1959-60	1.050	90,9	0,087
1960-61	1.139	142,8	0,125
1961-62	1.236	104,4	0,084
1962-63	1.195	103,8	0,087
Prom. 56-62 (7 años)	1.221	119,1	0,098

* Con el método Thiessen

2) Río Misoa en El Menito

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1956-57	1.480	107,0	0,072
1957-58	1.267	21,0	0,017
1958-59	1.337	66,4	0,050
1959-60	1.123	24,6	0,022
1960-61	1.196	62,9	0,052
1961-62	1.324	64,0	0,048
1962-63	1.233	65,6	0,053
Prom. 56-62 (7 años)	1.280	58,8	0,046

* Con el método Thiessen

GRAFICO No. 2 - 4

Estudios:
1) Río Morere en Pte. Bolivar (curva No. 9)
2) Río Tocuyo en Pte. Torres (curva No. 10)
3) Río Tocuyo en Dos Cerritos (curva No. 11)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en el año 1959 y en el estudio " Aprovechamiento de los recursos hidráulicos de la cuenca alta del Río Tocuyo. Marzo 1962. Además por el Ing. Pedro J. Porras con isoyetas anuales "Informe Hidrológico sobre el Río Tocuyo en Pte. Torres" con fecha 19-1-1966.

DATOS UTILIZADOS

1) Río Morere en Pte. Bolivar

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1951-52	800	74	0,093
1952-53	840	47	0,056
1953-54	780	42	0,054
1954-55	915	47	0,051
1955-56	1.545	166	0,107
1956-57	805	63	0,078
1957-58	695	31	0,045
1958-59	625	36	0,058
Prom. 51-58 (8 años)	876	63	0,072

* Con el método Thiessen

2/a) Río Tocuyo en Pte. Torres

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1951-52	575	132	0,229
1952-53	575	82	0,142
1953-54	525	78	0,149
1954-55	685	144	0,210
1955-56	925	155	0,167
1956-57	635	119	0,187
1957-58	575	87	0,153
1958-59	425	47	0,110
Prom. 51-58 (8 años)	615	106	0,172

* Con el método de Thiessen

2/b) Río Tocuyo en Pte. Torres

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1951-52	724	168	0,231
1952-53	555	84	0,151
1953-54	473	77	0,162
1954-55	679	141	0,207
1955-56	762	126	0,165
1956-57	798	150	0,188
1957-58	546	93	0,170
1958-59	362	48	0,133
1959-60	519	85	0,164
1960-61	578	59	0,101
1961-62	549	80	0,146
1962-63	570	62	0,108
1963-64	661	102	0,154
1964-65	482	48	0,100
Prom. 51-64 (14 años)	590	94	0,156

* Con isoyetas anuales

3) Río Tocuyo en Dos Cerritos

	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
Promedio (1951-60)	980	245,5	0,250
Año mínimo (1958-59)	830	210	0,253
Año máximo (1954-55)	1.190	446	0,375

* Con 3 isoyetas anuales

GRAFICO No. 2 - 5

Estudio: 1) Río Yaracuy en Pte. Peñón (curva No. 12)
2) Río Yaracuy en Paso Cumaripa (curva No. 13)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz (1943-58) e Ing. José Curiel (1959-61).

DATOS UTILIZADOS

1) Río Yaracuy en Pte. Peñón

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1943-44	1.258	280	0,222
1944-45	1.219	235	0,193
1945-46	1.439	344	0,239
1946-47	1.558	391	0,251
1947-48	982	196	0,199
1948-49	1.073	187	0,174
1949-50	1.162	216	0,186
1950-51	1.570	418	0,266
1951-52	1.188	239	0,201
1952-53	1.150	191	0,166
1953-54	1.088	190	0,175
1954-55	1.490	327	0,219
1955-56	1.144	217	0,190
1956-57	1.326	331	0,249
1957-58	997	189	0,190
1958-59	913	157	0,172
1959-60	1.275	251	0,197
1960-61	1.076	232	0,216
1961-62	1.138	257	0,226
Prome. 43-61 (19 años)	1.213	255	0,210

* con isoyetas anuales

2) Río Yaracuy en Paso Cumaripa

AÑO	LLuvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1951-52	1.160	316	0,272
1952-53	956	222	0,232
1953-54	1.009	206	0,204
1954-55	1.280	290	0,227
1955-56	1.032	217	0,210
1956-57	1.090	292	0,268
1957-58	963	203	0,211
1958-59	837	181	0,216
Prom.51-58	1.041	241	0,232

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2 - 6

Estudios :
1) Río Pagüey en el Paso (Curva No. 14)
2) Río Santo Domingo en El Curay (curva No. 15)
3) Río Santo Domingo en Pte. Carretera (curva No. 16)
4) Río La Yuca en Pte. Carretera (curva No. 17)
5) Río Masparro en Pte. Carretera (curva No. 18)
6) Río Boconó en Peña Larga (curva No. 19).
7) Río Tucupido en Pte. Carretera (curva No. 20)
8) Río Guanare en Pte. Coromoto (curva No. 21)
9) Río Portuguesa en Pte. Carretera (curva No. 22)
10) Río Las Marías en Pte. Carretera (curva No. 23)
11) Río Morador en Pte. Carretera (curva No. 24)

Elaborados : Por Ing. Guido Posewitz en el " Informe sobre el balance hidrológico de las cuencas de los ríos situados al Sur-Este de los Andes" con fecha 15-3-1961. Método : 3 mapas isoyeticos anuales. .

DATOS UTILIZADOS

			Prom. Anual 1952 - 59	Año seco 1957 - 58	Año lluvioso 1959 - 60
1)	Río Paguey en El Paso				
	Lluvia media anual	mm	3.050	2.880	3.320
	Escurrimiento	mm	1.980	1.739	2.352
	Coef. de escorrent. en	%	64,9	60,4	70,8
2)	Río Sto. Domingo en El Curay				
	Lluvia media anual	mm	1.930	1.860	2.020
	Escurrimiento	mm	1.467	1.410	1.563
	Coef. de escorrentía en	%	76,0	75,8	77,4
3)	Río Sto. Domingo en Pte. Carretera				
	Lluvia media anual	mm	2.370	2.410	2.540
	Escurrimiento	mm	1.679	1.762	1.932
	Coef. de escorrent. en	%	70,8	73,1	76,1
4)	Río La Yuca en Pte. Carretera				
	Lluvia media anual	mm	2.640	2.580	2.780
	Escurrimiento	mm	1.313	1.151	1.394
	Coef. de escorrent. en	%	49,7	44,6	50,1
	Escurrimiento x 1,20	mm	1.576	1.381	1.673
	Coef. de escorrent. en	%	59,7	53,5	60,2
5)	Río Masparro en Pte. Carretera				
	Lluvia media anual	mm	2.880	2.810	3.100
	Escurrimiento	mm	1.854	1.788	2.157
	Coef. de escorrent. en	%	64,4	63,6	69,6

6) Río Boconó en Peña Larga				
Lluvia media anual	mm	2.090	2.000	2.190
Escurrimiento	mm	1.475	1.372	1.563
Coef.escorrent. en	%	70,6	68,6	71,4
7) Río Tucupido en Pte. Carretera				
Lluvia media anual	mm	2.010	1.790	1.970
Escurrimiento	mm	666	570	692
Coef. escorrent.en	%	33,1	31,8	35,1
8) Río Guanare en Pte. Carretera				
Lluvia media anual	mm	2.770	2.580	2.690
Escurrimiento	mm	1.818	1.628	1.625
Coef. escorrent. en	%	65,6	63,1	60,4
9) Río Portuguesa en Pte. Carretera				
Lluvia media anual	mm	2.330	2.060	2.230
Escurrimiento	mm	1.147	909	1.075
Coef. escorrent. en	%	49,2	44,1	48,2
10) Río Las Marías en Pte. Carretera				
Lluvia media anual	mm	2.030	1.780	1.950
Escurrimiento	mm	884	643	945
Coef. escorrent. en	%	43,5	36,1	48,5
11) Río Morador en Pte. Carretera				
Lluvia media anual	mm	2.290	2.100	2.150
Escurrimiento	mm	1.057	840	934
Coef. escorrent. en	%	46,2	40,0	43,4

GRAFICO No. 2 - 7

Estudio: Río Tirgua en Paso Vibral (curva No. 25)

Elaborado: Por Ing. José Curiel en el año 1961

DATOS UTILIZADOS

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1952-53	1.440	275	0,191
1953-54	1.331	340	0,255
1954-55	1.558	490	0,315
1955-56	1.506	350	0,232
1956-57	1.146	274	0,239
1957-58	1.229	259	0,211
1958-59	1.143	252	0,220
1959-60	1.307	259	0,198
1960-61	1.300	258	0,198
Prom. 52-69 (9 años)	1.329	306	0,230

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2 - 8

Estudio : 1) Río Pao en Paso la Balsa (curva No. 26)
1) Río Tinaco en Pte. Tinaco (curva No. 27)

Elaborado: Por Ing. José Curiel en el año 1961

DATOS UTILIZADOS

1) Río Pao en Paso La Balsa

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1951-52	1.325	325	0,245
1952-53	1.358	325	0,239
1953-54	1.348	263	0,195
1954-55	1.640	391	0,238
1955-56	1.535	337	0,220
1956-57	1.376	244	0,177
1957-58	1.235	234	0,189
1958-59	1.260	309	0,245
1959-60	1.342	196	0,146
1960-61	1.173	186	0,159
Prom. 61-60 (10 años)	1.359	281	0,207

* con isoyetas anuales

2) Río Tinaco en Pte. Tinaco

AÑO	Lluvia media* (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1951-52	1.555	374	0,240
1952-53	1.582	280	0,177
1953-54	1.439	342	0,238
1954-55	1.900	570	0,300
1955-56	1.610	410	0,255
1956-57	1.358	333	0,245
1957-58	1.375	387	0,281
1958-59	1.230	299	0,243
1959-60	1.420	366	0,258
1960-61	1.311	287	0,219
Prom. 51-60 (10 años)	1.478	365	0,247

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2 - 9

Estudios: 1) Río Guárico en la Puerta (curva No. 28)
2) Río Guárico en Camatagua y Boca de Cagua (curva 29)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en 1958

DATOS UTILIZADOS

1) Río Guárico en La Puerta

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1941-42	1.106	128,6	0,116
1942-43	1.287	163,1	0,127
1943-44	1.369	338,9	0,248
1944-45	1.295	251,0	0,194
1945-46	1.357	284,9	0,210
1946-47	1.327	256,3	0,193
1947-48	1.055	116,5	0,110
1948-49	1.239	237,9	0,192
1949-50	1.074	141,2	0,131
1950-51	1.494	468,9	0,314
1951-52	1.307	402,9	0,308
1952-53	1.090	152,4	0,140
1953-54	1.020	108,3	0,106
1954-55	1.295	286,8	0,221
1955-56	1.196	189,1	0,158
1956-57	935	110,6	0,118
1957-58	1.007	89,9	0,089
Prom. 41-57 (17 años)	1.203	219,2	0,181

* con isoyetas anuales

2) Río Guárico en Boca de Cagua

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1950-51	1.555	453,0	0,291
1951-52	1.345	471,9	0,351
1952-53	1.265	179,4	0,142
1953-54	1.220	271,7	0,223
1954-55	1.470	374,7+	0,255
1955-56	1.280	256,0	0,200
1956-57	1.060	151,1	0,142
1957-58	1.040	97,5	0,094
Prom. 50-57 (9 años)	1.279	281,9	0,220

* con isoyetas anuales + Prom. Camatagua y Boca de Cag.

GRAFICO No. 2 - 10

Estudio: 1) Río Las Minas en Barrancón (curva No. 30)
2) Río Tuy en Hda. Barrios (curva No. 33)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en 1952

DATOS UTILIZADOS

1) Río Las Minas en Barrancón

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1945-46	1.078	168,5	0,156
1946-47	914	62,8	0,069
1947-48	743	39,0	0,052
1948-49	825	83,3	0,101
1949-50	794	45,1	0,057
1950-51	1.062	191,3	0,180
1951-52	1.033	179,8	0,174
Prom.45-51 (7 años)	921	110,0	0,119

* con isoyetas anuales

2) Río Tuy en Hacienda Barrios

AÑO	Lluvia media *. (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1941-42	969	100,6	0,104
1942-43	1.463	321,6	0,220
1943-44	1.072	219,8	0,205
1944-45	1.299	332,6	0,256
1945-46	1.080	242,7	0,225
1946-47	1.189	335,9	0,283
1947-48	847	144,0	0,170
1948-49	1.170	243,8	0,208
1949-50	1.014	145,0	0,143
1950-51	1.515	410,4	0,271
1951-52	991	320,4	0,323
Prom. 41-51 (11 años)	1.162	256,1	0,220

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2-11

Estudio: 1) Río Aragua en Hda. El Recreo (curva No. 31)
2) Río Turmero en Turmero (curva No. 32)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en 1952

DATOS UTILIZADOS

1) Río Aragua en Hacienda El Recreo

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1941-42	1.019	63,8	0,063
1942-43	1.449	178,8	0,123
1943-44	1.120	179,0	0,160
1944-45	1.371	256,0	0,187
1945-46	1.070	168,2	0,157
1946-47	1.101	132,9	0,121
1947-48	888	75,6	0,085
1948-49	1.201	165,4	0,138
1949-50	1.069	105,1	0,098
1950-51	1.619	310,7	0,192
1951-52	1.178	209,7	0,178
Prom. 41-51 (11 años)	1.191	167,7	0,141

* con isoyetas anuales

2) Río Turmero en Turmero

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1943-44	1.131	157,3	0,139
1944-45	1.319	171,4	0,130
1945-46	1.129	166,0	0,147
1946-47	1.068	94,5	0,088
1947-48	878	86,8	0,099
1948-49	1.125	127,0	0,113
1949-50	1.010	59,7	0,059
1950-51	1.514	155,6	0,169
1951-52	1.188	187,0	0,157
Prom.43-51 (9 años)	1.149	145,0	0,126

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2-12

Estudios : Río Capaya en El Peñón (curva No. 34)

Elaborado : Por los Ingenieros Leopoldo Ayala y Francisco Avellán en el " Informe hidrológico preliminar de ríos pertenecientes a la hoya del Río Tuy " con fecha enero de 1965.

DATOS UTILIZADOS

Río Capaya en El Peñón

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1951-52	1.280	638	0,498
1952-53	1.749	605	0,346
1953-54	1.389	481	0,346
1954-55	2.578	1.187	0,470
1955-56	1.912 +	1.932 +	1.010 +
1956-57	1.966	1.132	0,576
1957-58	1.138	375	0,330
1958-59	1.370	250	0,182
1959-60	1.140	193	0,169
1960-61	1.684	509	0,302
1961-62	1.473	314	0,213
1962-63	1.373	423	0,308
1963-64	1.612	414	0,257
Prom. 51-63 (13 años)	1.558	543	0,349

* con isoyetas anuales

\+ no fué considerado

GRAFICO No. 2-13

Estudios: Río Largatijo en sitio de presa (curva No. 35)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en 1960

DATOS UTILIZADOS

Río Lagartijo en sitio de presa

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1954-55	2.100	600	0,286
1955-56	1.850	525	0,284
1956-57	1.800	510	0,283
1957-58	1.275	220	0,173
1958-59	1.300	220	0,169
1959-60	1.100	145	0,132
Prom. 54-59 (6 años)	1.571	370	0,236

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2-14

Estudios:
1) Río Manzanares en Guaripa (Curva No. 38)
2) Río Carinicuao en El Cordón (Curva No. 39)
3) Río Neverí en Botalón (Curva No. 40)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en el " Informe Hidrológico del Río Carinicuao (Cariaco) Edo. Sucre con fecha 15-5-61 a base de 3 mapas isoyéticos anuales.

DATOS UTILIZADOS

		Promedio 1952-58	Año Seco 1957-58	Año Lluvioso 1955-56
1) Río Manzanares:				
Lluvia media	mm	1.750	1.520	2.000
Escurrimiento	mm	585	411	795
Coef. de escorrent.	%	33,4	27,0	39,8
2) Río Carinicuao:				
Lluvia media	mm	1.570	1.340	1.830
Escurrimiento	mm	437	268	675
Coef. de escorrent.	%	27,8	20,0	36,9
3) Río Neverí:				
Lluvia media	mm	1.980	1.500	2.280
Escurrimiento	mm	1.103	530	1.498
Coef. de escorrent.	%	55,7	35,3	65,7

GRAFICO No. 2-15

Estudios: 1) Río Aragua de Neverí en La Chorrera (curva No. 41)
2) Río Querecual en Querecual (curva No. 42)

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en 1963

DATOS UTILIZADOS

1) Río Aragua de Neverí en La Chorrera

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrent.
1945-46	829	39,5	0,048
1946-47	870	18,7	0,021
1947-48	899	36,7	0,041
1948-49	907	31,1	0,034
1949-50	953	29,1	0,030
1950-51	1.304	85,1	0,065
1951-52	928	37,9	0,041
1952-53	944	23,2	0,024
1953-54	943	26,6	0,028
1954-55	1.133	64,5	0,057
1955-56	1.358	105,0	0,077
1956-57	868	40,1	0,046
1957-58	637	14,3	0,022
1958-59	1.151	23,8	0,021
1959-60	683	14,1	0,021
1960-61	680	13,5	0,020
1961-62	1.065	53,3	0,050
Prom. 45-61 (17 años)	950	38,6	0,038

* con el método Thiessen

2) Río Querecual en Querecual

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef de escorrentía
1948-49	1.528	452	0,296
1949-50	1.398	358	0,185
1950-51	1.730	471	0,272
1951-52	1.602	343	0,214
1952-53	1.296	258	0,199
1953-54	1.451	268	0,185
1954-55	1.839	665	0,362
1955-56	1.990	644	0,324
1956-57	1.606	447	0,278
1957-58	1.101	165	0,150
1958-59	1.403	340	0,242
1959-60	1.045	165	0,158
1960-61	870	173	0,199
1961-62	1.614	436	0,270
Prom. 48-61 (14 años)	1.462	363	0,248

* Se tomó la lluvia anual de Bergantín como representativa para la hoya.

GRAFICO No. 2-16

Estudios : 1) Río Aragua en El Vallito (Curva No. 36)
2) Río Tamanaco en San Antonio de Tamanaco (curva No.37)

Elaborado : No. 1, por Ing. Francisco Avellán en el " Informe Hidrológico preliminar de la cuenca del Río Orocopiche en sitio de presa con fecha 6-3-64 y el No. 2 por el Ing. Guido Posewitz en el año 1964.

DATOS UTILIZADOS

1) Río Aragua en El Vallito

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1961-62	922	38	0,041
1962-63	804	18	0,022
1963-64	887	21	0,024
Prom. 61-63 (3 años)	871	25,7	0,029

* con el método Thiessen

2) Río Tamanaco en San Antonio de Tamanaco

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1961-62	1.003	102,1	0,102
1962-63	1.040	112,3	0,108
1963-64	1.193	129,4	0,108
Prom. 61-63 (3 años)	1.079	114,6	0,106

* con el método Thiessen

GRAFICO No. 2-17

Estudio: Río Motatán en Agua Viva (curva No. 7)

Elaborado: Por Ing. José A. Llanos en el " Informe Hidrológico sobre el Río Motatán con fecha 24-8-65

DATOS UTILIZADOS

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1954-55	1.156	303	0,262
1955-56	1.308	446	0,341
1956-57	799	297	0,372
1957-58	855	221	0,258
1958-59	759	123	0,162
1959-60	737	138	0,187
1960-61	662	145	0,219
1961-62	996	175	0,176
1962-63	938	159	0,170
1963-64	847	204	0,241
Prom. 54-63	906	221	0,244

(10 años)

* con isoyetas anuales

GRAFICO No. 2-18

Estudios: 1) Río Ricoa en " Aguas Abajo " (curva No. 8)
2) Río Ricoa en Sitio de Presa " La Iguana " (curva No. 8/a).

Elaborado: Por Ing. Guido Posewitz en el estudio denominado "Observaciones referentes a la parte hidrográfica del Estudio Preliminar de la presa del Río Ricoa en " La Iguana " Edo. Falcón, presentado por " Ingeniería de Suelos, - S. A." con fecha de junio de 1962.

DATOS UTILIZADOS

1) Río Ricoa en " Aguas Abajo ".

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1957-58	830	154	0,186
1958-59	810	58	0,072
1959-60	920	121	0,132
1960-61	1.430	232	0,162
1961-62	1.290	155	0,120
Prom. 57-61 (5 años)	1.056	144	0,136

2) Río Ricoa en Sitio de Presa " La Iguana ".

AÑO	Lluvia media * (mm)	Escurrimiento (mm)	Coef. de escorrentía
1957-58	640	111	0,173
1958-59	625	41	0,066
1959-60	715	86	0,120
1960-61	1.110	166	0,150
1961-62	1.000	111	0,111
Prom. 57-61 (5 años)	818	103	0,126

* con isoyetas anuales

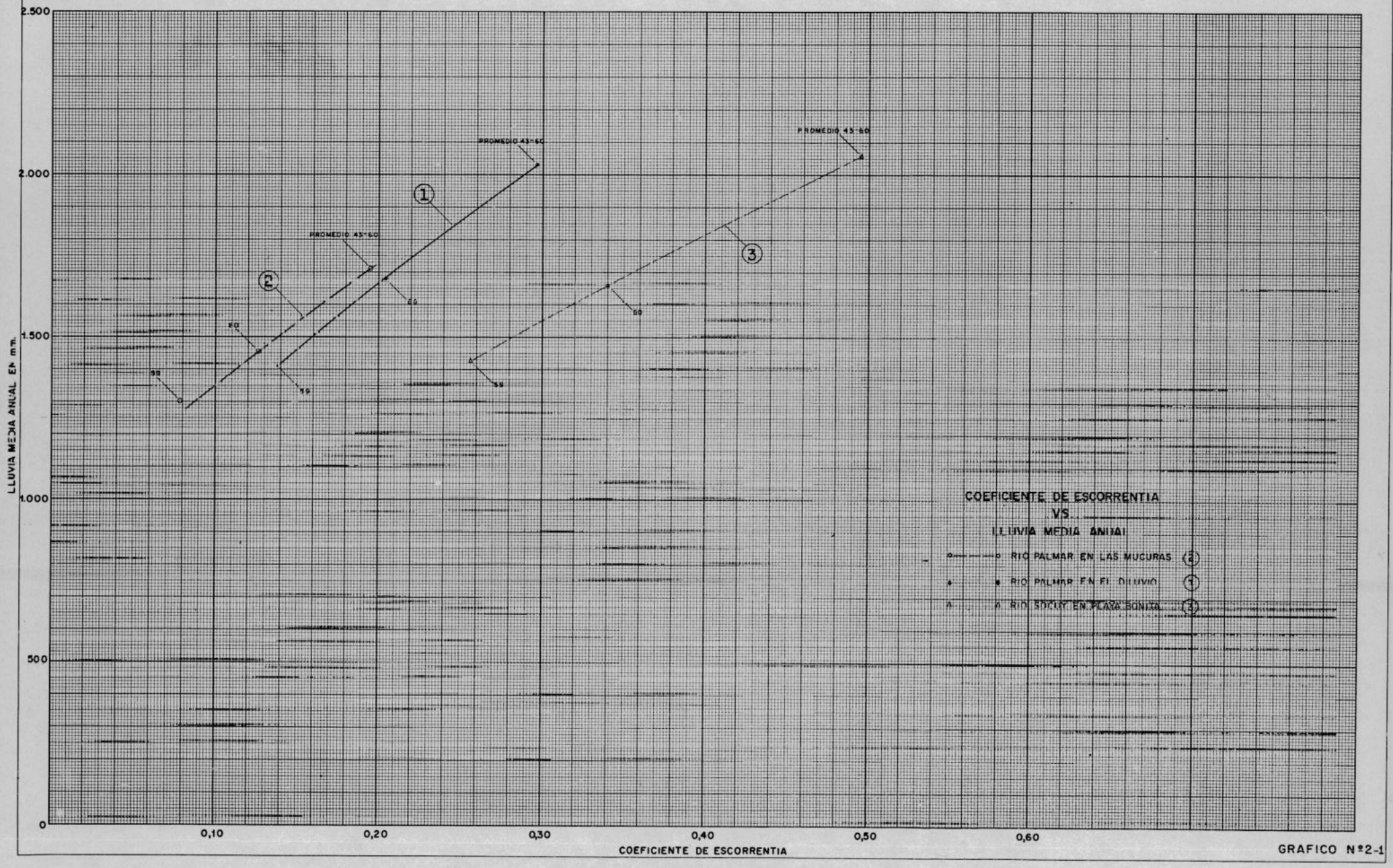


GRAFICO Nº2-1

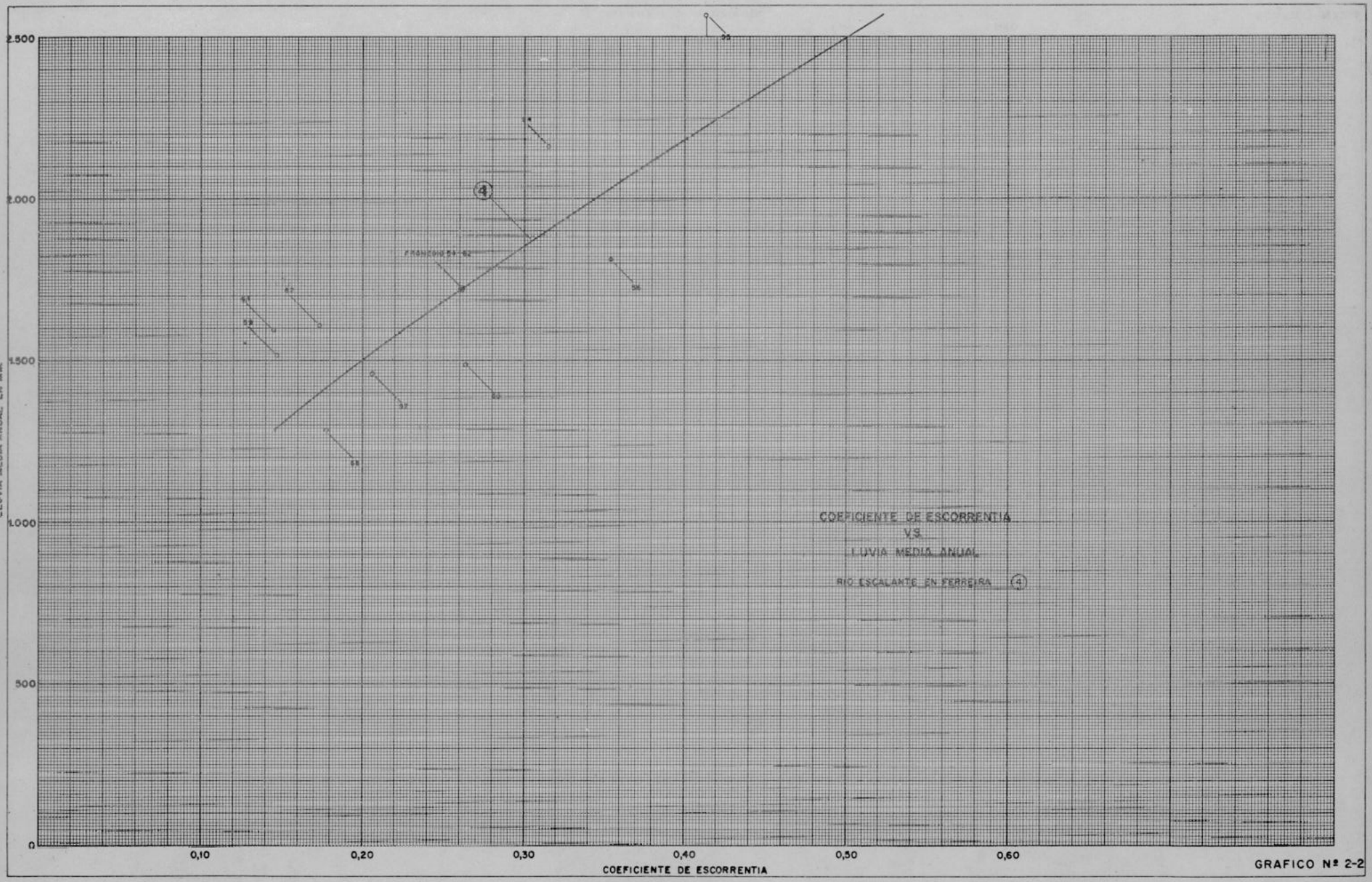


GRAFICO Nº 2-2

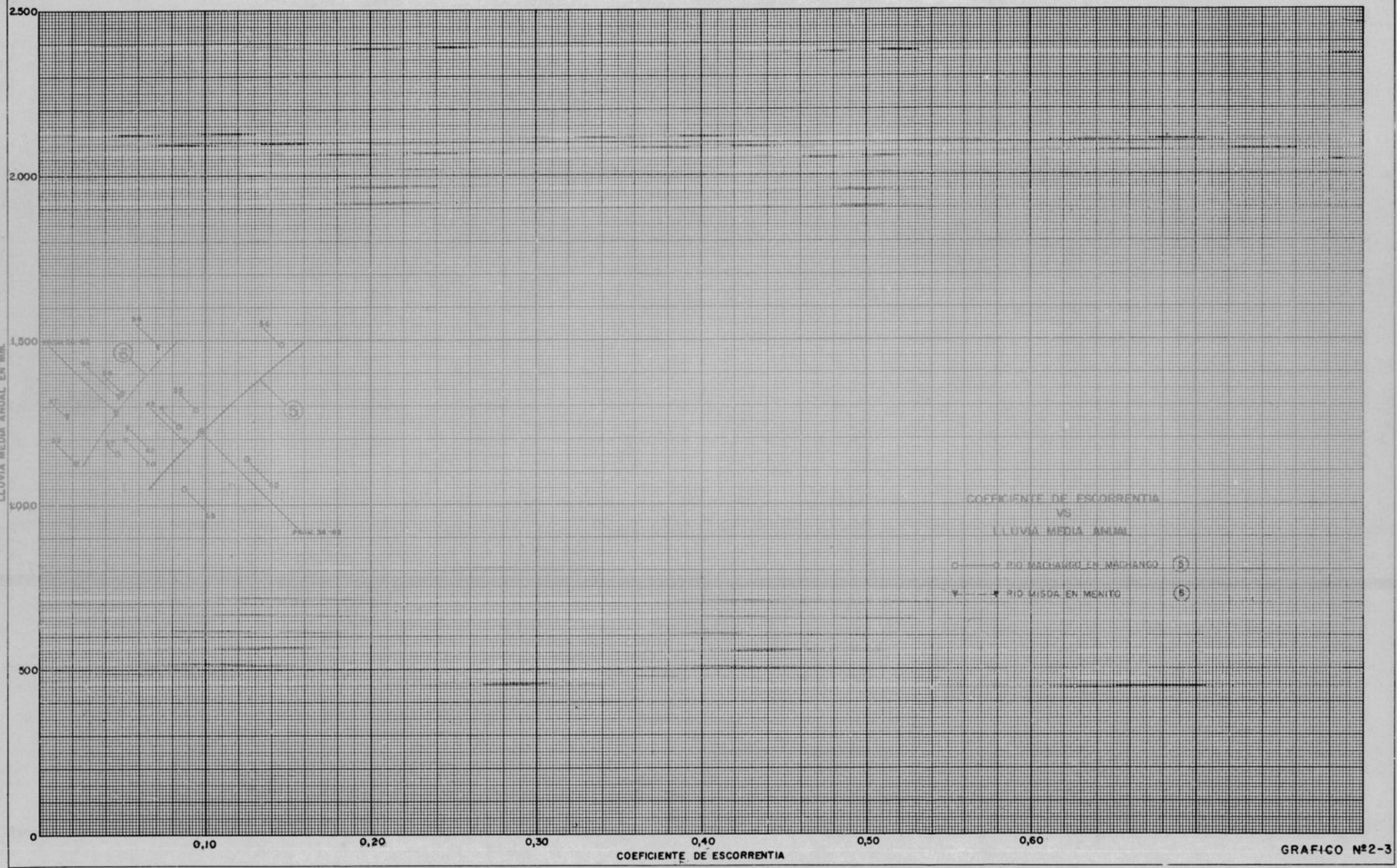


GRAFICO Nº2-3

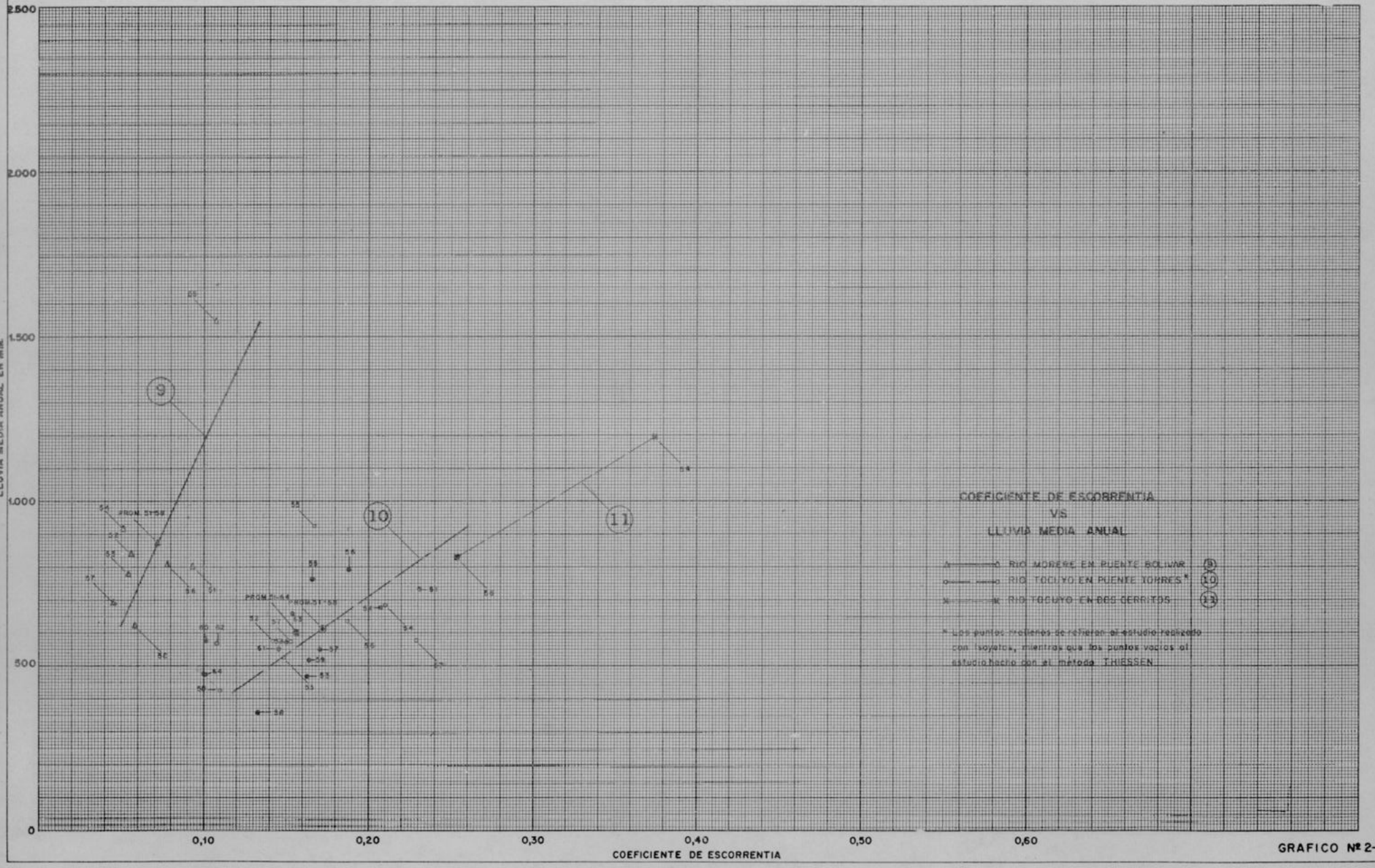


GRAFICO Nº 2-4

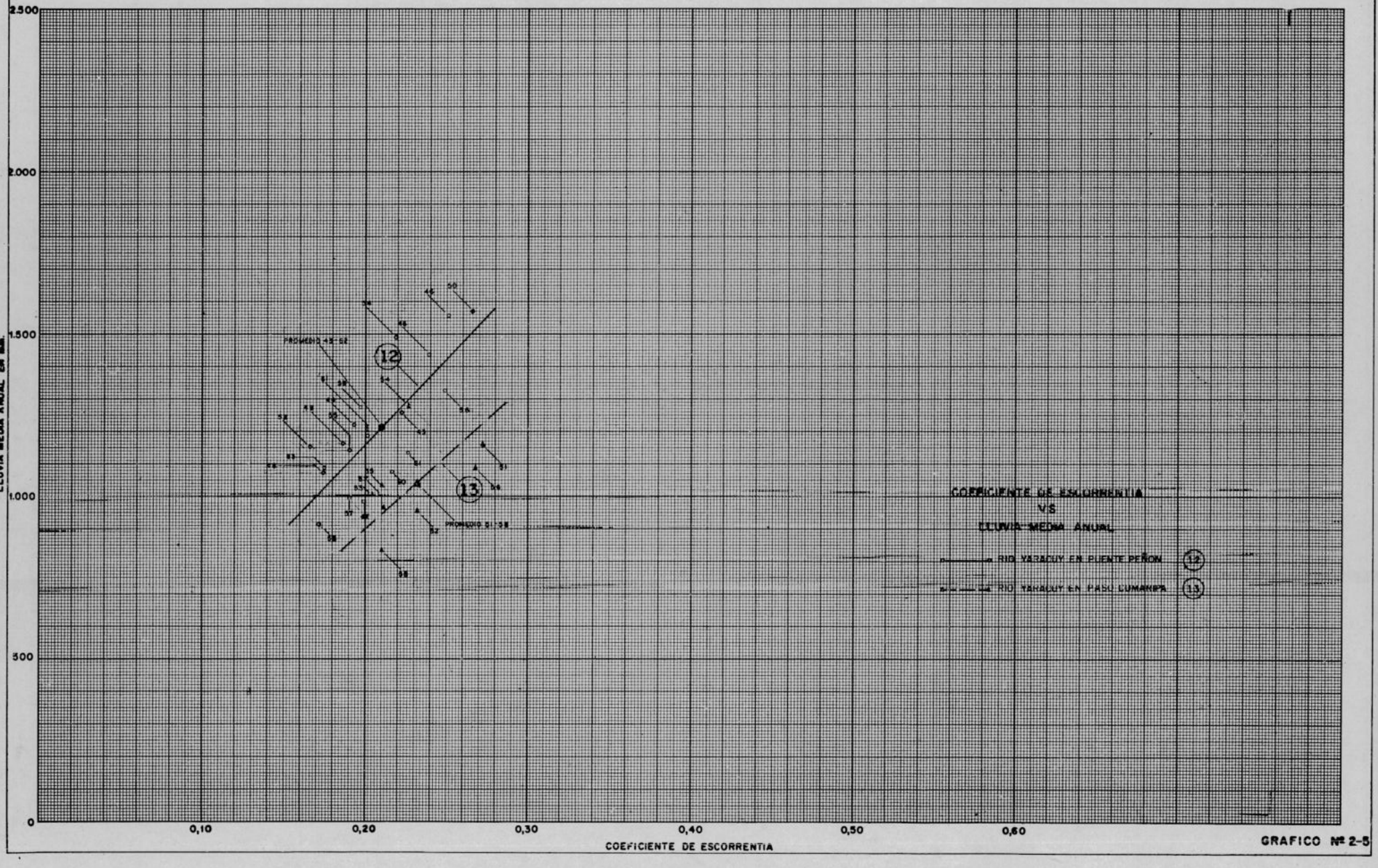
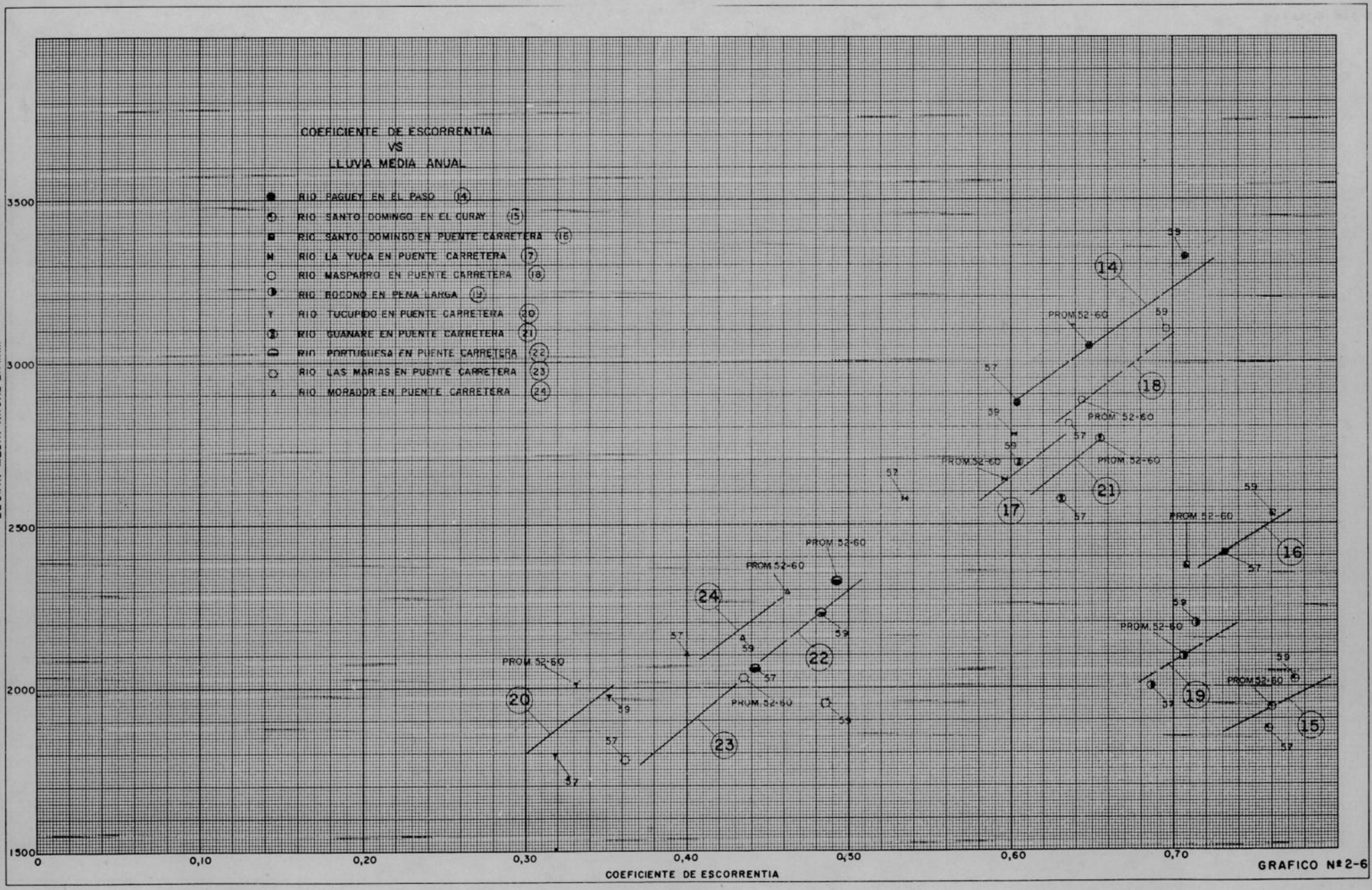


GRAFICO Nº 2-5


COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
VS
LLUVIA MEDIA ANUAL
RIO PAGUEY EN EL PASO (14)
RIO SANTO DOMINGO EN EL CURAY (15)
RIO SANTO DOMINGO EN PUENTE CARRETERA (16)
RIO LA YUCA EN PUENTE CARRETERA (17)
RIO MASPARRO EN PUENTE CARRETERA (18)
RIO BOCONO EN PENA LARGA (19)
RIO TUCUPIDO EN PUENTE CARRETERA (20)
RIO GUANARE EN PUENTE CARRETERA (21)
RIO PORTUGUESA EN PUENTE CARRETERA (22)
RIO LAS MARIAS EN PUENTE CARRETERA (23)
RIO MORADOR EN PUENTE CARRETERA (24)
LLUVIA MEDIA ANUAL EN mm.
3500
3000
2500
2000
1500
0
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
0,70
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
PROM 52-60
GRAFICO Nº 2-6

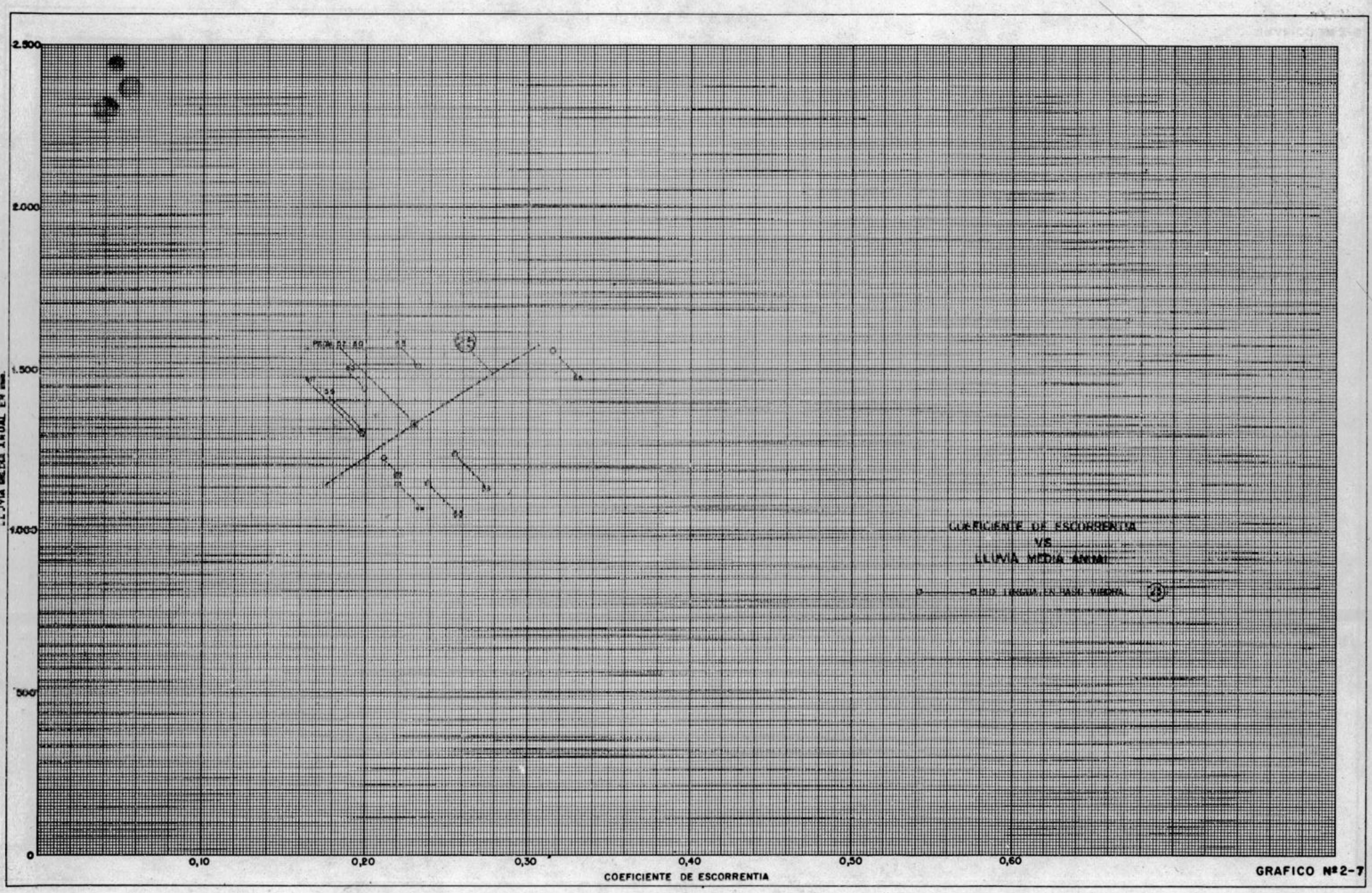


GRAFICO Nº2-7

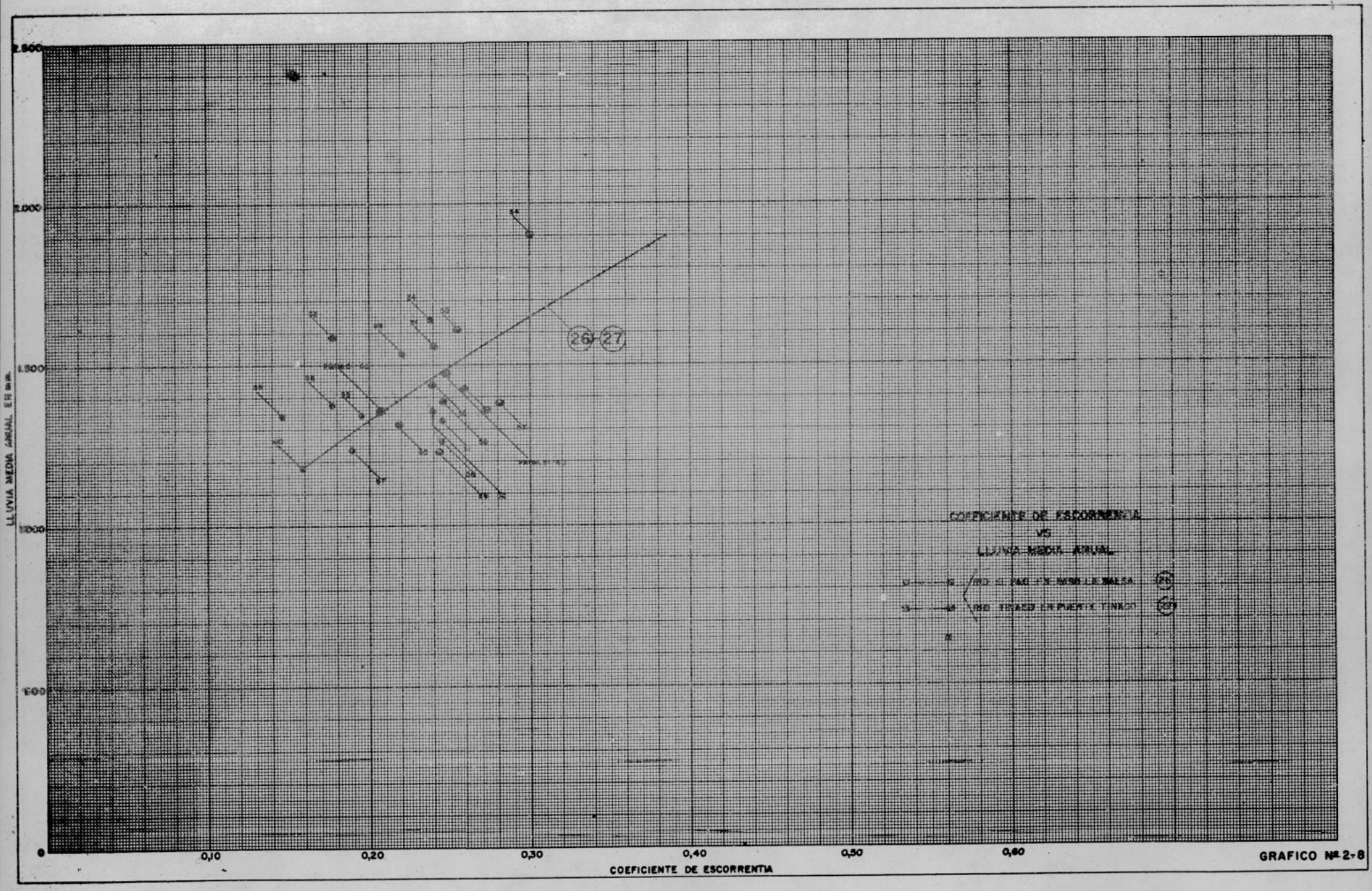


GRAFICO Nº 2-8

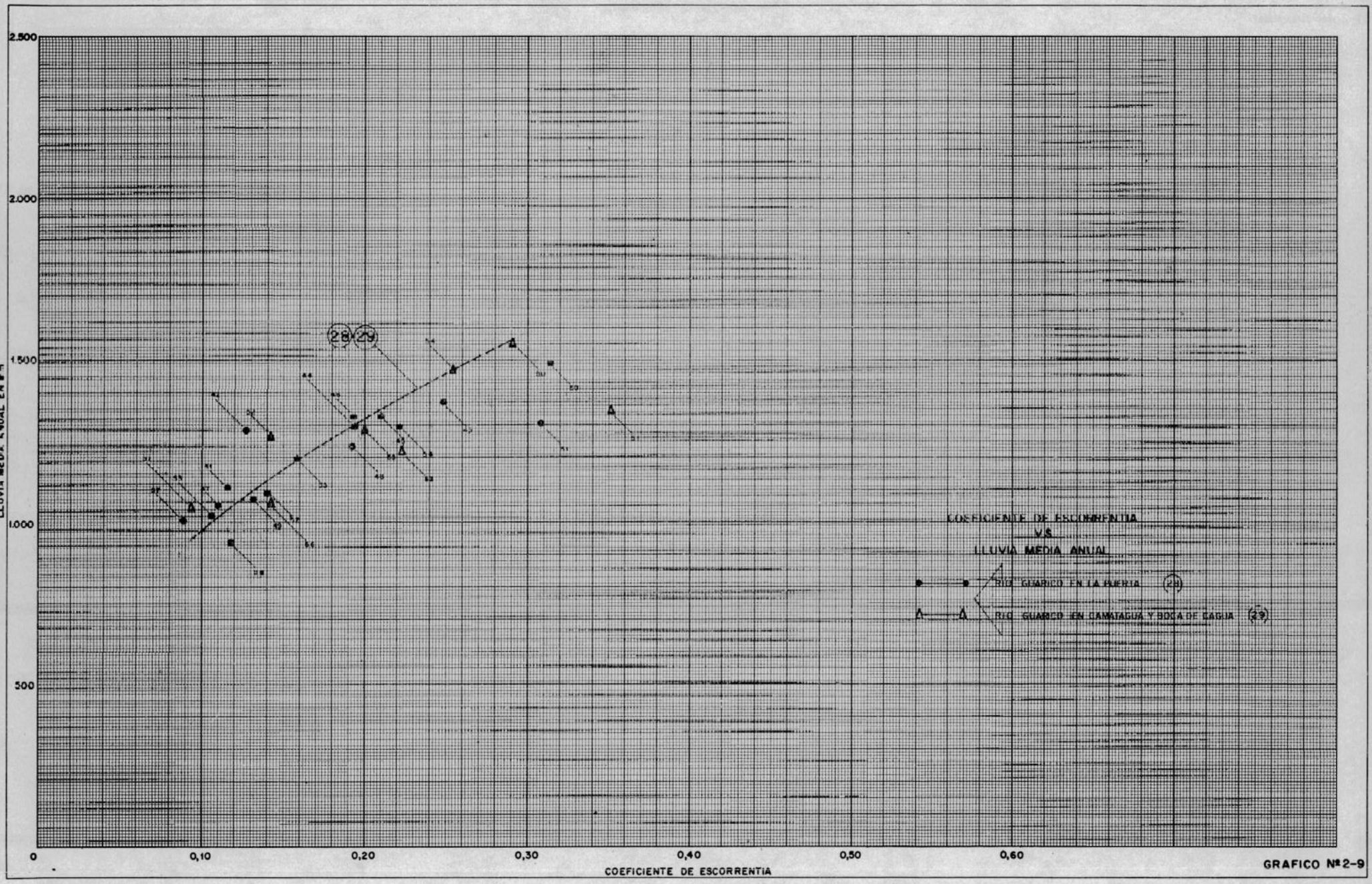
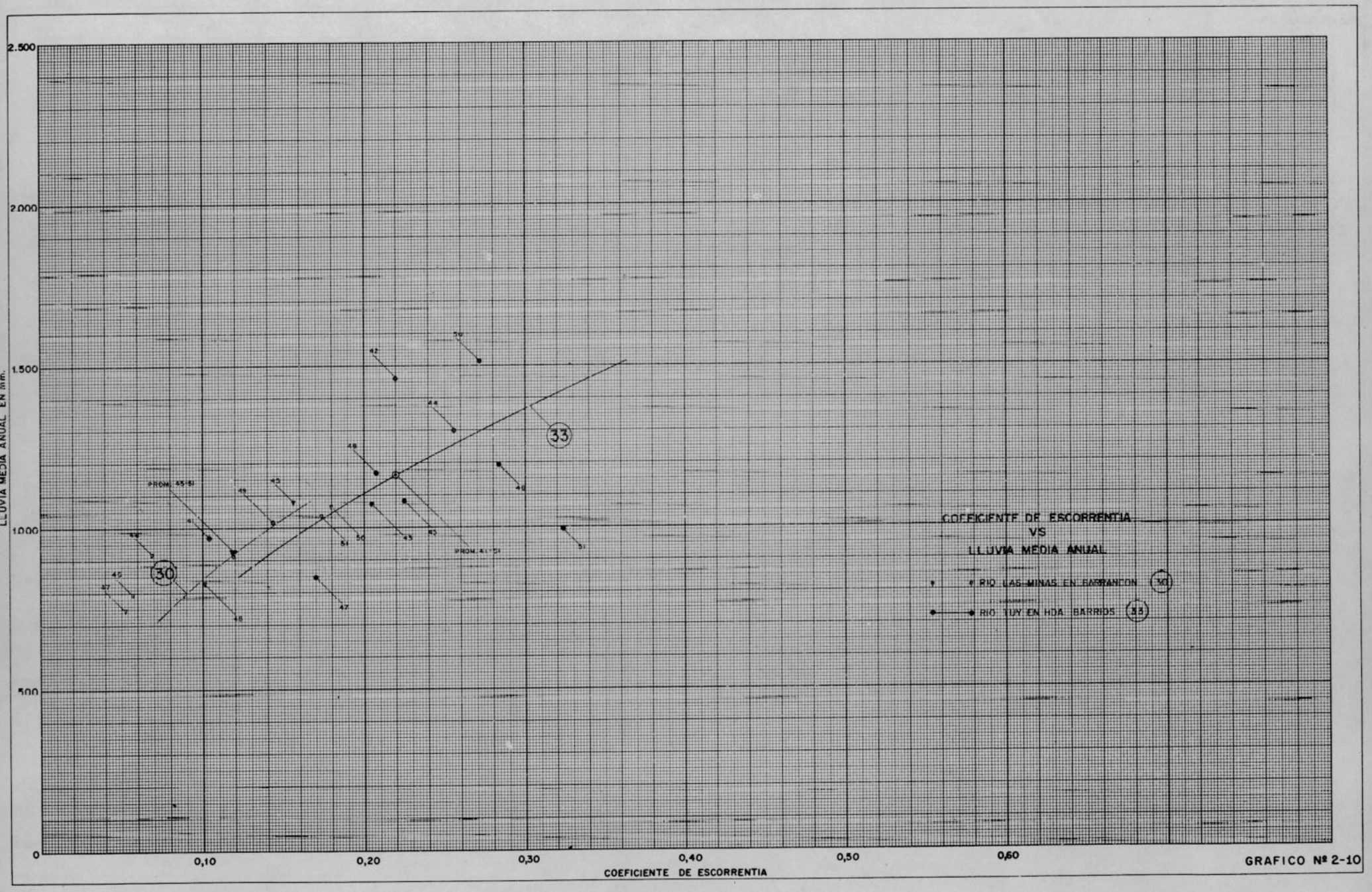


GRAFICO Nº 2-9


2.500
2.000
1.500
1.000
500
0
LLUVIA MEDIA ANUAL EN mm.
0,10
0,20
0,30
0,40
0,50
0,60
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
VS
LLUVIA MEDIA ANUAL
RIO LAS MINAS EN BARRANCON (30)
RIO TUY EN HDA. BARRIOS (33)
PROM. 33-51
PROM. 41-51
30
33
GRAFICO Nº 2-10

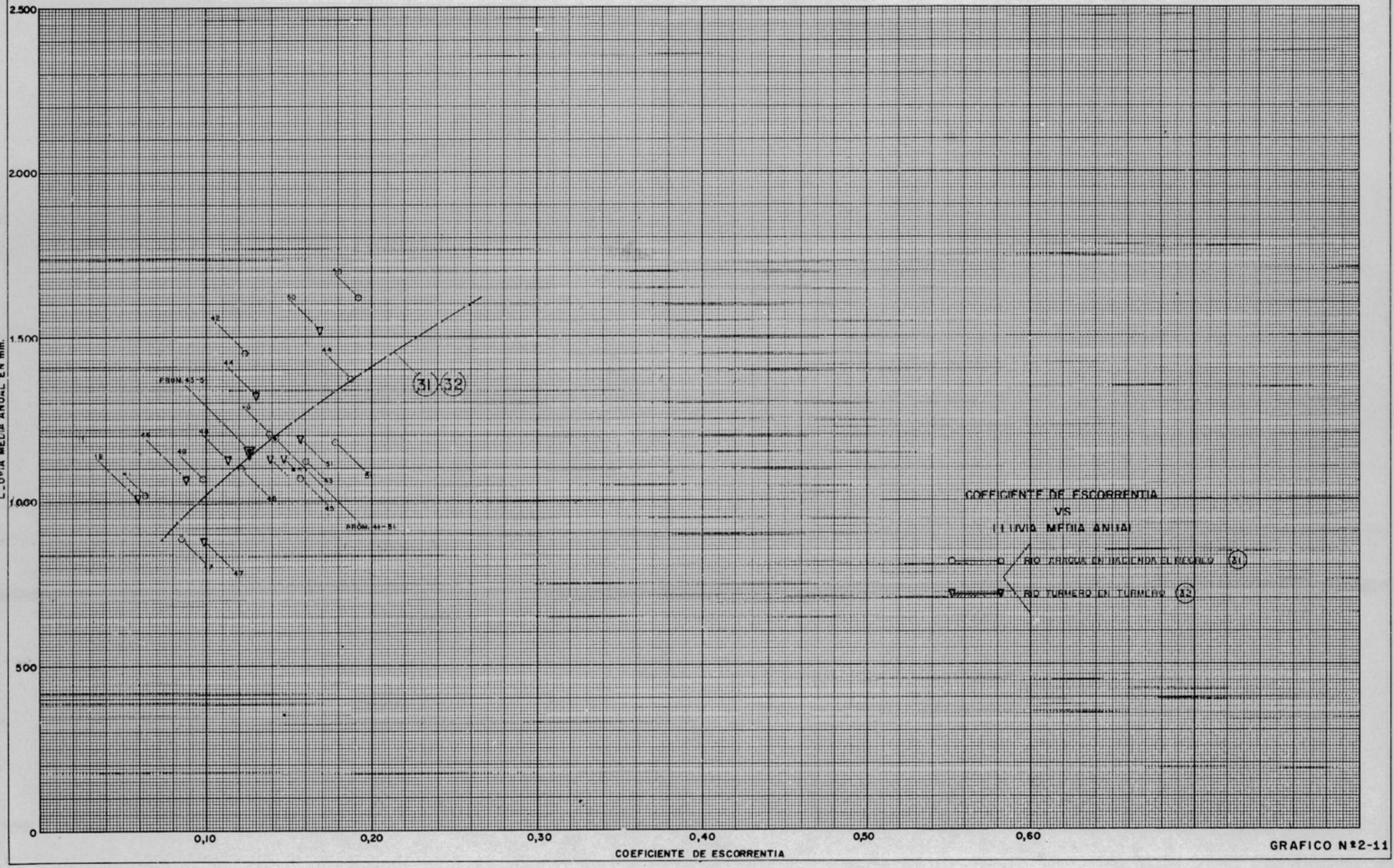


GRAFICO Nº2-11

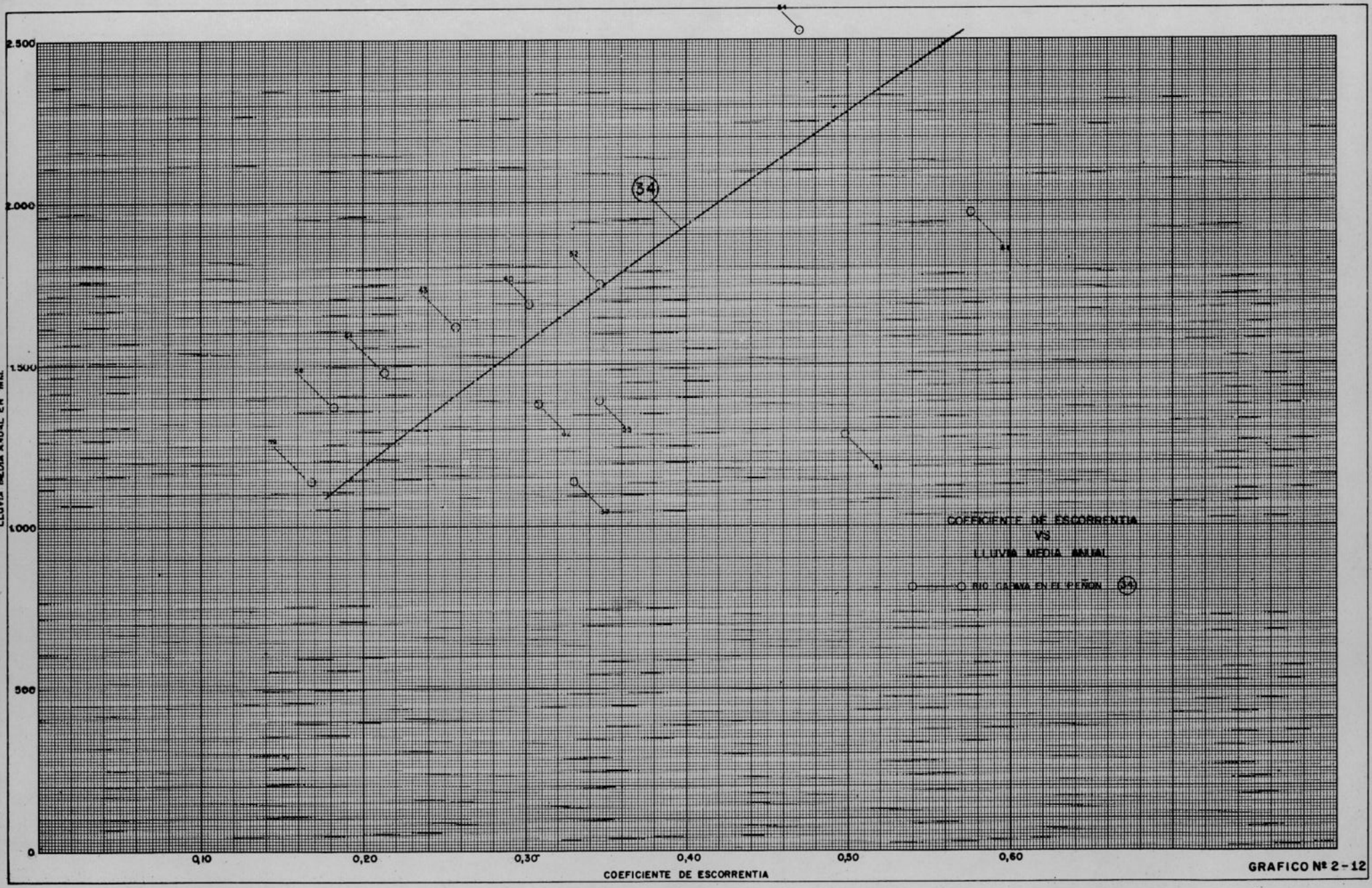


GRAFICO Nº 2-12

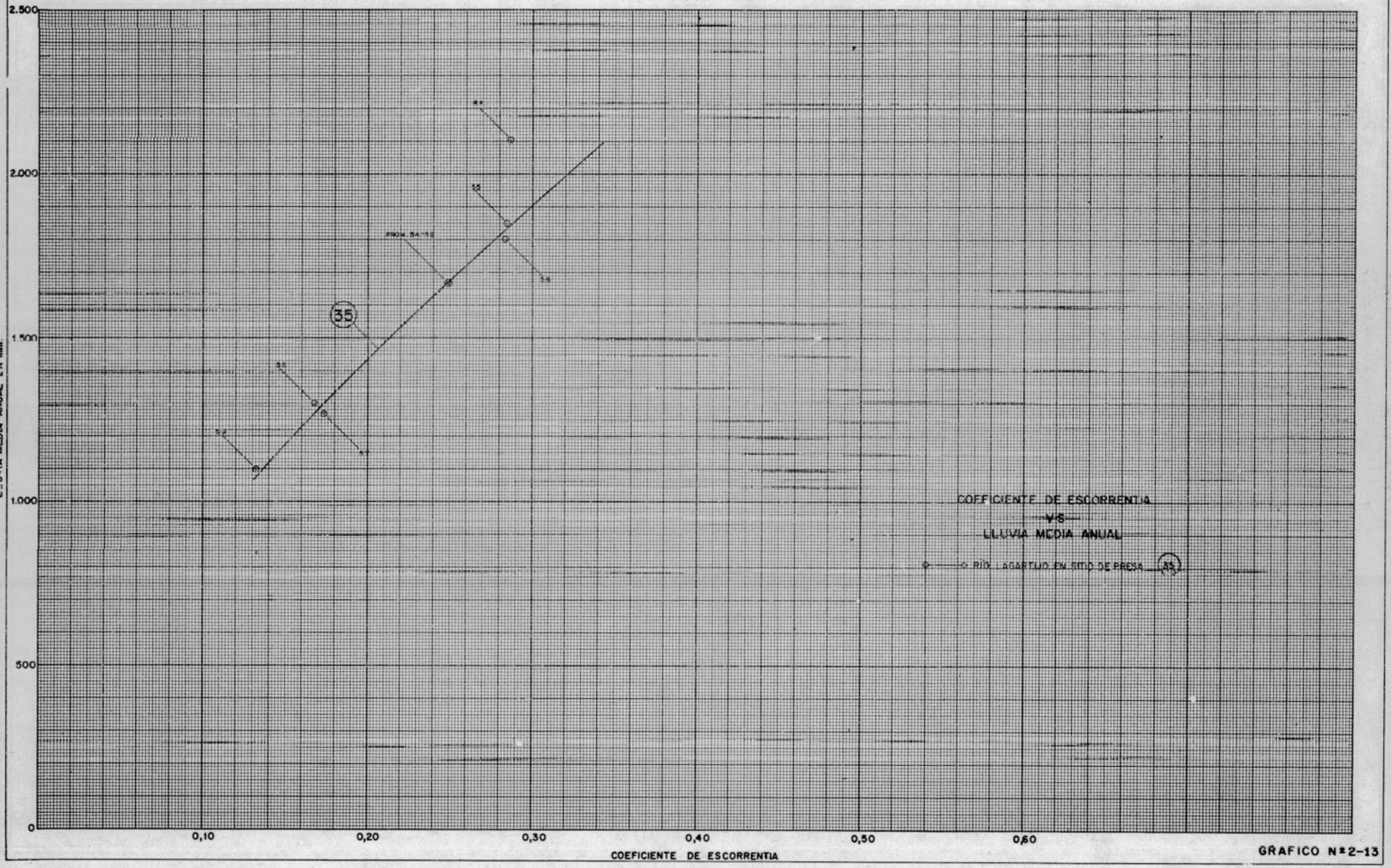


GRAFICO N°2-13

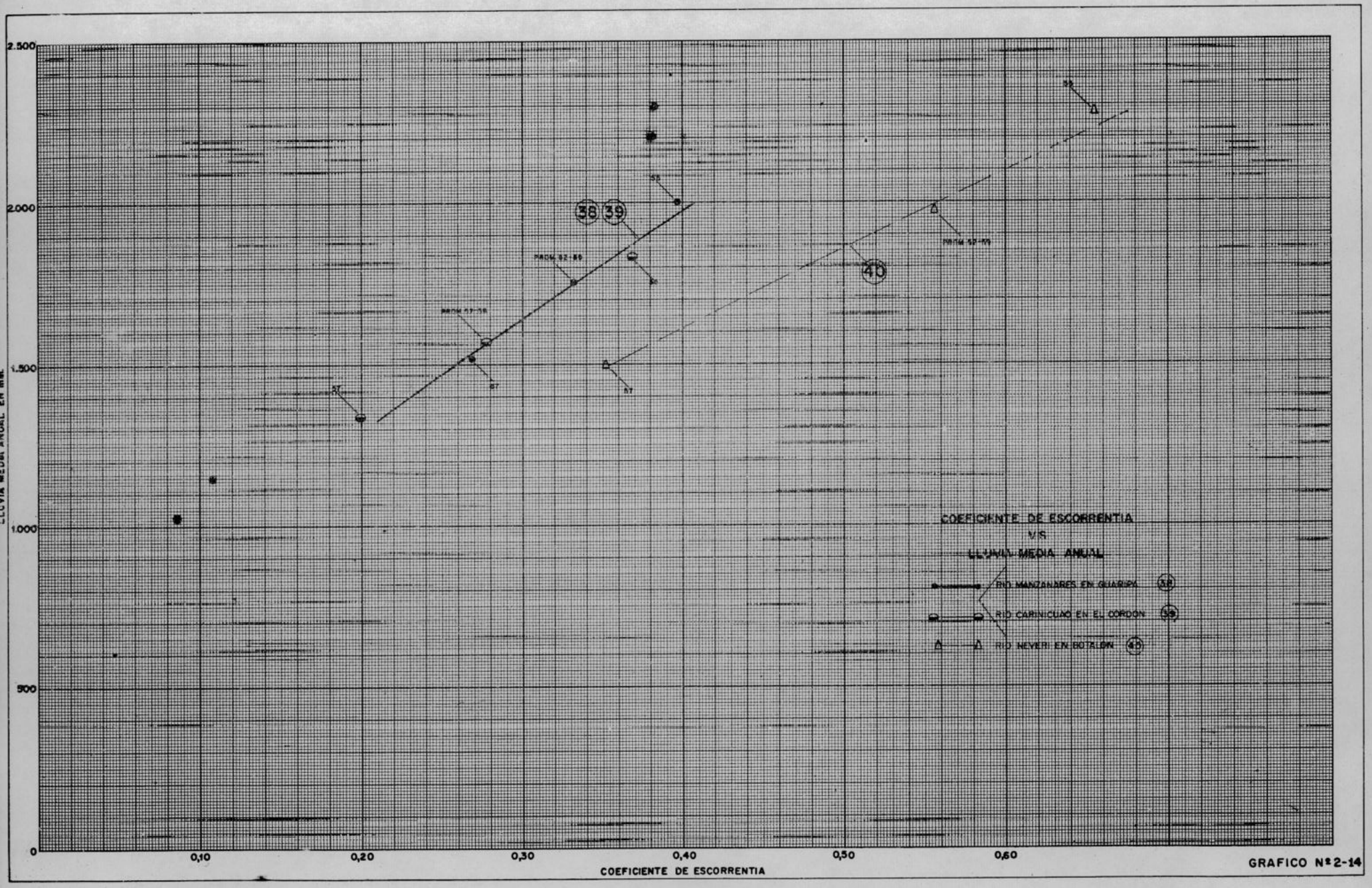


GRAFICO Nº 2-14

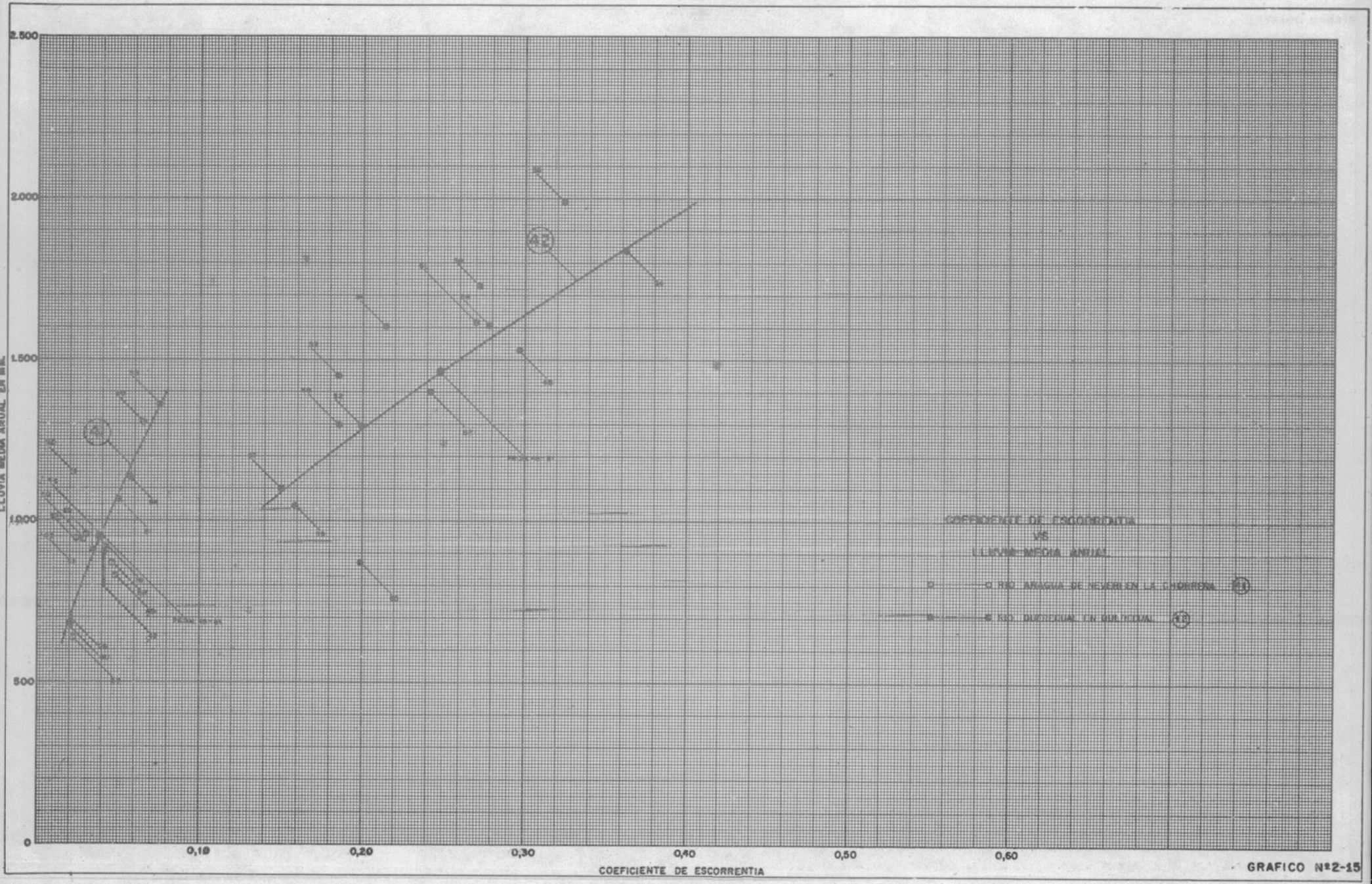


GRAFICO Nº2-15

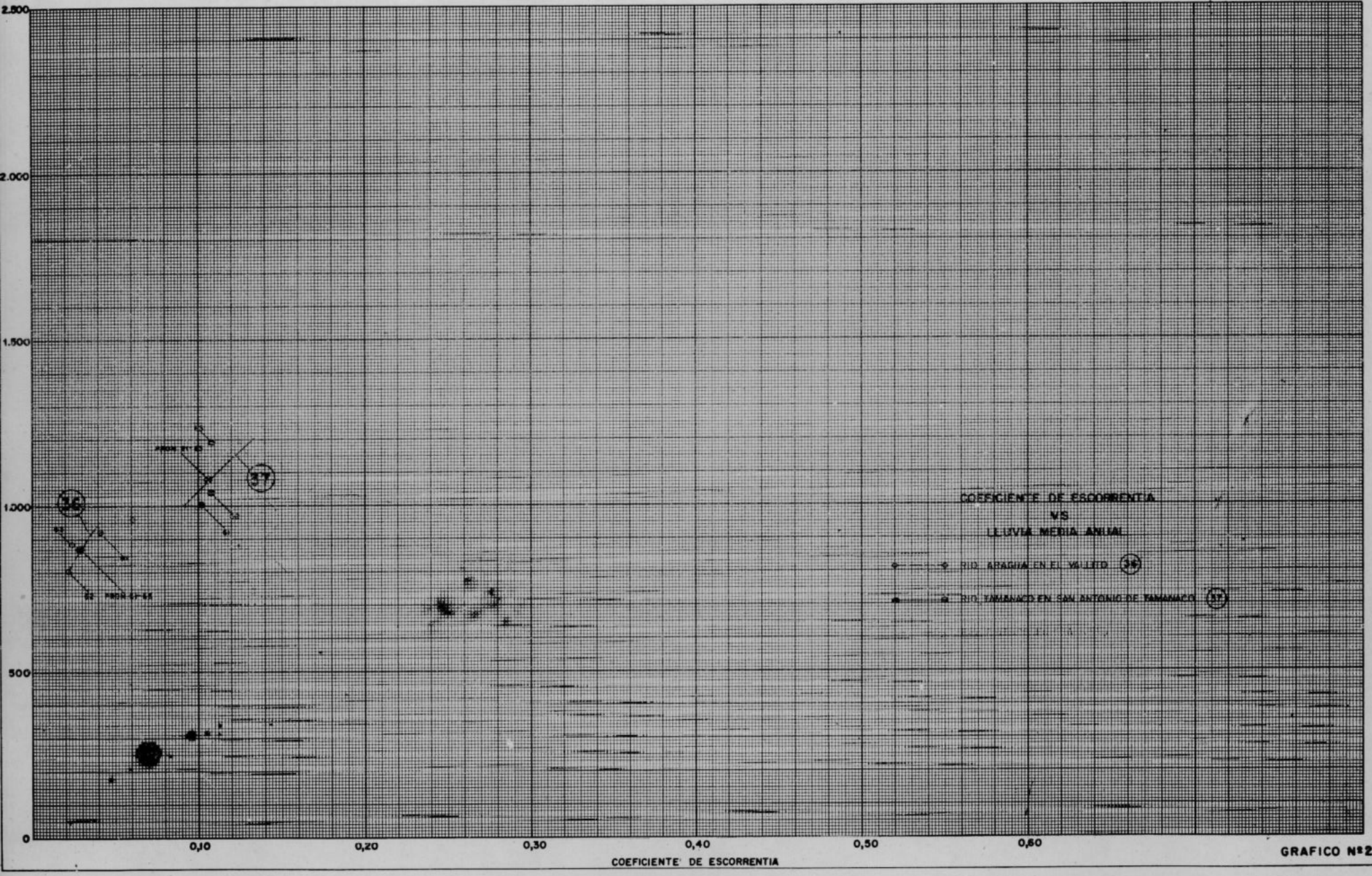


GRAFICO Nº2-16

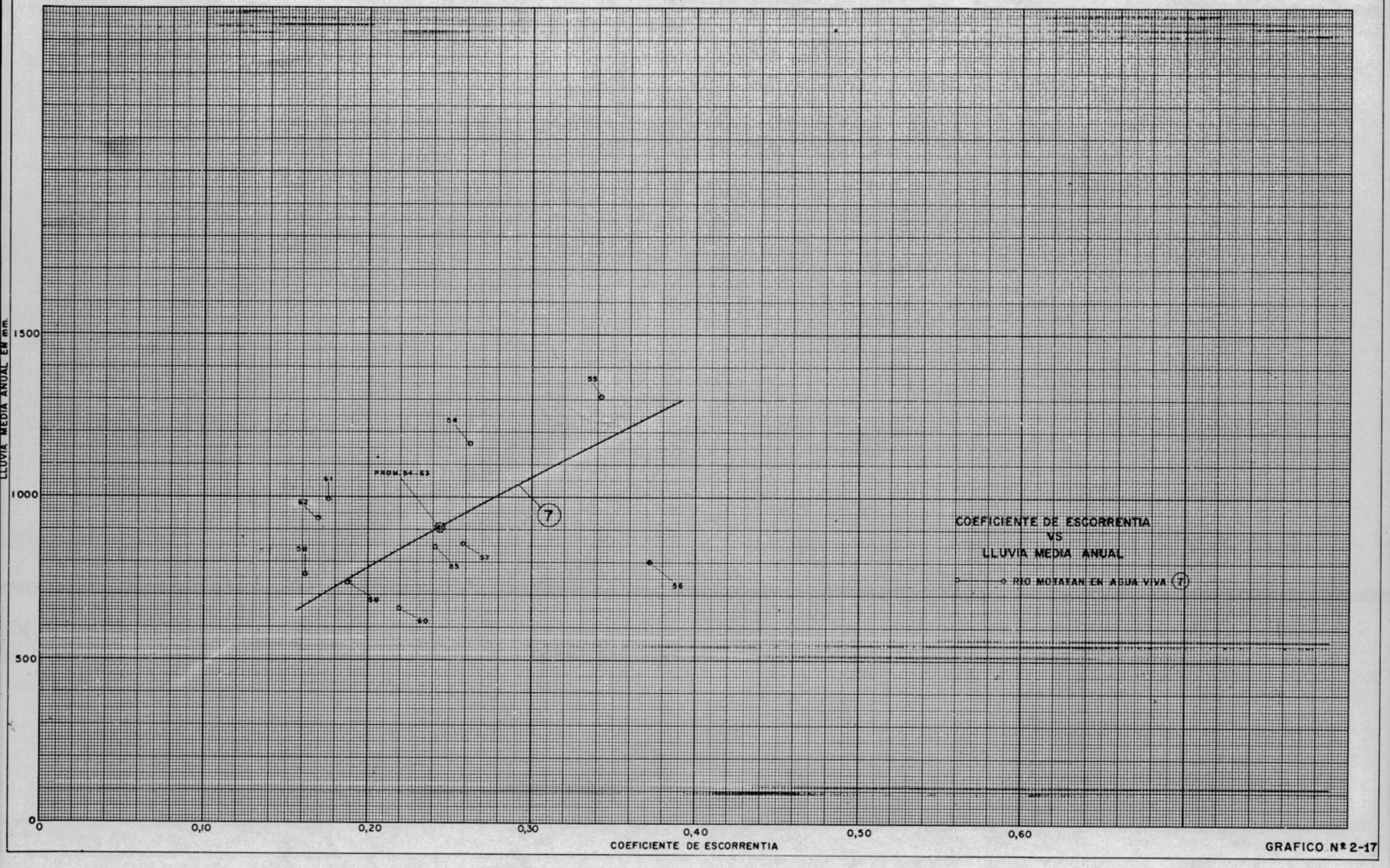


GRAFICO Nº 2-17

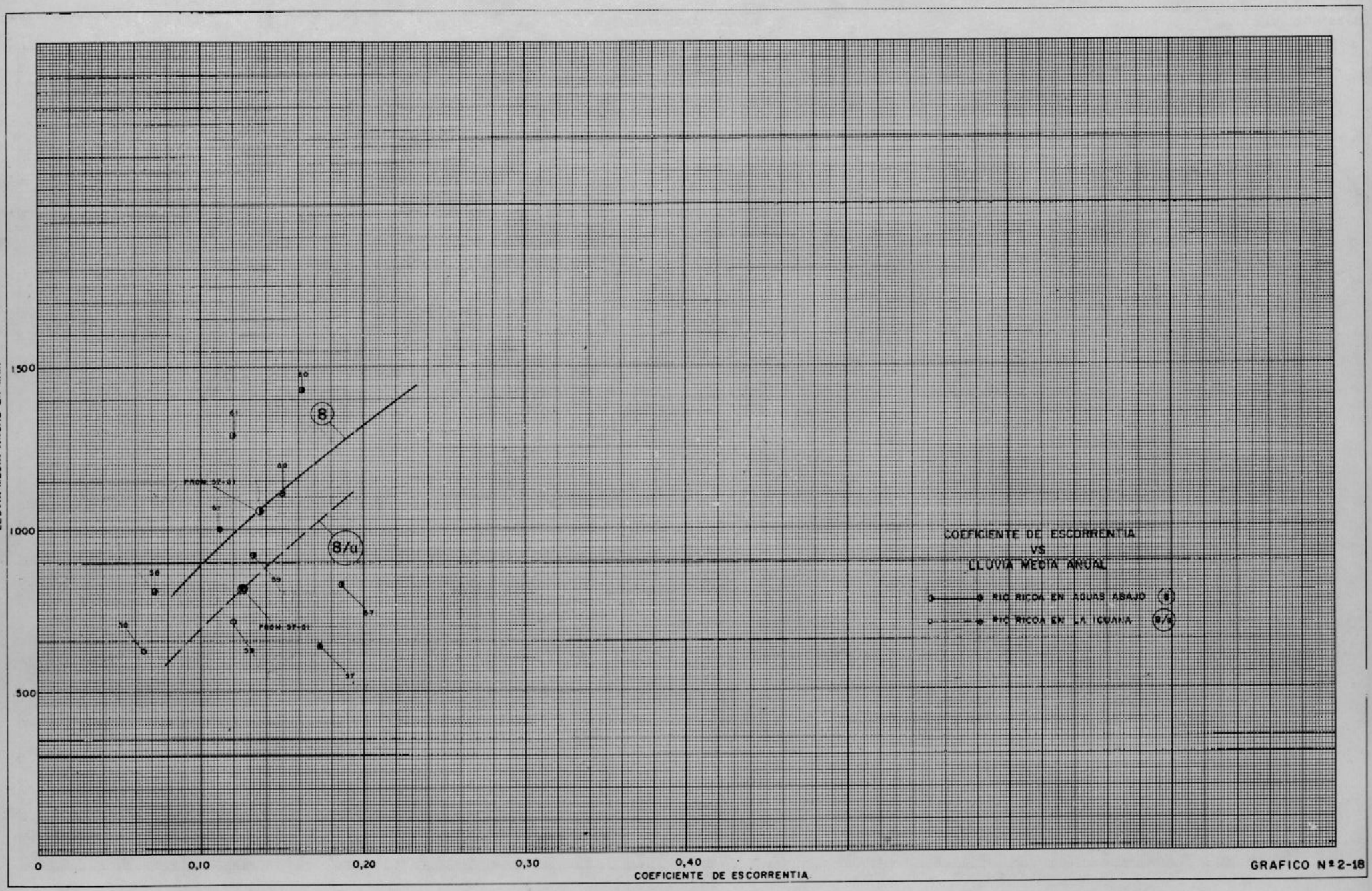


GRAFICO N° 2-18

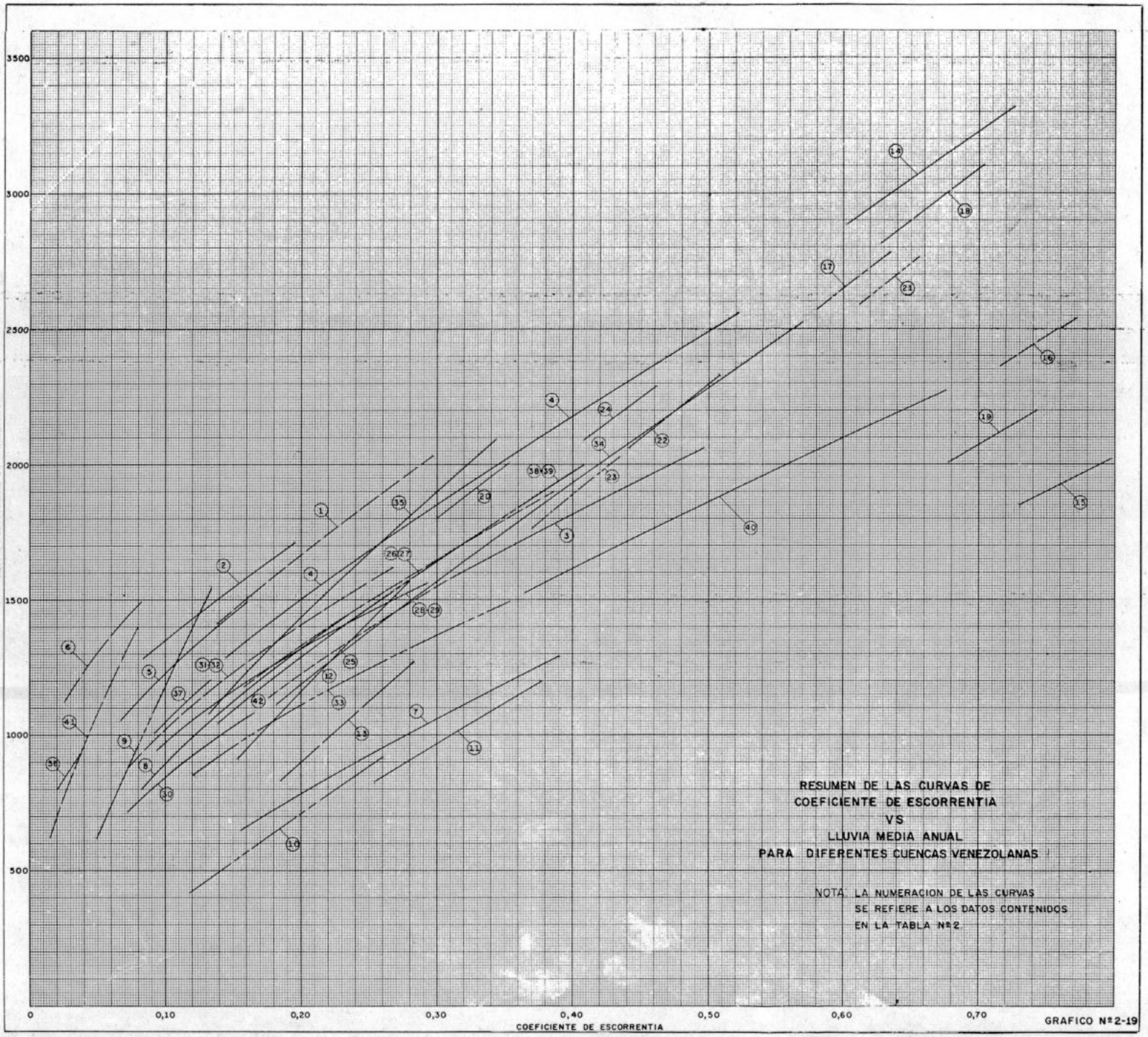
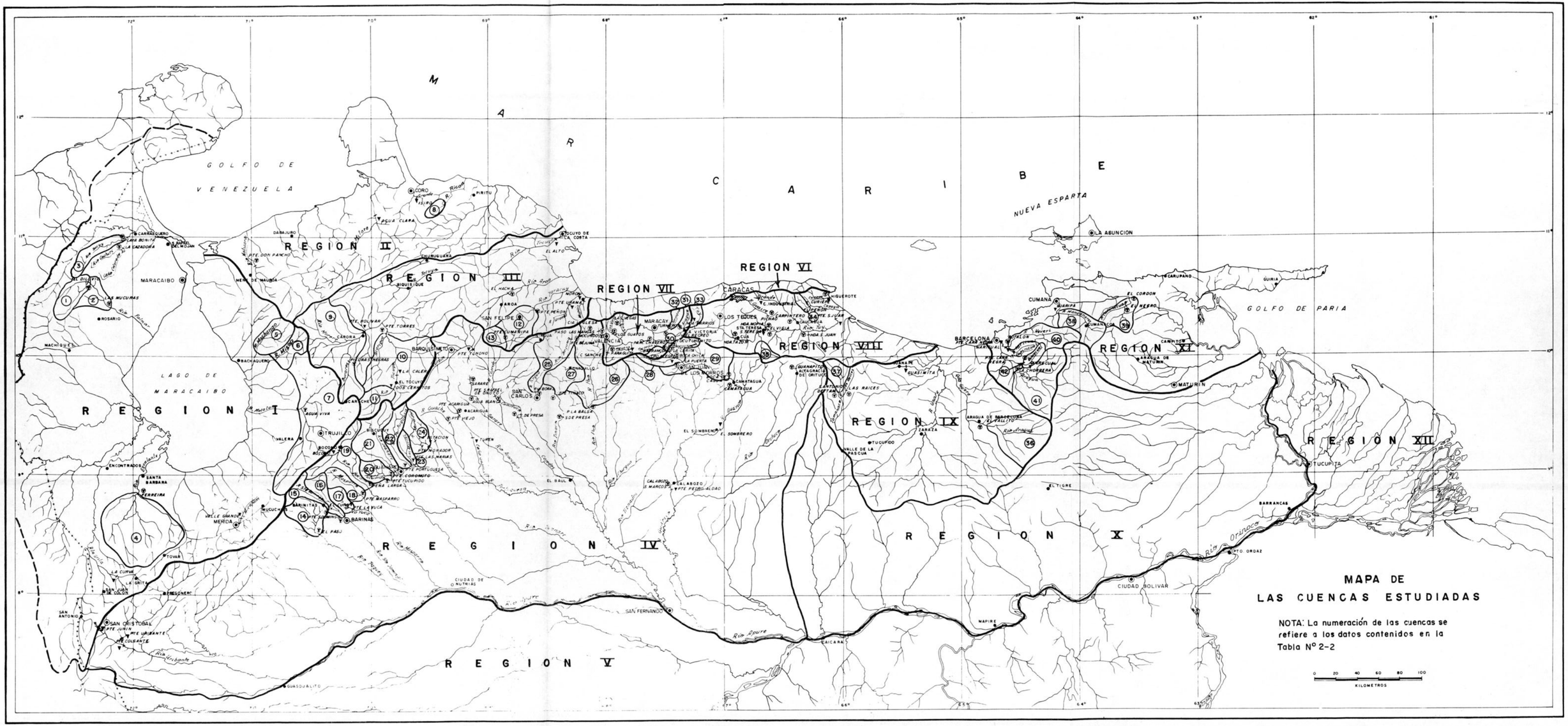
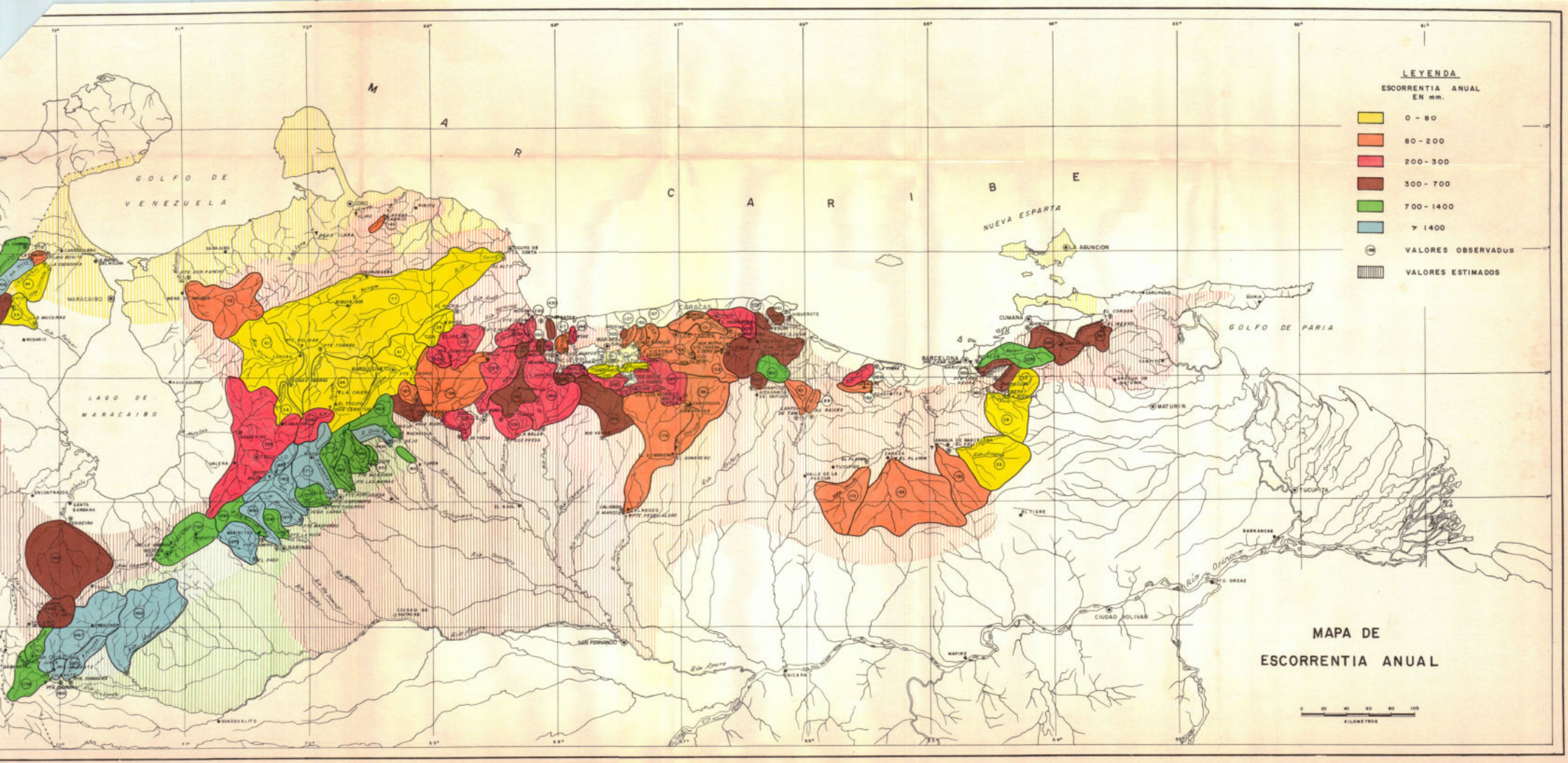


GRAFICO Nº 2-19


MAPA DE
LAS CUENCAS ESTUDIADAS
NOTA: La numeración de las cuencas se refiere a los datos contenidos en la Tabla Nº 2-2
KILOMETROS
REGION I
REGION II
REGION III
REGION IV
REGION V
REGION VI
REGION VII
REGION VIII
REGION IX
REGION X
REGION XI
REGION XII
MARACAIBO
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE VENEZUELA
CARACAS
LA GUAIRA
MAIQUETIA
CUMANA
BARCELONA
PTO. LA CRUZ
CARUPANO
GUIRIA
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
LA ASUNCION
CORO
PIRITU
BARQUISIMETO
VALENCIA
MARACAY
SAN FELIPE
SAN CARLOS
TRUJILLO
VALERA
MERIDA
BARINAS
SAN CRISTOBAL
TOVAR
SAN ANTONIO
ENCONTRADOS
SANTA BARBARA
ZEA
TUCUPITA
BARRANCAS
PTO. ORDAZ
CIUDAD BOLIVAR
SAN FERNANDO
CALABOZO
EL SOMBRERO
LOS TEQUES
GUANARE
GUASDUALITO
MATURIN
CARIPE
CARIPITO
EL TIGRE
MAPIRE
CAICARA
Río Orinoco
Río Apure
Río Portuguesa
Río Guárico
Río Unare
Río Neverí
Río Caroní
Río Caura
Río Aragua
Río Tuy
Río Yaracuy
Río Motatán
Río Chama
Río Escalante
Río Catatumbo
Río Santo Domingo
Río Uribante
Río Suripa
Río Zuata
Río Manapire
Río Cabriales
Río Pao
Río Cojedes
Río Tinaco
Río Aguirre
Río Guanare
Río Boconó
Río Masparro
Río Capanaparo
Río Arauca
Río Meta
Río Guaviare
Río Ventuari
Río Negro
Río Casiquiare
Río Caura
Río Paragua
Río Caroní
Río Aro
Río Cuchivero
Río Caris
Río Carinicuao
Río Guarapiche
Río Amana
Río Morichal Largo
Río Tigre
Río Grande
Río Guanipa
Río Querecual
Río Unare
Río Neverí
Río Manzanares
Río Guaritico
Río Guarapiche
Río Amana
Río Morichal Largo
Río Tigre
Río Grande
Río Guanipa
Río Querecual


LEYENDA
ESCORRENTIA ANUAL EN mm.
0 - 80
80 - 200
200 - 300
300 - 700
700 - 1400
> 1400
VALORES OBSERVADOS
VALORES ESTIMADOS
MAPA DE
ESCORRENTIA ANUAL
M A R C A R I B E
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
CARACAS
MARACAIBO
CORO
CUMANA
MATURIN
CIUDAD BOLIVAR
SAN FERNANDO
BARRANCAS
KILOMETROS

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 3

ESTIMACION DE LA EVAPORACION MEDIA ANUAL

Por:
Ingº Arnoldo J. Gabaldón

Caracas, Enero 1965

INDICE

		PAGINA
1.	OBJETIVOS.	2
2.	DEFINICIONES.	2
2.1	Evaporímetro.	2
2.2	Evaporación en el Evaporímetro.	2
2.3	Evaporación en Lagos o Embalses.	2
2.4	Coeficiente Evaporimétrico.	2
3.	MAPA DE EVAPORACION MEDIA ANUAL.	3
4.	PROCEDIMIENTO.	4
	BIBLIOGRAFIA.	5

1. OBJETIVOS.

El objetivo de esta parte es mostrar el procedimiento seguido para estimar en forma preliminar las pérdidas en los embalses por concepto de evaporación.

Para estimar las pérdidas en los embalses es necesario conocer la magnitud de la evaporación en la zona, ya que el almacenamiento útil se le debe sustraer la cantidad de agua evaporada, para obtener el agua disponible para los diversos propósitos del aprovechamiento.

2. DEFINICIONES.

Se dan a continuación las definiciones de los términos de uso más frecuente.

2.1 Evaporímetro. Se denomina evaporímetro a un envase o tina generalmente metálico y de forma cilíndrica, que se emplea para medir la evaporación de un sitio.

La evaporación en un recipiente de dimensiones reducidas, (menos de 4 metros de diámetros) no representa exactamente las condiciones físicas existentes en un embalse o en un lago, por estas razones los datos de evaporación medidos en una tina deben ser afectados por un coeficiente correctivo para obtener la evaporación en lagos y embalses.

Los evaporímetros usados por la División de Hidrometeorología de Obras Hidráulicas tienen dimensiones standard y son réplica del llamado Tipo A, del United States Weather Bureau.

2.2 Evaporación en el Evaporímetro. La evaporación en el evaporímetro es la cantidad de agua evaporada en un período de tiempo determinado, en la tina evaporimétrica. La evaporación en el evaporímetro suele expresarse como la profundidad en milímetros de lámina de agua evaporada.

2.3 Evaporación en Lagos o Embalses. La evaporación en lagos o embalses es la cantidad de agua evaporada en un período determinado de la superficie de la superficie de un lago o un embalse. La evaporación en lagos o embalses se expresa también como la profundidad en milímetros de la lámina evaporada.

2.4 Coeficiente Evaporimétrico. Se define como coeficiente evaporimétrico a la relación que existe para un sitio específico, entre la evaporación en la

gos o embalses y la evaporación en una tina evaporimétrica.

3. MAPA DE EVAPORACION MEDIA ANUAL.

La Sección de Investigación de Proyectos con los datos obtenidos en la red de estaciones evaporimétricas del Ministerio de Obras Públicas y del Instituto Nacional de Obras Sanitarias ha elaborado un Mapa de Isolineas de Evaporación Media Anual en Evaporímetros Tipo A en Venezuela.

A partir de este Mapa pueden obtenerse las pérdidas medias anuales por concepto de evaporación en un embalse localizado en un lugar específico del país, multiplicando la evaporación en el evaporímetro por el coeficiente evaporimétrico correspondiente. (1) Tabla 3-1.

En aquellos casos en que se tenga una estación evaporimétrica Tipo A, ubicada en el lugar deseado, la magnitud de la evaporación media anual en un embalse puede obtenerse multiplicando la evaporación anual en la tina por el coeficiente evaporimétrico.

Los valores de los coeficientes evaporimétricos para diversas cantidades de evaporación anual en la tina se dan a continuación:

TABLA 3-1

Evaporación anual Evaporímetro mm	Coeficiente Evaporimétrico
1200	0,90
1300	0,88
1400	0,86
1500	0,84
1600	0,83
1700	0,82
1800	0,80
1900	0,79
2000	0,78
2100	0,76
2200	0,75
2300	0,74
2400	0,73
2500	0,72

TABLA 3-1 (continuación)

2600	0,71
2700	0,70
2800	0,69
2900	0,68
3000	0,67

4. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento que se sigue para estimar las pérdidas anuales por concepto de evaporación en un embalse, en la etapa de "Estudios Preliminares" es el siguiente:

(a) Se determina la profundidad de la lámina de evaporación media anual en mm, en el sitio del proyecto a partir del Mapa de Evaporación Media Anual en evaporímetros Tipo A, y se multiplica por el coeficiente evaporimétrico correspondiente.

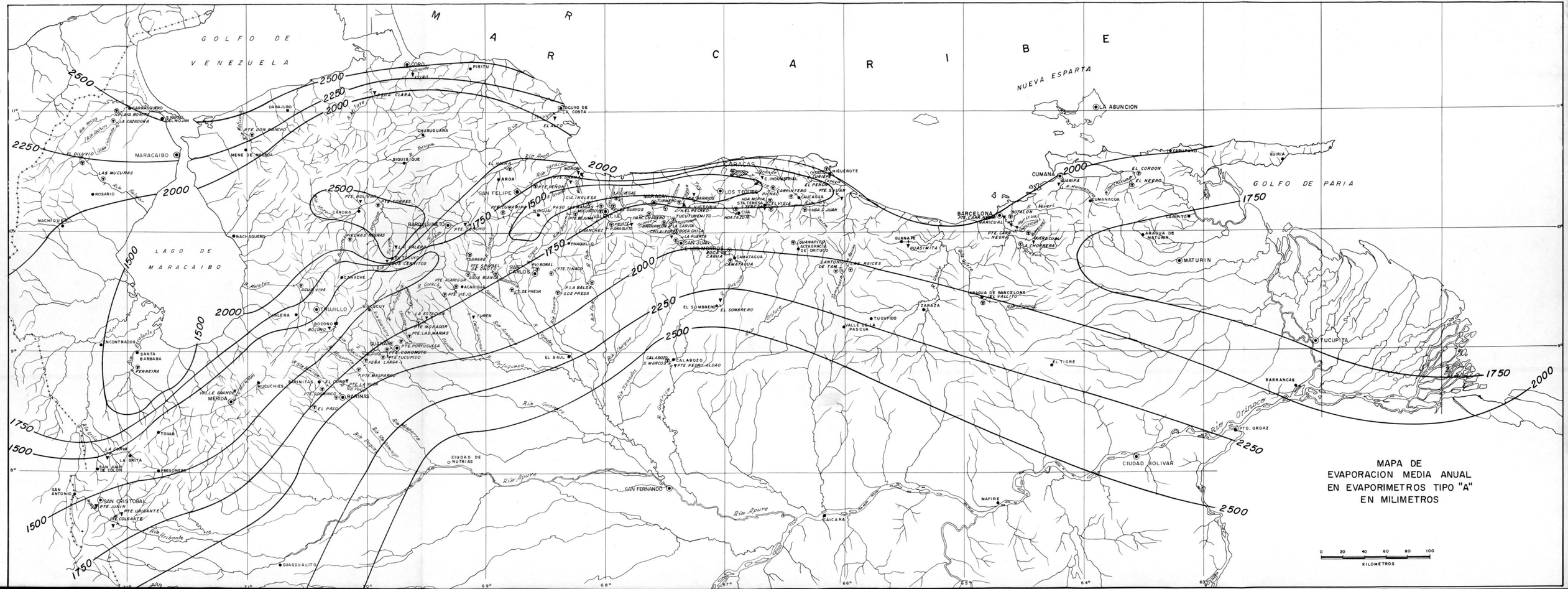
En el caso de que exista una estación evaporimétrica en la localidad del proyecto, la evaporación anual puede obtenerse, multiplicando la evaporación media anual en el evaporímetro, por el coeficiente evaporimétrico correspondiente a la zona y determinado a partir de la Tabla 3-1.

(b) De la curva de Elevaciones-Areas-Capacidades del embalse, se determina el área inundada para la cota correspondiente a la capacidad muerta más $\frac{1}{2}$ de la capacidad útil.

(c) Se multiplica el área obtenida en (b) por la lámina evaporada, calculada en (a), ambas expresadas en metros y se obtiene el volúmen de agua perdido por este concepto, expresado en metros cúbicos.

BIBLIOGRAFIA.

(1) Gabaldón, Arnoldo J. "Variación Mensual de los Coeficientes Evaporimétricos en Venezuela". Memoria de las I Jornadas Venezolanas de Riego, Colegio de Ingenieros de Venezuela. Caracas, Mayo de 1966.


MAR CARIBE
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
NUEVA ESPARTA
GOLFO DE PARIA
MAPA DE
EVAPORACION MEDIA ANUAL
EN EVAPORIMETROS TIPO "A"
EN MILIMETROS
KILOMETROS
0 20 40 60 80 100

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 4

ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS

Por:
Ingº José Curiel

Caracas, Junio 1965

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente a las siguientes entidades y personas por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo:

Secciones de Fluviometría y Dibujo de la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Ing. Guido Posewitz

Ing. Arnoldo J. Gabladón

Ing. Enrique Rodriguez B.

I N D I C E

		Pag.
1.	OBJETIVO	3
2.	DEFINICIONES	3
2.1	Sedimentos	3
2.2	Sedimentos en suspensión	3
2.3	Sedimentos de fondo	4
2.4	Concentración de sedimentos en suspensión	5
2.5	Producción de sedimentos en suspensión por km^2	5
2.6	Mapa de concentración en peso de sedimentos en suspensión	6
2.7	Mapa de Producción en volumen de sedimentos en suspensión por km^2	8
3.	OBSERVACIONES	9
4.	PROCEDIMIENTOS	9
4.1	Procedimiento de cálculo del volumen medio anual de sedimentos para un largo período	9
4.2	Procedimiento de cálculo de la capacidad muerta de un embalse	18
5.	TABLAS	19
5.1	Volumen anual de sedimentos en suspensión	19
5.2	Volumen anual de escorrentía	20

5.3. Concentración Anual en Peso de sedimentos en suspensión. 20

5.4. Producción Estimada en volumen de sedimentos en suspensión por Km2. para largo período. 20

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21

6.1. Uso de esta públicación 21

6.2. Actualización de Datos 21

6.3. Determinación de datos de interés 21

6.4. Diseño de embalse en zonas muy productoras de sedimentos. 22

1. OBJETIVO

El objetivo de esta publicación es presentar un procedimiento para estimar la producción de sedimentos en diversas regiones del país, en la etapa de Estudios Preliminares de obras hidráulicas.

Aunque su principal aplicación práctica es la determinación muy preliminar de volúmenes muertos de embalses, también puede ser de utilidad en el análisis de problemas de saneamiento de tierras, control de crecientes y navegación.

2. DEFINICIONES

Se dan a continuación las definiciones de los términos más comunmente usados en esta publicación.

2.1. Sedimento. Se designa como sedimento cualquier material fragmentado transportado por un curso de agua. Para los fines de este trabajo se distinguen dos tipos de sedimentos: en suspensión y de fondo.

Si se define:

Vs	=	volúmen total de sedimentos
Vss	=	volúmen de sedimentos en suspensión
Vsf	=	volúmen de sedimentos de fondo
Ps	=	peso total de sedimentos
Pss	=	peso de sedimentos en suspensión
Psf	=	peso de sedimentos de fondo

Se tiene que:

$$Vs = Vss + Vsf \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f-1) \text{ y}$$
$$Ps = Pss + Psf \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f-2)$$

Siendo todas estas cantidades acarreadas en un mismo tiempo t.

2.2. Sedimento en suspensión. Se designa como sedimento en suspensión aquel material que se mueve en un curso de agua, manteniéndose suspendido por efectos coloidales o de turbulencia.

La concentración de este tipo de sedimento en un volumen de agua se puede obtener en base a muestras tomadas con aparatos diseñados al efecto (*).

Es importante señalar que aunque su densidad (Dss) es variable, la práctica del Ministerio de Obras Públicas es utilizar un valor promedio de 1.120 Kg/m3.

Así que :

$$Dss = \frac{Pss}{Vss} = 1.120 \text{ Kg/m3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 3)$$

2.3. Sedimento de fondo. Se designa como sedimento de fondo aquel material que se mueve por el fondo de un curso de agua.

Aunque su concentración en un volúmen de agua se puede determinar por medio de muestradores especiales, en Venezuela, como en la mayoría de los países, no suelen tomarse muestras de sedimentos de fondo en una forma sistemática. Sin embargo, se ha comprabado, mediante ensayos de laboratorios, que el volumen de sedimentos de fondo puede llegar a ser hasta el 20 % del volumen de sedimentos en suspensión acarreado.

En cualquier caso, hay que estimar el valor de $\frac{Vsf}{Vss}$ tomándo en cuenta las características de cada cuenca en particular (Por ejemplo : en los ríos de gran pendiente $\frac{Vsf}{Vss}$ es, generalmente, mucho mayor que en los de poca pendiente).

O sea que, como máximo :

$$\frac{Vsf}{Vss} = 0,20 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 4) \text{ y}$$

$$\frac{Vs}{Vss} = \frac{Vss + 0,20\ Vss}{Vss} = 1,20 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (f - 5)$$

(*) La División de Hidrometereología de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, utiliza muestradores puntuales Tait Binkle para determinar concentraciones instantáneas, y emplea el método de la curva de duración para calcular valores anuales.

2.4. Concentración de sedimentos en suspensión. Se define concentración en volúmen de sedimentos en suspensión (C_{vss}) a la relación que existe entre el volúmen que ocupa dichos sedimentos y el volúmen de agua que los contiene (V_w).

Así que :

$$C_{vss} = \frac{Vss}{V_w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-6)$$

y expresada en partes por mil es :

$$Cvss\ (°/oo) = \frac{Vss}{V_w} \times 1.000 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (f-7)$$

Se define concentración en peso de sedimentos en suspensión (Cpss) a la relación que existe entre el peso de dichos sedimentos y el peso del volumen de agua que los contiene (P_w).

Así que :

$$Cpss = \frac{Pss}{Pw} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-8)$$

y expresada en partes por mil es :

$$Cpss\ (°/oo) = \frac{Pss}{Pw} \times 1.000 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-9)$$

De las fórmulas anteriores se puede deducir que :

$$Cvss = \frac{Cpss}{1,12} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-10)$$

2.5. Producción de sedimentos en suspensión por Km2. Se define producción en volúmen de sedimentos en suspensión por Km2 (Rvss) a la relación existente entre el volúmen de sedimentos en suspensión producido por una cuenca y el área de la misma (A).

Así que :

$$Rvss = \frac{Vss}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-11)$$

Se define producción en peso de sedimentos en suspensión por Km2 (Rpss) a la relación existente entre el peso de sedimentos en suspensión producido por una cuenca y el área de la misma.

Así que :

$$Rpss = \frac{Pss}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 12)$$

De las fórmulas anteriores se puede deducir que :

$$Rpss = 1,12 \times Rvss \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 13)$$

Si se expresa Rpss en Ton/Km2 y Rvss en m3/ Km2.

2.6. Mapa de concentración en peso de sedimentos en suspensión. Se designa como mapa de concentración en peso de sedimentos en suspensión a un mapa de cuencas hidrográficas de Venezuela, que muestra el orden de magnitud de la concentración media anual en cada una de ellas para un largo período ($\overline{C}pss$).

Dichos valores, que fueron obtenidos en base a la extrapolación de datos observados, son diferenciales ó sea que, en el caso de una cuenca aforada que contenga una o varias cuencas aforadas, éstos expresan las características de cada una de ellas independientemente de las otras. Por ejemplo: en el caso de la cuenca del Río Morere en Puente Bolívar y de la cuenca del Río Bucares en Piedras Negras, contenida en la primera, la concentración en peso de sedimentos en suspensión para largo período viene expresada en la siguiente forma (ver Figura 4 -3).

(a) Cuenca del Bucares en Piedras Negras :

$$Cpss\ (^{o}/_{oo}) = \frac{Pss\ (Bucares)}{Pw\ (Bucares)} \times 1.000 =$$

$$\frac{(1,12 \times 466 \times 10^{3})}{(1 \times 58 \times 10^{6})} \times 10^{3} = 9,00\ ^{o}/_{oo}$$

(b) Cuenca diferencial del Morere en Puente Bolívar excluyendo Bucares en Piedras Negras .

$$\overline{C}pss\ (\,^{o}/_{oo}) = \frac{\overline{P}ss\ (Morere) - \overline{P}ss\ (Bucares)}{\overline{P}w\ (Morere) - \overline{P}w\ (Bucares)} \times 1.000 =$$

$$\frac{(1,12 \times 6.896 \times 10^{3}) - (1,12 \times 466 \times 10^{3})}{(1 \times 234 \times 10^{6}) - (1 \times 58 \times 10^{6})} \times 10^{3} = 41,00\ ^{o}/_{oo}$$

Es muy importante hacer notar que este mapa permite, al menos preliminarmente, estimar valores de concentración en peso en zonas no aforadas, basándose en cuencas aforadas cercanas, siempre que se conozcan sus carácteristicas físicas. Esta extrapolación se justifica teóricamente al estudiar la fórmula.

$$Pss_i = K \times Pw_i^{\,n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 14)$$

en la cual :

Pss_i = peso de sedimentos en suspensión transportados en una cuenca en un año cualquiera i.

Pw_i = peso del agua escurrida en dicha cuenca en el mismo año i.

K y n = factores que dependen de las características físicas de la cuenca; que inciden sobre el proceso de erosión y sedimentación (tales como tipo de suelo, pendiente del terreno, cobertura vegetal, clima, etc.) y de la acción del hombre (uso de la tierra, etc.)

Ahora bien, aunque n varía generalmente en un rango comprendido entre 0, 5 y 2, 5, se ha supuesto un valor medio de n = 1 para las cuencas no aforadas, lo que permite establecer que :

$$Pss_i = K \times Pw_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 15)$$

Ahora bien, si se considera un largo período de n años (i = 1 a i = n) y se obtiene el promedio correspondiente de los valores de Pss_i (o sea $\overline{Pss}$) y de Pw_i (o sea $\overline{P}w$) se tiene que :

$$\overline{Pss} = K \times \overline{P}w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 16)$$

de donde : $\overline{C}\,pss = \dfrac{\overline{Pss}}{\overline{P}w} \approx K \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 17)$

De la fórmula anterior se deduce que hay una cierta relación, debido a la suposición de que n = 1, entre la concentración en peso de sedimentos en suspensión transportadas durante un largo período ($\bar{C}pss$) y las características de la cuenca que inciden sobre el proceso de erosión y sedimentación (K).

En consecuencia, dos cuencas con características semejantes deberían tener valores parecidos de concentración de sedimentos en suspensión.

2.7. Mapa de producción en volumen de sedimentos en suspensión por Km2. Se designa como mapa de producción en volumen de sedimentos en suspensión por Km2., a un mapa de cuencas hidrográficas de Venezuela que muestra el órden de magnitud de la producción de sedimentos en suspensión en M3/Km2/año en cada una de ellas, por medio de diversos colores.

Es bueno señalar que la producción está expresada en valores medios anuales representativos de un largo período de registro ($\bar{R}vss$),que han sido obtenidos en base al producto de valores de concentración en peso y de escorrentía de largo período (ver Tabla 4-4). Además, dichos valores son diferenciales o sea que, en el caso de la cuenca del Morere en Puente Bolívar y del Bucares en Piedras Negras (ver Figura 4-3), $\bar{R}vss$ viene expresada en la siguiente forma :

(a) Cuenca del Bucares en Piedras Negras.

$$\bar{R}vss = \frac{\bar{V}ss\ (Bucares)}{A\ (Bucares)} = \frac{466 \times 10^3}{750} = 62,1\ m3/Km2/año$$

(b) Cuenca diferencial del Morere en Pte. Bolívar, excluyendo Bucares en Piedras Negras.

$$\bar{R}vss = \frac{\bar{V}ss\ (Morere) - \bar{V}ss\ (Bucares)}{A\ (Morere) - A\ (Bucares)} = \frac{6.896 \times 10^3 - 466 \times 10^3}{3.420 - 750} =$$

$$= 2.408\ m3/Km2/año$$

Es muy importante indicar que los valores de este mapa no son extrapolables a otras cuencas, a diferencia del mapa de concentración. Sin embargo, si permiten verificar las producciones de cuencas sin registro contenidas en cuencas con registro.

3. OBSERVACIONES

Es necesario recalcar que el método señalado en esta publicación solo debe utilizarse en la etapa de Estudios Preliminares para estimaciones rápidas; ya que no brinda resultados exactos sino únicamente rangos de variación de producción de sedimentos, debido al corto período de datos observados (4 años) y a la aproximación teórica que se ha utilizado al analizar el problema.

Así mismo es conveniente indicar que el ingeniero debe tener un especial cuidado al estimar la producción de sedimentos de una zona, debiendo tomar en cuenta las variaciones de los factores que influyen en el proceso de erosión y sedimentación, la experiencia propia y el conocimiento que tengan del problema personas conocedoras de la región.

4. PROCEDIMIENTOS

A continuación se presentarán, separadamente, el procedimiento de cálculo del volumen medio anual de sedimentos producido por una cuenca cualquiera en un largo período ($\overline{Vs}$) y el procedimiento de estimación de la capacidad muerta de un embalse (M), su principal aplicación práctica.

4.1 Procedimiento de cálculo del volumen medio anual de sedimentos para un largo período. Para el cálculo de Vs se pueden distinguir tres casos, a saber:

(a) Cuencas con registro de sedimentos.

(b) Cuencas sin registro de sedimentos contenidas en cuencas con registro de sedimentos.

(c) Cuencas sin registro de sedimentos.

A continuación se analizarán cada una de ellas:

4.1.1 Cuencas con registro de sedimentos. En este caso el procedimiento es el siguiente:

(a) De la Tabla 4-1 se obtiene el volumen medio anual de sedimentos en suspensión producido por esa cuenca para largo período ($\overline{Vss}$). Es importante señalar que dicha tabla da valores totales a las salidas de las cuencas y no valores diferenciales.

(b) Se multiplica Vss por el factor correspondiente ($\overline{V}ss / \overline{V}ss$) para obtener el volumen en medio anual total de sedimentos por largo período (Vs).

Ejemplo : Se desea obtener el volumen medio anual total de sedimentos para largo período en las cuencas de los Ríos Bucares en Piedras Negras y Morere en Pte. Bolívar.

Se procede en la siguiente forma :

(a) De la Tabla 4-1 se obtiene :

Para Bucares en Piedras Negras : $\overline{V}ss = 466 \times 10^3$ m3/año.

Para Morere en Pte. Bolivar : $Vss = 6.896 \times 10^3$ m3/año.

(b) Se obtiene $\overline{V}s$:

Se estima que $\frac{\overline{V}s}{\overline{V}ss} = 1,10$ para Bucares y 1,05 para Morere. Así que :

Para Bucares en Piedras Negras :

$\overline{V}s = 1,10 \times 466 \times 10^3 = 513 \times 10^3$ m3/año

Para Morere en Pte. Bolívar :

$Vs = 1,05 \times 6.896 \times 10^3 = 7.241 \times 10^3$ m3/año.

4.1.2. Cuencas sin registro de sedimentos contenidas en cuencas con registro de sedimentos. En este caso el procedimiento es el siguiente :

(a) Se analizan y comparan entre sí las siguientes características de las dos cuencas en estudio : tipo de suelo, pendiente del terreno, cobertura vegetal, clima y acción del hombre.

La influencia de dichas características en el aumento o disminución relativa de la concentración de sedimentos de una cuenca a otra se indica a continuación :

Tipo de suelo : A suelo más " blando " mayor concentración de sedimentos y viceversa.

Pendiente del terreno: A mayor pendiente del terreno mayor concentración y viceversa.

Cobertura vegetal: A mayor cobertura vegetal menor concetración y viceversa.

Clima: A mayor intensidad de los factores climáticos (principalmente precipitación) mayor concentración y viceversa.

Acción del hombre: A mayor población y uso de la tierra mayor concentración y viceversa.

(b) En base a la comparación cualitativa anterior se estima, a "grosso modo", la concentración de sedimentos en suspensión de la cuenca sin registro para largo período, a partir de los datos de la cuenca con registro, obtenidos de la Tabla 4-3 y de la Figura 1. Generalmente, los rangos $\overline{C}pss$ de las dos cuencas no deben ser muy distintos, a menos que su diferencia en área sea muy apreciable.

(c) Se determina la escorrentía media anual para largo período ($\overline{V}w$) de la cuenca a estudiar, en base a los procedimientos señalados en el Capítulo II, Parte 2, Estimación del Rendimiento Medio Anual.

(d) Se calcula $\overline{V}ss$ en base a los datos anteriores y a una combinación de las fórmulas (f-9) y (f-10).

$$\overline{V}ss = \overline{V}w \times \frac{\overline{C}pss}{1,12} \times 10^{-3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f\text{-}18)$$

(e) Se obtiene $\overline{V}s$, multiplicando por el factor de sedimento de fondo ($\overline{V}s/\overline{V}ss$) al valor anterior.

(f) Se verifica $\overline{V}s$, viendo si la producción en volumen de sedimentos en suspensión cae dentro de límites razonables. (o sea observando si la diferencia de rangos de $\overline{R}vss$ de las dos cuencas no es muy grande, a menos que sus áreas sean muy distintas).

Es conveniente señalar que, si la cuenca sin registro está contenida totalmente en una cuenca diferencial con registro, se utiliza como dato base el valor de $\overline{C}pss$ de ésta última y no el valor de $\overline{C}pss$ de la totalidad de la cuenca con registro.

Así mismo, si la cuenca sin registro está contenida parcialmente en una cuenca diferencial con registro hay que combinar el valor de $\overline{C}pss$ de esta última con los valores correspondientes de las cuencas anteriores a ella, para obtener la producción de la cuenca sin registro.

A continuación se presentan dos ejemplos teóricos para aclarar éste procedimiento:

Ejemplo: Determinar $\overline{V}s$ para una cuenca sin registro, de aproximadamente 100 Km2, que drena al Río Morere (Ver cuenca Q. Los Pilares en A. Figura 4-3).

El procedimiento es el siguiente:

(a) Se analizan y comparan las características de la cuenca Q. Los Pilares en A y de la cuenca diferencial de Morere en Pte. Bolívar, excluyendo a Bucares en Piedras Negras.

Dicha comparación aparece en el siguiente cuadro:

Característica	Cuenca Los Pilares en A	Cuenca diferencial de Morere en Pte. Bolívar, excluyendo Bucares en Piedras Negras
Tipo de suelo	más " duro "	más " blando "
Pendiente del terreno	mayor	menor
Cobertura vegetal	mayor	menor
Clima	mayor intensidad	menor intensidad.
Acción del hombre	menor	mayor

(b) En base a la comparación cualitativa anterior se estima que la concentración en la cuenca sin registro es menor que en la cuenca con registro.

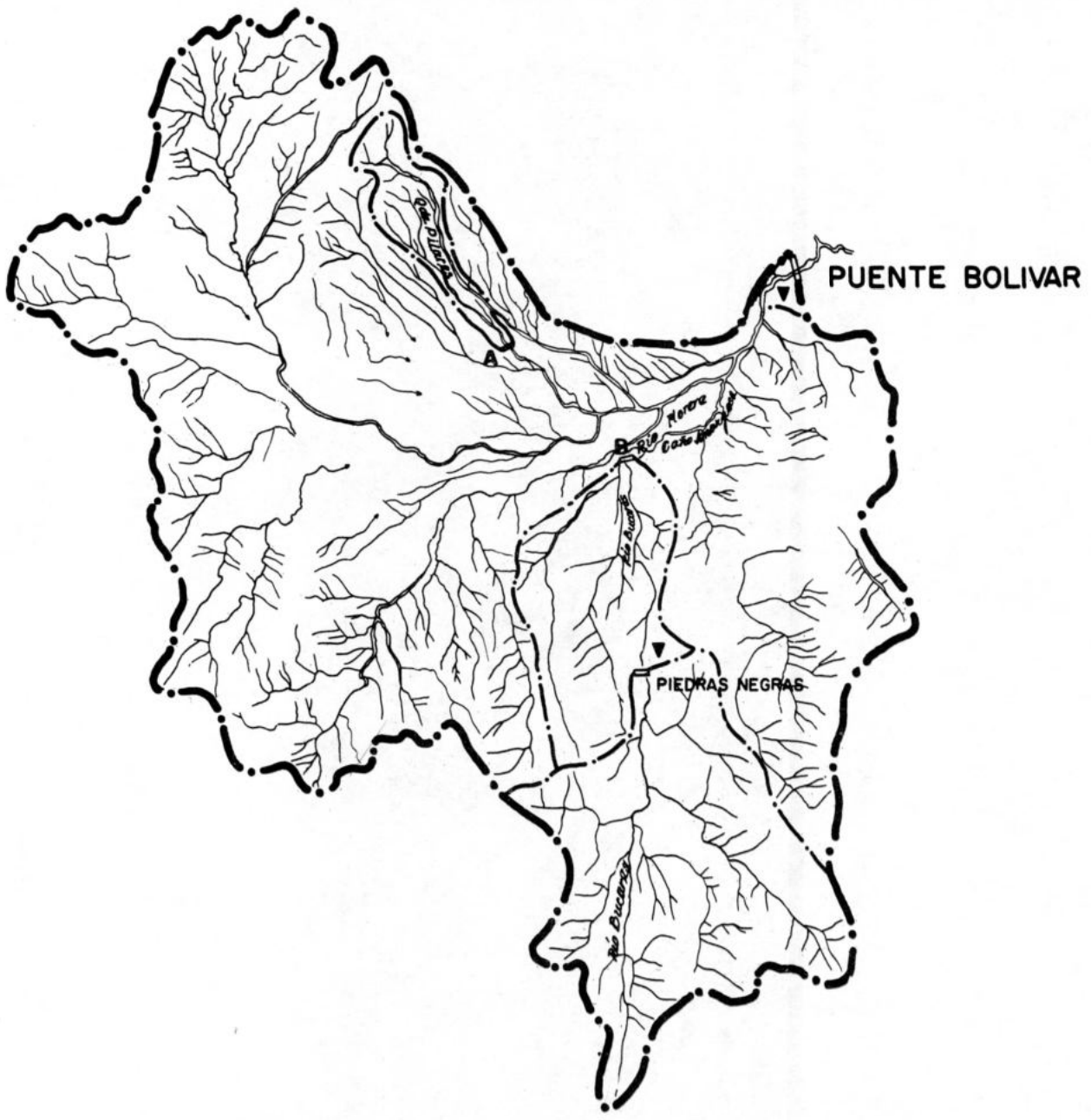


FIGURA Nº 4-3

CUENCA DEL RIO MORERE

EN PUENTE BOLIVAR

ESCALA: 1:500.000

Así que :

Para la cuenca diferencial del Morere en Pte. Bolívar excluyendo Bucares en Piedras Negras.

$\overline{C}pss = 41\ ^{o}/_{oo}$

Para la cuenca Q. Los Pilares en A se supone :

$Cpss = 30\ ^{o}/_{oo}$

(c) En base a lo señalado en la publicación " Evaluación de los recursos hidráulicos de la Regiones Hidrográficas II y III " de esta Sección, se estimó que $\overline{V}w = 40$ mm/año.

Así que :

$\overline{V}w = (40 / 10^3) \times 100 \times 10^6 = 4 \times 10^6$ m3/año.

(d) Se calcula $\overline{V}ss$:

$$Vss = 4 \times 10^6 \times \frac{30}{1,12} \times 10^{-3} = 107 \times 10^3 \text{ m3/año}$$

(e) Se obtiene $\overline{V}s$, suponiéndose un valor de $\overline{V}s/\overline{V}ss = 1,05$

$\overline{V}s = 1,05 \times 107 \times 10^3 = 112 \times 10^3$ m3/año

(f) Se verifica $\overline{V}s$:

$$Rvss = \frac{107 \times 10^3}{100} = 1.070 \text{ m3/Km2 / año}$$

Como puede observarse, la producción en volumen de sedimentos en suspensión cae en el rango rojo, cercano al negro, lo que parece razonable tomando en cuenta las diferencias de áreas entre las dos cuencas estudiadas.

Así que puede considerarse que $\overline{V}s$ es del orden de 100×10^3 m3/año.

Ejemplo:

Determinar $\overline{Vs}$ para una cuenca sin registro, de aproximadamente 1.100 Km2., que drena al Río Morere (Ver cuenca Río Bucares en B. Figura 4-3).

El procedimiento es el siguiente :

(a) Se consideran aparte la cuenca del Río Bucares en Pidras Negras (A = 750 Km2), y el resto de la cuenca (A = 350 Km2), o se que el problema se reduce a analizar una cuenca con registro y una cuenca diferencial sin registro contenida en una cuenca diferencial con registro.

(b) Se analiza la cuenca con registro (Bucares en Piedras Negras). De la Tabla 4-1 se obtiene $\overline{Vss} = 466 \times 10^3$ m3/año, y suponiendo que $\overline{Vs}/\overline{Vss} = 1,10$ se tiene que : $Vs = 1,10 \times 466 \times 10^3 = 513 \times 10^3$ m3/año.

(c) Se analiza la cuenca diferencial sin registro contenida en la cuenca diferencial con registro (cuenca Bucares en B, excluyendo Bucares en Piedras Negras, contenida en Morere en Pte. Bolívar, excluyendo Bucares en Piedras Negras):

(a_1) Se comparan las características de las dos cuencas diferenciales en la forma siguiente :

Característica	Cuenca Bucares en B, excluyendo Bucares en Piedras Negras.	Cuenca Morere en Pte. Bolívar, excluyendo Bucares en Piedras Negras.
Tipo de suelo	más " duro "	más " blando "
Pendiente del terreno	aproximadamente igual	aproximadamente igual
Cobertura vegetal	mayor	menor
Clima	mayor intensidad	menor intensidad
Acción del hombre	menor	mayor

(b_1) En base a la comparación anterior y conociendo que $\overline{C}pss = 41$ °/oo para Morere en Pte. Bolívar, excluyendo Bucares en Piedras Negras, se estima que la concentración de la cuenca en cuestión es del órden del 25 °/oo.

(c_1) En base a las publicaciones mencionadas anteriormente, se estimó que $\overline{V}w$ = 50 mm/año.

Así que :

$$\overline{V}w = \frac{50}{10^3} \times 350 \times 10^6 = 17,5 \times 10^6 \text{ m3/año}$$

(d_1) Se calcula $\overline{V}ss$:

$$\overline{V}ss = 17,5 \times 10^6 \times \frac{25}{1,12} \times 10^{-3} = 10^3 \text{ m3/año}$$

(e_1) Se obtiene $\overline{V}s$, $= 1,05 \times 390 \times 10^3 = 410 \times 10^3$ m3/año.

(f_1) Se verifica $\overline{V}s$:

$$Rvss = \frac{390 \times 10^3}{350} = 1.114 \text{ m3/Km2/año}$$

Como puede notarse, la producción en volumen de sedimentos en suspensión cae en el rango rojo, cercano al negro, lo que parece razonable, si se considera las diferencias en área de las cuencas estudiadas.

Así que puede estimarse que $\overline{V}s$ es del orden de 400×10^3 m3/año.

(d) Se obtiene $\overline{V}s$ para la totalidad de la cuenca :

$\overline{V}s = \overline{V}s$ (Bucares en Piedras Negras) + $\overline{V}s$ (resto de cuenca) = $513 \times 10^3 + 400 \times 10^3 = 913 \times 10^3$ m3/año, o sea que la producción de sedimentos para la cuenca Bucares en B es del orden de 1.000×10^3 m3/año.

4.1.3. Cuencas sin registro de sedimentos. En este caso el procedimiento es el siguiente :

(a) Se ubica la cuenca a estudiar en el mapa de concentración en peso de sedimentos en suspensión y se observa el color de la zona en que está situada.

(b) Se determina el valor de $\overline{C}pss$ por comparación con cuencas cercanas, en forma similar a lo expuesto en 4.2, ó bien calculando el promedio de los límites que definen el rango del color, si no existen cuencas aforadas en las cercanías.

Es importante señalar que $\overline{C}pss$ no debe exceder dichos límites, a menos que la diferencia en área entre las cuencas de referencia y la cuenca problema sea muy grande.

(c) Se determina la escorrentía media anual para largo período ($\overline{V}w$) en base a los procedimientos antes señalados.

(d) Se determina $\overline{V}ss$ en base a los datos anteriores y a la fórmula (f-18).

$$\overline{V}ss = \overline{V}w \times \frac{\overline{C}pss}{1,12} \times 10^{-3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(f-18)}$$

(e) Se calcula $\overline{V}s$, multiplicando por el factor de sedimento de fondo ($\overline{V}s/\overline{V}ss$) al valor anterior.

A continuación se presenta un ejemplo teórico para aclarar mejor el procedimiento antes señalado.

Ejemplo: Determinar $\overline{V}s$ para la Cuenca del Río Canagua en Ciudad Bolívia (A = 600 Km2 aproximadamente), situada en la ladera sur de los Andes, en las cercanías del Río Paguey (Ver Figura 4-4).

Se procede en la siguiente forma:

(a) Se ubica dicha cuenca en el Mapa, quedando en una zona coloreada de azul.

(b) Se comparan las características en el Paso en la forma siguiente:

Característica	Cuenca Canagua en Ciudad Bolivia	Cuenca Pagüey en El Paso
Tipo de suelo	aproximadamente igual	aproximadamente igual
Pendiente del terreno	aproximadamente igual	aproximadamente igual
Cobertura vegetal	aproximadamente igual	aproximadamente igual
Clima	menor intensidad	mayor intensidad
Acción del hombre	aproximadamente igual	aproximadamente igual

En base a la comparación anterior se estima que la concentración en Canagua es algo menor que en Pagüey ($\overline{C}pss = 0.17^{o}/oo$).

Así que se considera apropiado para la cuenca problema un valor de $\overline{C}pss = 0,15^{o}/oo$ (comprendido entre los límites del rango azul).

(c) En base a la publicación "Evaluación preliminar de los recursos hidraúlicos de Venezuela - Región IV" de ésta Sección se ha determinado una escorrentía media anual para largo período de 1.700 mm/año, aproximadamente.

Así que:

$$Vw = \frac{1.700}{10^3} = 600 \times 10^6 = 1.020 \times 10^6 \ m^3/año$$

(d) Se determina $\overline{V}ss$:

$$\overline{Vss} = 1.020 \times 10^6 \times \frac{0,15}{1,12} \times 10^{-3} = 137 \times 10^3 \ m^3/año$$

(e) Se calcula $\overline{V}s$, suponiendo que $\overline{V}s/\overline{V}ss = 1,20$

$$\overline{V}s = 1,20 \times 137 \ 10^3 = 164 \times 10^3 \ m^3/año$$

Así que el volumen medio anual de sedimentos para largo período producido por dicha cuenca es del orden de 150×10^3 m^3/año.

En relación con los procedimientos antes señalados, es bueno indicar que, siempre que se pueda, es conveniente comparar la cuenca problema con dos o más cuencas aforadas, para precisar mejor los valores de $\overline{C}pss$.

4.2 Procedimiento de cálculo de la capacidad muerta de un embalse. Para calcular la capacidad muerta de un embalse simplemente se multiplica el volumen de sedimentos medio anual para largo período, $\overline{V}s$, producido por la cuenca, por el período de vida útil del embalse en años (t). Así que:

$$M = \overline{V}s \times t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f\text{-}19)$$

Es muy importante señalar que este método es sólo una primera aproximación, válida únicamente para el proceso de Estudios Preliminares, ya que no considera factores tales como variación de la densidad del sedimento depositado y varación de la eficiencia de captación de sedimentos del embalse (Ver Figura 4-5). Además no es recomendable para embalses que tienen una capacidad total (T) inferior al 10% de $\overline{V}w$, ya que en estos casos, la eficiencia de captación de sedimentos del embalse varía grandemente, debiéndose acudir a otros procedimentos (*).

Ejemplo: Calcular la capacidad muerta de un embalse que tiene las siguientes características:

Capacidad útil (C) = 120×10^6 m^3

Volumen de escorrentía media anual ($\overline{V}w$) = 1.000×10^6 m^3/año

Volumen medio anual de sedimentos ($\overline{V}s$) = 200×10^3 m^3/año

Período de vida útil (t) = 50 años

Se procede en la siguiente forma:

(a) Se calcula la relación $\frac{C}{\overline{V}w}$

(*) Ver "Water Resources Engineering" por Ray K. Linsley y Joseph B. Franzini (Mc Graw Hill) pág. 160.

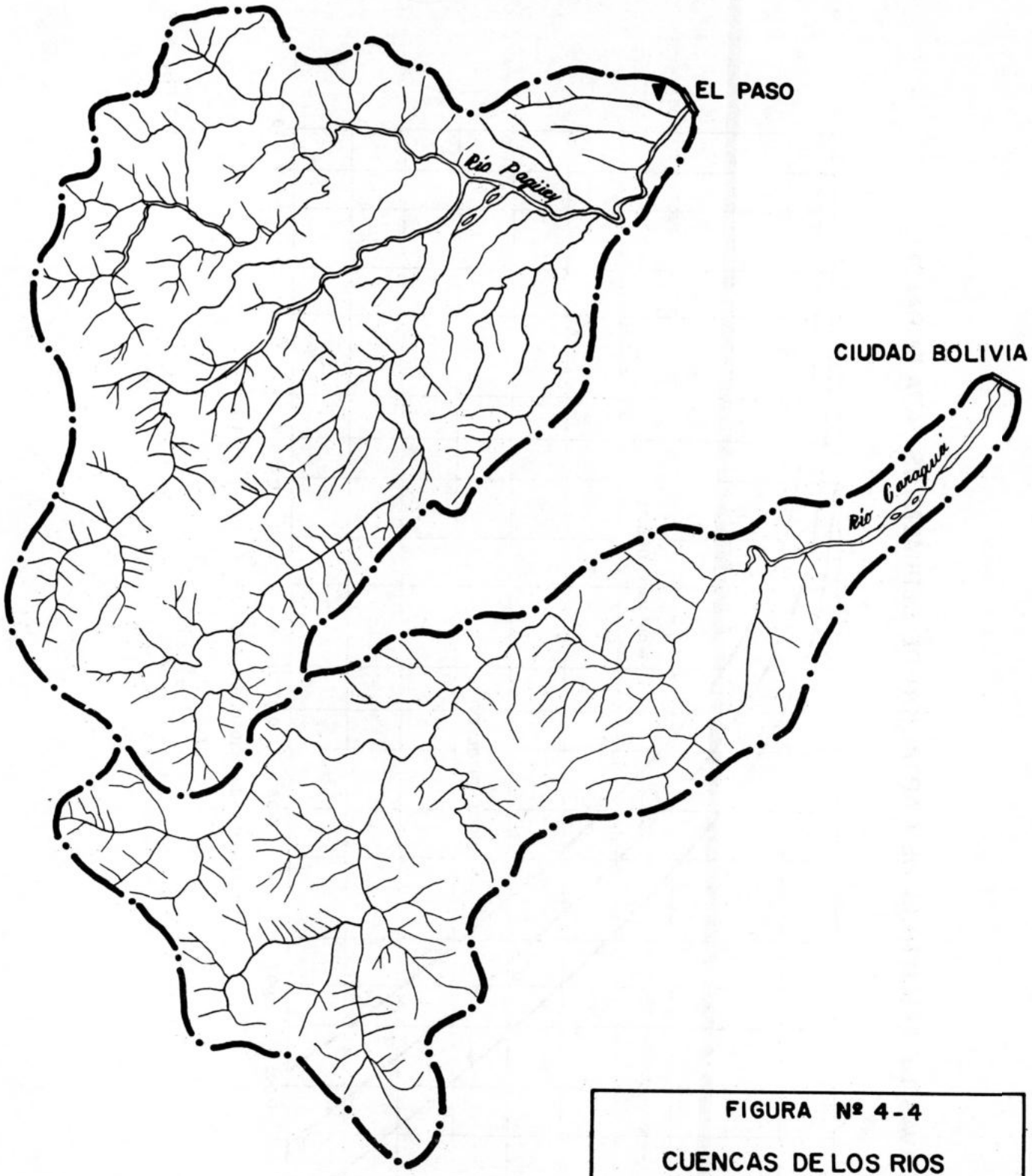


FIGURA Nº 4-4

CUENCAS DE LOS RIOS
PAGUEY EN EL PASO
Y
CANAGUA EN CIUDAD BOLIVIA

ESCALA: 1: 250.000

CURVAS DE EFICIENCIA DE CAPTACION DE SEDIMENTOS PARA EMBALSES

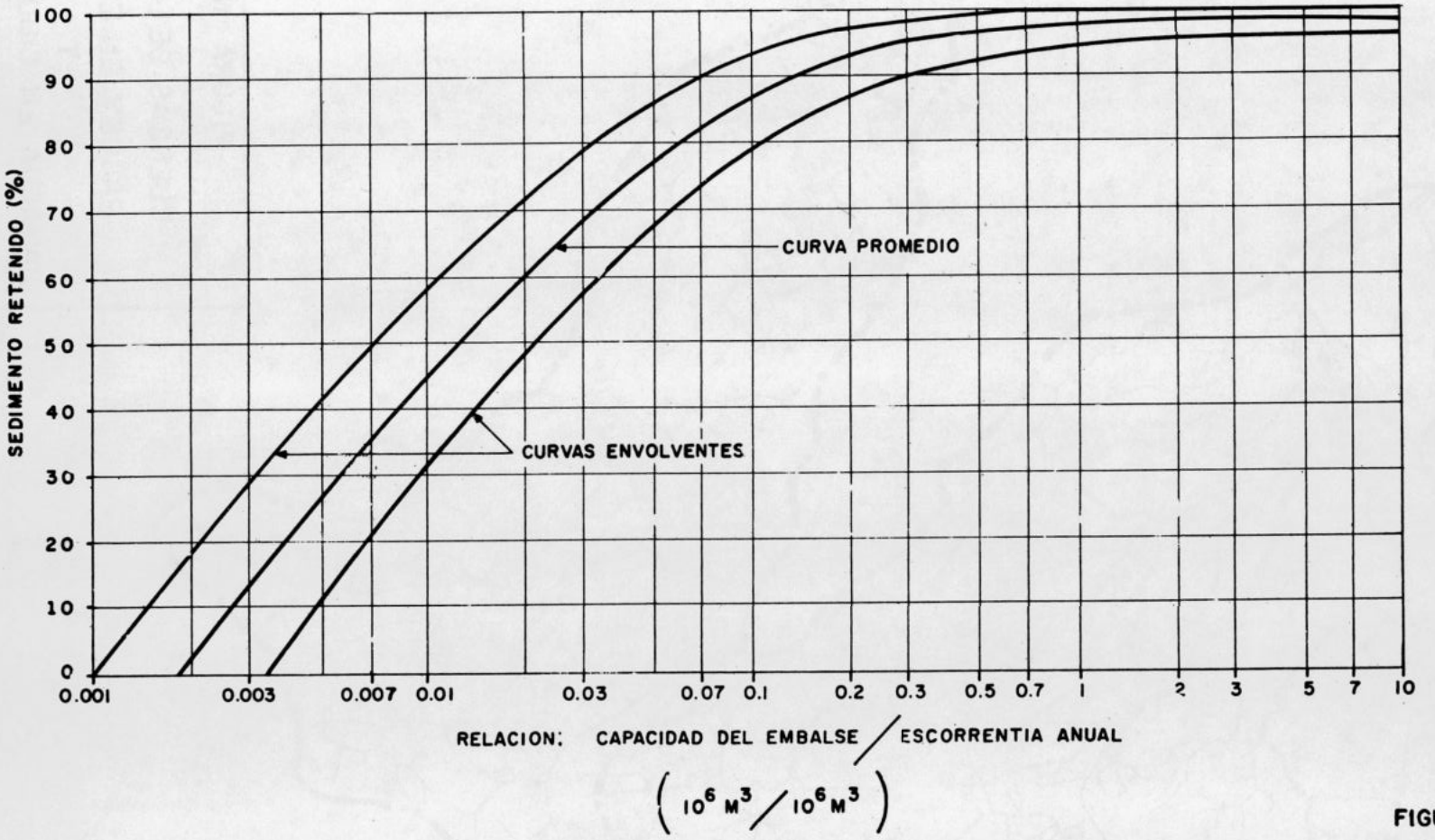


FIGURA 4-5

$$\frac{C}{Vw}\,(\%) = \frac{120 \times 10^6}{1.000\ 10^6} \times 10^2 = 12\%$$

De aquí se deduce que se puede utilizar el método aquí presentado pues

$$\frac{T}{\overline{Vw}} > \frac{C}{\overline{Vw}} = 12\,\% > 10\,\%$$

(b) Se calcula la capacidad muerta :

$$M = Vs \times t = (200 \times 10^3) \times (50) = 10 \times 10^6 \text{ m3.}$$

Así que la capacidad total de dicho embalse será aproximadamente de :

$$T = C + M = 120 \times 10^6 + 10 \times 10^6 = 130 \times 10^6 \text{ m3.}$$

Se incluyen, como anexos, cuatro tablas en esta públicación, a saber :

Tabla 4-1 : Volumen anual de sedimentos en suspensión
Tabla 4-2 : Volumen anual de escorrentía
Tabla 4-3 : Concentración anual en peso de sedimentos en suspensión
Tabla 4-4 : Producción anual en volumen de sedimentos en suspensión por Km2 de cuenca.

Es conveniente señalar que todos los valores que aparecen en dichas tablas están referidos a cuencas totales y no a cuencas diferenciales.

5. TABLAS

5.1. TABLA 4-1 : Volumen anual de sedimentos en suspensión.

Dicha tabla presenta la siguiente información :

Volumen medido de sedimentos en suspensión (10^3 m3/año) : Son valores (Vss) observados en cada cuenca, en cada uno de los años del período 1960-61 al 1963-64 y el promedio de los mismos.

Dichos valores se obtuvieron en base a las concentraciones en peso medidas, utilizando una densidad de 1.120 Kg/m3 para los sedimentos en suspensión.

Volumen estimado de sedimentos en suspensión para largo período (10^3 m3/año) : Son valores ($\overline{Vss}$) estimados para largo período en base a una corre-

lación establecida entre concentración en peso medida y escorrentía medida, para una misma cuenca, y extrapolada para determinar la concentración correspondiente a la escorrentía media anual de largo período.

5.2. TABLA 4-2 : Volumen anual de escorrentía.
Dicha tabla presenta la siguiente información :

5.2.1. Volumen medido de escorrentía (10^6 m3/año): Son valores (Vw) observados, en cada cuenca, en cada uno de los años del período 1960-61 al 1963-64 (período de registro de sedimentos) y el promedio de los mismos.

5.2.2. Volumen de escorrentía para largo período (10^6 m3/año): Son valores (Vw) observados, en cada cuenca, en todo el período de registro de escorrentía, o estimados en base a comparación con cuencas similares. Se trató, en cualquier caso, que dicho largo período no fuera inferior a 10 años, utilizándose valores registrados o estimados.

5.3. TABLA 4-3 : Concentración anual en peso de sedimentos en suspensión.
Dicha tabla presenta la siguiente información :

5.3.1. Concentración medida en peso de sedimentos en suspensión (partes por mil: °/oo): Son valores (Cpss) observados, en cada cuenca, en cada uno de los años período 1960-61 al 1963-64 y el promedio de los mismos.

5.3.2. Concentración estimada en peso de sedimentos en suspensión para largo período (partes por mil : °/oo): Son valores ($\overline{C}$pss) estimados en base a una correlación establecida entre concentración en peso medida y escorrentía medida, para una misma cuenca, y extrapolada para determinar la la concentración correspondiente a la escorrentía media anual de largo período.

5.4. TABLA 4-4: Producción anual en volumen de sedimentos en suspensión por Km2 de cuenca.
Dicha tabla presenta la siguiente información :

5.4.1. Producción medida en volumen de sedimentos en suspensión por Km2 (m3/Km2 año) : Son valores (Rvss) observados, en cada cuenca, en cada uno de los años del período 1960-61 al 1963-64 y el promedio de los mismos. Dichos valores fueron obtenidos dividiendo el volumen de sedimentos en suspensión (10^3 m3/año) entre el área de la cuenca (Km2), en cada caso.

5.4.2. Producción estimada en volumen de sedimentos en suspensión por Km2 para largo período (m3/Km2/año): Son valores ($\bar{R}vss$) estimados que se obtuvieron dividiendo el correspondiente volumen de sedimentos en suspensión estimado para largo período, que aparece en la Tabla 4-1, entre el área de la cuenca.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

6.1. Uso de esta públicación : Es necesario hacer énfasis en que los procedimientos presentados en esta publicación, para estimar la producción de sedimentos, sólo deben ser utilizados en la etapa de investigación de proyectos, así que no es conveniente usarlos en diseños más refinados.

En cualquier caso, es importante tener en cuenta que la recopilación de otra información y la experiencia del ingeniero son factores a considerarse, para complementar los resultados que brindan dichos procedimientos.

6.2. Actualización de datos: Es fundamental ir revisando y actualizando los datos presentados en esta públicación, a la luz de nueva información obtenida en el campo, para hacer de ella un instrumento cada vez más efectivo.

En este aspecto hay que señalar que el violento crecimiento de la población del país, en los próximos años, va a aumentar grandemente la producción de sedimentos, a menos que se tomen medidas conservacionistas.

6.3. Determinación de datos de interés: Es muy importante recomendar a las autoridades competentes el abocarse a la determinación de los siguientes datos de interés, relacionados con la producción de sedimentos, para hacer cada vez más exacto el proceso de diseño de embalses:

(a) Determinación de los volumenes de sedimentos depositados en embalses de Venezuela en un período largo de tiempo, por medio de sondeos.

(b) Determinación de la densidad de dichos sedimentos.

(c) Determinación de la densidad de sedimentos transportados en diversas cuencas.

(d) Determinación de la relación existente entre sedimentos en suspensión y se-

dimentos en fondo.

6.4. Diseño de embalses en zonas muy productoras de sedimentos . Es necesario alertar a las autoridades competentes en el sentido de que, probablemente, muchos de los embalses que se construyan en las zonas altamente productoras de sedimentos (zonas rojas y marrones del mapa se llenarán en un corto período de tiempo, muy inferior a 50 años, a menos que se tomen medidas correctivas.

TABLA 4-1

VOLUMEN ANUAL DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

RIO	ESTACION	VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION (Miles de metros cúbicos)					
		1960 - 1 (Vss)	1961 - 2 (Vss)	1962 - 3 (Vss)	1963 - 4 (Vss)	Promedio del período de registro de sedimentos (Vss)	Promedio estimado de largo período. ($\overline{V}$ss)
Acarigua	Pte. Acarigua	----	448	515	----	481	786
Aragua	El Vallito	----	75	27	14	39	26
Aragua	Hda. El Recreo	----	1	1	----	1	1
Aragua	La Chorrera	47	588	225	----	287	326
Aroa	El Hacha	----	----	----	----	----	4
Azuero	Pte. Junin	----	----	----	62	62	69
Boconó	Boconó	----	----	34	240	137	148
Boconó	Peña Larga	1244	2103	----	----	1674	1492
Bucares	Piedras Negras	0	36	13	----	16	466
Cachirí	La Cazadora	3	2	----	----	3	5
Camoruco	Sitio de Presa	20	11	12	23	16	20
Caño Guamal	Turén	40	21	15	----	25	27

TABLA 4-1 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(V ss)
Capaya	El Peñón	----	12	9	14	12	11
Capiricual	Pte. Carretera Negra.	----	----	----	----	----	16
Carinicuao	El Negro	4	46	311	361	181	256
Cojedes	Pte. San Rafael de Onoto.	438	181	98	----	239	595
Escalante	Ferreira	----	161	183	249	198	266
Grande	Sitio de Presa (Isiro)	----	----	----	----	----	340
Guacara	Las Vegas	1	0	----	----	1	2
Guache	Pta. Viejo	360	74	148	155	184	193
Guanape	Guasimita	----	----	----	211	211	213
Guanare	Pte. Coromoto	----	----	----	----	----	1467
Guarenas	Centro Industrial	----	----	----	27	27	26
Guárico	La Puerta	146	29	109	226	128	166
Guárico	Boca de Cagua	858	290	223	----	457	592
Guárico	El Sombrero	869	838	495	1545	937	757
Guataparo	Cía. Inglesa	1	3	1	----	2	1
La Grita	La Curva	----	----	----	----	----	10

TABLA 4-1 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	($\overline{Vss}$)
La Yuca	Pte. La Yuca	424	264	----	----	344	267
Las Marías	Pte. Las Marías	----	230	136	326	231	228
Las Minas	Barrancón	0	1	1	----	1	13
Las Raices	Las Raices	----	----	146	22	84	54
Los Guayos	Los Guayos	5	2	5	----	4	5
Manzanares	Guaripa	69	265	136	----	157	292
Masparro	Pte. Masparro	436	173	369	1109	522	451
Matícora	Don Pancho	6017	5206	3256	3610	4522	3617
Mifare	Agua Clara	----	----	----	----	----	16074
Morador	Pte. Morador	----	----	349	----	349	357
Morere	Pte. Bolívar	4881	6427	5878	----	5729	6896
Morón	Morón	6	0	----	----	3	3
Motatán	Agua Viva	2663	4716	2501	----	3294	9474
Mucujam	Valle Grande	----	1	1	----	1	1
Neverí	Botalón	----	128	188	----	158	167

TABLA 4-1 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)
Orituco	Guanapi to	110	----	----	----	110	80
Ospino	La Estación	108	32	----	----	70	72
Pagüey	El Paso	444	256	442	----	381	240
Palmar	El Diluvio	19	9	24	----	17	66
Palmar	Las Mucuras	42	46	35	----	41	21
Pao	Paso La Balsa	194	373	335	----	300	688
Portuguesa	Pte. Portuguesa	983	872	775	1106	934	894
Querecual	Querecual	27	47	----	----	37	41
Sto. Domin-go	Pte. Sto. Domin-go.	911	625	----	----	768	792
Sarare	Sarare	19	4	1	----	8	18
Sarare	Agua Blanca	40	27	11	----	26	45
Socuy	Playa Bonita	158	82	----	----	120	107
Tamanaco	San Antonio de Tamanaco	----	157	196	----	176	241
Tiraco	Sitio de Presa	74	----	----	----	74	536

TABLA 4-1 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	($\bar{V}$ss)
Tirgua	Paso Viboral	337	150	153	----	213	735
Tocorón	Parcela Chavero	0	9	4	----	5	7
Tocuyo	Dos Cerritos	----	143	95	----	119	195
Tocuyo	La Calera	----	270	139	----	204	310
Tocuyo	Pte. Torres	859	2714	914	----	1496	5415
Tocuyo	El Alto	----	----	---	72779	72779	72868
Tucupido	Pte. Tucupido	388	274	290	----	317	332
Tucutunemo	Tucutunemito	0	0	----	----	0	5
Turbio	Pte. Tononó	----	262	----	----	262	685
Turmero	Turmero	3	1	1	16	5	9
Tuy	Hda. Barrios	9	2	14	----	8	40
Tuy	Hda. Tazón	587	191	109	463	337	651
Tuy	El Vigía	2128	706	837	4331	2001	3036
Tuy	Pte. San Juan	----	1780	688	----	1234	2742
Urama	Urama	14	13	21	----	16	33
Uribante	Pte. Uribante	----	----	869	1774	1321	2036

TABLA 4-1 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	(Vss)	($\bar{V}$ss)
Uribante	Pte. Colgante	3630	6915	5462	5698	5426	8039
Yaracuy	PasoCumaripa	24	12	6	----	14	18
Yaracuy	Pte. Peñón	2082	1822	532	531	1242	2030

TABLA 4-2

VOLUMEN ANUAL DE ESCORRENTIA

RIO	ESTACION	VOLUMEN DE ESCORRENTIA (Millones de métros cúbicos)						
		1960 - 1 (Vw)	1961 - 2 (Vw)	1962 - 3 (Vw)	1963 - 4 (Vw)	Promedio del período de registro de sedimentos. ($\dot{V}w$)	Promedio estimado de largo período. ($\bar{V}w$)	Período de registro de escorrentía
Acarigua	Pte. Acarigua	----	615	682	----	649	957	50 - 63
Aragua	El Vallito	----	67	33	38	46	38	61 - 64
Aragua	Hda. El Recreo	----	20	14	----	17	32	40 - 57 y 60 - 64
Aragua	La Chorrera	25	100	76	----	67	74	45 - 64
Aroa	El Hacha	----	----	----	----	----	17	59 - 62
Azuero	Pte. Junín	----	----	----	87	87	96	62 - 64
Boconó	Boconó	----	----	330	349	339	332	62 - 64
Boconó	Peña Larga	2198	2541	----	----	2371	2321	52 - 63

TABLA 4-2 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	($\bar{V}w$)	
Bucares	Piedras Negras	13	23	19	----	18	58	41 - 64
Cachirí	La Cazadora	30	33	----	----	31	61	59 - 62
Camacuro	Sitio de Presa	174	86	85	165	128	148	58 - 64
Caño Guamal	Turen	158	108	96	----	121	124	54 - 63
Capaya	El Peñón	----	51	55	67	58	97	51 - 64
Capiricual	Carretera Negra	----	----	----	----	----	59	45 - 52
Carinicuao	El Negro	120	227	318	312	245	287	61 - 64
Cojedes	Pte. San Rafael de Onoto	520	347	315	----	394	605	44 - 63
Escalante	Ferreira	----	909	1104	1673	1279	1751	54 - 64
Grande	Sitio de presa (Isiro)	----	----	----	----	----	38	
Guacara	Las Vegas	17	8	----	----	13	19	49 - 62
Guache	Pte. Viejo	523	310	361	453	412	432	50 - 64
Guanape	Guasimita	----	----	----	36	36	36	63 - 64
Guanare	Pte. Coromoto	----	----	----	----	----	2333	45 - 51 y 57 - 61

TABLA 4-2 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	($\bar{V}w$)	
Guarenas	Centro Industrial	----	----	----	41	41	39	62 - 64
Guárico	La Puerta	83	48	81	185	99	124	40 - 64
Guárico	Boca de Cagua	492	365	338	----	399	442	54 - 64
Guárico	El Sombrero	851	805	573	1263	873	771	52 - 64
Guataparo	Cía. Inglesa	11	5	8	----	8	10	51 - 64
La Grita	La Curva	----	----	----	----	----	157	48 - 50
La Yuca	Pte. La Yuca	415	350	----	----	383	352	52 - 64
Las María	Pte. Las Marías	----	303	255	374	311	300	57 - 64
Las Minas	Barrancón	1	2	1	----	1	6	45 - 63
Las Raíces	Las Raíces	----	----	38	14	26	20	61 - 64
Los Guayos	Los Guayos	12	5	11	----	10	14	49 - 64
Manzanares	Guaripa	368	490	493	----	450	528	41 - 64
Masparro	Pte. Masparro	1022	839	812	1048	931	919	51 - 64
Matícora	Don Pancho	214	246	256	236	238	270	59 - 64
Mitare	Agua Clara	----	----	----	----	----	360	
Morador	Pte. Morador	----	----	830	----	830	800	57 - 64

TABLA 4-2 (Continuación)

RIO	ESTACION	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	($\bar{V}w$)	
Morere	Pte. Bolívar	173	216	213	----	200	234	44 - 62
Morón	Morón	20	12	----	----	16	37	44 - 57 y 58 - 62
Motatan	Agua Viva	638	772	701	----	704	1061	41 - 64
Mucujum	Valle Grande	----	67	81	----	74	74	61 - 63
Neverí	Botalón	----	886	868	----	877	937	41 - 45 y 61 - 64
Orituco	Guanapito	69	----	----	----	69	60	59 - 61
Ospino	La Estación	120	63	----	----	91	90	57 - 64
Paguey	El Paso	1883	1732	1737	----	1784	1585	50 - 64
Palmar	El Diluvio	303	281	336	----	307	495	58 - 64
Palmar	Las Múcuras	287	256	326	----	289	482	43 - 64
Pao	Paso La Balsa	506	562	559	----	543	771	51 - 64
Portuguesa	Pte. Portuguesa	950	907	781	979	904	910	57 - 64
Querecual	Querecual	44	111	----	----	77	91	48 - 64
Sto. Domingo	Pte. Sto. Domingo	2006	1911	----	----	1958	1972	59 - 63

TABLA 4-2 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	($\bar{V}w$)	
Sarare	Sarare	40	17	8	----	22	39	50 - 64
Sarare	Agua Blanca	168	102	53	----	108	179	42 - 64
Socuy	Playa Bonita	325	289	----	----	307	600	59 - 64
Tamanaco	San Antonio de Tamanaco	----	51	56	----	53	60	61 - 64
Tinaco	Sitio de presa	297	----	----	----	297	600	59 - 61 y 63 - 64
Tirgua	Paso Viboral	384	320	331	----	345	484	41 - 64
Tocorón	Parcela Chavero	2	8	4	----	5	7	51 - 64
Tocuyo	Dos Cerritos	----	166	129	----	148	208	51 - 64
Tocuyo	La Calera	----	267	173	----	220	200	60 - 64
Tocuyo	Pte. Torres	211	302	213	----	242	379	43 - 64
Tocuyo	El Alto	----	----	----	1599	1599	1600	63 - 64
Tucupido	Pte. Tucupido	367	256	251	----	291	310	57 - 64
Tucutunemo	Tucutunemito	----	----	----	----	1	6	47 - 62
Turbio	Pte. Tononó	----	58	----	----	58	96	46 - 54 y 57 - 63

TABLA 4-2 (continuación)

RIO	ESTACION	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	(Vw)	($\bar{V}w$)	
Turmero	Turmero	20	17	16	29	21	26	43 - 64
Tuy	Hda. Barrios	26	15	16	----	19	45	41 - 64
Tuy	Hda. Tazón	211	131	104	196	161	221	41 - 64
Tuy	El Vigía	679	417	292	657	511	654	46 - 64
Tuy	Pte. San Juan	----	1715	1221	----	1468	2047	52 - 63
Urama	Urama	59	49	82	----	63	122	44 - 64
Uribante	Pte. Uribante	----	----	3993	4222	4107	4560	62 - 64
Uribante	Pte. Colgante	5103	5025	5817	5770	5429	6430	49 - 64
Yaracuy	Paso Cumaripa	65	65	37	----	56	63	51 - 64
Yaracuy	Pte. Peñón	280	342	243	232	274	303	43 - 64

TABLA 4-3

CONCENTRACION ANUAL EN PESO

DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

RIO	ESTACION	CONCENTRACION EN PESO (Partes por mil)					
		1960 - 1 (Cpss)	1961 - 2 (Cpss)	1962 - 3 (Cpss)	1963 - 4 (Cpss)	Promedio del período de registro de sedimentos. (Cpss)	Promedio estimado de largo período. ($\bar{C}$pss)
Acarigua	Pte. Acarigua	----	0,82	0,85	----	0,83	0,92
Aragua	El Vallito	----	1,25	0,94	0,43	0,95	0,75
Aragua	Hda. El Recreo	----	0,05	0,07	----	0,06	0,02
Aragua	La Chorrera	2,09	6,66	3,30	----	4,77	5,00
Aroa	El Hacha	----	----	----	----	----	0,24
Azuero	Pte. Junín	----	----	----	0,79	0,79	0,80 ?
Boconó	Boconó	----	----	0,11	0,77	0,45	0,50
Boconó	Peña Larga	0,63	0,93	----	----	0,79	0,72
Bucares	Piedras Negras	0,00	1,74	0,74	----	0,99	9,00

TABLA 4-3 (continuación)

RIO	ESTACION	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	($\overline{C}$pss)
Cachirí	La Cazadora	0,11	0,07	----	----	0,09	0,10 ?
Camoruco	Sitio de Presa	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Caño Guamal	Turen	0,28	0,22	0,17	----	0,24	0,24
Capaya	El Peñón	----	0,26	0,19	0,24	0,23	0,12
Capiricual	Pte. Carretera Negra	----	----	----	----	----	0,30 ?
Carinicuao	El Negro	0,04	0,20	1,10	1,30	0,83	1,00
Cojedes	Pte. San Rafael de Onoto	0,94	0,58	0,35	----	0,68	1,10
Escalante	Ferreira	----	0,20	0,19	0,17	0,18	0,17
Grande	Sitio de presa (Isiro)	----	----	----	----	----	10,00
Guacara	Las Vegas	0,08	0,02	----	----	0,06	0,10
Guache	Pte. Viejo	0,77	0,27	0,46	0,38	0,50	0,50
Guanape	Guasimita	----	----	----	6,58	6,58	6,60
Guanare	Pte. Coromoto	----	----	----	----	----	0,63
Guarenas	Centro Industrial	----	----	----	0,73	0,73	0,75
Guárico	La Puerta	1,98	0,67	1,51	1,37	1,44	1,50

TABLA 4-3 (continuación)

RIO	ESTACION	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	($\bar{C}$pss)
Guárico	Boca de Cagua	1,95	0,89	0,74	----	1,28	1,50
Guárico	El Sombrero	1,14	1,16	0,96	1,37	1,20	1,10
Guataparo	Cía. Inglesa	0,09	0,68	0,11	----	0,22	0,10
La Grita	La Curva	----	----	----	----	----	0,07 *
La Yuca	Pte. La Yuca	1,14	0,85	----	----	1,01	0,85
Las Marías	Pte. Las Marías	----	0,85	0,59	0,97	0,83	0,85
Las Minas	Barrancón	0,10	0,70	1,39	----	0,73	2,50 ?
Las Raíces	Las Raíces	----	----	4,26	1,78	3,61	3,00 ?
Los Guayos	Los Guayos	0,42	0,50	0,55	----	0,45	0,42
Manzanares	Guaripa	0,21	0,60	0,31	----	0,39	0,62
Masparro	Pte. Masparro	0,48	0,23	0,50	1,18	0,56	0,55
Matícora	Don Pancho	31,14	23,69	14,26	17,14	21,27	15,00
Mitare	Agua Clara	----	----	----	----	----	50,00
Morador	Pte. Morador	----	----	0,47	----	0,47	0,50
Morere	Pte. Bolívar	31,68	33,40	30,97	----	32,04	33,00
Morón	Morón	0,36	0,02	----	----	0,23	0,90

* Método viejo

T A B L A 4-3 (continuación)

RIO	ESTACION	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	($\bar{C}$pss)
Motatán	Agua Viva	4,67	6,84	4,00	----	5,24	10,00 ?
Mucujum	Valle Grande	----	0,02	0,02	----	0,02	0,02
Neverí	Botalón	----	0,16	0,24	----	0,20	0,20 ?
Orituco	Guanapito	1,79	----	----	----	1,79	1,50
Ospino	La Estación	1,02	0,58	----	----	0,87	0,90
Pagüey	El Paso	0,26	0,17	0,28	----	0,21	0,17
Palmar	El Diluvio	0,07	0,03	0,08	----	0,06	0,15 ?
Palmar	Las Múcuras	0,17	0,20	0,12	----	0,16	0,05
Pao	Paso La Balsa	0,43	0,74	0,67	----	0,62	1,00 ?
Portuguesa	Pte. Portuguesa	1,16	1,07	1,11	1,13	1,16	1,10
Querecual	Querecual	0,69	0,48	----	----	0,54	0,50
Sto. Domingo	Pte. Sto. Domingo	0,51	0,37	----	----	0,44	0,45
Sarare	Sarare	0,54	0,30	0,10	----	0,42	0,50
Sarare	Agua Blanca	0,27	0,29	0,24	----	0,28	0,28
Socuy	Playa Bonita	0,55	0,32	----	----	0,44	0,20
Tamanaco	San Antonio de Tamanaco	----	3,47	3,93	----	3,73	4,50 ?

TABLA 4-3 (continuación)

RIO	ESTACION	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	($\overline{Cpss}$)
Tinaco	Sitio de Presa	0,28	----	----	----	0,28	1,00 ?
Tirgua	Paso Viboral	0,99	0,47	0,51	----	0,69	1,70 ?
Tocorón	Parcela Chavero	0,24	1,27	1,14	----	1,08	1,10
Tocuyo	Dos Cerritos	----	0,96	0,83	----	0,91	1,05
Tocuyo	La Calera	----	1,14	0,90	----	1,04	1,65
Tocuyo	Pte. Torres	4,57	10,06	4,82	----	6,92	16,00
Tocuyo	El Alto	----	----	----	50,99	50,99	51,00
Tucupido	Pte. Tucupido	1,18	1,20	1,30	----	1,22	1,20
Tucutunemo	Tucutunemito	0,16	0,23	----	----	0,20	1,00 ?
Turbio	Pte. Tononó	----	5,10	----	----	5,10	8,00 ?
Turmero	Turmero	0,15	0,09	0,06	0,62	0,29	0,40
Tuy	Hda. Barrios	0,38	0,17	1,00	----	0,50	1,00 ?
Tuy	Hda. Tazón	3,11	1,63	1,18	2,64	2,35	3,30
Tuy	El Vigía	3,51	1,90	3,21	6,96	4,38	5,20
Tuy	Pte. San Juan	----	1,16	0,63	----	0,94	1,50
Urama	Urama	0,27	0,29	0,29	----	0,26	0,30

TABLA 4-3 (continuación)

RIO	ESTACION	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	(Cpss)	($\bar{C}$pss)
Uribante	Pte. Uribante	----	----	0,25	0,47	0,32	0,50 ?
Uribante	Pte. Colgante	0,80	1,55	1,05	1,11	1,12	1,40
Yaracuy	Paso Cumaripa	0,43	0,20	0,17	----	0,28	0,31
Yaracuy	Pte. Peñón	8,33	5,96	2,45	2,58	5,07	7,50

TABLA 4-4

PRODUCCION ANUAL EN VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION POR KILOMETRO CUADRADO DE CUENCA

RIO	ESTACION	Area (Km2.)	PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION (metros cúbicos por kilometros cuadrado)					
			1960 - 1 (Rvss)	1961 - 2 (Rvss)	1962 - 3 (Rvss)	1963 - 4 (Rvss)	Promedio del período de registro de sedimentos. (Rvss)	Promedio estimado de largo período. ($\overline{Rvss}$)
Acarigua	Pte. Acarigua	970	----	461	530	----	496	810
Aragua	El Vallito	1935	----	39	14	7	20	13
Aragua	Hda. El Recreo	198	----	4	4	----	4	5
Aragua	La Chorrera	1881	25	313	120	----	153	173
Aroa	El Hacha	860	----	----	----	----	----	5
Azuero	Pte. Junín	371	----	----	----	166	166	186
Boconó	Boconó	257	----	----	131	933	532	576
Boconó	Peña Larga	1580	788	1331	----	----	1060	944

TABLA 4-4 (continuación)

RIO	ESTACION	AREA Km2	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	($\overline{Rvss}$)
Bucares	Piedras Negras	750	0	48	17	----	21	621
Cachirí	La Cazadora	830	3	3	----	----	3	6
Camoruco	Sitio de Presa	620	31	18	19	37	26	32
Caño Guamal	Turen	150	264	139	236	----	167	180
Capaya	El Peñón	162	----	74	57	87	73	68
Capiricual	Pte. Carretera Negra	126	----	----	----	----	----	127
Carinicuao	El Negro	550	8	84	566	657	329	465
Cojedes	Pte. San Rafael de Onoto	4325	101	42	23	----	55	138
Escalante	Ferreira	3920	----	41	47	64	50	68
Grande	Sitio de presa (Isiro)	200	----	----	----	----	----	1700
Guacara	Las Vegas	75	15	2	----	----	9	27
Guache	Pte. Viejo	300	1198	246	494	517	614	643
Guanape	Guasimita	237	----	----	----	889	889	899
Guanare	Pte. Coromoto	1310	----	----	----	----	----	1000
Guarenas	Centro Industrial	224	----	----	----	119	119	116

TABLA 4-4 (continuación)

RIO	ESTACION	AREA Km2.	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	($\bar{R}$vss)
Guárico	La Puerta	625	234	46	175	361	204	266
Guárico	Boca de Cagua	2040	420	142	110	----	224	290
Guárico	El Sombrero	4110	211	204	120	375	228	184
Guataparo	Cía. Inglesa	39	21	82	18	----	40	26
La Grita	La Curva	438	----	----	----	----	----	23
La Yuca	Pte. La Yuca	265	1600	996	----	----	1298	1000
Las Marías	Pte. Las Marías	325	----	709	419	1003	710	702
Las Minas	Barrancón	85	----	1	17	17	11	153
Las Raíces	Las Raíces	199	----	----	736	109	423	271
Los Guayos	Los Guayos	114	41	13	47	----	34	44
Manzanares	Guaripa	830	83	319	164	----	187	352
Masparro	Pte. Masparro	495	881	349	745	2240	1054	911
Matícora	Don Pancho	2490	2419	2093	1309	1451	1818	1453
Mitare	Agua Clara	3674	----	----	----	----	----	4375
Morador	Pte. Morador	615	----	----	567	----	----	580
Morere	Pte. Bolívar	3420	1425	1877	1716	----	1673	1016
Morón	Morón	120	54	2	----	----	28	25

TABLA 4-4 (continuación)

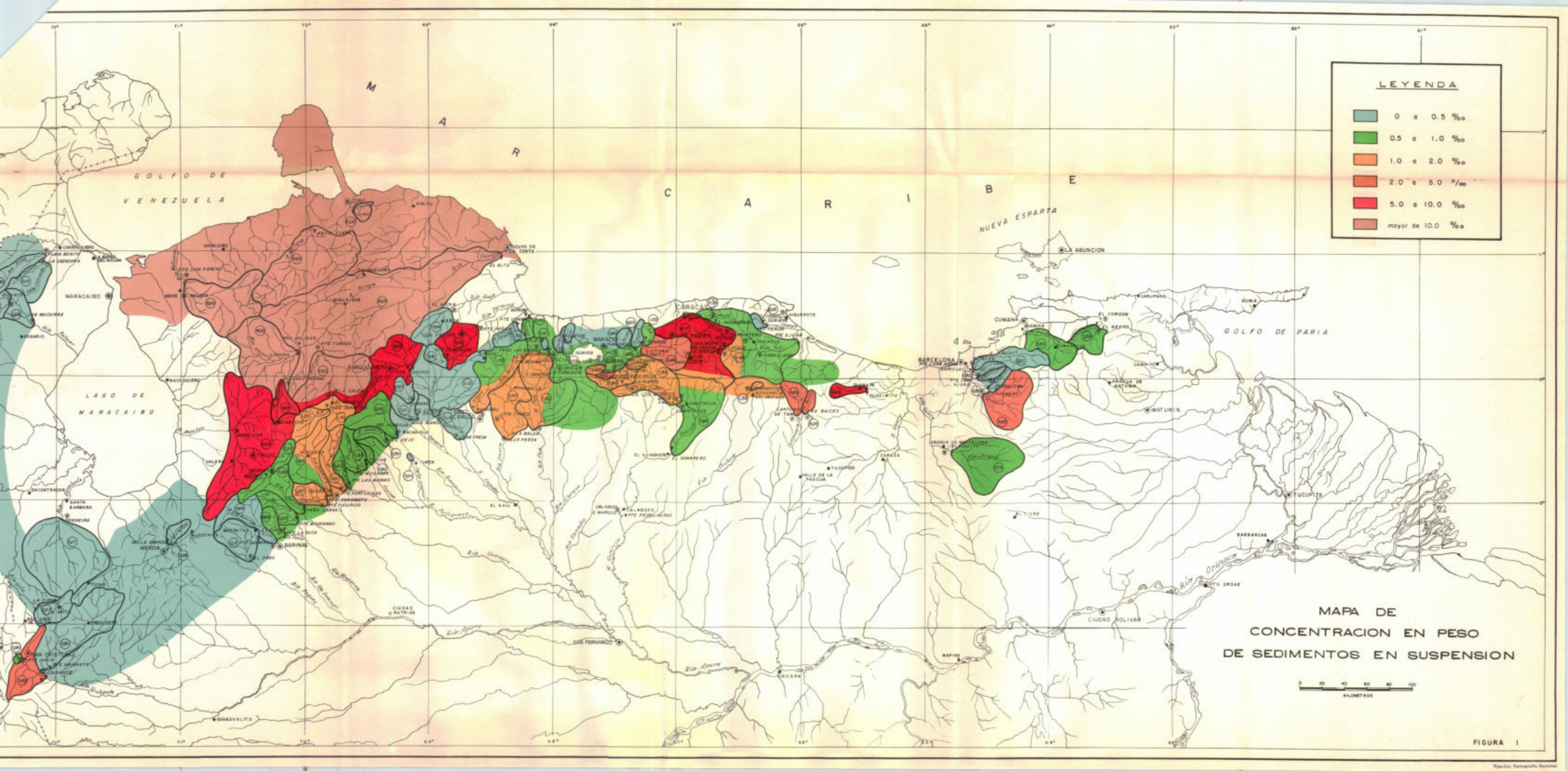
RIO	ESTACION	AREA Km 2	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	($\bar{R}$vss)
Motatán	Agua Viva	4200	634	1123	595	----	784	2256
Mucujun	Valle Grande	128	----	8	11	----	10	8
Neverí	Botalón	976	----	131	192	----	162	171
Orituco	Guanapito	170	650	----	----	----	650	471
Ospino	La Estación	95	1141	345	----	----	743	758
Paguey	El Paso	810	549	316	546	----	470	296
Palmar	El Diluvio	888	22	10	27	----	20	74
Palmar	Las Múcuras	1572	27	29	23	----	26	13
Pao	Paso la Balsa	2730	71	137	123	----	110	252
Portuguesa	Pte. Portuguesa	810	1213	1077	957	1365	1153	1104
Querecual	Querecual	254	107	186	----	----	147	161
Sto. Domingo	Pte. Santo Domingo	1215	750	514	----	----	632	652
Sarare	Sarare	220	86	20	3	----	37	82
Sarare	Agua Blanca	585	70	46	19	----	45	77
Socuy	Playa Bonita	575	275	143	----	----	209	186
Tamanaco	San Antonio de Tamanaco	498	----	317	394	----	355	483

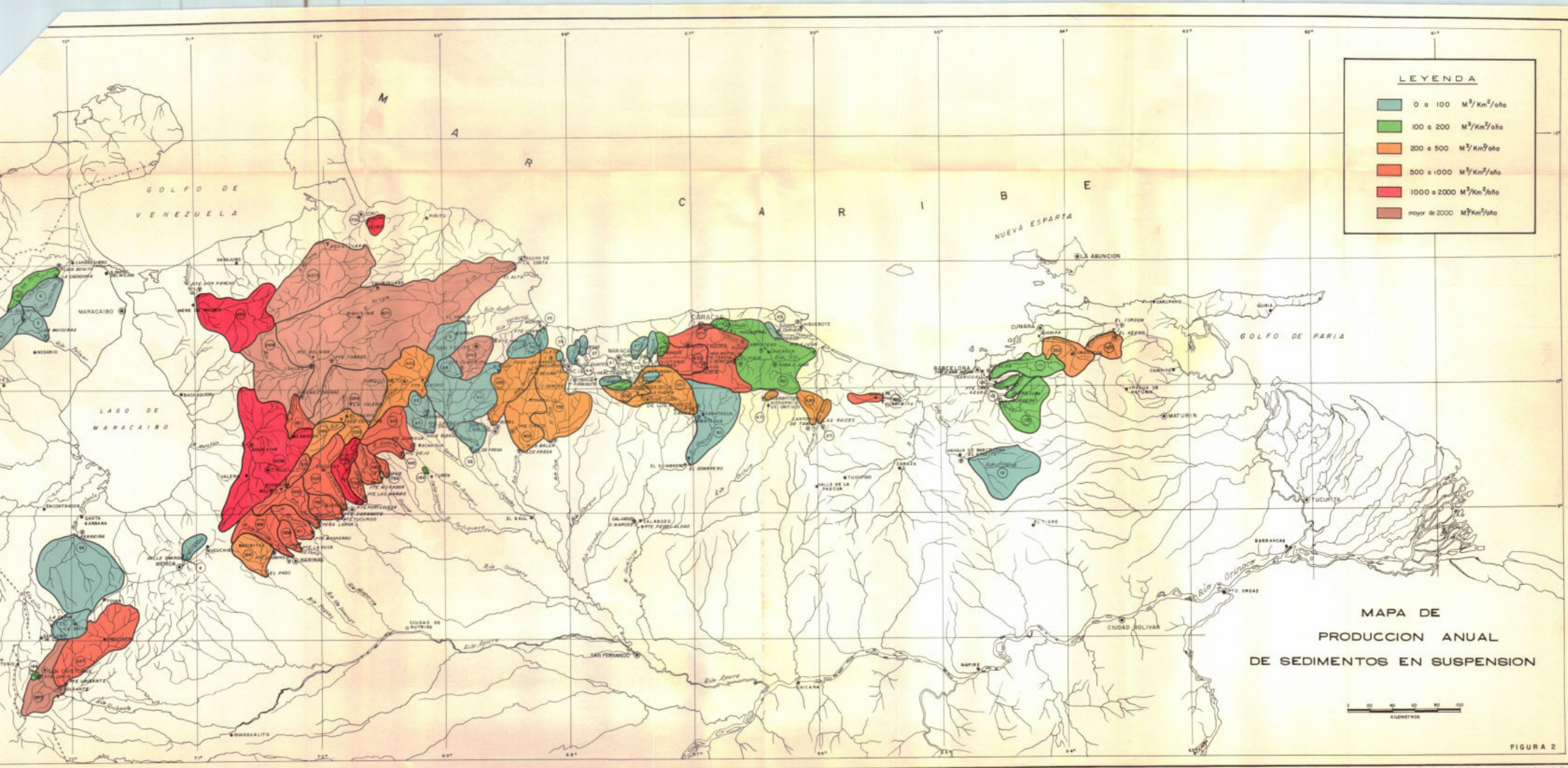
TABLA 4 - 4 (continuación)

RIO	ESTACIÓN	AREA Km2	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	($\bar{R}$vss)
Tiraco	Sitio de Presa	1330	56	----	----	----	56	403
Tirgua	Paso Viboral	1490	226	101	103	----	143	493
Tocorón	Parcela Chavero	114	4	83	32	----	40	61
Tocuyo	Dos Cerritos	675	----	212	142	----	177	287
Tocuyo	La Calera	1344	----	201	103	----	152	245
Tocuyo	Pte. Torres	3590	240	757	255	----	417	1508
Tocuyo	El Alto	16985	----	----	----	4285	4285	4290
Tucupido	Pte. Tucupido	440	881	623	659	----	721	755
Tucutunemo	Tucutunemito	99	1	2	----	----	2	50
Turbio	Pte. Tononó	1710	----	154	----	----	154	400
Turmero	Turmero	192	14	7	4	85	27	47
Tuy	Hda. Barrios	210	42	11	67	----	40	190
Tuy	Hda. Tazón	1180	497	162	92	392	286	552
Tuy	El Vigía	3620	588	195	231	1196	553	839
Tuy	Pte. San Juan	6610	----	269	104	----	186	415
Urama	Urama	430	33	30	50	----	38	77
Uribante	Pte. Uribante	2920	----	----	297	607	452	697

TABLA 4 - 4 (continuación)

RIO	ESTACION	AREA Km2	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	(Rvss)	($\overline{R}$vss)
Uribante	Pte . Colgante	4469	813	1549	1223	1276	1216	1799
Yaracuy	Paso Cumaripa	266	94	43	21	----	53	68
Yaracuy	Pte . Peñón	1206	1726	1510	441	441	1030	1683


LEYENDA
0 a 0.5 ‰
0.5 a 1.0 ‰
1.0 a 2.0 ‰
2.0 a 5.0 ‰
5.0 a 10.0 ‰
mayor de 10.0 ‰
MAPA DE
CONCENTRACION EN PESO
DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION
KILOMETROS
FIGURA 1
M A R C A R I B E
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
MARACAIBO
CARACAS
CUMANA
BARCELONA
PTO. LA CRUZ
LA ASUNCION
CARUPANO
GUIRIA
MATURIN
TUCUPITA
BARRANCAS
PTO. ORDAZ
CIUDAD BOLIVAR
CIUDAD OJEDA
SAN FERNANDO
MAPIRE
BARINAS
VALERA
TRUJILLO
CARORA
BARQUISIMETO
GUARENAS
GUATIRE
CARIPITO
CARIPE
TUCUPIDO
CALABOZO
EL SOMBRERO
EL SALTO
Río Orinoco
Río Apure
Río Portuguesa
Río Guarico
Río Caroni
Río Caura
Río Negro
Río Urbano
Río Caparo
Río Santo Domingo
Río Motatan
Río Escalante
Río Chama
Río Tucuco
Río Acequias
Río Mucujun
Río Albarregas
Río Mucuchies
Río Chiguara
Río Aricagua
Río Zea
Río Caño Seco
Río Caño Colorado
Río Caño Manamo
Río Caño Macareo
Río Caño Pedernales
Río Caño Guara
Río Caño Mariusa
Río Caño Araguao
Río Caño Grande
Río Caño Amacuro
Río Caño Tigre
Río Caño Iguana
Río Caño Guasina
Río Caño Guarapiche
Río Caño Manamo
Río Caño Macareo
Río Caño Pedernales
Río Caño Guara
Río Caño Mariusa
Río Caño Araguao
Río Caño Grande
Río Caño Amacuro
Río Caño Tigre
Río Caño Iguana
Río Caño Guasina
Río Caño Guarapiche


LEYENDA
0 a 100 M³/Km²/año
100 a 200 M³/Km²/año
200 a 500 M³/Km²/año
500 a 1000 M³/Km²/año
1000 a 2000 M³/Km²/año
mayor de 2000 M³/Km²/año
MAPA DE
PRODUCCION ANUAL
DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION
KILOMETROS
FIGURA 2
GOLFO DE VENEZUELA
MAR CARIBE
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
MARACAIBO
CARACAS
BARINAS
CIUDAD BOLIVAR
TUCUPITA
Río Orinoco

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 5

ESTIMACION PRELIMINAR DE CAPACIDADES UTILES Y RENDIMIENTOS GARANTIZADOS DE EMBALSE

Por:
Ingº José Curiel

Caracas, Enero 1966

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente a las siguientes entidades y personas por su valiosa colaboración en la realización este trabajo :

Cartografía Nacional

Secciones de Fluviometría, Metereología, Dibujo, Estadística y Archivo de la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidraúlicas del Ministerio de Obras Públicas.

Centro Eléctronico del Ministerio de Obras Públicas.

Ings. Alfredo Carrillo, Arnoldo José Gabaldón, Eduardo Chapellín y Econ. Julio San Martín de la División de Planeamiento.

INDICE

		Pág.
1.	OBJETIVO	3
2.	DEFINICIONES	3
2.1.	Volumen medio anual de escorrentía	3
2.2.	Desviación típica de los volumenes de escorrentía.	3
2.3.	Coeficiente de variación de los volumenes anuales de escorrentía.	4
2.4.	Mapa de coeficientes de variación de los volumenes anuales de escorrentía.	4
2.5.	Mapa de coeficientes de variación de la precipitación anual.	5
3.	OBSERVACIONES	7
4.	PROCEDIMIENTOS	7
4.1.	Procedimiento de cálculo de la curva de probabilidades acumuladas de los volumenes anuales de escorrentía.	7
4.2.	Procedimiento de cálculo del rendimiento garantizado de un embalse o de su capacidad útil.	14
5.	TABLAS	20
5.1.	TABLA 5-1. Datos de escorrentía de cuencas totales	20
5.2.	TABLA 5-2. Datos de escorrentía de cuencas diferenciales.	20

5.3. TABLA 5-3. Datos de precipitación 20

5.4. TABLAS 5-4 y 5-5. Datos de capacidad útil relativa $C/\overline{V}$ % para algunas cuencas seleccionadas. 21

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21

6.1. Uso de esta públicación 21

6.2. Diseño de embalses en zonas de gran variabilidad. 21

1. OBJETIVO

El objetivo de esta publicación es presentar un procedimiento de estimación preliminar de la probabilidad de ocurrencia de un determinado volumen anual de escorrentía, aún en el caso de que se carezca de datos fluviométricos, en una cuenca cualquiera del país.

Como aplicación práctica de lo anterior, se incluyen también métodos para calcular la capacidad útil de un embalse, ya sea de operación anual o interanual, de forma tal que garantice un rendimiento especificado. Dichos métodos también permiten resolver el caso contrario, o sea : determinar el rendimiento garantizado de un embalse cuya capacidad útil ha sido prefijada por la consideración de otros factores.

2. DEFINICIONES

Se dan a continuación las definiciones de los términos más comunmente usados en esta publicación.

2.1. Volumen medio anual de escorrentía ($\bar{V}$). Es el promedio aritmético de los volúmenes anuales de agua (V_i) producidos por una cuenca en un período de tiempo determinado (n años).

O sea que :

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_i}{n} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f - 1)$$

Estos volúmenes se expresan en millones de m3. por año (10^6 m3/año).

2.2. Desviación típica de los volúmenes anuales de escorrentía. (σ_v). Es el radio de giración de los valores de V_i alrededor de $\bar{V}$, siendo este parámetro estadísitico una medida de la variabilidad de los mismos en relación al promedio.

O sea que :

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (f - 2)$$

Este valor se expresa en millones de m3. por año (10^6 m3/año).

2.3. Coeficiente de variación de los volúmenes anuales de escorrentía (CV_v)

Es una medida adimensional de la variabilidad de los valores de V_i en relación al promedio, que se expresa como la relación entre σ_v y $\bar{V}$.

O sea que :

$$CV_v = \frac{\sigma_v}{\bar{V}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f\text{-}3)$$

2.4 Mapa de coeficientes de variación de los volúmenes anuales de escorrentía. Es un mapa de cuencas hidrográficas de Venezuela que muestra el orden de magnitud de CV_v en cada una de ellas. (Ver anexo)

Se incluyen en él todos los ríos que tienen un período de registro fluviométrico de cinco o más años, aunque también se consideraron algunas cuencas con períodos inferiores a 5 años como referencias.

Dichos valores son diferenciales, o sea que, en el caso de una cuenca aforada que contenga una o varias cuencas aforadas, éstos expresan las características de cada una de ellas independientemente de las otras. Por ejemplo, en el caso de la cuenca del río Turbio en Pte. Tononó y la cuenca del río Cojedes en San Rafael de Onoto (Tablas 5-1 y 5-2), el coeficiente de variación viene expresado en la siguiente forma:

(a) Cuenca del Turbio en Puente Tononó

$$CV_v \text{ (Turbio)} = \frac{\sigma_v \text{ (Turbio)}}{\bar{V} \text{ (Turbio)}} = \frac{45 \times 10^6}{93 \times 10^6} = 0{,}48$$

(c) Cuenca diferencial del Cojedes en Puente San Rafael de Onoto excluyendo Turbio en Puente Tononó.

En este caso se procedió en la forma siguiente:

(a.1) Se consideraron únicamente los años comunes de registro de las dos cuencas (15 años).

(b.1) Se realizaron las operaciones que aparecen en el Cuadro 5-1.

(c1) En base a los datos anteriores se calculó la correspondiente desviación típica:

$$\sigma_{V(\text{diferencial})} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (V_i\ (\text{diferencial}) - \bar{V}\ (\text{diferencial}))^2}{n-1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{602.381 \times 10^{12}}{14}} = 207 \times 10^6 \text{ m3/año}$$

(d1) Se calculó el coeficiente de variación correspondiente:

$$CV_V\ (\text{diferencial}) = \frac{\sigma_V\ (\text{diferencial})}{\bar{V}\ (\text{diferencial})} = \frac{207 \times 10^6}{481 \times 10^6} = 0,43$$

Es importante señalar que la geología y la climatología de una cuenca, y en especial la variabilidad de las precipitaciones anuales, son los factores de mayor influencia en la determinación del coeficiente de variación de los volúmenes anuales de escorrentía de la misma.

2.5. Mapa de coeficientes de variación de la precipitación anual. Es un mapa de estaciones pluviométricas de Venezuela que muestra el valor del coeficiente de variaciones de la precipitación anual en cada una de ellas (CV_p). (Ver anexo). Dichos valores, que fueron obtenidos en forma similar a la expuesta anteriormente para la escorrentía, permitieron delimitar zonas de igual variabilidad de precipitación en el País, en base a consideraciones de tipo climatológico.

En la elaboración de este mapa se utilizaron estaciones de buen funcionamiento, con diez o más años de registro aunque como referencia se utilizaron también algunas con períodos menores.

2.6. Rendimiento garantizado. Rendimiento garantizado ("Safe Yield") es el volumen de agua que puede extraerse anualmente de un embalse durante un período largo de tiempo con poco peligro de que éste se seque. Ese volumen depende tanto de la capacidad útil del embalse (C) como de la variabilidad del régimen del río.

CUADRO No. 5-1

AÑO	V_i (Cojedes) $\left(10^6 \frac{m3}{año}\right)$	V_i (Turbio) $\left(10^6 \frac{m3}{año}\right)$	V_i (diferencial) $\left(10^6 \frac{m3}{año}\right)$	$V_i(dif)-\bar{V}(dif)$ $\left(10^6 \frac{m3}{año}\right)$	$(V_i(dif)-\bar{V}(dif))^2$ $\left(10^{12} \frac{m6}{año^2}\right)$
1946 - 7	967	201	766	285	81.225
47 - 8	553	123	430	51	2.601
48 - 9	528	126	402	79	6.241
49 - 50	637	80	557	76	5.776
50 - 1	1.244	141	1.103	622	386.884
51 - 2	574	143	431	50	2.500
52- 3	514	91	423	58	3.364
53 - 4	479	62	417	64	4.096
57 - 8	512	62	450	31	961
58 - 9	407	82	325	156	24.336
59 - 60	541	60	481	0	0
60 - 1	520	73	447	34	1.156
61 - 2	347	58	289	192	36.864
62 - 3	315	38	277	204	41.616
63 - 4	470	58	412	69	4.761
TOTAL	8.608	1.398	7.210		
PROMEDIO	574	93	481		602.381

3. OBSERVACIONES

Es bueno señalar que el método presentado en esta publicación sólo debe aplicarse en la etapa de investigación de proyectos, ya que no brinda resultados exactos sino rangos de probabilidades de ocurrencia de volúmenes de escorrentía, debido a las aproximaciones teóricas utilizadas en su preparación.

4. PROCEDIMIENTOS

A continuación se presentarán, separadamente, el procedimiento de cálculo de la curva de probabilidades acumuladas (F) de los volúmenes anuales de escorrentía (V_F) para una cuenca y el procedimiento para estimar la capacidad útil de un embalse o su rendimiento garantizado, ya sea de operación anual o interanual.

4.1 Procedimiento de cálculo de la curva de probabilidades acumuladas de los volúmenes anuales de escorrentía. Para determinar la relación V_F v.s. F en una cuenca cualquiera hay que realizar lo siguiente:

(a) Estimar CV_v

(b) Determinar $\overline{V}$

(c) Calcular σ_v

(d) Determinar la curva de probabilidades acumuladas.

A continuación se analizarán cada uno de estos pasos:

4.1.1 Estimación del coeficiente de variación de los volúmenes anuales de escorrentía. En el cálculo de CV_v se pueden distinguir dos casos, a saber:

(a) Cuencas con registro de escorrentía.

(b) Cuencas sin registro de escorrentía.

(a) Cuencas con registro de escorrentía. En este caso tan sólo es necesario entrar en las Tablas 5-1 ó 5-2 para obtener el valor correspondiente de CV_v.

Es importante señalar que la Tabla 5-1 da valores totales a las salidas de

las cuencas y la 5-2 valores diferenciales.

(b) Cuencas sin registro de escorrentía. En este caso el procedimiento es el siguiente:

(a1) Se ubica la cuenca en cuestión en el mapa de coeficientes de variación de la precipitación anual y se observa el color de la zona en que está situada.

Si existen una o varias estaciones pluviométricas dentro o en las cercanías de la cuenca puede tomarse como CV_p un valor parecido al de esas estaciones, siempre dentro de los límites que definen el rango del color.

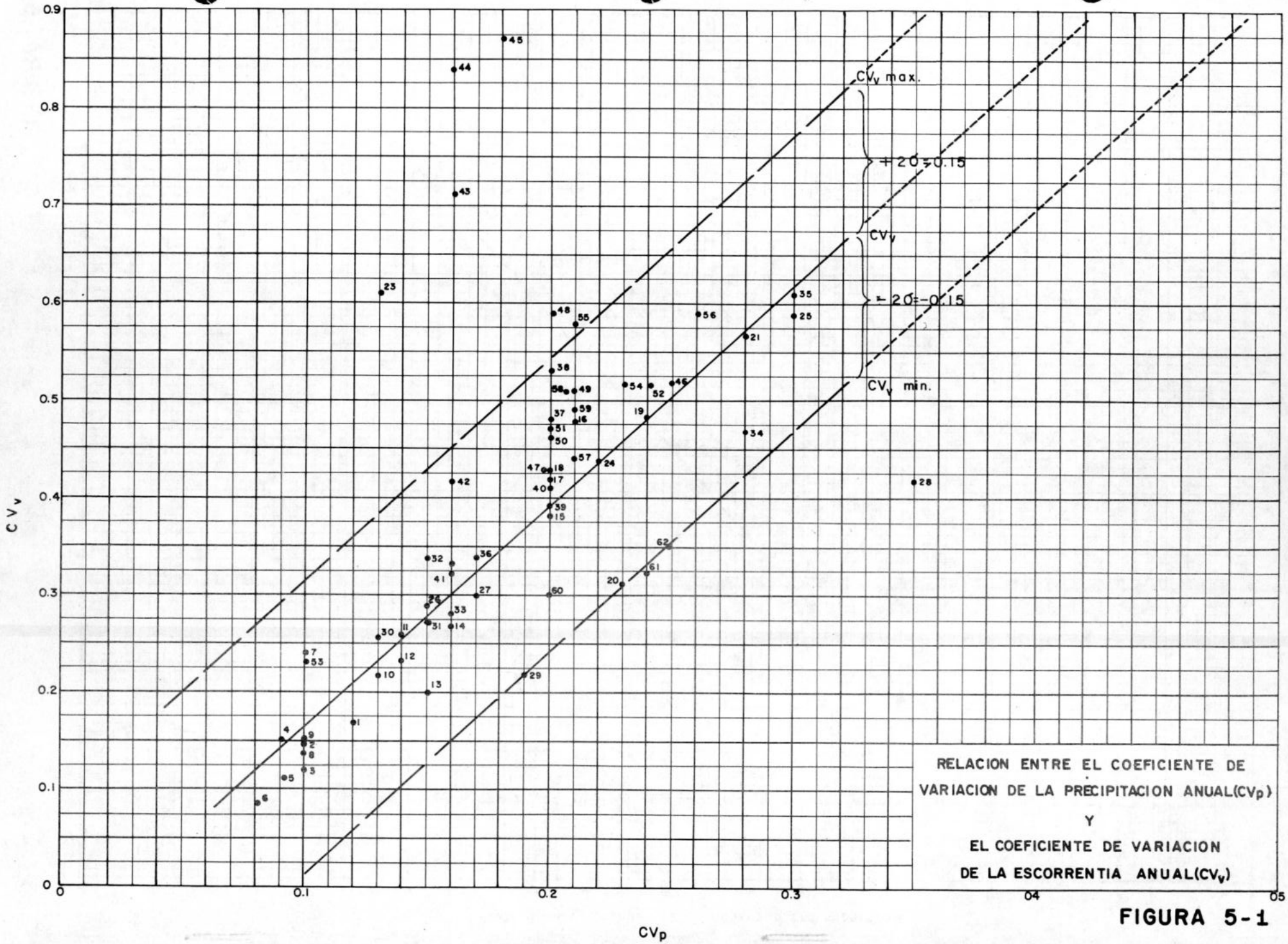
En caso de que no existieran estaciones cercanas podría estimarse como CV_p el promedio de dichos límites.

(b1) Con el coeficiente de variación de la precipitación anual estimado en el punto anterior se entra al Gráfico de la Figura 5-1 y se obtiene el valor probable de CV_v como los valores máximos y mínimo (CV_v máx y CV_v mín) que este coeficiente podría tener dentro de unos límites de confianza del 98% aproximadamente.

Dicho gráfico, que ha sido construído en base a datos observados y estimados, demuestra que la influencia de la variabilidad de la precipitación sobre la variabilidad de la escorrentía es de aproximadamente 73%, debiéndose el restante 27% a otros factores, principalmente a la geología del lugar. Es importante señalar que en la preparación de este gráfico se han excluído cuencas que presentan condiciones anormales como son: alto grado de infiltración y elevada afectación artificial de su régimen debido a riego, aguas cloacales, etc. (Ver Figura 5-1, puntos 22, 23, 28, 43, 44 y 45).

(c1) El valor más probable de CV_v se verifica en base al mapa de coeficientes de variación de volúmenes anuales de escorrentía, si la cuenca a analizar es cercana a/o está contenida en, las cuencas coloreadas que aparecen en dicho mapa.

De no existir diferencias marcadas entre las cuencas en referencia y la cuenca en estudio, en cuanto a geología, afectación artificial del régimen de los ríos y área, el coeficiente de variación de la escorrentía



RELACION ENTRE EL COEFICIENTE DE VARIACION DE LA PRECIPITACION ANUAL(CV_p) Y EL COEFICIENTE DE VARIACION DE LA ESCORRENTIA ANUAL(CV_v)

FIGURA 5-1

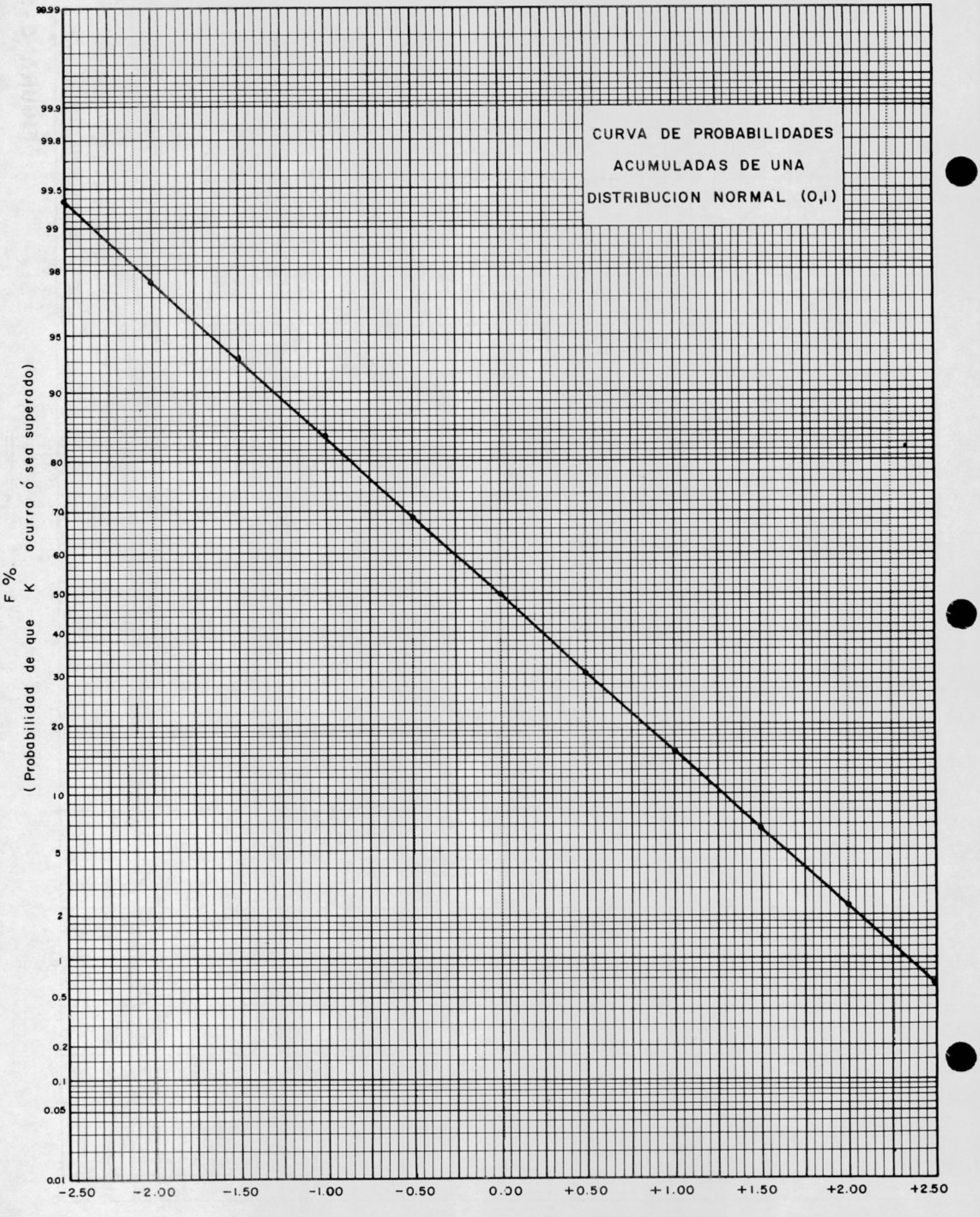

CURVA DE PROBABILIDADES
ACUMULADAS DE UNA
DISTRIBUCION NORMAL (0,1)
F %
(Probabilidad de que K ocurra ó sea superado)
99.99
99.9
99.8
99.5
99
98
95
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.01
-2.50
-2.00
-1.50
-1.00
-0.50
0.00
+0.50
+1.00
+1.50
+2.00
+2.50
K

FIGURA 5-2

deberá ser semejante en ellas, si se encuentran en la misma zona climatológica.

En cualquier caso, hayan cuencas de referencia o no, una vez obtenido CV_v deben considerarse los factores principales que pueden alterarlo como son: conformación geológica de la cuenca (infiltración), afectación artificial del régimen del río (aprovechamientos de agua, desechos cloacales, etc.) y microclimas (si la cuenca es muy pequeña), para verificar su grado de exactitud.

4.1.2 Determinación del volumen medio anual de escorrentía. El valor $\overline{V}$ para largo período puede determinarse en base a alguno de los procedimientos señalados en el Capítulo II, Parte 2, Estimación del Rendimiento Medio Anual.

4.1.3 Cálculo de la desviación típica de los volúmenes anuales de escorrentía. Utilizando los valores de $\overline{V}$ y de CV_v calculados se puede determinar σ_v, así:

$$\sigma_v = \overline{V} \times CV_v \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f\text{-}4)$$

También es conveniente determinar los límites de 98% de confianza de este valor en esta forma:

$$\sigma_v = max = \overline{V} \times CV_v \text{ max.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f\text{-}5)$$

$$\sigma_v \quad min = \overline{V} \times CV_v \text{ min.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f\text{-}6)$$

4.1.4 Determinación de la curva de probabilidades acumuladas (F v.s V_F). El procedimiento es el siguiente:

(a) Haciendo variar K entre -2,50 + 2,50 se calculan valores numéricos de las siguientes ecuaciones:

$$V_F = \overline{V} + K \sigma_v. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f\text{-}7)$$

$$V_F \text{ max} = \overline{V} + K \sigma_v \text{ max.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (f\text{-}8)$$

$$V_F \text{ min} = \overline{V} + K \sigma_v \text{ min.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (f\text{-}9)$$

(b) En cada uno de los casos anteriores y para cada K utilizado se entra a

la Figura 5-2 para encontrar la probabilidad correspondiente F (%).

Dicha Figura muestra la probabilidad de que un valor de K cualquiera (y por lo tanto de V_F) esté comprendido entre el K utilizado y $+\infty$. En otras palabras, de la probabilidad que un volumen anual de escorrentía cualquiera ocurra o sea superado en un año cualquiera.

Dicho gráfico se preparó en base a una distribución normal, ya que, después de estudiar 80 ríos venezolanos, se concluyó que apróximadamente la mitad de ellos tenían una distribución de ese tipo y el resto se aproximaba mucho a ella en el rango de probabilidades comprendido entre 20% y 85%.

(c) Se preparan tres curvas de probabilidades acumulada de V_F (Promedio, máxima y mínima) en base a lo anterior. De esta forma se obtienen los valores deseados.

A continuación se presentará un ejemplo teórico para aclarar la exposición.

Ejemplo:

Se quiere determinar la curva de probabilidades acumuladas de los volúmenes anuales de escorrentía de la cuenca del Río Paguey en el Paso (Area = 810 Km2), situada en la ladera Sur de Los Andes. Aunque dicha cuenca (Ver Mapa) tiene registros fluviométricos, sin embargo se considerará, con fines ilustrativos, que no los tiene para lograr un propósito doble: demostrar el funcionamiento del método y a la vez verificar el resultado del mismo por comparación con los datos reales.

Se procedió en la siguiente forma:

(a) Estimación de CV_v. Dicha cuenca se sitúa en el mapa de CV_p y se nota que está situada en la zona azul (0,00 a 0,10).

Además, la estación pluviométrica más cercana (Barinas) tiene un valor de 0,08. Así que se estima que el coeficiente de variación de la precipitación anual es del orden de 0,10.

Se entra al gráfico de la Figura 5-1 con $CV_p = 0,10$ y se obtienen

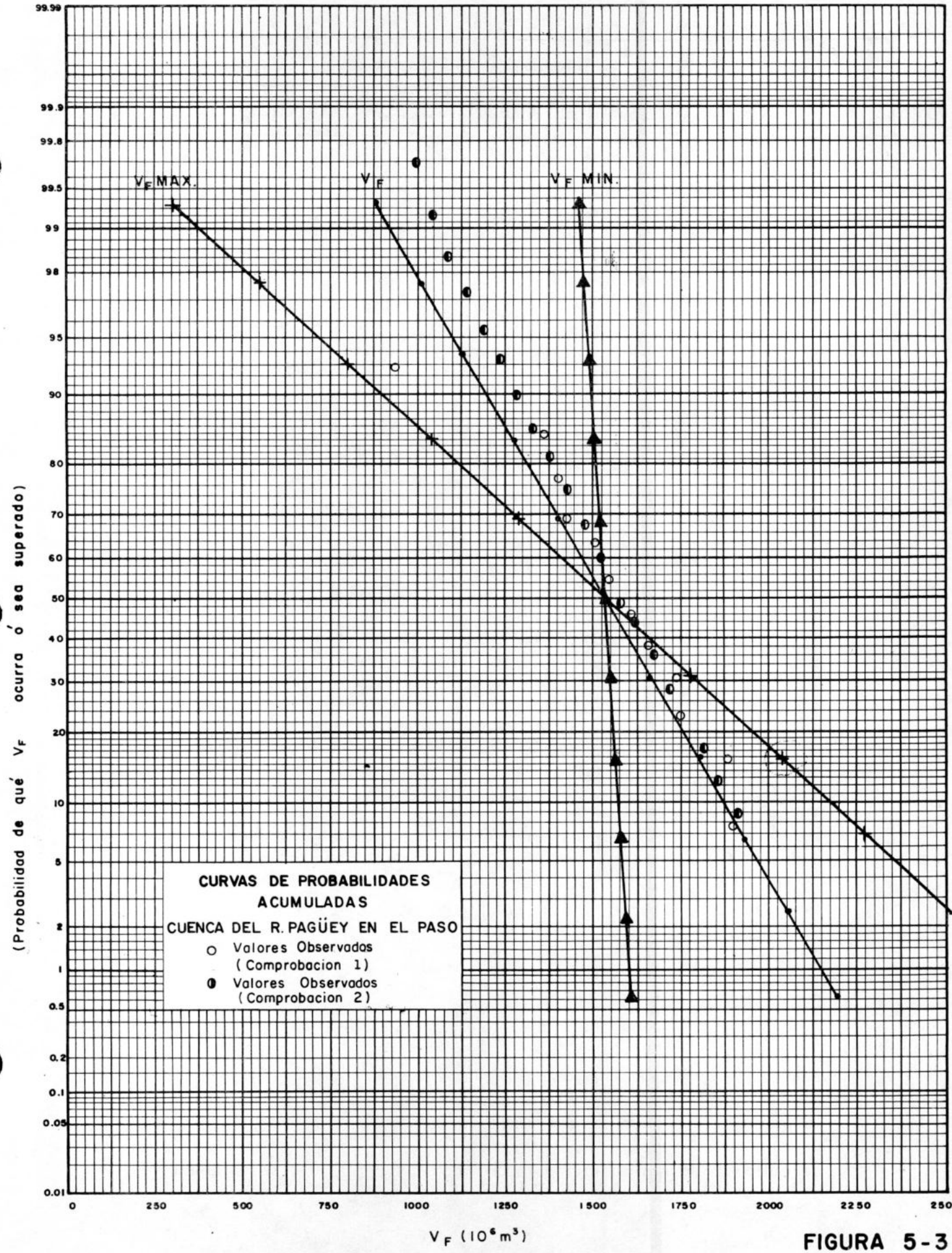

V_F MAX.
V_F
V_F MIN.
CURVAS DE PROBABILIDADES ACUMULADAS
CUENCA DEL R. PAGÜEY EN EL PASO
Valores Observados (Comprobacion 1)
Valores Observados (Comprobacion 2)
F% (Probabilidad de qué V_F ocurra ó sea superado)
99.99
99.9
99.8
99.5
99
98
95
90
80
70
60
50
40
30
20
10
5
2
1
0.5
0.2
0.1
0.05
0.01
0
250
500
750
1000
1250
1500
1750
2000
2250
2500
V_F ($10^6 m^3$)

FIGURA 5-3

los siguientes valores:

$$CV_v = 0,17$$

$$CV_v \text{ max} = 0,32$$

$$CV_v \text{ min} = 0,02$$

Se comparan las principales características de dicha cuenca con las de una cercana (Sto. Domingo en El Curay) en la siguiente forma:

Características	Cuenca Paguey en El Paso	Cuenca Sto. Domingo en El Curay
Infiltración	pequeña	pequeña
Afectación artificial del régimen	pequeña	pequeña
Area	810 Km2	690 Km2
CV_v	0,17	0,12

De la comparación anterior se puede observar que las características de las dos cuencas son bastantes semejantes, así que puede considerarse que el valor estimado de CV_v es apróximadamente correcto.

(b) Determinación de $\overline{V}$. En base a la publicación "Evaluación preliminar de los recursos hidráulicos de Venezuela - Región IV" de esta Sección, se determinó que:

$\overline{V}$ = 1.900 mm/año para un largo período de tiempo o sea que:

$$\overline{V} = \frac{1.900}{10^3} \times 810 \times 10^6 = 1.539 \times 10^6 \text{ m3/año}$$

(c) Cálculo de σ_v. En base a los datos anteriores se procede a calcular los siguientes valores:

$\sigma_v = 0,17 \times 1.539 \times 10^6 = 262 \times 10^6$ m3/año

σ_v max $= 0,32 \times 1.539 \times 10^6 = 492 \times 10^6$ m3/año

σ_v min $= 0,02 \times 1.539 \times 10^6 = 30 \times 10^6$ m3/año

(d) Determinación de la curva de probabilidades acumuladas. Se prepáran tres curvas, una para cada caso, en base a las fórmulas (f-7), (f-8) (f-9) y a la Figura 5-2, a saber:

K	F (%)	V_F (10^6 $\frac{m3}{año}$)	V_F max (10^6 $\frac{m3}{año}$)	V_F min (10^6 $\frac{m3}{año}$)
- 2,50	99,4	884	309	1.464
- 2,00	97,7	1.015	555	1.479
- 1,50	93,3	1.146	801	1.494
- 1.00	84	1.277	1.047	1.509
- 0,50	69	1.408	1.293	1.524
0,00	50	1.539	1.539	1.539
+ 0,50	31	1.670	1.785	1.554
+ 1,00	16	1.801	2.031	1.569
+ 1,50	6,7	1.932	2.277	1.584
+ 2,00	2,3	2.063	2.523	1.599
+ 2,50	0,6	2.194	2.769	1.614

Estos valores se dibujan en un papel de probabilidades o en un papel milimetrado en su defecto, y se obtienen curvas que permiten encontrar la probabilidad de ocurrencia de un volumen de escorrentía determinado o viceversa (Ver Figura 5-3).

Con fines ilustrativos se incluyen también en dicha Figura curvas de

probabilidades acumuladas construídas con datos reales del río, para verificar la exactitud de las relaciones establecidas. A continuación se presenta el cálculo realizado para obtener la curva "comprobación 1" en base a un período de registro (n) de 12 años:

Orden de magnitud del evento	Valores Observados	Probabilidad de que ocurra o sea superado dicho evento
m	V_F(10^6 m3)	$F(\%) = \frac{m \times 100}{n+1} = m \times \frac{100}{13}$
1	1.905	7,69
2	1.883	15,38
3	1.752	23,07
4	1.732	30,76
5	1.663	38,45
6	1.606	46, 14
7	1 550	53,83
8	1.507	61,52
9	1.438	69,21
10	1.408	76,90
11	1.372	84,59
12	943	92,28

La curva de verificación "comprobación 2" fue obtenida en un computador electrónico, por el procesamiento de los modelos estadísticos gammas y normales elaborados para tal fin.

Es muy importante señalar que el error cometido al adoptar la curva calculada promedio (V_F) en vez de la real, varía generalmente entre 0 y

20%, aunque hay que tener un especial cuidado al estimar los valores de CV_v para las cuencas de gran variabilidad, pues en ellas puede ser mucho mayor, de no considerarse en dicha estimación todos los factores que influyen en la determinación de ese coeficiente.

4.2 Procedimientos de cálculo del rendimiento garantizado de un embalse o de su capacidad útil. En la determinación del rendimiento garantizado (Y) de un embalse o de su capacidad útil (C) se analizarán dos casos, a saber:

(a) Embalses de operación anual (sólo almacenan agua para satisfacer demandas anuales) ya sean para casos de demandas constantes o variables.

(b) Embalses de operación interanual (almacenan agua para requerimientos de varios años) para demanda constante (acueductos) y para demanda variable para el caso de riego.

4.2.1 Embalses de operación anual.

(a) Determinación del rendimiento garantizado. Dado un embalse de capacidad útil C y exigida una garantía de F (%) en el rendimiento anual del mismo, el valor de Y se determina tomando el menor valor obtenido de comparar C con V_F correspondiente a esa probabilidad.

(b) Determinación de la capacidad útil. Dada una demanda anual V_F que puede satisfacer un río con una garantía de F (%) se obtiene la capacidad útil tomando $C = V_F$, si no existen limitaciones topográficas que impiden construir un embalse de esa magnitud.

4.2.2 Embalses de operación interanual.

(a) Determinación del rendimiento garantizado. Dada una capacidad útil C., se sigue este procedimiento:

(a_1) Se calcula el volumen medio anual de escorrentía de la cuenca (V).

(b_1) Se determina la relación $C/\overline{V}$ (%)

(c_1) Se calcula el valor de CV_v correspondiente a ese río.

(d_1) Con la relación $C/\overline{V}$ (%) establecida se entra el gráfico de la Figura

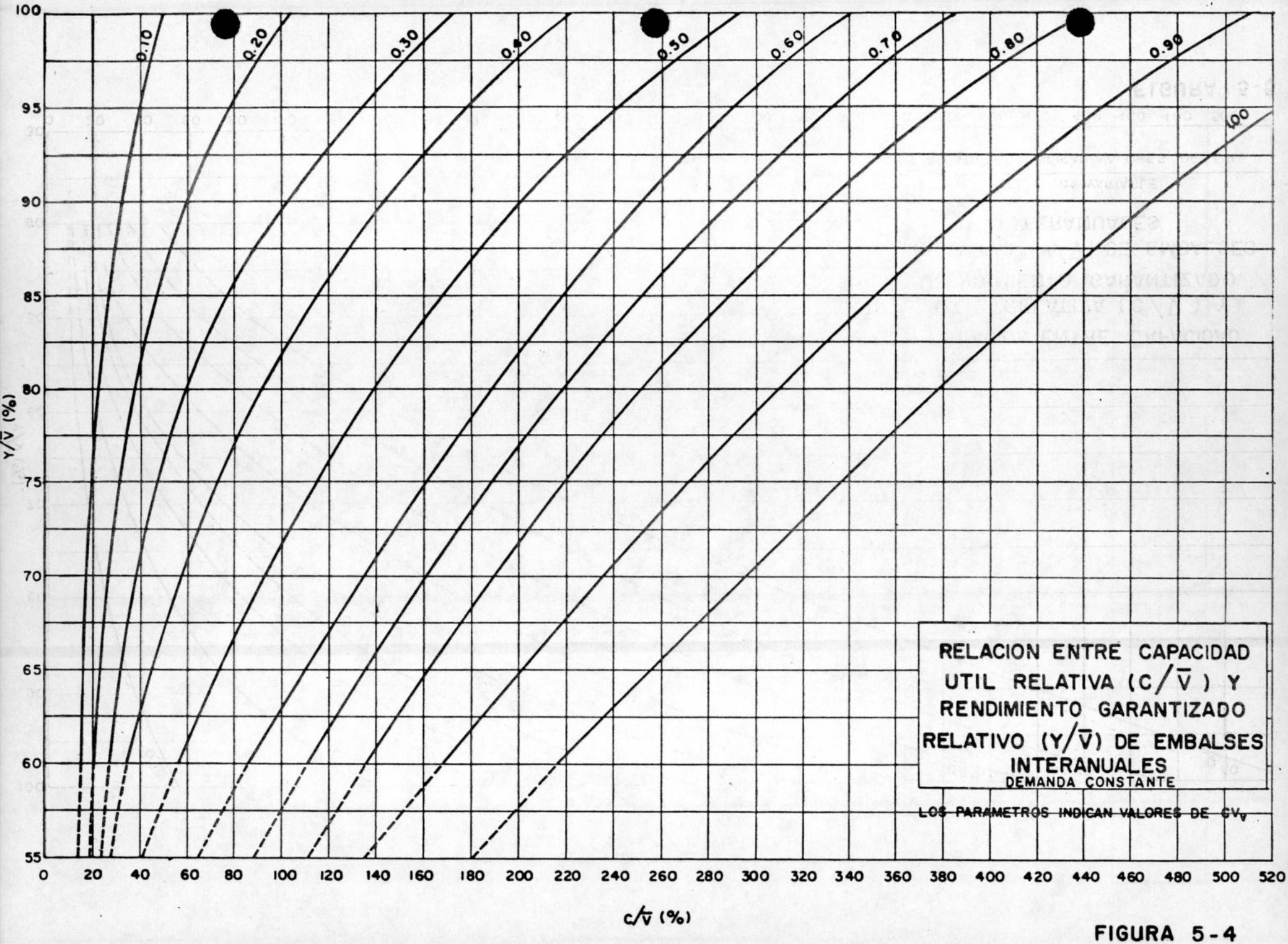

0.10
0.20
0.30
0.40
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
1.00
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
Y/V̄ (%)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
C/V̄ (%)
RELACION ENTRE CAPACIDAD UTIL RELATIVA (C/V̄) Y RENDIMIENTO GARANTIZADO RELATIVO (Y/V̄) DE EMBALSES INTERANUALES
DEMANDA CONSTANTE
LOS PARAMETROS INDICAN VALORES DE CV_V

FIGURA 5-4

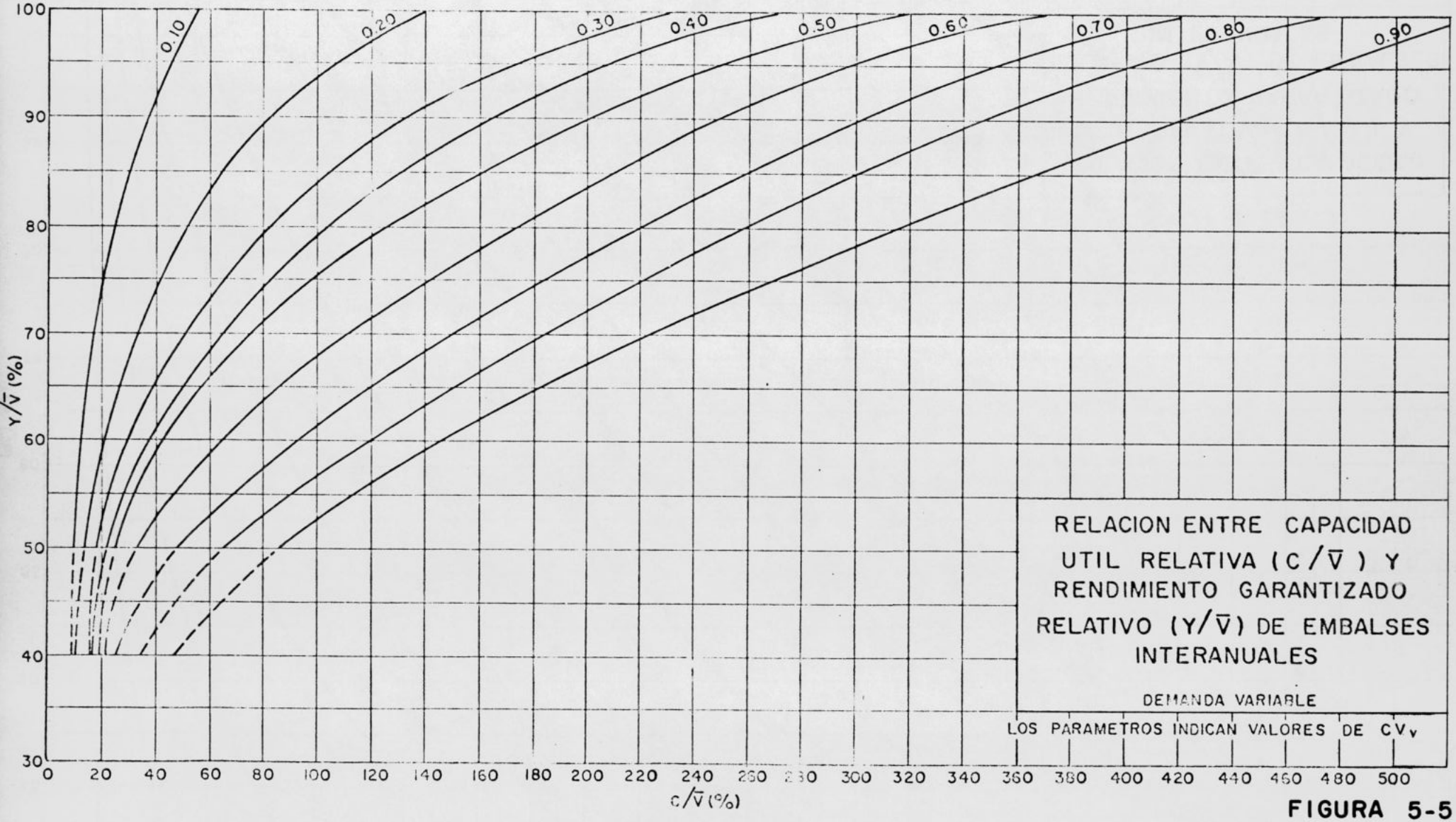

0.10
0.20
0.30
0.40
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
100
90
80
70
60
50
40
30
Y/V̄ (%)
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
C/V̄ (%)
RELACION ENTRE CAPACIDAD UTIL RELATIVA (C/V̄) Y RENDIMIENTO GARANTIZADO RELATIVO (Y/V̄) DE EMBALSES INTERANUALES
DEMANDA VARIABLE
LOS PARAMETROS INDICAN VALORES DE CVy

FIGURA 5-5

5-4 o 5-5 hasta encontrar la curva correspondiente al CV_v calculado, determinándose así un valor de Y/V (%). (*)

Es de hacer notar que el Gráfico 5-4 ha sido obtenido para ser aplicado en el caso de demanda constante (acueducto) y el Gráfico 5-5 para embalses de de demanda variable con fines de riego y por estas razones solo deberá usarse en tales situaciones.

(e_1) Se multiplica la relación $Y/\overline{V}$ (%) obtenida anteriormente por el volumen medio anual de escorrentía y se obtiene el rendimiento garantizado de ese embalse.

(b) Determinación de la capacidad útil. Dada una demanda Y que se quiere satisfacer con una probabilidad determinada, se procede en la siguiente forma:

(a_1) Se calcula el volumen medio anual de escorrentía de la cuenca ($\overline{V}$).

(b_1) Se determina la relación $Y/\overline{V}$ (%).

(c_1) Se calcula el valor de CV_v correspondiente a ese río.

(d_1) Con la relación $Y/\overline{V}$ (%) establecida se entra el gráfico de la Figura 5-4 o 5-5 hasta encontrar la curva correspondiente al CV_v calculado, determinándose así un valor de $C/\overline{V}$ (%)

(e_1) Se multiplica la relación $C/\overline{V}$ (%) obtenida anteriormente por el volumen medio de escorrentía anual y se obtiene la capacidad útil a utilizarse, si no existen limitaciones topográficas que impidan la construcción de un embalse de esa magnitud. Es de notar que en el cálculo del rendimiento garantizado, descrito anteriormente, no se ha tomado en cuenta la evaporación neta sobre el embalse, factor que debe considerarse en procedimientos más refinados.

A continuación se presentarán varios ejemplos teóricos para aclarar mejor la exposición anterior.

Ejemplo

Determinar el rendimiento garantizado 90 % del tiempo de un embalse de

(*) El Gráfico 5-5 fué obtenido por los Brs. Luisa Medina y Xavier Baez como parte de su trabajo especial para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica Andrés Bello.

operación anual con capacidad útil de 1.250×10^6 m3. Para mayor facilidad se supone que está situado en una cuenca que tiene una distribución de probabilidades acumuladas idénticas a la del Río Paguey en El Paso (Ver Figura 5-3), que en cualquier caso puede obtenerse por el procedimiento señalado anteriormente.

Se procede en la siguiente forma :

(a) Se entra a la Figura 5-3 con F = 90 % y se obtiene

$$V_F = 1.200 \times 10^6 \text{ m3},$$

$$V_F \max = 900 \times 10^6 \text{ m3 y}$$

$$V_F \min = 1.500 \times 10^6 \text{ m3}$$

(b) Se comparan V_F y C y se toma al menor valor :

$$C = 1.250 \times 10^6 \gg V_F = 1.200 \times 10^6 = Y$$

así que dicho embalse garantiza un rendimiento anual de 1.200×10^6 m3. el 90 % del tiempo.

(c) Si se desea obtener los rangos de variación de Y con 98 % de confianza se compara C con V_F max y V_F min, así que :

$$C = 1.250 \times 10^6 \gg V_F \max = 900 \times 10^6 = Y \max$$

$$V_F \min = 1.500 \times 10^6 \gg C = 1.250 \times 10^6 = Y \min$$

o sea que los valores son los siguientes :

$$Y = 1.200 \times 10^6 \text{ m3}$$
$$Y \max = 900 \times 10^6 \text{ m3}$$
$$Y \min = 1.250 \times 10^6 \text{ m3}$$

Lo que quiere decir que el rendimiento garantizado anual con 90 % de seguridad de dicho embalse es de 1.200×10^6 m3, pudiendo estar comprendido este valor (en el 98 % de los casos) entre 900×10^6 y 1.250×10^6 m3.

Ejemplo

En la misma cuenca anterior se quiere determinar el rendimiento garantizado 90 % del tiempo de un embalse de operación anual con capacidad útil de 700×10^6 m3.

Se procede en la siguiente forma :

(a) De la Figura 5-3 se obtiene :

$$V_F = 1.200 \times 10^6 \text{ m3}$$
$$V_F \text{ max} = 900 \times 10^6 \text{ m3}$$
$$V_F \text{ min} = 1.500 \times 10^6 \text{ m3}$$

Se comparan los valores anteriores con C :

$$V_F = 1.200 \times 10^6 \qquad C = 700 \times 10^6 = Y$$
$$V_F \text{ max} = 900 \times 10^6 \qquad C = 700 \times 10^6 = Y \text{ max}$$
$$V_F \text{ min} = 1.500 \times 10^6 \qquad C = 700 \times 10^6 = Y \text{ min}$$

o sea que en este caso el rendimiento garantizado 90 % del tiempo es de 700×10^6 con una probabilidad de 98 %.

Ejemplo

Determinar la capacidad útil de un embalse de operación anual en la misma cuenca anterior si se quiere satisfacer una demanda anual de 1.100×10^6 m3.

Esta demanda puede ser satisfecha según la Figura 5-3, el 95 % de las veces en promedio el 82% delas veces en el caso máximo y casi el 100 % en el caso mínimo.

El procedimiento es el siguiente :

(a) Si no existen limitaciones topográficas se deberá tomar una capacidad útil $C = V_F = 1.100 \times 10^6$ m3., para satisfacer dicha demanda con las probabilidades antes indicadas.

(b) Si existen limitaciones topográficas, por ejemplo: la máxima capacidad del vaso es de 800 x 10^6 m3., dicha demanda no se puede satisfacer.

Ejemplo

Determinar el rendimiento garantizado de un embalse de operación inter-anual de aprovechamiento constante con capacidad útil de 160 x 10^6 m3, siendo el área de la cuenca tributaria de 320 Km2.

Se sigue este procedimiento:

(a) Por métodos hidrológicos se ha obtenido que V = 144 x 10^6 m3/año.

(b) Se calcula $C/_V$ (%) = (160 x 10^6 / 144 x 10^6) x 100 = 111 %

(c) Se determinan, por el procedimiento señalado en esta publicación, los valores promedio, máximo y mínimo (con 98 % de confianza) del coeficiente de variación de la escorrentía anual:

CV_v = 0,40

CV_v max = 0,55

CV_v min = 0,25

(d) Se entra a la Figura 5-4 con $C/\overline{V}$ y los valores anteriores y se obtiene:

$Y/\overline{V}$ = 84 %

($Y/\overline{V}$) max = 70 %

($Y/\overline{V}$) min = 96 %

(c) Se calculan los valores de Y correspondientes:

Y = 121 x 10^6 m3/año

Y max = 101 x 10^6 m3/año

Y min = 138 x 10^6 m3/año

Así que el rendimiento garantizado de ese embalse es de 121 x 10^6 m3/año pudiendo estar comprendido en el 98 % de los casos entre 101 x 10^6 m3/año y 138 x 10^6 m3/año.

Si en lugar de ser embalse para demanda constante lo que se desea es el rendimiento garantizado a demanda variable con fines de riego, se sigue un procedimiento enteramente semejante, pero se determinan los valores de $Y/\overline{V}$ a partir del Gráfico 5-5.

Ejemplo

En la misma cuenca anterior se desea establecer la capacidad útil de un embalse interanual de aprovechamiento constante que de un rendimiento garantizado de 100×10^6 m3/año. El procedimiento es el siguiente :

(a) Se conoce que $\overline{V} = 144 \times 10^6$ m3/año

(b) Se calcula $Y/\overline{V}(\%) = \dfrac{100 \times 10^6}{144 \times 10^6} \times 100 = 69\ \%$

(c) Se conoce que :

$CV_v = 0,40$
$CV_v max = 0,55$
$CV_v min = 0,25$

(d) Se entra a la Figura 5-4 con $Y/\overline{V}$ y los valores anteriores y se obtiene :

$C/\overline{V}$ 54 %
$(C/\overline{V})$ max = 110 %
$(C/\overline{V})$ min = 32 %

(e) Se calculan los valores de C correspondientes :

$C = 78 \times 10^6$ m3
$C\ max = 158 \times 10^6$ m3
$C\ min = 46 \times 10^6$ m3

Así que la capacidad útil de ese embalse es de 78×10^6 m3., pudiendo estar comprendida en el 98 % de los casos entre 158×10^6 y 46×10^6. De igual forma, si se trata de un embalse para riego se utilizará el Gráfico 5-5 en lugar del 5-4.

5. TABLAS

Se incluyen las siguientes tablas.

5.1. TABLA 5-1. Datos de escorrentía de cuencas totales.

Dicha tabla presenta la siguiente información:

Cuenca: Nombre del río y de la estación fluviométrica.

Período de registro: expresado en años.

Area: Area de la cuenca en Km2.

$\overline{V}$: volumen medio anual de escorrentía para el período de registro, expresado en 10^6 m3/año.

σ_V: desviación típica de los volúmenes anuales de escorrentía registrados, expresada en 10^6 m3/año.

CV_v: coeficiente de variación de los volúmenes anuales de escorrentía (coeficiente adimensional).

5.2. TABLA 5-2. Datos de escorrentía de cuencas diferenciales.

Esta tabla presenta una información semejante a la anterior.

5.3. TABLA 5-3. Datos de precipitación.

Dicha tabla presenta la siguiente información:

Estado: dato de localización de la estación.

Estación: nombre de la misma.

Período de registro: expresado en años.

$\overline{P}$: precipitación media anual para el período de registro, expresada en mm/año.

σ_p: desviación típica de los valores anuales de precipitación, expresada en mm/año.

CV_p: coeficiente de variación de los valores anuales de precipitación

(coeficiente adimensional).

5.4. TABLA 5-4 y 5-5. Datos de cpacidad útil relativa $C/\overline{V}$ (%) para algunas cuencas seleccionadas. (Demanda constante y Demanda Variable).

Estas tablas presentan la siguiente información, para cuencas con más de 10 años de registro, para supuestos embalses de operación interanual de aprovechamiento constante y variable con fines de riego respectivamente.

Cuenca : nombre del río y de la estación fluviométrica.

$C/\overline{V}$: (%) : es la capacidad útil relativa, que aparece en cifras para cada valor de rendimiento garantizado relativo ($Y/\overline{V}$ = 100 %, 90 %, 75 % y 60 % y 50 %), para cada cuenca.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones :

6.1. Uso de esta públicación. Es necesario señalar que los procedimientos presentados en esta publicación, para estimar capacidades útiles y rendimientos garantizados de embalses de operación anual o interanual, sólo deben ser utilizados en la etapa de Estudios Preliminares, debiéndose tener precaución al aplicarlos en diseños más refinados.

Se recomienda ir revisando y actualizando progresivamente la información que se presenta para hacer de ella un instrumento cada vez más efectivo.

6.2. Diseño de embalses en zonas de gran variabilidad. Promediando los datos de la Tabla 5-4 y 5-5 para cada grado de aprovechamiento ($Y/\overline{V}$) del río se obtienen los siguientes valores aproximados de capacidad útil relativa ($C/\overline{V}$):

	Demanda Const.	Demanda Variab.
Para 100 % de aprovechamiento	$C/\overline{V}$ = 250 %	282 %
Para 90 % de aprovechamiento	$C/\overline{V}$ = 170 %	184 %
Para 75 % de aprovechamiento	$C/\overline{V}$ = 100 %	100 %
Para 60 % de aprovechamiento	$C/\overline{V}$ = 50 %	50 %

Esto demuestra que en muchos casos, y sobre todos tratándose de zonas de alta variabilidad, la capacidad útil del embalse debe sobrepasar el volumen medio anual del río, si se desean obtener altos rendimientos garantizados del mismo.

T A B L A 5-1
DATOS DE ESCORRENTIA DE CUENCAS TOTALES

Cuenca	Período de Registro (años)	Area (Km2)	$\overline{V}$ (10^6 m3 / año)	σ_v (10^6 m3 / año)	CV_v
Acarigua en Pte. Acarigua	14	970	947	262	0,27
Aragua en Hda El Recreo	22	198	31	13	0,41
Aragua en La Chorrera	20	1.881	74	44	0,59
Boconó en Peña Larga	12	1.580	2.316	198	0,08
Bucares en Piedras Negras	24	910	55	53	0,96
Camoruco en Sitio de Presa	6	620	112	47	0,42
Capaya en El Peñón	13	162	97	58	0,59
Capiricual en Pte. Carretera Negra	7	126	76	39	0,51
Carinicuao en El Cordón	7	615	269	95	0,35
Cojedes en Pte. San Rafael de Onoto	22	4.325	599	206	0,34
Escalante en Ferreira	11	3.920	1.719	1.016	0,59
Grande en Carpintero	21	719	235	124	0.52

TABLA 5-1 (continuación)

	Nº Años	Area	$\bar{V}$	σ_V	CVv
Guacara en Las Vegas	13	75	19	10	0,53
Guache en Puente Viejo	15	300	428	88	0,20
Guaire en Pichao	9	807	133	14	0,10
Guanare en Pte. Coromoto	4	1.310	2.333	327	0,14
Guárico en La Puerta	25	625	124	65	0,52
Guárico en Boca de Cagua	11	2.040	453	200	0,44
Guárico en El Sombrero	13	4.110	787	308	0,39
Guataparo en Cía. Inglesa	14	39	9,9	3,4	0,34
La Yuca en Pte. La Yuca	12	265	352	53	0,15
Las Marías en Pte. Las Marías	8	325	289	65	0,22
Las Minas en Barrancón	18	85	5,6	4,7	0,84
Los Guayos en Pte. Los Guayos	16	114	13,8	6,6	0,48
Manazanares en Guaripa	23	830	519	170	0,32
Maruria en Casa Sánchez	5	49	19,8	6,6	0,33

TABLA 5-1 (continuación)

Cuenca	NºAños	Area	$\overline{V}$	σ_V	CV_V
Masparro en Pte. Masparro	14	495	926	107	0,11
Matícora en Don Pancho	6	2.490	214	77	0,36
Morador en Pte. Morador	8	615	764	204	0,26
Morere en Pte. Bolívar	21	3.420	227	151	0,66
Morón en Morón	17	120	37	23	0,61
Motatán en Agua Viva	23	4.200	1.061	476	0,44
Naricual en Naricual	7	143	97	49	0,49
Neverí en Botalón	8	976	934	198	0,20
Noguera en Paso Aragüita	7	109	31	13	0,42
Ospino en La Estación	7	95	89	21	0,23
Paguey en El Paso	15	810	1.584	239	0,15
Palmar en El Diluvio	7	888	288	86	0,29
Pao en Paso La Balsa	14	2.730	765	216	0,28
Portuguesa en Pte. Portuguesa	7	810	908	139	0,15

TABLA 5-1 (continuación)

Cuenca	Nº Años	Area	$\bar{V}$	σ_v	CVv
Querecual en Querecual	17	254	93	41	0,44
Sto. Domingo en El Curay	7	690	1.007	126	0,12
Sarare en Sarare	14	220	39	19	0,48
Sarare en Agua Blanca	22	585	179	97	0,54
Socuy en Playa Bonita	6	575	364	111	0,30
Tinaco en Pte. Tinaco	14	625	245	85	0,34
Tirgua en Paso Viboral	23	1.490	484	131	0,27
Tocorrón en Parcela Chavero	14	114	7,4	5,3	0,71
Tocuyo en Dos Cerritos	13	675	208	65	0,31
Tocuyo en Pte. Torres	22	3.590	372	145	0,38
Tucupido en Pte. Tucupido	7	440	315	77	0,24
Tucutunemo en Tucutunemito	15	99	6,0	5,2	0,87
Turbio en Pte. Tononó	15	1.710	93	45	0,48
Turmero en Turmero	21	192	26	10	0,39

TABLA 5-1 (continuación)

Cuenca	No. Años	Area	$\bar{V}$	σ_V	CV_V
Tuy en Hda. Barrios	23	210	45	23	0,51
Tuy en Hda. Tazón	24	1.180	217	101	0,46
Tuy en El Vigía	18	3.620	654	306	0,46
Tuy en Pte. San Juan	13	6.610	2.074	833	0,40
Urama en Pte. Urama	20	430	123	58	0,47
Uribante en Pte. Colgante	16	3.950	6.290	1.098	0,17
Yaracuy en Pte. Cumaripa	13	266	64	14	0,22
Yaracuy en Pte. Peñón	22	1.206	300	87	0,28

T A B L A 5-2
DATOS DE ESCORRENTIA DE CUENCAS DIFERENCIALES

Cuenca	Período de Registro (años)	Area (Km2)	$\bar{V}$ (10^6 m3 / año)	σ_v (10^6 m3 / año)	CV_v
Cojedes en San Rafael de Onoto excluyendo Turbio en Pte. Tonoró.	15	2.615	481	207	0,43
Guárico en Boca de Cagua excluyendo Guárico en La Puerta.	11	1.415	349	154	0,43
Guárico en El Sombrero excluyendo Guárico en Boca de Cagua.	11	2.070	358	213	0,59
Morere en Pte. Bolívar excluyendo Bucares en Piedras Negras.	21	2.510	170	105	0,61
Sarare en Agua Blanca excluyendo Sarare en Sarare.	14	365	94	36	0,38
Tocuyo en Pte. Torres excluyendo Tocuyo en Dos Cerritos.	13	2.915	141	80	0,57
Tuy en Hda. Tazón excluyendo Tuy en Hda. Barrios.	23	970	176	82	0,46

TABLA 5-2 (continuación)

Tuy en El Vigía excluyendo Tuy en Hda. Tazón.	18	2.440	448	211	0,47
Tuy en Pte. San Juan excluyendo Tuy en El Vigía.	12	2.990	1.423	746	0,52
Yaracuy en Pte. Peñón excluyendo Yaracuy en Pte. Cumaripa.	11	940	220	60	0,27

T A B L A 5-3
DATOS DE PRECIPITACION

Estado	Estación	Período de Registro (años)	$\bar{P}$ (mm/año)	$\sigma_{\bar{P}}$ (mm/año)	CV_P
Dto. Federal	Cajigal	71	825	193	0,23
	Mamo Estanque	14	898	291	0,32
	Mamo Planta	21	719	267	0,37
	Marapa Planta	21	423	185	0,43
	Petaquire	18	873	263	0,30
	Caoma Planta	17	1.103	350	0,31
Anzoátegui	Araguita	13	1.134	239	0,21
	Bergantín	14	1.425	307	0,21
	Botalón	17	1.018	142	0,13
	Carito	12	1.106	162	0,14
	Clarines	12	637	223	0,35
	Curataquiche	13	958	173	0,18
	Montones	17	734	132	0,18
	Sta. Inés	12	915	299	0,32
	San Mateo	11	927	250	0,26
	Sta. Rosa	10	831	205	0,24
	San Tomé	15	1.209	228	0,18
	Aragua de Barcelona	7	980	223	0,22

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	N. años	$\bar{p}$	$\sigma_{\bar{p}}$	CVp
Anzoátegui	Cantaura	7	751	146	0,19
	Las Mercedes	7	1.152	216	0,18
	Pariaguán	8	1.177	254	0,21
	Pto. La Cruz	8	504	203	0,40
Apure	S. Fernando SMN	11	1.515	261	0,17
Aragua	Camatagua	11	1.086	233	0,21
	Colonia Tovar	25	1.269	269	0,21
	Guayabita	12	880	111	0,12
	Pie del Cerro	22	990	205	0,20
	Rancho Grande	17	1.795	280	0,15
	San Sebastían	11	1.086	207	0,19
	Taguay	11	1.292	225	0,17
	Carmen de Cura	9	1.018	166	0,16
	Tiara	9	1.349	276	0,20
Barinas	Barinas Socony	10	1.454	129	0,08
Bolívar	C. Bolívar	12	981	154	0,15
	Sta. Elena de Uairen	21	1.647	421	0,25
	Tumeremo	11	1.283	268	0,20
	Upata	9	1.080	148	0,13
Carabobo	La California	11	1.405	146	0,10

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	N. años	$\bar{P}$	$\sigma_{\bar{P}}$	CVp
Carabobo	Guataparo Cía Inglesa	17	1.102	190	0,17
	San Esteban	12	1.289	324	0,25
	El Torito	11	1.362	219	0,16
	Pto. Cabello	9	884	298	0,33
	Valencia	9	1.082	181	0,16
	Vigirima	8	1.392	199	0,14
Cojedes	Morena	20	1.454	256	0,17
	Sierra	15	1.959	296	0,15
	Cojedes	9	1.279	306	0,23
Falcón	Coro SMN	11	448	160	0,35
	Cumarebo	10	837	325	0,38
	Dabajuro	11	746	255	0,34
	Adicora	5	429	249	0,58
	Capatárida	8	346	251	0,72
	Macuquita	8	1.646	1.344	0,81
	Píritu	8	927	338	0,36
	Pedregal	9	636	190	0,29
	Pueblo Nuevo	8	570	348	0,60
	Punto Fijo	6	228	156	0,68
	San Lorenzo	6	2.495	1.903	0,76
	Siburúa	6	575	314	0,54

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	Nocaños	$\bar{p}$	$\sigma_{\bar{p}}$	CVp
Falcón	Tocuyo de la Costa	7	1.276	724	0,56
	Tucacas	7	1.138	380	0,33
	Urumaco	6	433	200	0,46
	La Vela	8	461	144	0,31
Guárico	Carrizal	8	1.084	237	0,21
	Corozo Pando	9	1.480	322	0,21
	Encrucijada de Calabozo	8	1.140	217	0,19
	Ortiz	8	1.041	153	0,14
	Palenque	8	1.124	231	0,20
	San Fco. de Macaira.	5	1.156	254	0,22
	San Fco. de Tiznados.	8	1.152	320	0,28
	San José de Tiznados.	8	1.208	167	0,13
	Sta. María de Ipire	3	1.324	318	0,24
	El Sombrero	9	1.053	163	0,15
	Valle de la Pascua	6	1.013	171	0,16
Lara	Bobare	9	372	87	0,23
	Carora	6	484	99	0,20
	Arangues	11	636	181	0,28

T A B L A 5-3 (continuación)

Estado	Estación	No. años	$\bar{p}$	$\sigma_{\bar{p}}$	CVp
Lara	Arenales	12	558	188	0,33
	Barquisimeto INOS	10	453	101	0,22
	Barquisimeto SMN	11	501	122	0,24
	Baragua	11	437	140	0,32
	Empedrado	12	1.042	210	0,20
	Jabón	12	1.323	409	0,30
	Moroturo	11	1.158	313	0,27
	Quebrados Arriba	10	1.097	470	0,42
	Sanare	12	825	194	0,23
	Siquisique	11	320	99	0,30
	Duaca	9	680	190	0,27
	Puricaure	9	840	113	0,13
	Trentino	7	876	225	0,25
	Terturia	9	446	155	0,34
	Curasigua	11	585	244	0,41
Mérida	Estanques	13	558	168	0,30
	Palmita	7	1.206	363	0,30
	Playa	8	817	206	0,25
	Timotes MOP	12	875	234	0,26
	Tovar	8	936	503	0,53

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	Nos. años	$\overline{P}$	$\sigma_{\overline{P}}$	CVp
Miranda	El Café	12	1.952	429	0,21
	Caucagua	16	2.130	460	0,21
	Cúa Tovar	10	1.032	156	0,15
	Cúa Bomba	8	972	164	0,16
	El Guapo	14	2.189	611	0,27
	Guatire	18	979	235	0,23
	Pte. Sotillo	10	1.452	419	0,28
	Aguaita	8	2.635	739	0,28
Monagas	Maturín SMN	12	1.299	217	0,16
	Jusepín	14	1.127	201	0,17
	Caripito	28	2.049	358	0,17
Nva. Esparta	El Espinal	12	512	306	0,59
	La Guardia	9	445	239	0,53
	Boca de Pozo	7	370	129	0,34
	El Copey	6	930	418	0,44
	Juan Griego	9	454	323	0,71
	Porlamar	7	569	295	0,51
Portuguesa	Tocuyano	7	1.296	244	0,18
	Biscucuy	18	2.140	227	0,10
	Guache	10	1.517	232	0,15
Sucre	El Calvario	7	822	363	0,44

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	No. años	$\bar{p}$	$\sigma\bar{p}$	CVp
Sucre	Cancamure	20	1.740	422	0,24
	Cocollar	19	1.019	249	0,24
	Güiria	19	950	199	0,20
	Cumaná	9	534	148	0,27
Táchira	Caño Negro	8	1.976	356	0,18
	Colón	8	1.351	396	0,29
	Omuquena	8	2.057	691	0,33
	Rubio	7	929	263	0,28
	San Cristobal	7	1.440	178	0,12
	Sto. Domingo	8	2.557	293	0,11
Trujillo	Agua Viva	18	949	215	0,22
	Campo Elías	17	2.586	316	0,12
	Cende	18	632	147	0,23
	Cenizo	14	1.058	239	0,22
	Cristalina	12	988	176	0,17
	Chejendé	9	1.001	279	0,27
	Escuque	15	815	156	0,19
	Guamas de Monay	20	1.271	271	0,21
	Jajó	13	986	220	0,22
	Motatán	13	985	141	0,14
	Pampanito	12	1.383	495	0,35

T A B L A 5-3 (continuación)

Estado	Estación	Nos.años	$\bar{p}$	$\sigma_{\bar{p}}$	CVp
	La Puerta	13	1.016	219	0,21
	Sabana Grande	18	1.309	334	0,26
	Sabana de Mendoza	9	1.046	340	0,32
Trujillo	Trujillo	7	894	226	0,25
	Valera INOS	7	906	119	0, 13
	Valera MOP	18	953	182	0, 19
	Valle Hondo	10	920	220	0,23
	Villegas Puente	15	1.064	276	0,25
Yaracuy	Chivacoa	10	1.119	210	0, 18
	Central Matilde	18	1.094	208	0, 19
	San Felipe	11	1.433	192	0, 13
	Urachiche	9	907	467	0,51
	Yaritagua	9	839	195	0,23
Zulia	B achaquero	18	1.176	288	0,24
	Batey	20	1.221	282	0,23
	Bella Vista	33	520	207	0,39
	Cabimas Shell	20	663	194	0,29
	Cabimas MGO	9	712	163	0,22
	Casigua	22	2.347	634	0,27
	Concepción	20	712	331	0,46
	Consejo	6	1.198	120	0, 10

TABLA 5-3 (continuación)

Estado	Estación	No. años	$\bar{p}$	$\sigma_{\bar{p}}$	CVp
Zulia	Lagunillas	20	864	241	0,27
	Mene Grande	20	1.488	400	0,26
	Múcuras Palmar	18	1.118	116	0,10
	Palmarejo	11	544	335	0,61
	Paz	17	797	279	0,35
	Pueblo Viejo	20	1.230	216	0,17
	Quiróz	9	1.431	194	0,13
	Salinas	30	742	236	0,31
	S. Lorenzo	20	1.422	291	0,20
	Tía Juana	19	794	323	0,40
	Tasajera	8	1.166	390	0,33
	El Venado	6	1.252	209	0,16
T.F. Amazonas	San Carlos de Rio Negro	7	3.403	539	0,15
T.F. Delta Amacuro	Tucupita	6	1.262	252	0,19

TABLA 5-4

DATOS DE CAPACIDADES UTILES RELATIVAS $C/\bar{V}$ (%) PARA ALGUNAS CUENCAS SELECCIONADAS

(DEMANDA CONSTANTE)

Cuenca	Rendimientos Garantizados Relativos			
	$Y/\bar{V}$ = 100 %	$Y/\bar{V}$ = 90 %	$Y/\bar{V}$ = 75 %	$Y/\bar{V}$ = 60 %
Acarigua en Pte. Acarigua.	131	83	43	26
Aragua en Hda El Recreo.	198	115	80	43
Aragua en La Chorrera.	299	225	159	92
Bucares en Piedras Negras.	539	450	306	175
Capaya en El Peñón	314	222	120	55
Cojedes en Pte San Rafael de Onoto	237	136	51	18
Grande en Carpintero	242	165	116	68
Guacara en Las Vegas	270	204	123	69
Cuache en Pte. Viejo	95	56	32	22
Guárico en La Puerta	402	256	127	59
Guárico en Boca de Cagua.	202	129	68	45
Guárico en El Sombrero.	208	154	93	65
Guataparo en Cía. Inglesa.	173	92	51	30

TABLA 5-4 (continuación)

Cuenca	Y/∇=100%	Y/∇=90%	Y/∇=75%	Y/∇=60%
La Yuca en Pte. La Yuca	66	42	30	21
Las Minas en Barrancas	474	351	219	149
Los Guayos en Pte. Los Guayos.	215	157	98	47
Manzanares en Guaripa	205	123	65	37
Masparro en Pte. Masparro	61	38	25	17
Morere en Pte. Bolívar	247	186	129	75
Morón en Morón	149	111	64	28
Motatán en Agua Viva	296	211	74	18
Neverí en Pte. Carretera Negra.	178	104	45	26
Palmar en Las Múcuras	373	282	170	90
Pao en Paso La Balsa	156	113	52	27
Querecual en Querecual	235	160	93	52
Sarare en Sarare	121	61	42	24
Sarare en Agua Blanca	417	269	141	81
Tinaco en Pte. Tinaco	111	55	33	22
Tirgua en Paso Viboral	195	108	29	14
Tocorón en Parcela Chavero	273	207	140	93
Tocuyo en Dos Cerritos	178	113	44	21
Tocuyo en Pte. Torres	269	178	70	32
Tucutunemo en Tucutunemito	450	375	267	175

TABLA 5-4 (continuación)

Cuenca	$Y/\bar{V}$=100%	$Y/\bar{V}$=90%	$Y/\bar{V}$ = 75%	$Y/\bar{V}$ = 60%
Turmero en Turmero	245	136	70	35
Tuy en Hda. Barrios.	450	341	220	109
Tuy en Hda. Tazón.	385	245	96	31
Tuy en El Vigía	257	192	98	44
Urama en Pte. Urama	309	232	136	41
Yaracuy en Pte. Cumaripa.	63	43	25	11
Yaracuy en Pte. Peñón.	125	52	27	16

TABLA 5-5
DATOS DE CAPACIDADES UTILES RELATIVAS $C/\bar{V}$ (%) PARA ALGUNAS CUENCAS SELECCIONADAS

(DEMANDA VARIABLE)

Cuenca	Rendimientos Garantizados Relativos				
	$Y/\bar{V}$ = 100 %	$Y/\bar{V}$=90 %	$Y/\bar{V}$=75 %	$Y/\bar{V}$=60 %	$Y/\bar{V}$=50 %
Acarigua en Pte. Acarigua.	153	95	44	23	22
Aragua en Hda. El Recreo.	319	182	35	27	11
Aragua en La Chorrera.	294	129	84	42	29
Bucares en Piedra Negras.	550	441	344	202	98
Capaya en El Peñón	392	293	160	43	0
Cojedes en Pte. San Rafael de Onoto.	276	215	83	58	31
Grande en Carpintero	288	200	154	119	47
Guacara en Las Vegas	316	253	158	53	32
Guache en Pte. Viejo	124	58	33	22	21
Guárico en La Puerta	455	270	73	24	20
Guárico en Boca de Cagua.	236	153	50	38	30
Guárico en El Sombrero.	233	64	53	39	38
Guataparo en Cía Inglesa.	223	91	51	20	15

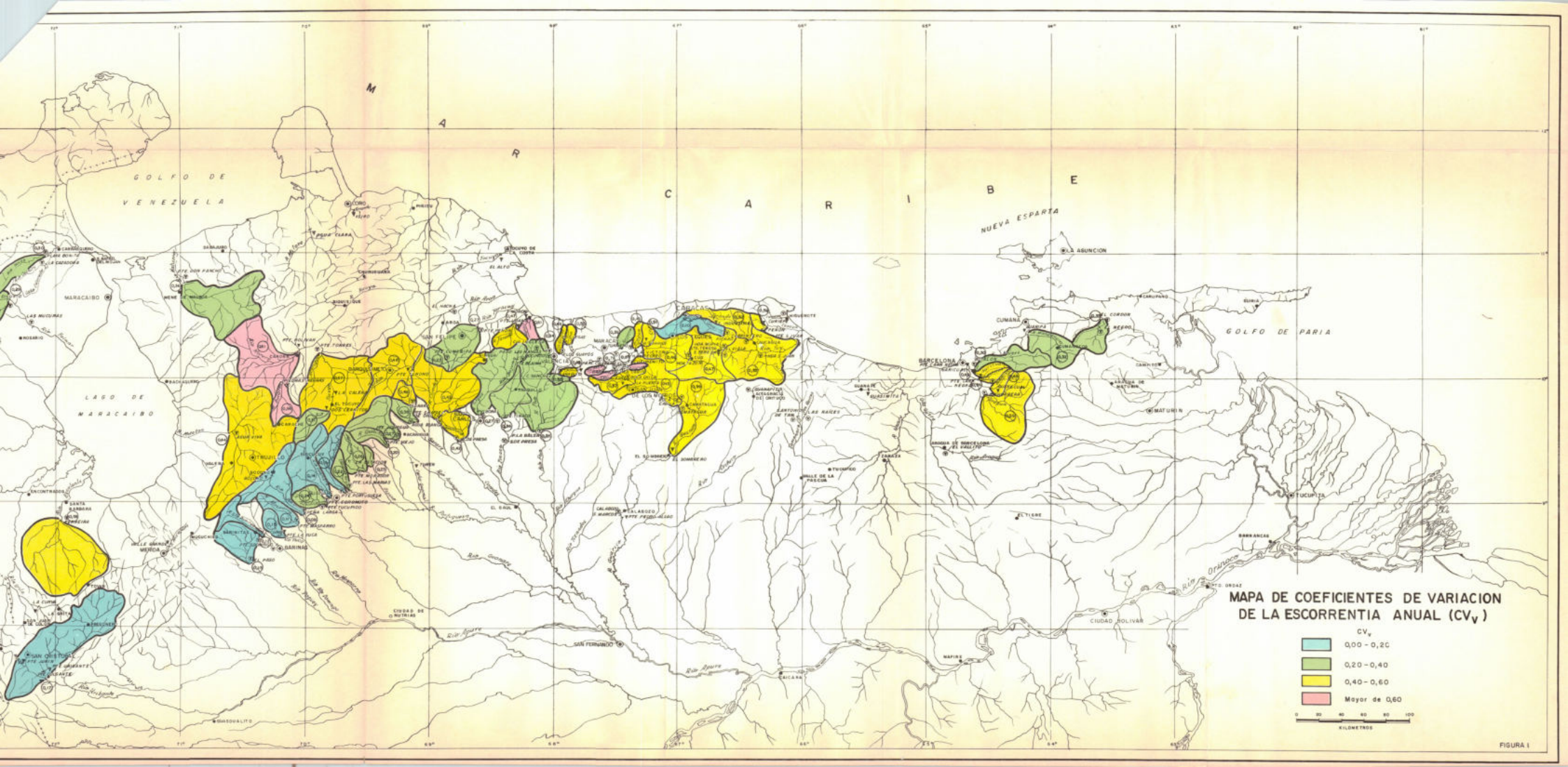
CAPACIDADES UTILES Y RENDIMIENTOS GARANTIZADOS

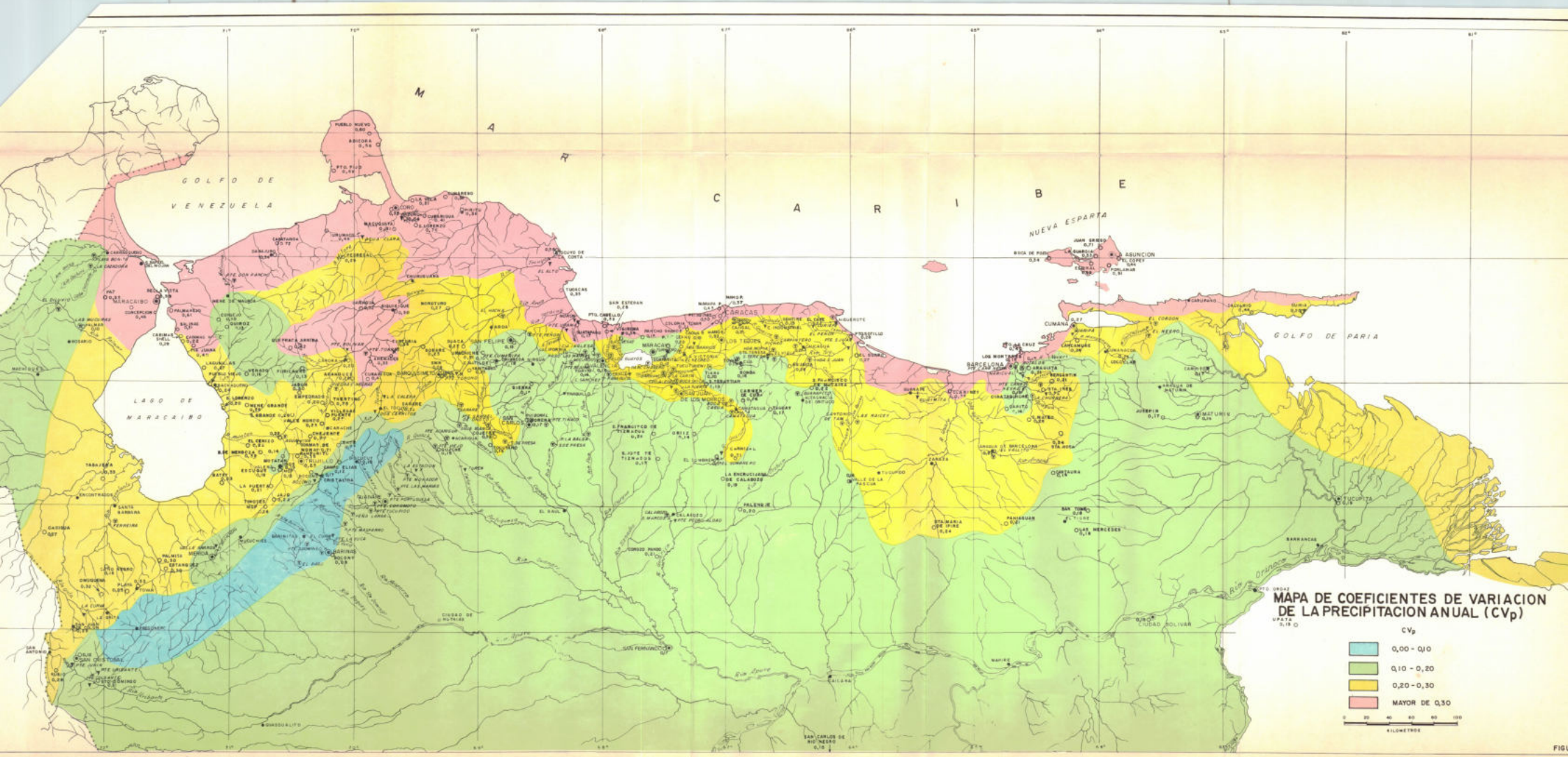
TABLA 5-5- (continuación)

Cuenca	Y/V̄=100%	Y/V̄=90%	Y/V̄=75%	Y/V̄=60%	Y/V̄=50%
La Yuca en Pte. La Yuca.	120	68	50	35	25
Las Minas en Barrancas.	500	394	214	143	107
Los Guayos en Pte. Los Guayos.	276	145	73	44	44
Manzanares en Guaripa.	-	-	-	-	-
Masparro en Pte. Masparro.	72	62	49	33	26
Morere en Pte. Bolívar.	275	137	36	18	4
Morón en Morón	154	81	16	9	2
Motatán en Agua Viva	320	236	114	13	9
Neverí en Pte. Carretera Negra.	188	106	50	19	13
Palmar en Las Múcuras	364	274	160	31	3
Pao en Paso La Balsa	178	58	40	29	21
Querecual en Querecual.	-	-	-	-	-
Sarare en Sarare	-	-	-	-	-
Sarare en Agua Blanca	421	282	147	83	58
Tinaco en Pte. Tinaco	149	87	58	34	27
Tirgua en Paso Viboral	234	131	48	31	27
Tocorón en Parcela Chavero.	310	189	14	0	0
Tocuyo en Dos Cerritos.	151	110	38	19	10

T A B L A 5-5 (continuación)

Cuenca	$Y/\bar{V}$=100%	$Y/\bar{V}$=90%	$Y/\bar{V}$=75%	$Y/\bar{V}$=60%	$Y/\bar{V}$=50%
Tocuyo en Pte. Torres	266	189	85	19	5
Tucutunemo en Tucutunemito.	500	416	300	216	183
Turmero en Turmero	280	142	69	35	23
Tuy en Hda. Barrios	450	342	270	109	31
Tuy en Hda. Tazón	420	273	110	37	27
Tuy en El Vigía	385	276	65	0	0
Urama en Pte. Urama	304	235	134	36	8
Yaracuy en Pte. Cumaripa.	114	67	31	16	13
Yaracuy en Pte. Peñón.	150	60	17	4	3


MAR CARIBE
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
MARACAIBO
CARACAS
VALENCIA
BARQUISIMETO
BARINAS
CIUDAD BOLIVAR
TUCUPITA
MATURIN
CUMANA
LA ASUNCION
SAN FERNANDO
CIUDAD OJEDA
BARRANCAS
MAPIRE
MAPA DE COEFICIENTES DE VARIACION DE LA ESCORRENTIA ANUAL (CV_v)
CV_v
0,00 - 0,20
0,20 - 0,40
0,40 - 0,60
Mayor de 0,60
KILOMETROS
FIGURA I


MAPA DE COEFICIENTES DE VARIACION
DE LA PRECIPITACION ANUAL (CVp)
CVp
0,00 - 0,10
0,10 - 0,20
0,20 - 0,30
MAYOR DE 0,30
KILOMETROS
MAR CARIBE
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
CARACAS
MARACAIBO
CIUDAD BOLIVAR

FIGU

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 6

METODO PARA DETERMINAR PRELIMINARMENTE EL BALANCE HIDRICO DE UNA REGION

Por:

Ingº José Curiel

Caracas, Julio 1965

I N D I C E

		Pag.
1.	OBJETIVO	2
2.	BASE TEORICA	2
2.1	Definiciones	2
3.	PROCEDIMIENTO	6
3.1.	Resumen del Procedimiento	6
3.2.	Explicación del Procedimiento	7
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
4.1.	Uso de esta Públicación	12
4.2	Balance Hidrico de Venezuela	12

1. OBJETIVO.

El objetivo de esta publicación es presentar un método de estimación cuantitativa de los recursos hidráulicos de una región, por medio de la determinación preliminar del balance hídrico de la misma. En otras palabras se trata de averiguar la escorrentía total que se origina en una zona que carece de datos fluviométricos en parte de ella.

Siguiendo esta metodología se han realizado estimaciones de los recursos hidráulicos de las regiones hidrográficas II, III y IV de Venezuela (*).

2. BASE TEORICA.

Antes de comenzar la explicación de la base teórica propiamente dicha del método aquí presentado es conveniente establecer las definiciones de los términos más comunmente usados en esta publicación.

2.1 Definiciones.

2.1.1 Cuenca. La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas ha adoptado las siguientes definiciones de cuenca, sub-cuenca y hoya:

(a) Cuenca: se define como cuenca el área que drena hacia un punto situado en los límites de una región hidrográfica.

(b) Sub-cuenca: es el área que drena hacia un punto del cauce principal de una cuenca.

(c) Hoya: es el área que drena hacia un punto del cauce principal de una sub-cuenca.

Sin embargo, para mayor brevedad en la exposición, se considera como cuenca en éste estudio a cualquier hoya , sub-cuenca o cuenca propiamente dicha.

(*) "Evaluación preliminar de los recursos hidráulicos de las regiones hidrográficas II y III", tesis de grado presentada por Sebastián Paz Codecido y Luis Enrique Madriz Borges.

"Evaluación preliminar de los recursos hidráulicos de Venezuela, primera parte (Región IV)", tesis de grado presentada por Oscar Ayala Buroz, Luis José Díaz Zuloaga y Pedro Palacios Ruiz.

2.1.2. Precipitación (P). Es el agua que cae de la atmósfera como producto de la condensación del vapor de agua. Aunque puede manifestarse en diversidad de formas en países de clima templado, en Venezuela se presenta casi exclusivamente en forma de lluvia.

2.1.3. Evapotranspiración Potencial (ETP). Es la máxima rata de ascensión del vapor de agua a la atmósfera por efecto de evaporación de las superficies libres de tierra, de agua y por transpiración de las plantas. Depende de varios factores, entre otros: la temperatura, la velocidad del viento, la posición geográfica del lugar, etc.

2.1.4. Evapotranspiración real (ETR). Es el vapor de agua que realmente sube a la atmósfera por efecto de la evaporación de las superficies libres de tierra, de agua y por transpiración de las plantas. Depende de la evaporación potencial, de la precipitación y del agua almacenada en el suelo.

2.1.5. Escorrentía Superficial (Q sup). Es el agua que escurre superficialmente a la salida de la cuenca y que es suceptible de aforarse.

Dicha escorrentía ha podido seguir cursos superficiales, subterráneos o de ambos tipos a través de su recorrido por la cuenca, pero es superficial a la salida de la misma.

2.1.6. Escorrentía subterránea (Q sup). Es el agua que escurre sub-superficial o subterráneamente a la salida de una cuenca y que no es suceptible de aforarse por los métodos convencionales.

Dicha escorrentía ha podido seguir cursos superficiales, subterráneos o combinados en su recorrido por la cuenca, pero es sub-superficial o subterránea a la salida de la misma.

2.1.7. Transmisión lateral (Qsc ó Qec). Es el agua que escapa (Qsc) o penetra (Q ec) subterráneamente de una cuenca a otra, por debajo de las divisorias.

2.1.8. Extracción superficial (B). Es la extracción, artificial o natural, de agua de una cuenca realizada superficialmente en cualquier punto de ella, excepto en la salida de la misma.

Si el agua extraída va a otra cuenca hay que considerar la cantidad total extraída como pérdida de la cuenca original, en cambio si se utiliza para algún fin dentro de la misma cuenca sólo se pierde parte de ella (Por ejemplo: en

un aprovechamiento para acueducto será la diferencia entre la cantidad consumida por la población y la cantidad de aguas cloacales.

2.1.9. Aportación superficial (R). Es la aportación, artificial o natural, de agua a una cuenca proveniente de otra, realizada superficialmente en cualquier punto de ella excepto en la salida de la misma.

2.1.10 Cambio del almacenamiento (Δ W). Es la variación de la cantidad de agua existente en una cuenca, tanto artificial como subterráneamente, en un período de tiempo determinado.

Es importante señalar que todos los elementos que componen el balance hídrico de una cuenca, se expresarán en mm de altura referidos al área de la misma.

2.2. Ecuación del balance hídrico. A continuación se presenta la deducción de la ecuación del balance hídrico, para una cuenca cualquiera (ver Figura 6-1) para un largo período de tiempo.

2.2.1. Ecuación para un año cualquiera (i). Si consideramos los cantidades de agua que entran o salen de la totalidad de una cuenca en un año, se puede escribir la siguiente ecuación de balance hídrico.

$$\Delta W_i = P_i + R_i + Qec_i - Qsc_i - ETR_i - Qsup_i - Qsub_i - B_i \quad \ldots (f - 1)$$

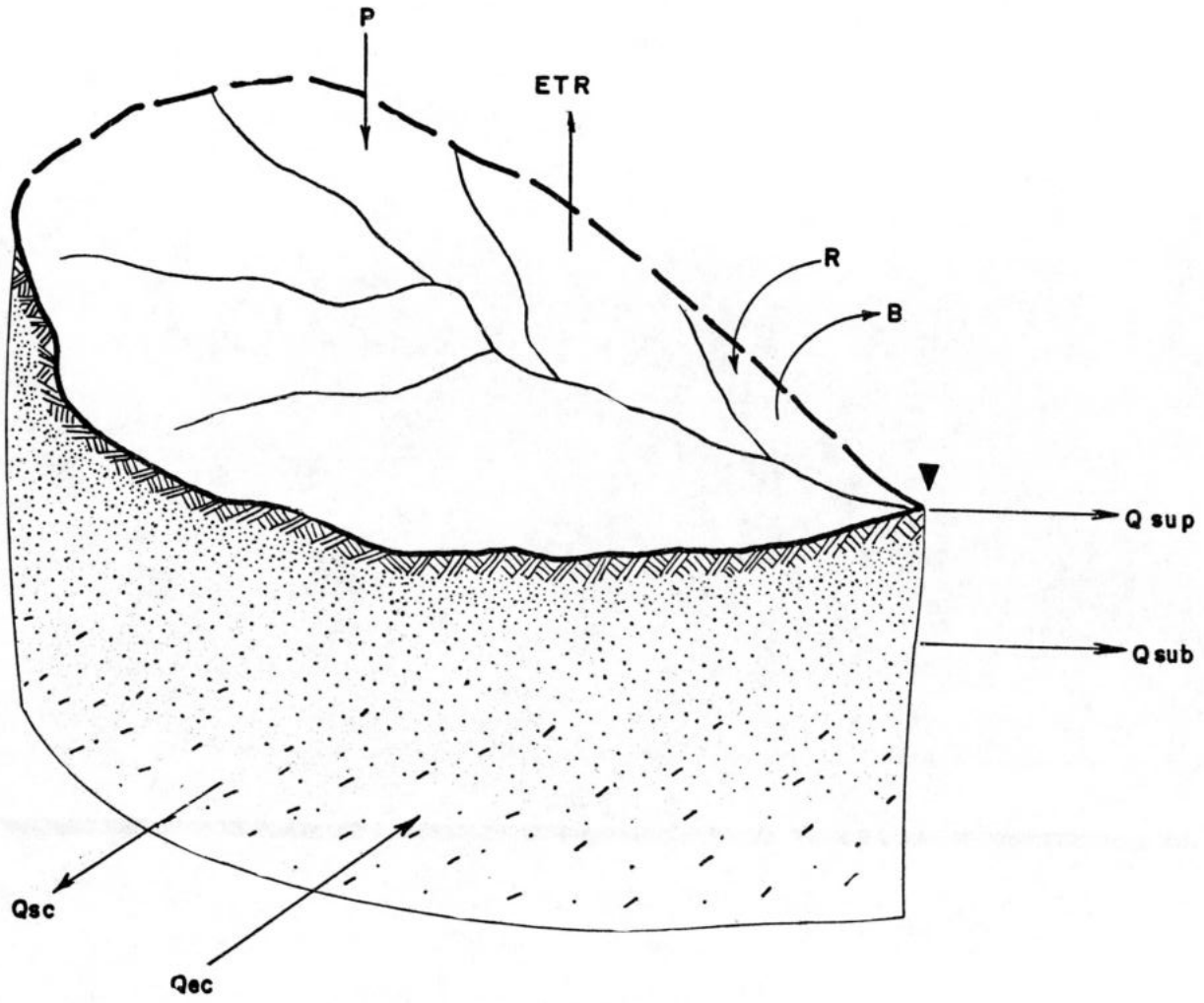
y reagrupando los términos queda :

$$\Delta W_i = P_i + (Qec_i - Qsc_i) - ETR_i - (Qsup_i + Qsub_i + B_i - R_i \ldots) \quad (f-2)$$

Es importante señalar que esta ecuación no especifica términos que representen el proceso interno de una cuenca (por ejemplo : cantidad de agua que sale o entra a un embalse situado dentro de ella), ya que el balance hídrico se efectuó exclusivamente en base a elementos externos (cantidades que entran o salen de dicha cuenca considerada en su totalidad).

Ahora bien, la ecuación (f - 2) puede simplificarse, por medio del siguiente razonamiento :

a) En la mayoría de los casos el término (Qeci - Qsci) se puede considerar despreciable en relación con la magnitud de los otros términos de la ecuación (f - 2), ya que : Cuando ésta existe en dos sentidos, los términos



BALANCE HIDRICO DE UNA CUENCA

GRAFICO 6—1

Qsc_i y Qec_i pueden cancelarse entre sí.

Si existe transmisión lateral en un sentido la magnitud de Qec_i ó de Qsc_i es generalmente muy pequeña, comparadas con los otros factores que intervienen en el balance hídrico, debido en parte a que la velocidad superficial del agua es generalmente mucho mayor que su velocidad en medios permeables.

Así que, generalmente, la expresión ($Qec_i - Qsc_i$) puede hacerse igual a cero, aunque siempre es conveniente investigar la información hidrogeológica existente de la región, sobre todo en el caso de las cuencas de pequeño tamaño.

b) Si se designa por Q_i el agua neta total extraída de la cuenca en el año i, se tiene que :

$$Q_i = Qsup_i + Qsub_i + B_i - R_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-3)$$

Es importante indicar que, generalmente, el término más importante en esta expresión es $Qsup_i$.

En base a los razonamientos anteriores la ecuacion (f - 2) queda reducida a :

$$\Delta W_i = P_i - ETR_i - Q_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (f-4)$$

que muestra el balance hídrico de una cuenca, para un año cualquiera i.

2.2.2. Ecuación para un largo período. Si se considera un largo período de n años y se suman, término a término, las ecuaciones del balance hídrico de cada año se obtiene que :

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta W_i = \sum_{i=1}^{n} P_i - \sum_{i=1}^{n} ETR_i - \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad \ldots\ldots (f-5)$$

Ahora bien, los términos contenidos en el segundo miembro de la ecuación son acumuladamente positivos, ya que los valores anuales de P y ETR son siempre positivos y los de Q sólo en un caso excepcional pueden ser negativos.

En cambio ΔW_i, que representa el cambio anual de la cantidad de agua almacenada tanto en la superficie como en el subsuelo de la cuenca, fluctua de signo. Asi que, en un largo período, $\sum_{i=1}^{n} \Delta W_i$ tiende a ser cero, o al me-

nos de una magnitud muy pequeña comparada con los términos acumulativos del segundo miembro. De donde, la ecuación (f - 5) puede expresarse, con bastante aproximación, en la forma siguiente :

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = \sum_{i=1}^{n} ETR_i + \sum_{i=1}^{n} Q_i \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (f-6)$$

Ahora bien, si se designan como $\overline{P}$, $\overline{ETR}$ y $\overline{Q}$ los valores promedio de P_i, ETR_i y Q_i para un período de n años, se tiene que :

$$n \times \overline{P} = n \times \overline{ETR} + n \times \overline{Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f-7)$$

o sea que :

$$\overline{P} = \overline{ETR} + \overline{Q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f-8)$$

que es la ecuación de balance hídrico de una cuenca, para largo período a utilizarse en esta públicación.

Como generalmente $\overline{Q}$ sup es de una magnitud muy superior a $\overline{Q}$ sub, $\overline{B}$ y $\overline{R}$, la expresión anterior puede escribirse en la forma siguiente, siempre que dichos valores no sean muy significativos :

$$\overline{P} = \overline{ETR} + \overline{Q} \text{ sup.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f-9)$$

3. PROCEDIMIENTO

A continuación se presenta un resumen del procedimiento a utilizarse para la determinación del balance hídrico de una cuenca seguido de una explicación detallada del mismo. Se ilustra con un ejemplo teórico para lograr una mayor claridad en la exposición del método.

3.1. Resumen del procedimiento.

En una forma resumida el procedimiento es el siguiente :

a) Se definen las principales cuencas en un mapa de la región a analizarse (ver Figura 6 - 2).

b) Se selecciona un período largo de estudio.

c) Se trazan las isolíneas (isoyetas) de precipitación media anual para el

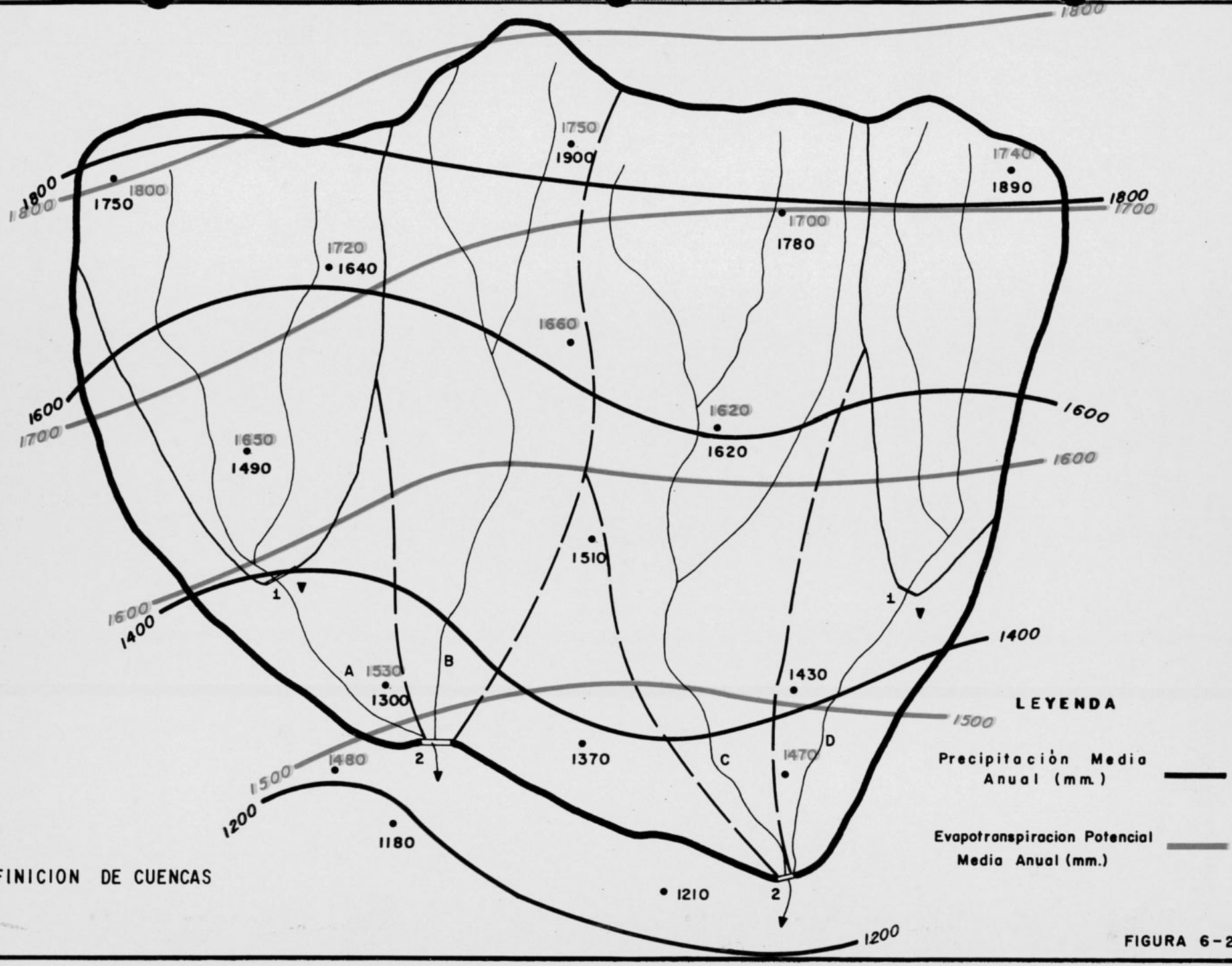
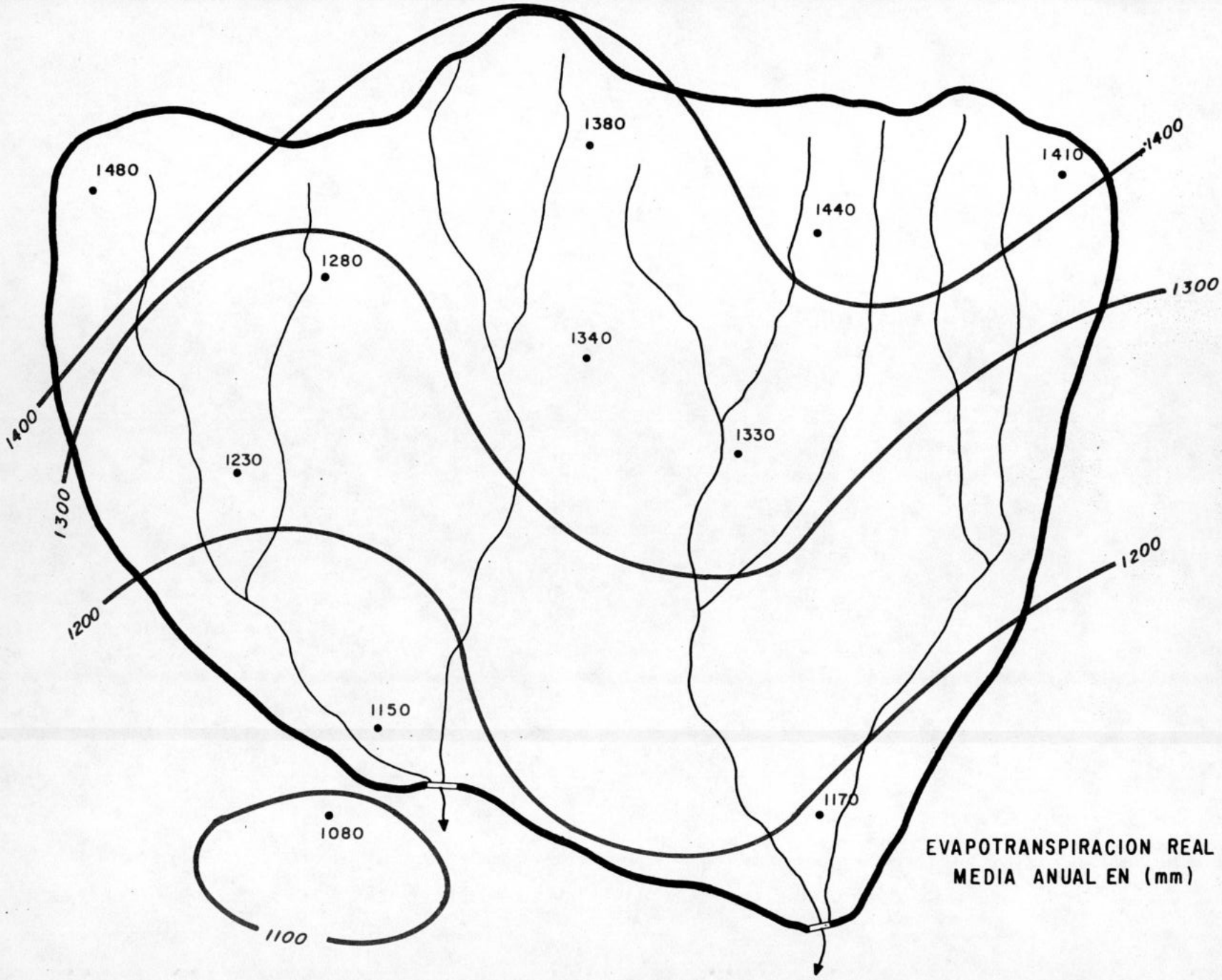

1800
1750
1900
1740
1890
1700
1780
1720
1640
1660
1620
1620
1650
1490
1510
1430
1530
1300
1480
1370
1470
1180
1210
1400
1500
1200
1600
A
B
C
D
1
2
LEYENDA
Precipitación Media Anual (mm.)
Evapotranspiracion Potencial Media Anual (mm.)
DEFINICION DE CUENCAS

FIGURA 6-2



EVAPOTRANSPIRACION REAL
MEDIA ANUAL EN (mm)

FIGURA 6-3

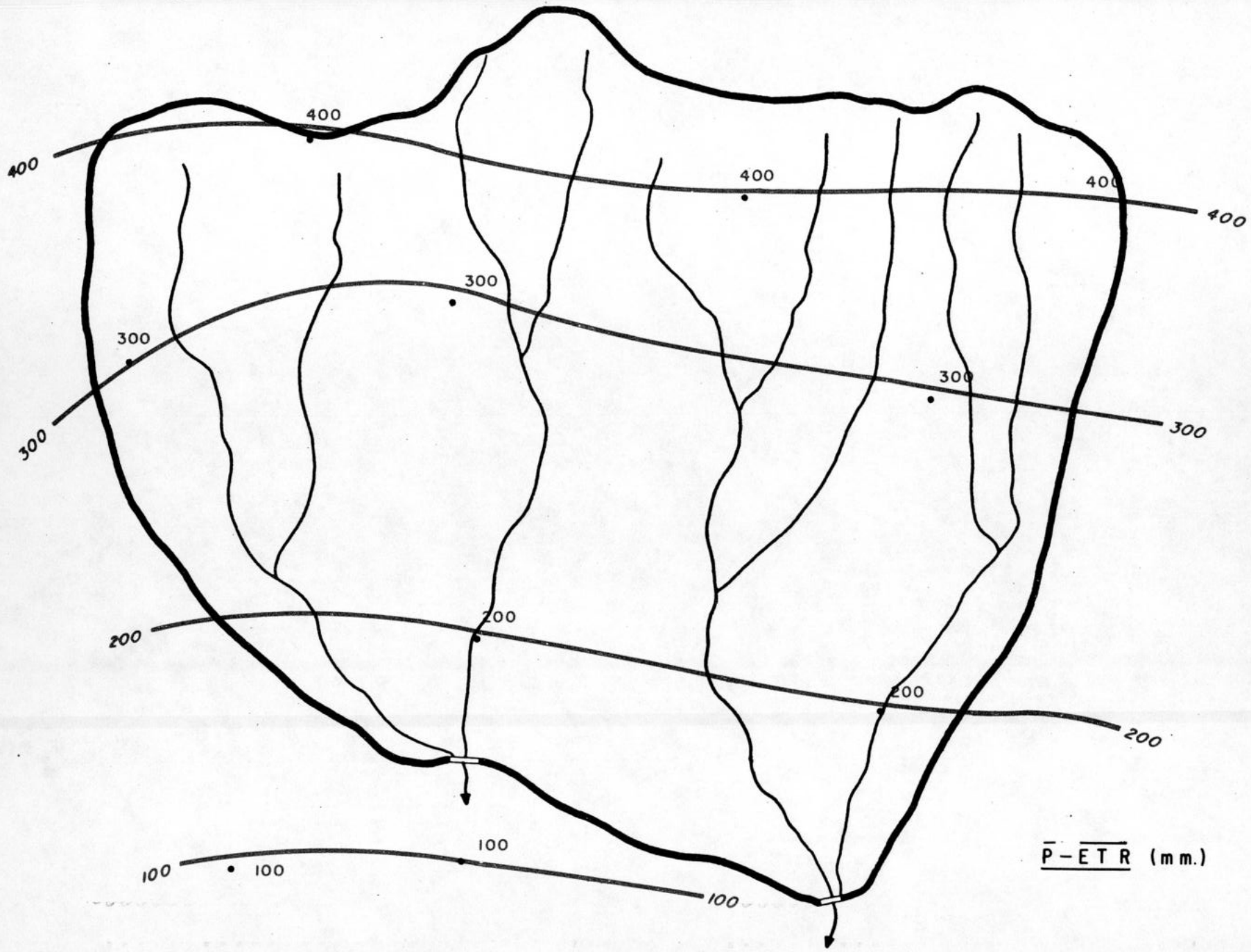
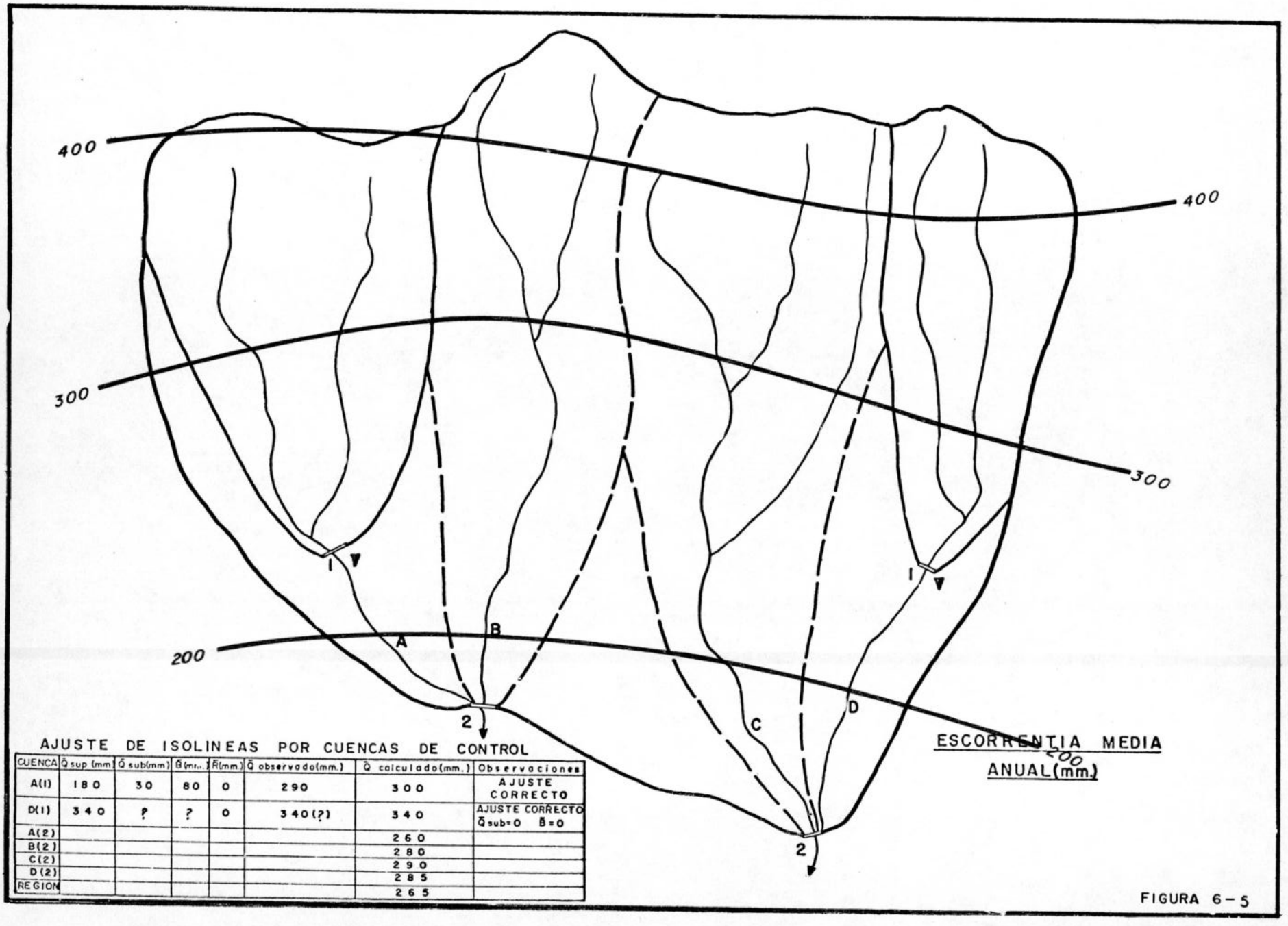

400
400
400
400
400
300
300
300
300
200
200
200
100
100
100
$\overline{P} - \overline{ETR}$ (mm.)

FIGURA 6-4



AJUSTE DE ISOLINEAS POR CUENCAS DE CONTROL

CUENCA	Q̄ sup (mm)	Q̄ sub(mm)	B̄(mm)	R̄(mm)	Q̄ observado(mm.)	Q̄ calculado(mm.)	Observaciones
A(1)	180	30	80	0	290	300	AJUSTE CORRECTO
D(1)	340	?	?	0	340(?)	340	AJUSTE CORRECTO Q̄sub=0 B̄=0
A(2)						260	
B(2)						280	
C(2)						290	
D(2)						285	
REGION						265	

ESCORRENTIA MEDIA ANUAL(mm.)

FIGURA 6-5

período (ver Figura 6 - 2) .

d) Se trazan las isolíneas de evapotranspiración potencial media anual para el período (ver Figura 6 - 2).

e) Se trazan las isolíneas (isopletas) de evapotranspiración real media anual para el período (ver Figura 6 - 3).

f) Se superponen los mapas de $\overline{P}$ y de $\overline{ETR}$ y en los puntos de corte de isoyetas o isopletas se anotan las diferencias numéricas $\overline{P}$ y $\overline{ETR}$.

En base a estas diferencias se trazan las isolíneas de escorrentía, ya que $\overline{Q} = \overline{P} - \overline{ETR}$ (ver Figura 6 - 4).

g) Se ajustan las isolíneas de escorrentía de forma tal que, integradas gráficamente en cada cuenca con registro, den a la salida de dicha cuenca un valor semejante a su correspondiente $\overline{Q}$ medido (ver Figura 6 - 5).

h) Se integran gráficamente cada uno de los mapas anteriores y se encuentra para cada cuenca, con o sin registro, valores de :

$$\overline{P}, \quad \overline{ETP}, \quad \overline{ETR} \quad y \quad \overline{Q}$$

3.2. Explicación del procedimiento. El procedimiento a aplicarse es el siguiente :

3.2.1. Definición de cuencas. Para realizar este trabajo es necesario utilizar un mapa a escala apropiada que muestre claramente la hidrografía y orografía de la zona.

Las cuencas a definirse se delimitan a partir de las salidas de las mismas, siguiendo las divisorias de agua, siempre dentro de los límites de la región considerada.

Generalmente se consideran tres tipos de cuencas a saber :

a) Todas aquellas que tienen registro de escorrentía (ver Figura 6 - 2: cuencas A (1) y D (1).) La salida de éstas es el sitio de aforo.

b) Las principales cuencas de la región que no tienen registro de escorrentía (ver Figura 6 - 2 : cuencas A (2), B (2), C (2), y D (2). La salida de las mismas está definida por el punto de corte del cauce principal con el límí

te de la región.

c) Aquellas cuencas, no comprendidas en los casos anteriores, en el estudio de los cuales se tenga un interés especial.

La salida de las mismas se define en un forma convencional.

3.2.2. Definición del período de estudio. Para establecer el período de estudio del balance hídrico de una región es conveniente tomar en consideración las siguientes indicaciones:

a) El período debe ser superior a 10 años.

b) Debe ser representativo de las condiciones medias de largo período de la cuenca, incluyendo años secos y años húmedos.

c) Debe escogerse dentro del lapso de mayor frecuencia de observaciones de diversos tipo (P, ETP, Q, etc.) realizadas en la zona.

3.2.3. Preparación del mapa de precipitación media anual. Para la preparación del mapa de precipitación media anual ($\overline{P}$) para el período del estudio se procede de la siguiente forma:

a) Se recopilan los datos anuales de precipitación de todas las estaciones pluviométricas ubicadas dentro y en las cercanías de la región, así como sus coordenadas geográficas.

b) Se prueba la consistencia de aquellas estaciones de registro dudoso, por medio del método de la curva de masas (*) o de otro similar.

c) Se restituyen los registros incompletos de las estaciones con interrupciones o fallas en su funcionamiento por medio del método normal radial (*) o de otro similar.

d) Se promedian los valores anuales de precipitación, observados y/o estimados, de todo el período de estudio, para calcular $\overline{P}$ para cada estación.

e) Se sitúan las estaciones en el mapa de cuencas, de acuerdo a sus coordenadas geográficas, y se distingue cada una con el valor correspondiente de P.

(*) " Hidrology for Engineers " Linsley, Kohler, and Paulhus (Mc Graw Hill 1958).

(f) Se trazan las isoyetas para toda la región tomando en cuenta tanto los valores de cada estación como los factores orográficos y climáticos que influyen sobre su distribución (ver Figura 6 - 5).

3.2.4. Preparación del mapa de evapotranspiración potencial media anual. Para la preparación del mapa de evapotranspiración potencial media anual ($\overline{ETP}$) para el período de estudio se procede en la siguiente forma :

(a) Se recopilan los datos anuales de evaporación al aire libre en tina de todas las estaciones evaporimétricas ubicadas dentro y en las cercanías de la región, así como sus coordenadas geográficas.

(b) Se prueba la consistencia de aquellas estaciones de registro dudoso, por medio del método de la curva de masas u otro similar.

(c) Se restituyen los registros incompletos de las estaciones con interrupciones o fallas por medio del método normal radial u otro similar.

(d) Se promedian los valores anuales de evaporación en tina, observados y/o estimados, de todo el período de estudio para cada estación y se afectan en cada caso, por un coeficiente que convierte la evaporación en tina a evaporación en embalse (*)

Se ha demostrado que la evaporación en embalses es aproximadamente igual a la evapotranspiración potencial en una región cualquiera, así que pueden considerarse aquellos valores como representativos de $\overline{ETP}$.

(e) Se sitúan todas las estaciones en el mapa de cuencas de acuerdo a sus coordenadas geográficas, y se distingue cada una con el valor correspondiente de $\overline{ETP}$.

(f) Se trazan las líneas de igual $\overline{ETP}$ para toda la región tomando en cuenta tanto los valores de cada estación como los factores orográficos y climáticos que influyen sobre su distribución. (ver Figuera 6 - 5).

En vista de la frecuente carencia de datos de evaporación en tina en Venezuela, es necesario apelar en muchas circunstancias, a procedimientos

---

(*) " Variación mensual de las coeficientes evaporimétricas en Venezuela y su relación con la evaporación anual "- Ing. Arnoldo J. Gabaldón (Primeras Jornadas de Riego - 1963).

sintéticos (*) a fín de obtener la evapotranspiración potencial anual en una zona determinada. De estos el más utilizado es el de Thornthwaite.

En cualquier caso, se debe seguir la mecánica establecida anteriormente para determinar las isolíneas de $\overline{ETP}$, sea cual sea el procedimiento que dió origen a los datos.

3.2.5. Preparación del mapa de evapotranspiración real media anual. Para la preparación del mapa evapotranspiración real media anual (ETR) para el período de estudio, se procede en la siguiente forma:

(a) Para cada estación se efectúa un balance hídrico por el método de Thornthwaite u otro similar en base a valores mensuales de ETP y de P, para calcular valores anuales de ETR (**).

Este procedimiento, que puede ser muy laborioso, ya ha sido realizado en gran parte por la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, para varias estaciones del país. Además existe un programa IBM preparado por el Ing. José Yamín K, que permite obtener esos valores rápidamente.

(b) Se promedian los valores anuales de evapotranspiración real, observados y/o estimados del período de estudio, para calcular $\overline{ETR}$ para cada estación.

(c) Se sitúan todas las estaciones en el mapa de cuencas de acuerdo a sus coordenadas geográficas, y se distingue cada una con el valor correspondiente de $\overline{ETR}$.

(d) Se trazan las isopletas para toda la región, tomando en cuenta tanto los

---

(*) " Irrigation Principles and Practices " Israelsen & Hansen (John Wiley & Sons - 1962 - Pág. 240) y " Notas sobre algunos de los métodos desarrollados para el cálculo de uso consuntivo " Ing. Agro. Pedro Urriola M. (Primeras Jornadas de Riego - 1963).

(**) " Notas sobre algunos de los métodos desarrollados para el cálculo de uso consuntivo " - Ing. Agro. Pedro Urriola M. (Primeras Jornadas de Riego - 1963).

valores de cada estación como los factores orográficos y climáticos que influyen sobre su distribución (ver Figura 6-4).

3.2.6. Preparación del mapa preliminar de escorrentía media anual. Para la preparación del mapa preliminar de escorrentía media anual ($\overline{P} - \overline{ETR}$) para el período de estudio, se procede en la siguiente forma :

(a) Se superponen los mapas de $\overline{P}$ y de $\overline{ETR}$ y en los puntos de corte de isoyetas e isopletas, se coloca la diferencia correspondiente de $\overline{P} - \overline{ETR}$. Si es necesario, se ajustan las isopletas para evitar valores negativos.

(b) Se trazan las líneas de igual $\overline{P} - \overline{ETR}$ (isolíneas de escorrentía) para toda la región tomando en consideración los valores de cada punto de corte (ver Figura 6-3).

3.2.7. Preparación del mapa definitivo de escorrentía media anual. Para la preparación del mapa definitivo de escorrentía media anual ($\overline{Q}$) para el perído de estudio, se procede en la siguiente forma :

(a) Se recopilan datos anuales observados, o estimados mediante estudios, de $\overline{Q}$ sup, $\overline{Q}$ sub, $\overline{B}$ y $\overline{R}$ para las cuencas situadas dentro o en las cercanías de la región considerada.

(b) Se prueba la consistencia de las estaciones fluviométricas de registro dudoso, por comparación de registros con estaciones situadas en el mismo río, por medio de curvas de masas o de otro método similar.

(c) Se restituyen los registros incompletos de escorrentía superficial por comparación, a través de curvas de masas, con cuencas similares climatológicamente o por medio de relaciones P. vs. Q sup anuales para la misma cuenca.

(d) Se coloca a la salida de cada cuenca, el correspondiente valor observado o estimado de $\overline{Q}$. O sea que es necesario calcular en cada caso :

$$\overline{Q} = \overline{Q}\,\text{sup} + \overline{Q}\,\text{sub} + \overline{B} - \overline{R}$$

Si alguno o algunos de éstos elementos se desconocen, como es el caso más frecuente, se expresará el valor de $\overline{Q}$ como la suma de los elementos conocidos, distinguiéndolo, además, con un signo de interrogación. De cualquier forma, en muchos casos el valor de los tres últimos componentes de $\overline{Q}$ es realmente pequeño comparado con $\overline{Q}$ sup.

(e) Se tratan de ajustar las isolíneas de escorrentía desplazando su posición en el mapa de forma tal que, en lo posible, el resultado de su integración gráfica (planimetría) coincida con el valor observado (o estimado) dudoso o nó de $\overline{Q}$.

El desplazamiento de las isolíneas de escorrentía se produce modificando las isopletas dentro de límites razonables.

Si no es posible ajustar con buen criterio, las isolíneas de escorrentía al valor dudoso de $\overline{Q}$ en una cuenca cualquiera, se puede inferir que la diferencia entre los dos términos es debida, a la influencia de los otros componentes de $\overline{Q}$ ($\overline{Q}$ sub, $\overline{B}$ y $\overline{R}$), lo que permite cuantificarlos.

De esta forma, una vez logrado el ajuste en las cuencas de control, éste se obtiene casi automáticamente en el resto de la región, puesto que el desplazamiento de isolíneas en las primeras se transmite a toda la zona. (ver Figura 6-2).

3.2.8. Cálculo de valores medios anuales para la región. En base a los mapas anteriores se puede calcular fácilmente para cada cuenca (con o sin registro de escorrentía), y por ende para toda la región, los valores medios anuales de $\overline{P}$, $\overline{ETP}$, $\overline{ETR}$ y $\overline{Q}$, por planimetría.

De esta forma, se puede determinar cuantitativamente, de una manera preliminar, el balance hídrico de una región.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Uso de ésta publicación. En esta publicación se presenta un método para determinar el balance hídrico de una región cualquiera, en la etapa de investigación de proyectos. Su uso es general en la estimación de los recursos hidráulicos de una zona, aunque hay que hacer énfasis en su carácter de información preliminar de gran visión. Así que puede aplicarse en grandes regiones o cuencas para un largo período de tiempo, pero no es recomendable utilizarla en pequeñas cuencas.

4.2. Balance hídrico de Venezuela. Siguiendo esta metodología se han realizado estimaciones de los recursos de agua de las regiones hidrográficas II, III y IV del Ministerio de Obras Públicas. Es recomendable continuar este mismo tipo de trabajo en otras zonas hasta completar posteriormente el balance hídrico del país.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 7

REGIONALIZACION DE CURVAS DE FRECUENCIA DE CRECIENTES PARA VENEZUELA

Por:

Ingº Arnoldo J. Gabaldón

Caracas, Enero 1967

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente al Ingeniero Luis Rotundo por su valiosa colaboración en la realización de los cálculos para el estudio de las Regiones Hidrográficas VII y VIII.

Así mismo, se agradece la colaboración prestada por el Br. Hipólito Rodríguez Ramírez en la copilación de los datos y al señor Lucio Gonzalez en la preparación de los gráficos.

INDICE

		Pag.
1.	INTRODUCCION	2
2.	ESTUDIOS DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE CRECIENTES	2
3.	METODOLOGIA	3
3.1.	El Método	4
4.	ESTUDIOS REGIONALES	11
4.1.	Región Hidrográfica I	12
4.2.	Región Hidrográfica IV	12
4.3.	Región Hidrográfica VII y VIII	12
5.	HIDROGRAMAS DE CRECIENTES	13
6.	APLICACION DE LOS RESULTADOS	14
6.1.	Curva de frecuencia cuando se poseen datos fluviográficos.	14
6.2.	Curva de frecuencia cuando no se poseen datos fluviográficos.	15
6.3.	Estimación del hidrograma para una frecuencia conocida.	15
7.	EJEMPLOS	16
7.1.	Ejemplo	16
7.2.	Ejemplo	17
8.	RECOMENDACIONES	17
	BIBLIOGRAFICA	19
	ANEXO " A "	

1. OBJETIVO

Cuando se desea estimar la magnitud y frecuencia de las crecientes producidas por los ríos del país, es usual no encontrar datos fluviográficos de las máximas avenidas, en el río investigado o en el sitio deseado de la hoya. Debido a esa situación es imperativo disponer de métodos que permitan hacer una estimación de los datos deseados cuando no se tienen registros fluviográficos. En este trabajo se presenta un estudio de regionalización de curvas de frecuencia de crecientes para varias zonas del país que puede ser empleado para estimar preliminarmente para un río ubicado en una de las regiones analizadas y para la cual no se posean dichos registros, la magnitud y frecuencia de ocurrencia de sus crecientes.

La información obtenida a partir de este estudio tiene carácter preliminar cuando se trate de investigaciones para el aprovechamiento de cuencas hidrográficas y puede ser especialmente útil para el predimensionado de proyectos de mitigación de avenidas, túneles de desviación durante la construcción de presas y capacidad de aliviaderos. Debido a la importancia de las obras hidráulicas para estos propósitos, los resultados suministrados, posteriormente deberán comprobarse mediante la instalación de estaciones fluviográficas, si es que se decide avanzar la alternativa a nivel de anteproyecto y proyecto definitivo.

Cuando se trata del diseño de puentes viales en ríos carentes de información, se cree posible emplear los resultados del estudio, siempre que se tomen las previsiones que se señalan más adelante.

Es por estas razones que este estudio puede ser de mucha utilidad para los proyectistas de vías de comunicación, que se encuentran en cada momento ante la disyuntiva de tener que proyectar puentes, sin tener datos fluviométricos ni poder esperar a que instalen estaciones que arrojen una información más precisa.

2. ESTUDIOS DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE CRECIENTES

Dentro de las estimaciones hidrológicas que suelen realizarse para la definición de un proyecto de obras hidráulicas, la magnitud de las crecientes que pueden producirse en un río y la frecuencia de su ocurrencia suele ser información básica.

Los llamados estudios de frecuencia de crecientes producen la información deseada. Estos estudios consisten básicamente en la copilación de los datos de las máximas crecientes ocurridas en un sitio de un río, en un perío-

do de registro determinado. Y en segundo lugar, en el cálculo para cada una de las crecientes de la serie de datos seleccionados, de su intervalo de recurrencia o período de retorno, que se define como el período de tiempo promedio que transcurre para que una creciente sea igualada o excedida.

Para calcular el intervalo de recurrencia existen diversos métodos, siendo uno de los más comunmente utilizados el suponerlo igual a :

$$T_R = \frac{n + 1}{m}$$

en donde T_R = intervalo de recurrencia o período de retorno

n = número de años de registro

m = órden del evento cuando se numeran, después de ordenadas en forma decreciente, dándole el valor 1 al máximo valor.

Calculados los períodos de retorno para los diferentes valores que componen la serie de datos se dibujan en un gráfico las magnitudes de las crecientes versus los intervalos de recurrencia y se traza una curva por los puntos así ubicados, con lo cual se define la llamada curva de frecuencia del río, que sirve para estimar la frecuencia con que suele ocurrir una cierta creciente o su magnitud para un intervalo de recurrencia dado.

En una región hidrológicamente homogénea, las curvas de frecuencia de creciente de los ríos guardan alguna semejanza y de aquí que sea conveniente investigar la posibilidad de regionalizar dichas curvas, correlacionándolas con parámetros representativos de la situación en cada cuenca particular.

3. METODOLOGIA

El método seguido para efectuar el estudio de regionalización de curvas de frecuencia de crecientes para Venezuela, se debe a Tate Dalrymple, del U. S. Geological Survey (1) y su generalidad permite aplicarlo a cualquier región. En este trabajo nos hemos limitado primeramente a aplicar el método antes mencionado, tomando en cuenta la información hidrológica disponible y en segundo lugar se ha investigado la posibilidad de complementarlo introduciéndole ligeras variaciones.

El objetivo fundamental del estudio es el establecimiento de curvas de frecuencia de crecientes en forma adimensional y que sean representativas para una región hidrológicamente homogénea.

Las limitaciones de información fluviográfica impidieron que la investigación se llevara a cabo en todo el país, habiendo sido posible solamente analizar las Regiones Hidrográficas I, IV, VII y VIII, correspondientes respectivamente a las cuencas del Lago de Maracaibo, Norte del Apure o Llanos Occidentales, Lago de Valencia y Río Tuy.

Se ha creído conveniente comenzar haciendo una explicación sucinta del método, ilustrando los diversos pasos con resultados reales obtenidos en el estudio efectuado en la Región Hidrográfica IV, la cual se consideró presentaba la más amplia gama de condiciones para la aplicación del método y en la que existe un cúmulo aceptable de información hidrológica. En el Aparte 4 bajo el título de Estudios Regionales, se presentan los resultados en forma detallada para cada una de las cuatro regiones hidrográficas analizadas.

3.1. El Método. El procedimiento seguido para el estudio de regionalización de curvas de frecuencia de crecientes es el siguiente :

(a) Se seleccionan todas aquellas estaciones fluviográficas ubicadas dentro de los límites de la región analizada y que posean registros de crecientes para más de 5 años. Se tabulan los datos de las crecientes máximas de cada año en orden cronológico, una para cada año o Serie Anual de Datos. Si es el caso que existen dos estaciones sobre el mismo río y la superficie de sus cuencas contribuyentes no difieren en más de un 25 %, se pueden considerar los datos como provenientes de una misma estación. Para el caso de la Región Hidrográfica IV, se seleccionaron un total de 20 estaciones fluviográficas, pertenecientes a la División de Hidrometeorología del Ministerio de Obras Públicas, que llenaban las condiciones expuestas anteriormente. Estas estaciones se encuentran tabuladas en las Tablas 7-3 y 7-4 del Aparte 4. La razón para haber separado dichas estaciones en los dos grupos de las Tablas 7-3 y 7-4, se exponen más adelante.

(b) Se elabora un " Diagrama de Barras " que muestra para cada estación los años de registro de datos y otras observaciones. A pesar de considerarse las crecientes como fenómenos estadísticos aleatorios, es conveniente en el análisis comparar períodos de registros comunes y en ese caso el " Diagrama de Barras " es muy útil para escoger el "período base". Este período generalmente es aquél para el cual se posee el mayor número de años de registro en una o varias estaciones.

Como sucede comúnmente que no todas las estaciones tienen registro para

el " período base ", es necesario estimar los datos faltantes de las crecientes máximas de cada año, mediante comparación con ríos vecinos, con el objeto de uniformizar los períodos de registro. Esta comparación se hace correlacionando en un papel de coordenadas cartesianas, crecientes máximas anuales conocidas en un río, versus crecientes máximas anuales conocidas para los mismos años en el otro río (y no necesariamente para la misma fecha de ocurrencia).

Se persigue con esto encontrar cierto grado de correlación y no una correlación perfecta ya que si así fuere, no existiría independencia en los fenómenos y equivaldría a medir dos veces el mismo período de registro. Mediante la correlación antes descrita puede estimarse los años faltantes en una de las estaciones a partir de las conocidas en la otra, y teniendo en cuenta que lo que interesa es su orden de magnitud para calcular los períodos de retorno o intervalor de recurrencia de las crecientes medidas y no su valor exacto.

En el Anexo A aparecen las tablas con las crecientes máximas de cada año para los diferentes ríos investigados. Estos datos se han obtenido de los Anuarios Fluviométricos publicados por la División de Hidrometeorología del Ministerio de Obras Públicas. Los valores de crecientes entre paréntesis significan que han sido estimados por correlación con otro río y bajo el título de observaciones se indica el río empleado para la correlación.

En el Gráfico 7-5 aparece el "diagrama de barras" de las estaciones con sus períodos de registro y aquellos años estimados por comparación con otro río. De acuerdo a los dos grupos de ríos en que se separó la Región Hidrográfica IV, se definieron dos períodos base a saber: Zona Oriental: 25 años (1941/42 - 1965/66) y 16 años (1950/51 - 1965/66) y en la Zona Occidental: 16 años de registro (1950/51 - 1965/66).

En el Gráfico 7-6 aparece una de las correlaciones establecidas para estimar los datos del río Cojedes en San Rafael de Onoto, a partir del río Tirgua en Paso Viboral. Este Gráfico se muestra como una ilustración del grado de correlación que se considera aceptable, habiéndonos limitado para el resto de los casos a decir entre cuales ríos se establecieron comparaciones para estimar los datos faltantes.

(c) Una vez tabulados los datos de crecientes máximas de cada río y estimados los datos faltantes por comparación con otros, se les asigna a todos los valores un número (orden) ordenándolos de mayor a menor y otorgándole el número 1 a la máxima creciente del período. Para aquellos valores de crecientes

registrados (no estimados) se les computa su intervalo de recurrencia o período de retorno mediante la expresión recomendada por el Geological Survey ya conocida:

$$T_R = \frac{n + 1}{m}$$

en la cual:

T_R = intervalo de recurrencia
n = período de registro en años
m = orden

(d) Se dibuja en papel "Gumbel-Long" o "Gumbel Normal" los valores de las crecientes registradas versus el intervalo de recurrencia calculado en (d) y se dibuja a "ojo" la mejor curva, extrapolándola al máximo valor que los datos permitan. En el Gráfico 7-7 se incluye la curva de frecuencias para el río Tirgua en Paso Viboral con el objeto de ilustrar lo antes descrito. Para el resto de los ríos no se han incluído los respectivos gráficos para facilitar la edición del trabajo, pero si se han tabulado los valores de cada curva para períodos de retorno del 1.1, 1.5, 3., 5., 10., 20. y 50 años.

(e) Se obtiene la creciente máxima media anual para cada río a partir de las curvas de frecuencias obtenidas en (d) y correspondientes a un período de retorno de 2,33 años. Por definición, la creciente media máxima estadísticamente es aquella que tiene un intervalo de recurrencia de 2,33 años y que de ahora en adelante llamaremos "Creciente Media Anual".

Este método para obtener la creciente media anual es más recomendable que calcular el promedio aritmético de todas las crecientes anuales máximas ocurridas, pues en esta forma no se corre el peligro de darle demasiado peso a un valor que se aparte considerablemente de la tendencia general.

(f) La obtención de la curva regional de frecuencia de creciente se fundamenta en la premisa de que en la zona analizada, los registros de las crecientes máximas anuales son homogéneos, por esta razón debe efectuarse una "prueba de homogeneidad" que sirve para verificar las hipótesis supuestas o para indicar la conveniencia de reagrupar los ríos investigados. Puede decirse que los registros son homogéneos, en una forma estadística, determinando si los datos difieren uno de los otros en cantidades que no puede razonablemente esperarse sean por puro chance.

La prueba de homogeneidad para verificar si los valores analizados resultan aceptables dentro de un razonable rango de seguridad estadística, se basan en la escogencia de una banda o intervalo de seguridad de

$$Y \pm 2\sigma$$

en donde Y = variable de Gumbel, que es función del intervalo de recurrencia o período de retorno.

y σ = desviación standard del valor T_r

"Para dicha prueba de homogeneidad se relaciona en cada estación el valor de la creciente media anual ($Q_{2,33}$) con el valor del gasto correspondiente a una recurrencia de 10 años Q_{10}, obteniendo también de las curvas de frecuencias calculada en (d). Computada cada una de estas relaciones parciales, se obtiene una relación media cuyo producto por cada $Q_{2,33}$ da un valor teórico medio de la creciente de los 10 años de cada una de las estaciones analizadas. A cada uno de esos valores medios Q_{10} se les busca la recurrencia correspondiente y son esos valores contra los del período o de registro ajustado los que se grafican para hacer la prueba de homogeneidad".

"Debe señalarse que se define como período de registro ajustado para cada estación el que corresponde al de observaciones más la mitad del obtenido por correlación". (2)

Para el caso de la Región Hidrográfica IV se supuso inicialmente que existía homogeneidad en los registros de los 20 ríos seleccionados. Al efectuar la "prueba de homogeneidad" para dicho conjunto de ríos se observó que existía una clara diferenciación entre aquellos ríos situados al oeste del Abra de Acarigua y aquellos situados al este de ella, en esta forma se comprobó un hecho conocido, que es la diferencia hidrológica existente entre los ríos que tienen sus cabeceras en la Cordillera Andina y los que nacen en la Cordillera de la Costa.

Debido a la diferencia antes anotada se reagruparon los ríos en dos zonas, una llamada Zona Occidental y la otra Zona Oriental. Una vez reagrupados los datos en esa forma (Tabla 7-3 y 7-4) se efectuó de nuevo la prueba de homogeneidad con resultados que demostraban, en forma clara, la consistencia de los registros de los ríos investigados, lo cual puede observarse al ver como los puntos correspondientes a cada río en los Gráficos 7-8 y 7-9 se agrupan en el centro de la banda de confiabilidad.

(g) Una vez probada la homogeneidad de los registros de los ríos analizados en la región se tabulan para cada río, gastos obtenidos para diferentes intervalos de recurrencia en función del $Q_{2,33}$ del mismo río. En las Tablas 7-6 y 7-8 se observan tales valores para las zonas en que fue dividida la Región Hidrográfica IV. Después de tabular dichos valores en esa forma, se encuentra para cada intervalo de recurrencia la "mediana" o valor central de datos para los distintos ríos. Dichas medianas y sus correspondientes intervalos de recurrencia definen la Curva Regional de Frecuencia de Crecientes. Esta curva regional tienen en las absisas intervalos de recurrencia y en las ordenadas las relaciones $Qt/Q_{2,33}$ (ver Gráficos 7-10 y 7-11).

(h) En aquellos casos en que al seleccionar el "período Base" hay necesidad de seleccionar por facilidad, dos períodos base distintos, como en la Zona Oriental de la Región Hidrográfica IV en la cual se escogieron períodos de 25 a 16 años respectivamente, se requiere ajustar los resultados del corto al largo período. Tal ajuste se hace de la siguiente manera:

(a_1) Se obtiene una Curva Regional de Frecuencia en la forma indicada en (g) para el corto período, haciendo uso de todas las estaciones con registros disponibles.

(b_1) Se obtiene una Curva Regional de Frecuencia en la forma indicada en (g) para el largo período, utilizando solamente aquellas estaciones que poseen registros para el largo período.

(c_1) Se obtiene una Curva Regional de Frecuencia en la forma indicada en (g) para el corto período, utilizando solamente las estaciones con registro para el largo período.

(d_1) Se ajusta la curva obtenida en (a_1) multiplicándola por la relación existente entre las curvas obtenidas en (b_1) y (c_1).

Un proceso semejante al anteriormente descrito se sigue para estimar la creciente media anual $Q_{2,33}$ para largo período en aquellos ríos que sólo posean registros para el corto período.

En el caso de la Zona Oriental de la Región Hidrográfica IV, hubo necesidad de efectuar estos ajustes, para lo cual se elaboraron las Tablas 5, 6 y 7. Pudo observarse, al efectuar el ajuste, que las crecientes medias anuales para el largo período son un poco mayor que las del corto período.

(i) Debido a la carencia de registros fluviográficos, una vez obtenida la Curva Regional de Frecuencia de Crecientes definitiva es necesario su aplicación a ríos sin información dentro de la zona. Por lo tanto es necesario correlacionar en alguna forma las características de la cuenca de captación con las crecientes medias anuales ($Q_{2,33}$).

Independiente a la climatología de una cuenca, los factores que más influencian la magnitud y forma de los hidrogramas de las crecientes son el tamaño, la topografía y forma geométrica de la hoya de captación y el almacenamiento en el cauce. De estos factores, el área de la cuenca es el más importante y el que con más facilidad puede ser obtenido. Por estas razones se ha recomendado con acierto, el correlacionar dentro de la zona hidrológicamente homogénea, las crecientes medias anuales $Q_{2,33}$, con la superficie de las diferentes cuencas analizadas, a fin de obtener una curva que permita estimar la creciente $Q_{2,33}$ cuando no se posean registros y sólo se conoce el área de la cuenca.

Para el caso de la Región Hidrográfica IV se obtuvieron dichas curvas para la Zona Oriental y Occidental, las cuales muestran un grado aceptable de correlación, a pesar de que una es totalmente distinta de la otra (Gráficos 7-12 y 7-13). Se cree conveniente analizar más detalladamente cada una de las curvas. En la curva obtenida para la Zona Occidental la mayor parte de los ríos se alinean a la recta trazada, mostrando buena correlación. Existe no obstante dos puntos, los correspondientes a los ríos Masparro y Portuguesa que se apartan un poco de la recta. La explicación en cuanto al río Masparro se cree la constituye el hecho de que la cuenca de dicho río está situada en su mayor parte entre las elevaciones de 1.000 y 2.000 metros, zona ésta que se caracteriza en el pie de monte andino, porque el patrón isoyético alcanza sus máximos valores, para luego descender cuando se sobrepasan los 2.000 metros de elevación. En cuanto al río Portuguesa de primera se cree que su vecindad a la Zona Oriental lo sitúa en una posición intermedia entre ambas y por esta razón se aparta de la recta trazada.

Debe notarse además que para el trazado de la recta se dibujaron los puntos correspondientes a los ríos Las Marías y Uribante. Estos dos ríos no se tomaron en cuenta en los cálculos para establecer la Curva Regional de Frecuencia. Las Marías, por haber sido imposible encontrar una correlación que permitiera completar los datos para el período de 16 años y el Uribante por que sus crecientes son medidas con mira. No obstante, se consideró que sus puntos podrían incluírse en el Gráfico de $Q_{2,33}$ versus Area de las cuencas, para ver si se aproximaban a la tendencia del resto de los ríos investigados.

REGION HIDROGRAFICA IV - Zona Oriental

TABLA 7-7

Ajuste Crecientes $Q_{2,33}$ Corto a largo período

R I O	$Q_{2,33}$ Corto período m3/s	$Q_{2,33}$ Largo período m3/s	Relación Largo / corto período
Cojedes en San Rafael	228	228	1,00
Guárico en La Puerta	118	150	1,27
Guárico en Boca de Cagua	262	335	1,27
Sarare en Agua Blanca	70	83	1,18
Tirgua en Paso Viboral	347	360	1,03
Relac. Prom. 5,75/5 =	1,15		5,75
Pao en La Balsa	390	448	
Sarare en Sarare	69	79	
Tinaco en Sitio de Presa	160	184	
Tinaco en Pte. Tinaco	290	333	

TABLA 7-9

R I O	$Q_{2,33}$ m3/s	Rend. Medio Anual 1950/51 - 1965/66 m3/ x 10^6
Acarigua en Pte. Acarigua	840	925
Boconó en Peña Larga	1.240	1.285
Guache en Puente Viejo	400	413
Las Marías en Pte. Las Marías	(440)	300
Masparro en Puente Masparro	1.650	928
Morador en Puente Morador	545	706
Paguey en El Paso	1.140	1.577
Portuguesa en Pte. Portuguesa	370	974
Santo Domingo en El Curay	790	1.067
Tucupido en Puente Tucupido	830	312
Uribante en Puente Colgante	(2.650)	6.293

En cuanto a la curva obtenida para la Zona Oriental se encontró una dispersión más o menos uniforme para los ríos considerados.

(j) Algunos autores están de acuerdo en que un factor de correlación para obtener las crecientes medias anuales, que puede ser más representativo que el área, la constituye el rendimiento medio anual del río. En efecto esta característica constituye una composición de factores de tipo fisiográfico como lo son la forma, tamaño y topografía de la cuenca, además de tomar en cuenta parcialmente también factores de orden climatológico como es la lluvia media anual, etc.

Por estas razones se creyó conveniente, al margen del método recomendado por Dalrymple (1) tantear esta variable para ver si se mejoraba en forma apreciable la correlación. Con este fin se utilizaron los datos de los ríos de la Zona Occidental de la Región Hidrográfica IV y se tabularon los rendimientos medios anuales para el período de 16 años (Tabla 7-9), habiendo necesidad de estimar por comparación con cuencas vecinas los datos de aquellos ríos que tenían registros para menor número de años.

Una vez obtenidos los rendimientos promedios anuales para el período de 16 años, se dibujó el Gráfico 7-14 de crecientes medias anuales versus rendimientos promedios anuales. Como se observa en dicho Gráfico la correlación no mejora en forma verdaderamente apreciable y si se toma en cuenta que en la estimación de los rendimientos medios anuales de un río sin registros, pueden también cometerse errores; se puede concluír que es más conveniente y práctico utilizar la correlación entre crecientes medias anuales y áreas de cuencas para el caso de ríos sin información fluviométrica.

4. ESTUDIOS REGIONALES

Seguidamente se presentan para cada una de las Regiones Hidrográficas investigadas los resultados del estudio realizado para obtener las Curvas Regionales de Frecuencia de Crecientes en forma de tablas y gráficos. Las tablas y gráficos incluídos para cada una son las siguientes :

(a) Diagrama de Barras

(b) Tabla-Resumen con las características principales de cada río investigado.

(c) Tabla de relaciones de crecientes máximas anuales con la creciente promedio anual, para cada uno de los ríos investigados y los diferentes intervalos de recurrencia.

(d) Tablas para ajuste de corto a largo "período-base".

(e) Curvas de "prueba de homogeneidad".

(f) Curva Regional de Frecuencia de Crecientes para cada zona.

(g) Curva Regional que relaciona la magnitud de la creciente promedio anual con el área de captación de la cuenca.

4.1 Región Hidrográfica I - En la Región Hidrográfica I o Cuenca del Lago de Maracaibo se seleccionaron 5 ríos, de los cuales 4 pertenecen propiamente a la Región y el río Matícora que aunque pertenece a la Región Hidrográfica II, por estar situado entre los límites de ambas, sus condiciones climatológicas pueden considerarse más o menos semejantes como pudo comprobarse al efectuar la prueba de homogeneidad.

El período base adoptado para analizar la Región fue de 24 años, correspondiente al río de más largo registro fluviográfico en la zona (ver "Diagrama de Barras", Gráfico 7-1). Los datos faltantes se estimaron por correlación entre los diferentes ríos (ver observaciones Gráfico 7-1) y sus valores anuales se han incluído en el Anexo A.

En la Tabla 7-1 aparecen las crecientes medias anuales para cada río y el resto de los datos necesarios para efectuar la prueba de homogeneidad. Esta prueba demostró un grado bastante aceptable de consistencia. (Gráfico 7-2).

En la Tabla 7-2 se incluyen para cada río los valores $Q/Q_{2,33}$ para diversos intervalos de recurrencia y se muestran además los valores centrales que sirvieron para definir la Curva Regional de Frecuencia de Crecientes, Gráfico 7-3.

Finalmente se efectuó la correlación entre las crecientes medias anuales y el área de las respectivas cuencas obteniéndose el Gráfico 4.

4.2 Región Hidrográfica IV - El análisis efectuado en esta Región se ha comentado en detalle en el Aparte 3.1 y los resultados se encuentran tabulados en las Tablas 3 a 9 y Gráficos 5 a 14.

4.3 Regiones Hidrográficas VII y VIII - Para analizar las Regiones Hidrográficas VII y VIII correspondientes a la cuenca del Lago de Valencia y del río Tuy

respectivamente, se supuso inicialmente que todos los ríos podían ser analizados conjuntamente. Con este objeto se seleccionaron 14 ríos (ver "Diagrama de Barras", Gráfico 7-15) y un período base único de 25 años. Los datos faltantes se estimaron por correlación entre los diferentes ríos (ver observaciones Gráfico 7-15) y sus valores anuales se han incluído en el Anexo A. Debe señalarse que entre los 14 ríos escogidos se incluyeron el Guataparo y el Tucutunemo, que aunque pertenecen a la Región Hidrográfica IV, tienen más semejanza hidrológica con los ríos de la Región VII.

Al efectuar la prueba de homogeneidad del conjunto de ríos se observó que éstos se segregaban en dos grupos completamente distintos. Uno correspondiente a los ríos de la cuenca del río Tuy y los ríos Maruria y Guataparo situados al extremo de la Región Hidrográfica VII, y el otro formado por los afluentes del Lago de Valencia, con excepción del río Maruria. En las Tablas 7-10 y 7-11 aparecen los valores de áreas de las cuencas, crecientes medias anuales y otros datos necesarios para efectuar la prueba de homogeneidad. En los Gráficos 7-16 y 7-17 se han dibujado los puntos de cada grupo para la prueba de homogeneidad. Entre los ríos de la Región Hidrográfica VIII se han incluído el Guataparo y Maruria por las razones antes mencionadas, pero en el Mapa de Regionalización de Curvas de Frecuencia de Crecientes se han coloreado cada grupo de ríos de forma distinta.

En las Tablas 7-12 y 7-13 se incluyen para cada río los valores de $Q/Q_{2,33}$ para diversos intervalos de recurrencia, y se muestran además los valores centrales que sirvieron para definir las Curvas Regionales de Frecuencia de ambas zonas. Gráficos 7-18 y 7-19.

La correlación entre crecientes medias anuales y áreas de las respectivas cuencas de captación se efectuó en conjunto para todos los ríos, habiéndose obtenido el Gráfico 7-20 el cual muestra un grado aceptable de correlación.

5. HIDROGRAMA DE LAS CRECIENTES

Cuando se trata de efectuar un estudio para el predimensionado de un embase cuyo propósito sea la mitigación de las crecientes, o para otra variedad de proyectos de obras hidráulicas, es necesario conocer además de la magnitud del pico de las crecientes para distintos intervalos de recurrencia, su forma y volumen, o sea el hidrograma de la avenida. Debido a que el método desarrollado en este trabajo no permite definir dichos hidrogramas, se creyó conveniente investigar la posibilidad de completarlo mediante un procedimiento que permitiese obtenerlos de una manera sintética.

Los Ingenieros Avellán y Ayala, de la División de Hidrometeorología de la Dirección de Obras Hidráulicas, (3) correlacionando para los diversos ríos venezolanos, el área de su cuenca de captación con la relación de volúmenes a picos de crecientes, V/q_p, han encontrado una curva, Gráfico 7-21, de gran utilidad para la estimación de volúmenes de crecientes, conocidos el gasto pico del hidrograma q_p, y la superficie de la cuenca de captación.

Así mismo, han obtenido correlaciones que permiten estimar el tiempo hasta el pico y el tiempo base de los hidrogramas de las crecientes de una cuenca, conocida su superficie, Gráficos 7-22 y 7-23.

Mediante estos gráficos es posible entonces tener una estimación aproximada del volumen, el tiempo hasta el pico y el tiempo base de un hidrograma, conocida el área de captación y la magnitud del gasto de la avenida para un cierto intervalo de recurrencia. El hidrograma de las crecientes puede dibujarse trazando por los puntos $t = 0$, $q = 0$; $t = t_p$, $q = q_p$ y $t = t_B$, $q = o$, una curva de forma aproximada a hidrogramas conocidos o de ríos vecinos. Una verificación de la forma supuesta podrá obtenerse, calculando el volumen del hidrograma así dibujado y comparándolo con el volumen calculado mediante el Gráfico 7-21. Si existe alguna diferencia podrán tantearse un nuevo trazo, hasta hacer coincidir ambos resultados.

6. APLICACION DE LOS RESULTADOS

Se ha creído conveniente presentar en forma resumida el procedimiento que debe seguirse para obtener la curva de frecuencias de crecientes de un río en las Regiones Hidrográficas que han sido analizadas. A tal efecto debe considerarse dos situaciones distintas, (a) cuando se poseen datos fluviográficos para el río investigado y (b) cuando no se poseen datos fluviográficos.

6.1 Curva de Frecuencia cuando se poseen datos fluviográficos. En aquellos casos en que se tienen registros de las crecientes máximas anuales en el río cuya curva de frecuencia se desea calcular podrán obtenerse los valores de las crecientes e intervalos de recurrencia del Anexo A de este trabajo y graficarse en un papel Gumbel-Log. Si es el caso que para el momento de efectuar el cálculo han transcurrido varios años desde la ejecución de este estudio, deberán compilarse los valores de las máximas crecientes anuales de los años más recientes y actualizar la curva siguiendo un procedimiento semejante al expuesto en la letra (c) del aparte 2.1. Los datos

de las crecientes máximas anuales podrán solicitarse en la División de Hidrometeorología del Ministerio de Obras Públicas.

6.2 Curva de Frecuencia cuando no se poseen datos fluviográficos. Cuando no se poseen registros fluviográficos en un río situado dentro de una de las regiones hidrográficas que han sido analizadas en este estudio y se desea obtener su curva de frecuencia de crecientes, se deberá seguir el siguiente procedimiento.

(a) Se ubica el río dentro de la Región Hidrográfica y zona correspondiente de acuerdo al Mapa de Regionalización de Curvas de Frecuencia de Crecientes.

(b) Se selecciona la Curva de Frecuencia de Creciente de la zona o Región.

(c) Se mide la superficie de la cuenca de captación hasta el sitio donde se desea obtener la curva de frecuencias. Esta superficie debe expresarse en kilómetros cuadrados.

(d) A partir de la curva de áreas de las cuencas de captación versus crecientes medias anuales ($Q_{2,33}$), correspondiente a la zona o región y conocida la superficie de la cuenca, se obtiene el valor del $Q_{2,33}$.

(e) Se multiplican los valores de $Q/Q_{2,33}$ de la Curva Regional de Frecuencias, para diversos intervalos de recurrencia por el valor de la creciente media anual ($Q_{2,33}$) estimada en (d). Los resultados pueden graficarse en un papel "Gumbel-Log" en el cual los puntos deberán caer aproximadamente en línea recta.

6.3 Estimación del Hidrograma para una frecuencia conocida. Generalmente cuando se planifica una obra hidráulica además de la curva de frecuencia de crecientes es necesario conocer cuantitativamente la forma de los hidrogramas para ciertos intervalos de recurrencia. Cuando este es el caso deberá seguirse el siguiente procedimiento:

(a) Se mide la superficie de la cuenca de captación hasta el sitio investigado en kilómetros cuadrados.

(b) A partir del Gráfico 7-21 y medida el área de la cuenca, puede obtenerse el valor de Vol/q_p. Conocida la magnitud del pico de la creciente para un cierto intervalo de recurrencia q_p, su volumen se estima del valor Vol/q_p.

(c) Mediante los Gráficos 7-22 y 7-23 y clasificando la cuenca de acuerdo a que su pendiente sea alta, media o baja, se obtiene el valor del tiempo hasta el pico T_p y tiempo base T_b a partir del área de captación.

(d) Se dibuja aproximadamente a ojo un hidrograma que pase por los puntos $t = o$, $q = o$; $t = t_p$, $q = q_p$ y $t = T_B$, $q = o$.

(e) Se mide el volumen del hidrograma dibujado y se compara con el volumen calculado de acuerdo al Gráfico 7-21. Si estos volúmenes difieren en más de un 10 %, se tantea un nuevo trazo hasta que la diferencia desaparezca.

7. EJEMPLOS

Como parte final de este trabajo se ha creido conveniente presentar unos ejemplos ilustrativos de la aplicación que puede hacerse de los resultados obtenidos en este estudio.

7.1. Ejemplos. Se desea obtener para el río Tiznados en el sitio de presa: a) la curva de frecuencia de crecientes y b) hidrograma de la creciente de 10 años de intervalo de recurrencia, con el objeto de diseñar el túnel de desviación del río durante la construcción de la presa.

El río Tiznados en el sitio de presa tiene una cuenca de captación de 1.423 km2. y no se poseen registros fluviográficos que permitan calcular directamente la curva de frecuencia de crecientes.

(a) La cuenca del río Tiznados está ubicada en la Zona Oriental de la Región Hidrográfica IV y por esta razón la Curva Regional de Frecuencia que se utilizará será la del Gráfico 7-10.

Entrando en el Gráfico 7-12 de área de cuencas versus crecientes medias anuales, se obtiene para $A = 1.423$ km2. $Q_{2,33} = 245$ m3/s. Para obtener la curva de frecuencia propia para el río Tiznados bastará multiplicar los valores de la curva regional de frecuencia por el $Q_{2,33}$ y para diversos intervalos de recurrencia.

Tr Años	$Q/Q_{2,33}$	$Q/Q_{2,33} \times 245$ m3/s
1.1	0.41	100,4
1.5	0.66	161,7
3.0	1.22	298,9
5.0	1.77	433,6
10.0	2.74	671,3
20.0	4.22	1.033,9
50.0	7.43	1.820,3

Con los valores de la tabla anterior se ha dibujado en el Gráfico 7-24 la curva de frecuencia de crecientes del río Tiznados.

(b) El pico de la creciente para un intervalo de recurrencia de Tr = 10 años a partir de la curva de frecuencia es de q = 671 m3/seg. Del Gráfico 7-21, para A = 1.423 km2. se obtiene $V/q_p = 27,2 \times 10^{-3}$, de donde

$$Vol = 27,2 \times 10^{-3} \times 671 = 18,25 \times 10^{6} \text{ m3}.$$

En los Gráficos 22 y 23, para A = 1.423 km2. y utilizando la curva para cuenca de pendiente media se obtiene: $t_p = 6,5$ horas y $T_B = 27,5$ horas.

En el Gráfico 7-25 se ha dibujado a ojo un hidrograma por los puntos determinados y su volumen resultante es de $18,9 \times 10^6$ el cual se considera dentro de un rango de aproximación aceptable si se compara con el calculado a partir del Gráfico 21 que fué de $18,25 \times 10^6$ m3.

7.2. Ejemplo. Se desea saber la magnitud del pico de la creciente con un intervalo de recurrencia de 50 años para el diseño de la sección de un puente sobre el río Tuy, a la altura de Hacienda Barrios en el Estado Aragua.

La cuenca del río Tuy pertenece a la Región Hidrográfica VIII y tiene una superficie de 210 km2., hasta el sitio de Hacienda Barrios.

Entrando en el Gráfico 7-20, correspondiente a dicha Región, se obtiene para A = 210 km2. $Q_{2,33} = 51$ m3/seg. De la curva regional de frecuencias la zona se tiene para Tr = 50 años, $Q/Q_{2,33} = 2,22$. Por lo tanto la creciente para un intervalo de recurrencia de 50 años es de :

$$51 \times 2,22 = 132 \text{ m3/s}$$

Esta creciente puede redondearse por arriba para ser conservador y tener para diseño de la sección del puente un Q = 150 m3/s.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el futuro, cuando se disponga de un mayor acopio del registro fluviográfico, completar este estudio, investigando las Regiones Hidrográficas no analizadas.

BIBLIOGRAFIA

(1) Dalrymple, Tate. Flood Analyses. Manual of Hidrology : Part 3. Flood Frequency Analyses. U. S. Geological Survey.

(2) Análisis Hidráulico Fluvial de los ríos Aricuaisa, Lora y Catatumbo en los sitios de puente. SIMCA. Dirección de Vialidad. Ministerio de Obras Públicas. Caracas, 1966.

(3) Avellán, Francisco y Ayala, Leopoldo. Hidrogramas Unitarios de Ríos de Venezuela. División de Hidrometeorología. Ministerio de Obras Públicas. Caracas mayo 1966.

TABLA 7-I

REGION HIDROGRAFICA I

RIOS	AREA HOYA Km^2	CRECIENTE MEDIA ANUAL $Q_{2.33}$ M /Seg	CRECIENTE 10 AÑOS Q_{10} M^3/Seg	$Q_{10}/Q_{2.33}$	$Q_{2.33}$X3.03 M /Seg	Tr Para Q COLUMNA 6 AÑOS	PERIODO DE REGISTRO AJUSTADO AÑOS	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ESCALANTE en Ferreira	3.920	295	680	2,30	823	15	18	
MATICORA en Don Pancho	2.490	270	850	3,14	753	9	15	
MOTATAN en Agua Viva	4.200	350	780	2,22	976	15	24	
PALMAR en El Diluvio	888	410	1.510	3.68	1.143	6	16	
SOCUY en Playa Bonita	575	255	670	2,63	711	10	15	

$\Sigma Q_{10}/Q_{2.33}$ = 13.97

Relación Promedio = 2.79

TABLA 7-2

REGION HIDROGRAFICA I

INTERVALO DE RECURRENCIA – AÑOS

RIOS	Q_{233}	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
ESCALANTE en Ferreira	295	0.50	0.71	1.18	1.58	2.29	3.38	5.07	
MATICORA en Don Pancho	270	0.10	0.63	1.25	1.85	3.14	5.18	9.62	
MOTATAN en Agua Viva	350	0.22	0.72	1.16	1.53	2.22	3.13	4.84	
PALMAR en El Diluvio	410	0.32	0.58	1.31	2.06	3.64	6.56	13.36	
SOCUY en Playa Bonita	255	0.43	0.68	1.21	1.68	2.66	4.03	6.93	
MEDIANA		0.32	0.68	1.21	1.68	2.66	4.03	6.93	

TABLA 7-3

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL

RIOS	AREA HOYA Km^2	CRECIENTE MEDIA ANUAL $Q_{2.33}$ M^3/Seg	CRECIENTE 10 AÑOS Q_{10} M^3/Seg	$Q_{10}/Q_{2.33}$	$Q_{2.33} X 2.84$ M^3/Seg	Tr Para Q COLUMNA 6 AÑOS	PERIODO DE REGISTRO AJUSTADO AÑOS	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
COJEDES en San Rafael	4.325	228	620	2.71	647	11	21	
GUARICO en La Puerta	625	150	480	3.20	426	8	26	
GUARICO en Boca de Cagua	2.040	325	1.000	2,98	923	9	21	
PAO en La Balsa	2.730	390	920	2.35	1107	14	15	
SARARE en Sarare	220	69	295	4,27	195	6	16	
SARARE en Agua Blanca	585	83	205	2,46	235	13	23	
TINACO en Puente Tinaco	625	290	660	2,27	823	14	15	
TINACO en Sitio de Presa	1330	160	410	2,56	461	11	11	
TIRGUA en Paso Viboral	1490	360	1.000	2.77	1022	10	24	

$\Sigma Q_{10}/Q_{2.33} = 27.54$

Relación Promedio = 2.84

TABLA 7-4

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL

RIOS	AREA HOYA Km^2	CRECIENTE MEDIA ANUAL $Q_{2.33}$ M^3/Seg	CRECIENTE 10 AÑOS Q_{10} M^3/Seg	$Q_{10}/Q_{2.33}$	$Q_{2.33} X 1.83$ M^3/Seg	Tr Para Q COLUMNA 6 AÑOS	PERIODO DE REGISTRO AJUSTADO AÑOS	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACARIGUA en Pte. Acarigua	970	840	1.700	2,02	1.537	8	15	
BOCONO en Peña Larga	1.580	1.240	1.530	1.23	2.269	130	14	
GUACHE en Puente Viejo	300	400	1.000	2,50	732	6	16	
MASPARRO en Pte. Masparro	495	1.650	3.750	2,27	3.019	7	14	
MORADOR en Puente Morador	615	545	740	1.35	997	44	11	
PAGUEY en El Paso	810	1.140	2.100	1.84	2.086	10	16	
PORTUGUESA en Pte. Portug.	810	370	600	1.62	677	14	12	
SANTO DOMINGO en El Curay	690	790	1.370	1.73	1.445	13	9	
TUCUPIDO en Pte. Tucupido	440	830	1.630	1.96	1.518	8	12	
LAS MARIAS en Pte.Las Marías	325	440	--	--	--	--	--	No se tomó en cuenta en el cálculo.
URIBANTE en Pte. Colgante	3.950	2.650	--	--	--	--	--	No se tomó en cuenta en el cálculo.

$\Sigma Q_{10} / Q_{2.33} = 16.52$

Relación Promedio = 1.83

TABLA 7-5

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL
AJUSTE CORTO A LARGO PERIODO
INTERVALO DE RECURRENCIA—AÑOS

RIOS	$Q_{2.33}$	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
COJEDES en San Rafael	228	0.47	0.75	1.20	1.64	2.43	3.55	5.81	Corto Período
GUARICO en La Puerta	118	0.36	0.62	1.27	1.94	3.30	4.65	10.58	" "
GUARICO en Boca de Cagua	262	0.49	0.67	1.18	1.60	2.32	3.31	5.33	" "
SARARE en Agua Blanca	70	0.56	0.76	1.12	1.39	1.84	2.41	3.55	" "
TIRGUA en Paso Viboral	347	0.45	0.69	1.20	1.67	2.53	3.80	6.33	" "
MEDIANA	——	0.47	0.69	1.20	1.64	2.43	3.55	5.81	
COJEDES en San Rafael	228	0.43	0.67	1.22	1.73	2.71	4.11	7.00	Largo Período
GUARICO en La Puerta	150	0.37	0.63	1.26	1.89	3.19	5.32	10.00	" "
GUARICO en Boca de Cagua	335	0.40	0.67	1.28	1.87	2.98	4.91	8.90	" "
SARARE en Agua Blanca	83	0.45	0.69	1.18	1.62	2.46	3.60	5.88	" "
TIRGUA en Paso Viboral	360	0.42	0.67	1.23	1.77	2.77	4.23	7.47	" "
MEDIANA	——	0.42	0.67	1.23	1.77	2.77	4.23	7.47	
RELACION MEDIANA LARGO PERIODO/CORTO PERIODO	——	0.89	0.97	1.02	1.08	1.13	1.19	1.28	

TABLA 7-6

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL
AJUSTE CORTO A LARGO PERIODO
INTERVALO DE RECURRENCIA — AÑOS

RIOS	$Q_{2.33}$	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
COJEDES en San Rafael	228	0.47	0.75	1.20	1.64	2.43	3.55	5.81	Corto período
GUARICO en La Puerta	118	0.36	0.62	1.27	1.94	3.30	4.65	10.58	" "
GUARICO en Boca de Cagua	262	0.49	0.67	1.18	1.60	2.32	3.31	5.33	" "
PAO en La Balsa	390	0.48	0.71	1.19	1.58	2.35	3.35	5.37	" "
SARARE en Sarare	70	0.29	0.56	1.33	2.23	4.27	7.77	17.28	" "
SARARE en Agua Blanca	69	0.56	0.76	1.12	1.39	1.84	2.41	3.55	" "
TINACO en Puente Tinaco	290	0.49	0.72	1.16	1.58	2.27	3.23	5.12	" "
TINACO en Sitio de Presa	160	0.45	0.68	1.21	1.68	2.56	3.87	6.81	" "
TIRGUA en Paso Viboral	347	0.45	0.69	1.20	1.67	2.53	3.80	6.33	" "
MEDIANA	——	0.47	0.69	1.20	1.64	2.43	3.55	5.81	
RELACION MEDIANA LARGO PERIODO / CORTO PERIODO		0.89	0.97	1.02	1.08	1.13	1.19	1.28	
MEDIANA X RELACION		0.41	0.66	1.22	1.77	2.74	4.22	7.43	CURVA DEFINITIVA

NOTA: La Tabla 7-7 se encuentra en la página 10 del texto.-

TABLA 7-8

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL
INTERVALO DE RECURRENCIA – AÑOS

RIOS	$Q_{2.33}$	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
ACARIGUA en Pte. Acarigua	840	0.53	0.74	1.14	1.48	2.02	2.73	4.16	
BOCONO en Peña Larga	1.240	0.67	0.87	0.97	1.15	1.23	1.41	1.57	
GUACHE en Puente Viejo	400	0.45	0.70	1.20	1.65	2.50	3.72	6.12	
MASPARRO en Pte. Masparro	1.650	0.49	0.72	1.16	1.57	2.27	3.27	5.15	
MORADOR en Puente Morador	545	0.80	0.87	1.06	1.89	1.35	1.55	1.83	
PAGUEY en El Paso	1.140	0.59	0.78	1.12	1.39	1.84	2.34	3.30	
PORTUGUESA en Pte. Portug.	370	0.64	0.81	1.10	1.29	1.62	2.02	2.64	
SANTO DOMINGO en El Curay	790	0.28	0.66	1.15	1.44	1.73	1.95	2.14	
TUCUPIDO en Pte. Tucupido	440	0.56	0.76	1.15	1.45	1.96	2.64	3.84	
MEDIANA	——	0.56	0.76	1.15	1.45	1.84	2.34	3.30	

NOTA: La Tabla 7-9 se encuentra en la página 10 del texto.-

TABLA 7-10

REGION HIDROGRAFICA VII

RIOS	AREA HOYA Km^2	CRECIENTE MEDIA ANUAL $Q_{2.33}$ M^3/Seg	CRECIENTE 10 AÑOS Q_{10} M^3/Seg	$Q_{10}/Q_{2.33}$	$Q_{2.33}X3.59$ M^3/Seg	Tr Para Q COLUMNA 6 AÑOS	PERIODO DE REGISTRO AJUSTADO AÑOS	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ARAGUA en El Recreo	198	29,0	98.	3.38	104.	10	24	
GUACARA en Las Vegas	75	19,5	43.	2.21	70.	38	19	
LOS GUAYOS en Pte. Los Guay.	114	36,5	150.	4.11	131.	9	21	
LAS MINAS en Barrancón	85	34,5	136.	3.94	124.	10	22	
TOCORON en Parc. Chavero	114	65,0	195.	3.00	233.	13	19	
TUCUTUNEMO en Tucutunemito	172	18,6	110.	5.91	66.	7	23	
TURMERO en Turmero	192	60.0	155.	2.58	215.	20	23	

$\Sigma Q_{10}/Q_{2.33} = 25.12$

Relación Promedio = 3.59

TABLA 7-II

REGION HIDROGRAFICA VIII

RIOS	AREA HOYA Km^2	CRECIENTE MEDIA ANUAL $Q_{2.33}$ M^3/Seg	CRECIENTE 10 AÑOS Q_{10} M^3/Seg	$Q_{10}/Q_{2.33}$	$Q_{2.33}X1.58$ M^3/Seg	Tr Para Q COLUMNA 6 AÑOS	PERIODO DE REGISTRO AJUSTADO AÑOS	OBSERVACIONES
1	2	3	4	5	6	7	8	9
GRANDE en Carpintero	719	205	345	1.68	326.	8	23	
GUAIRE en Pichao	807	380	650	1.71	604.	8	17	
GUAIRE en Hacienda Mopia	1222	129	192	1.49	205.	13	16	
GUATAPARO en Cía. Inglesa	39	23.5	29.0	1.24	37.	80	20	
MARURIA en Paso Flores	75	21.	30.	1.42	33.5	17	15	
TUY en Tazón	1180	157.	280.	1.78	249.6	7	25	
TUY en El Vigía	3620	268.	480.	1.79	426.1	7	22	

$\Sigma Q_{10}/Q_{2.33} = 11.11$

Relación Promedio = 1.58

TABLA 7-12

REGION HIDROGRAFICA VII

INTERVALO DE RECURRENCIA — AÑOS

RIOS	$Q_{2.33}$	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
ARAGUA en El Recreo	198	0.36	0.62	1.29	1.97	3.38	5.66	11.04	
GUACARA en Las Vegas	75	0.28	0.64	1.21	1.64	2.21	2.87	3.90	
LOS GUAYOS en Pte.Los Guay.	114	0.30	0.58	1.32	2.19	4.11	7.54	16.71	
LAS MINAS en Barrancón	85	0.05	0.46	1.36	2.26	3.97	6.53	12.18	
TOCORON en Parc. Chavero	114	0.40	0.67	1.25	1.85	3.00	4.77	8.62	
TUCUTUNEMO en Tucutunemito	172	0.23	0.49	1.45	2.69	5.92	12.37	32.82	
TURMERO en Turmero	192	0.23	0.60	1.24	1.75	2.57	3.66	5.49	
MEDIANA	--	0.28	0.60	1.29	1.97	3.38	5.66	11.04	

TABLA 7-13

REGION HIDROGRAFICA VIII

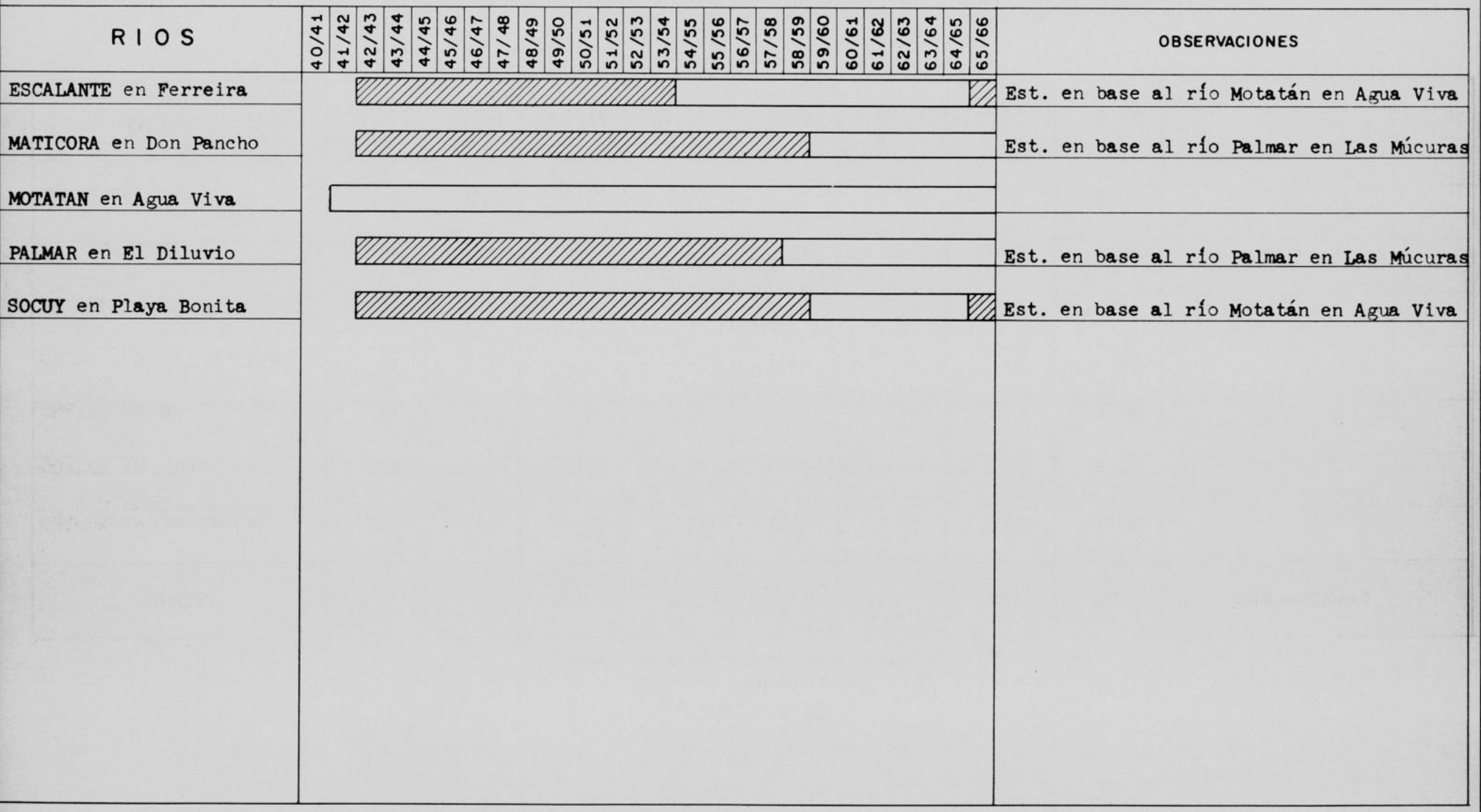
INTERVALO DE RECURRENCIA – AÑOS

RIOS	$Q_{2.33}$	1.1	1.5	3	5	10	20	50	OBSERVACIONES
GRANDE en Carpintero	205	0.23	0.68	1.18	1.45	1.69	1.81	1.94	
GUAIRE en Pichao	380	0.40	0.70	1.12	1.38	1.69	1.98	2.37	
GUAIRE en Hacienda Mopia	129	0.71	0.86	1.09	1.25	1.50	1.79	2.22	
GUATAPARO en Cía. Ing.	23.5	0.69	0.91	1.05	1.12	1.24	1.35	1.53	
MARURIA en Paso Flores	75	0.76	0.86	1.08	1.21	1.42	1.62	1.95	
TUY en Tazón	1.180	0.41	0.72	1.15	1.42	1.79	2.12	2.62	
TUY en El Vigía	3.620	0.41	0.71	1.14	1.41	1.77	2.13	2.62	
MEDIANA	--	0.41	0.72	1.12	1.38	1.69	1.81	2.22	

GRAFICO 7-1

DIAGRAMA DE BARRAS

REGION HIDROGRAFICA I CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO



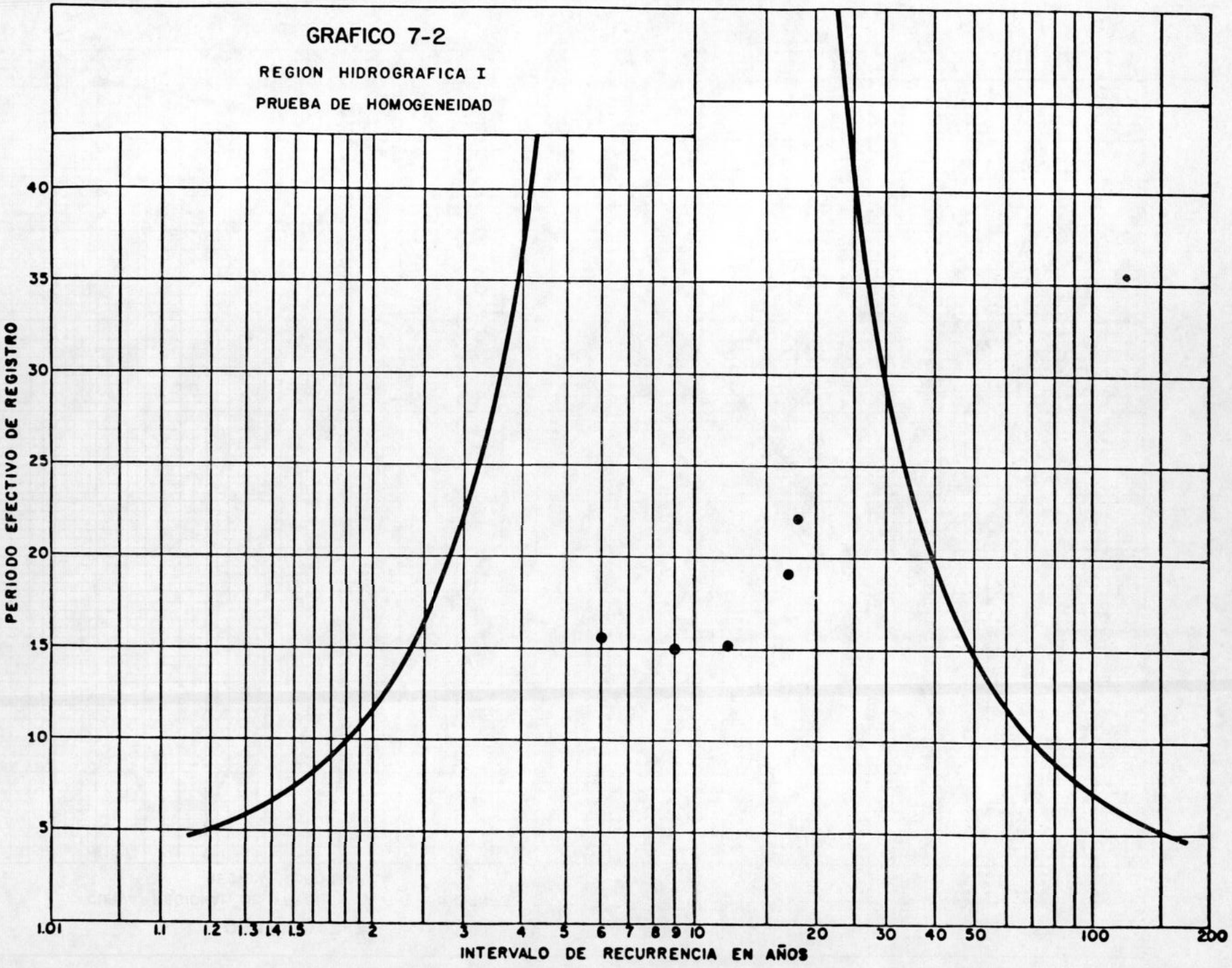
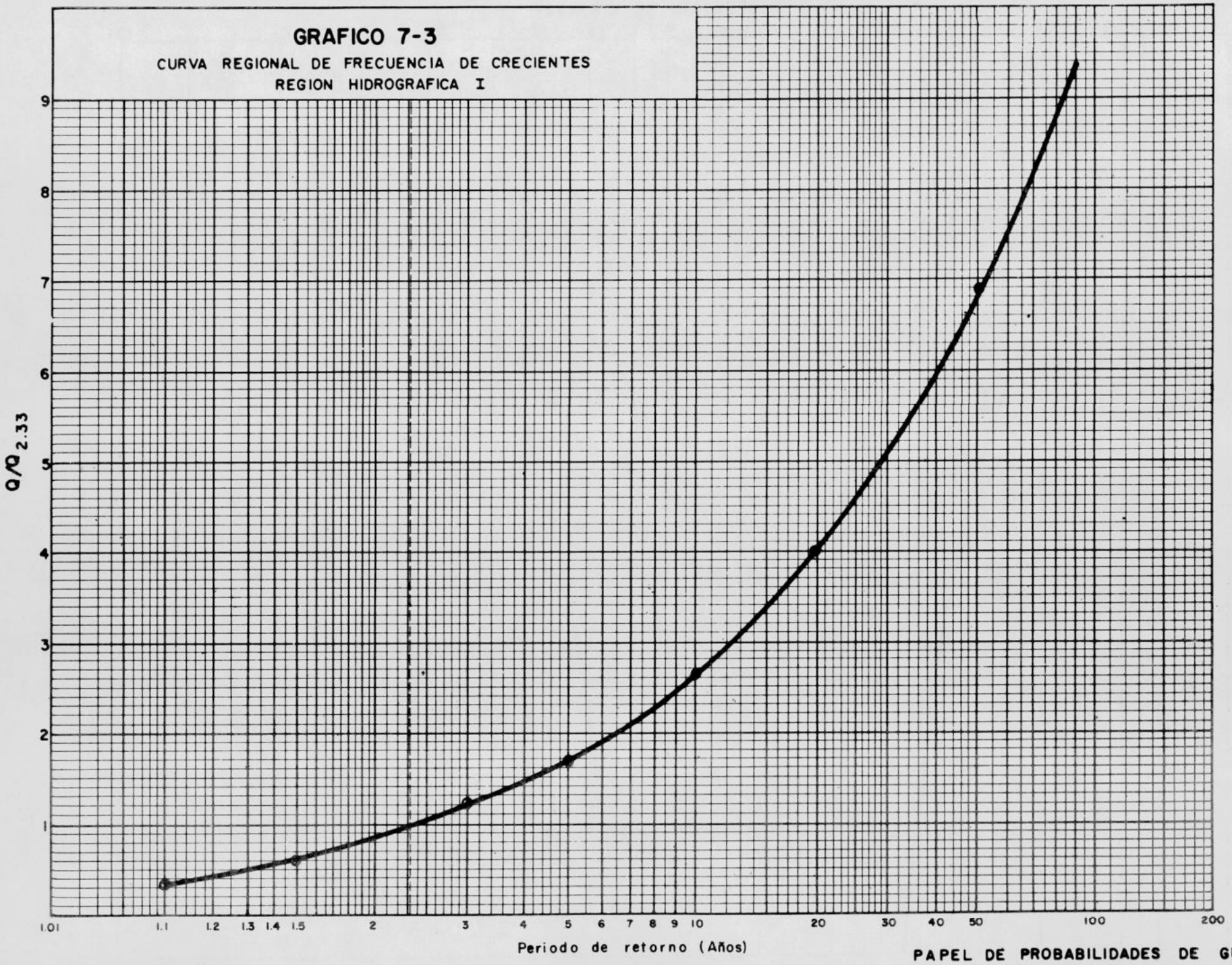

GRAFICO 7-2
REGION HIDROGRAFICA I
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD
PERIODO EFECTIVO DE REGISTRO
40
35
30
25
20
15
10
5
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS

GRAFICO 7-3

CURVA REGIONAL DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA I



PAPEL DE PROBABILIDADES DE GUMBEL

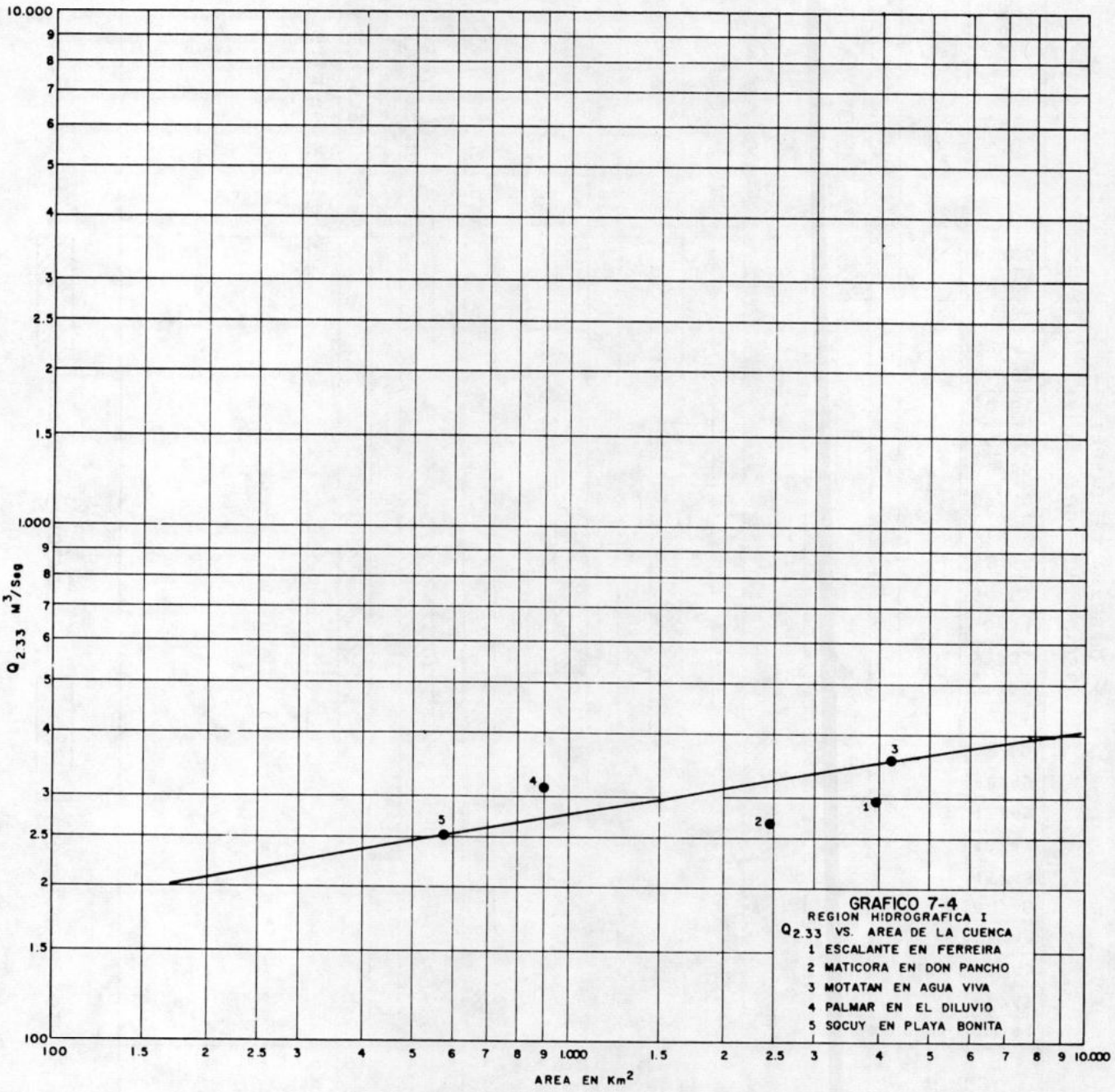
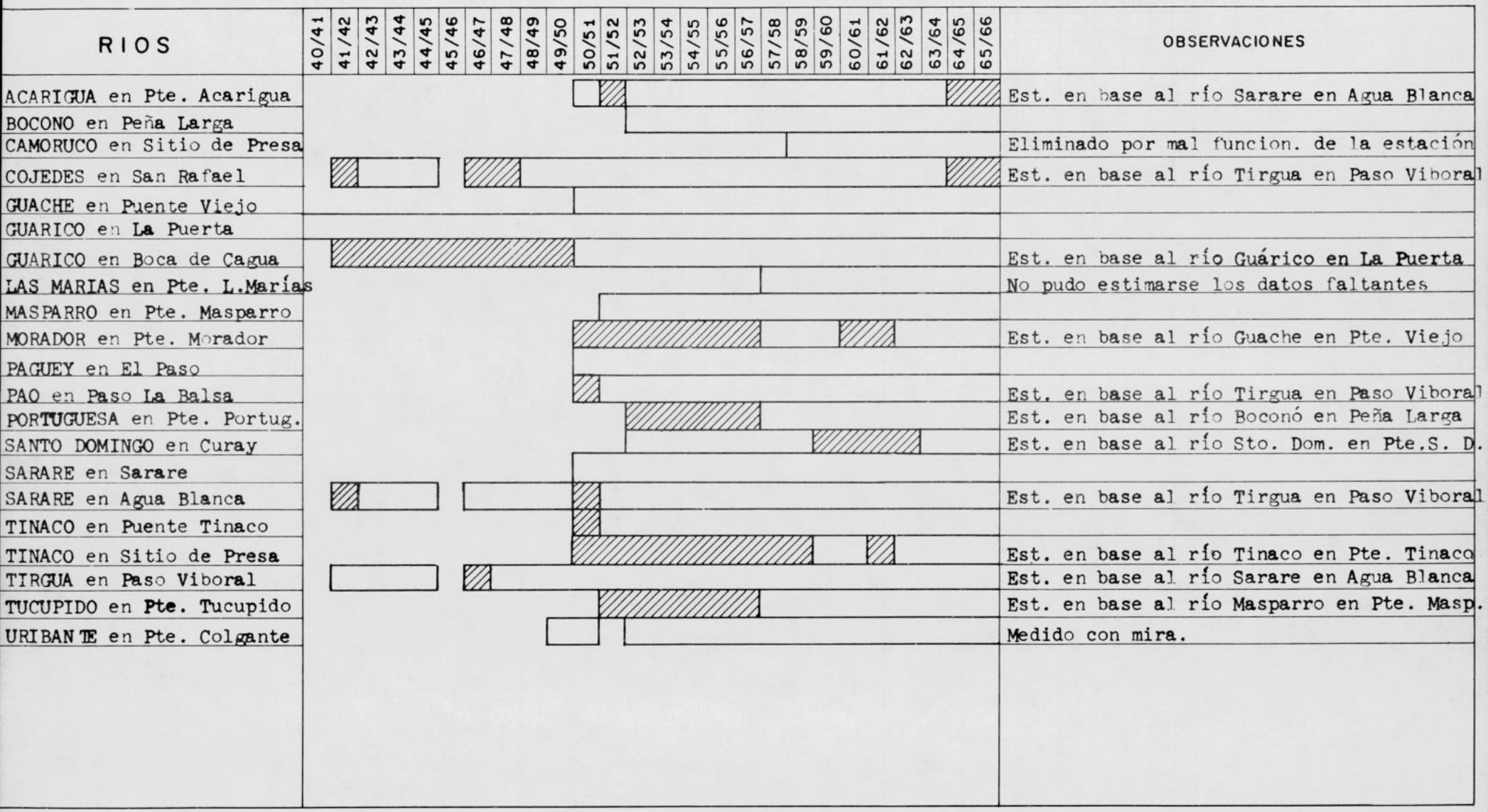
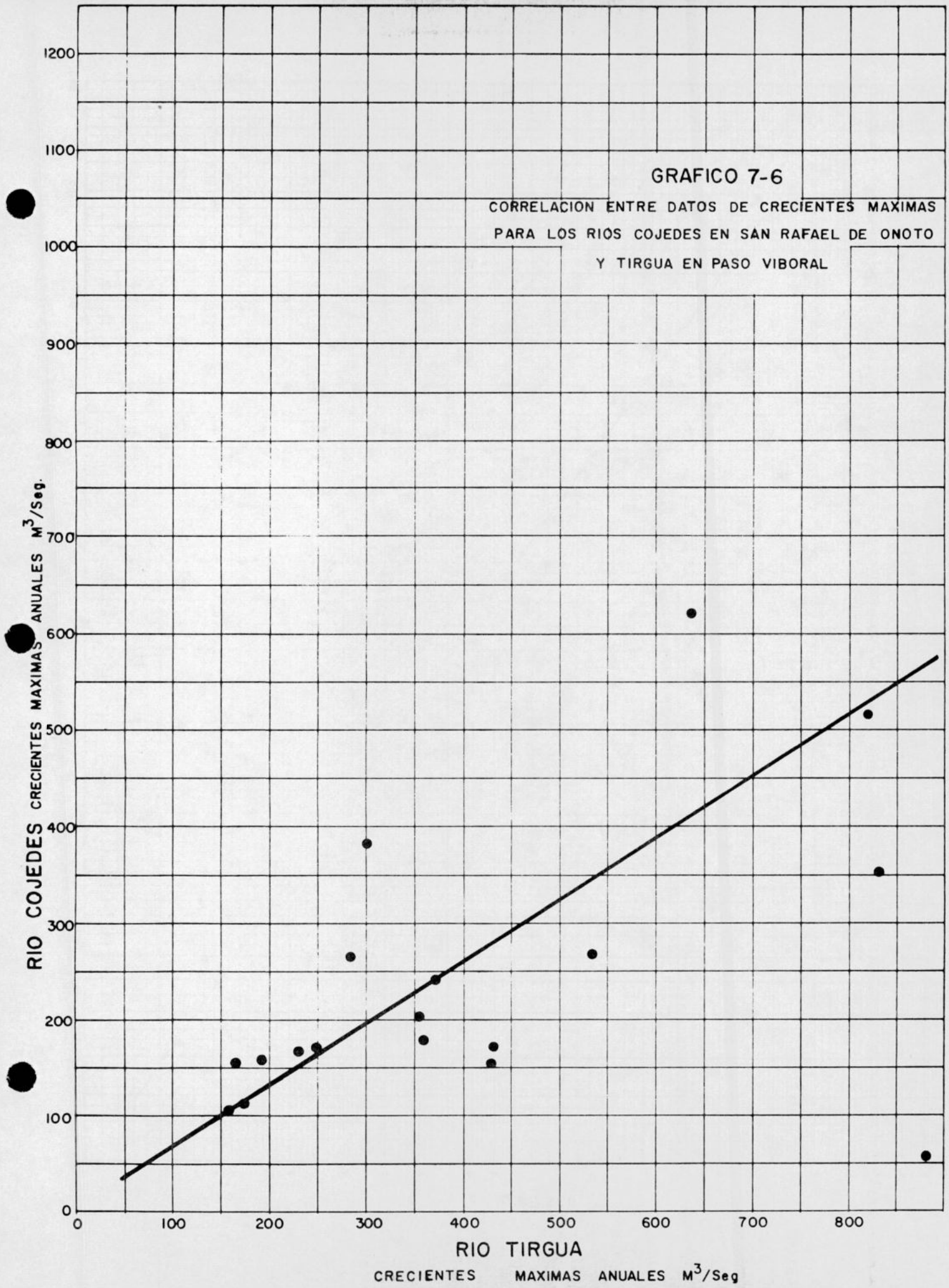

10.000
9
8
7
6
5
4
3
2.5
2
1.5
1.000
9
8
7
6
5
4
3
2.5
2
1.5
100
$Q_{2.33}$ M^3/Seg
100 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 1.000 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10.000
AREA EN Km^2
1
2
3
4
5
GRAFICO 7-4
REGION HIDROGRAFICA I
$Q_{2.33}$ VS. AREA DE LA CUENCA
1 ESCALANTE EN FERREIRA
2 MATICORA EN DON PANCHO
3 MOTATAN EN AGUA VIVA
4 PALMAR EN EL DILUVIO
5 SOCUY EN PLAYA BONITA

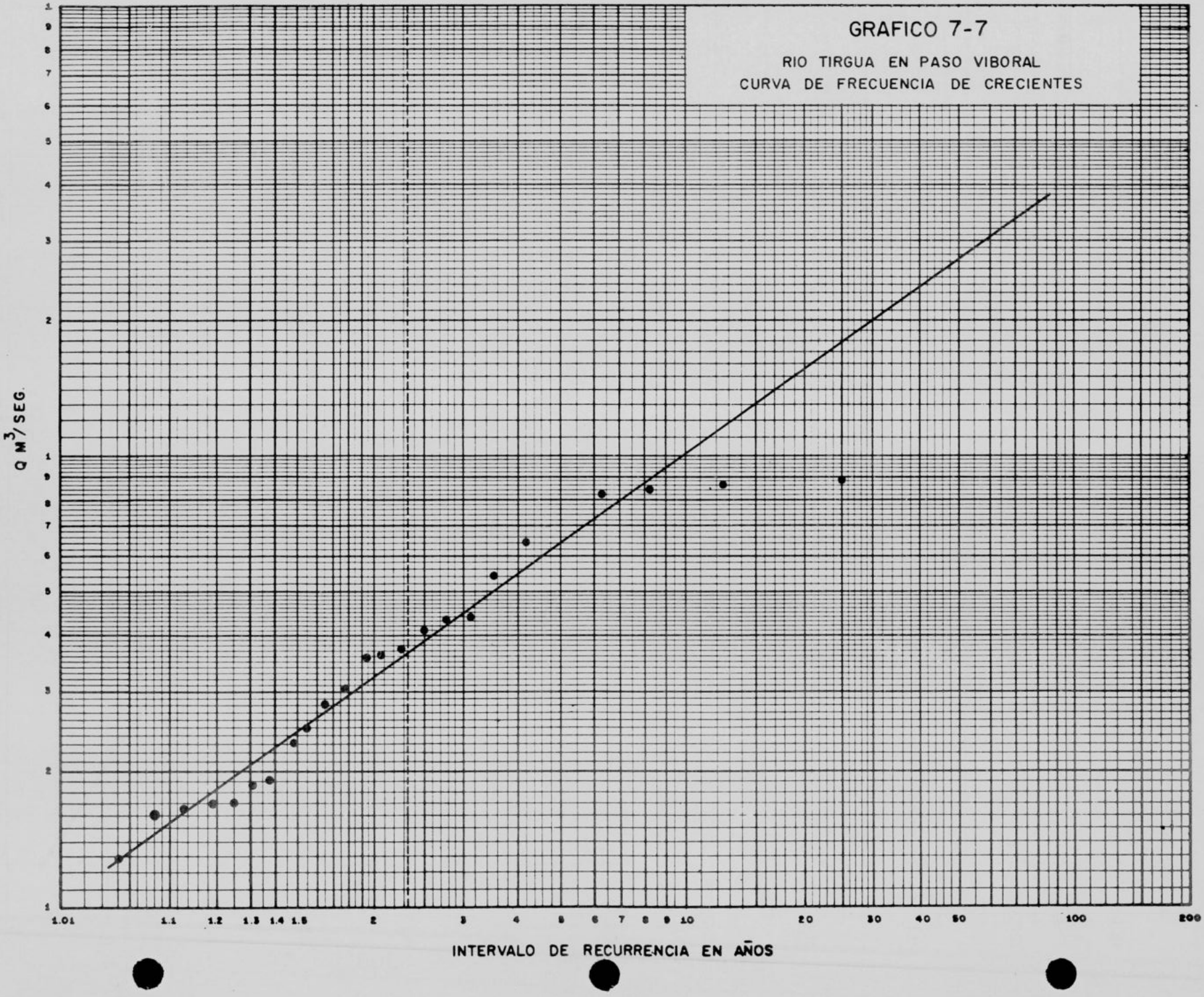
GRAFICO 7-5

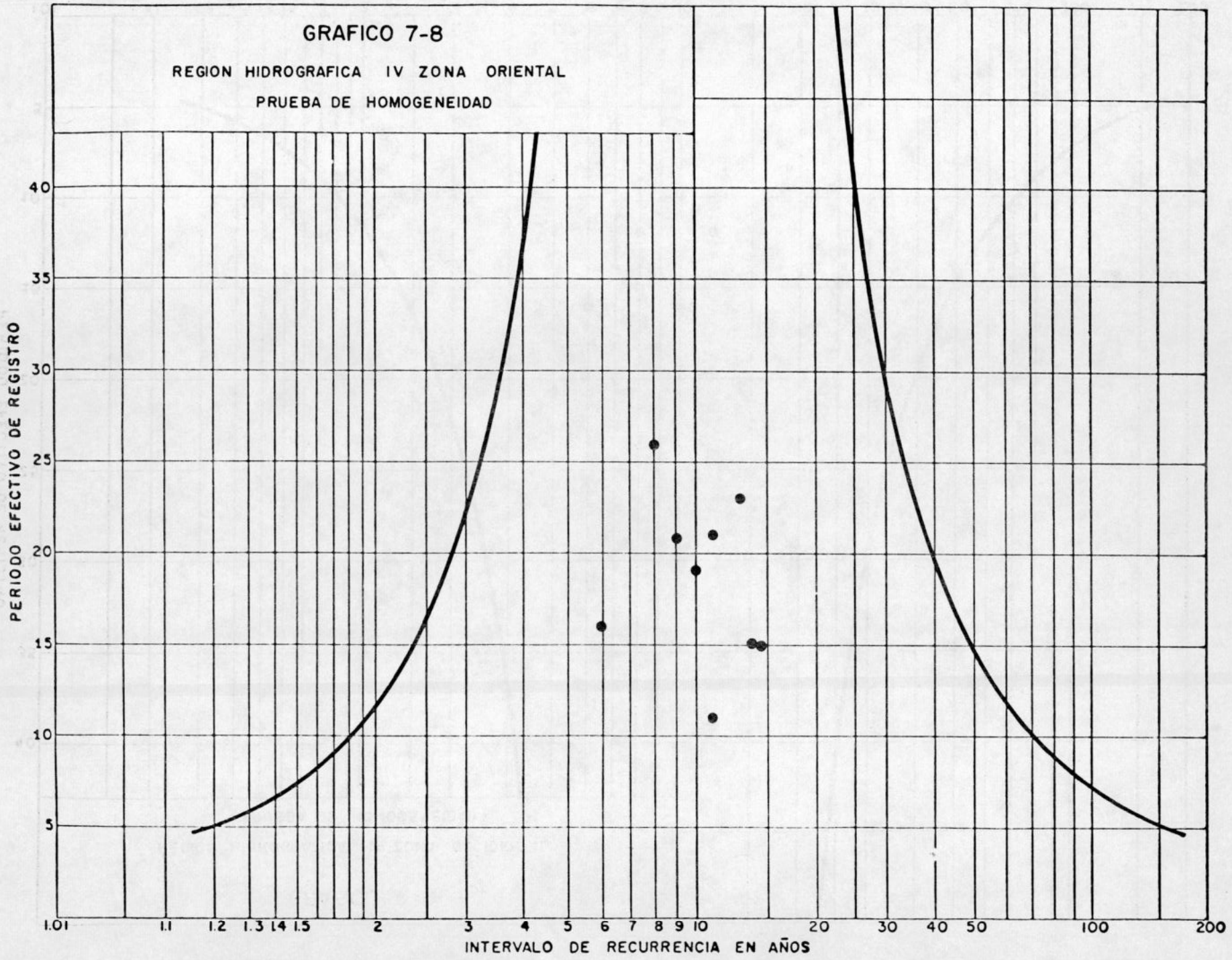
DIAGRAMA DE BARRAS

REGION HIDROGRAFICA IV




GRAFICO 7-6
CORRELACION ENTRE DATOS DE CRECIENTES MAXIMAS
PARA LOS RIOS COJEDES EN SAN RAFAEL DE ONOTO
Y TIRGUA EN PASO VIBORAL
RIO COJEDES CRECIENTES MAXIMAS ANUALES M3/Seg.
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
0
100
200
300
400
500
600
700
800
RIO TIRGUA
CRECIENTES MAXIMAS ANUALES M3/Seg


GRAFICO 7-7
RIO TIRGUA EN PASO VIBORAL
CURVA DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
Q M3/SEG.
1
9
8
7
6
5
4
3
2
1
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS


GRAFICO 7-8
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD
PERIODO EFECTIVO DE REGISTRO
40
35
30
25
20
15
10
5
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS

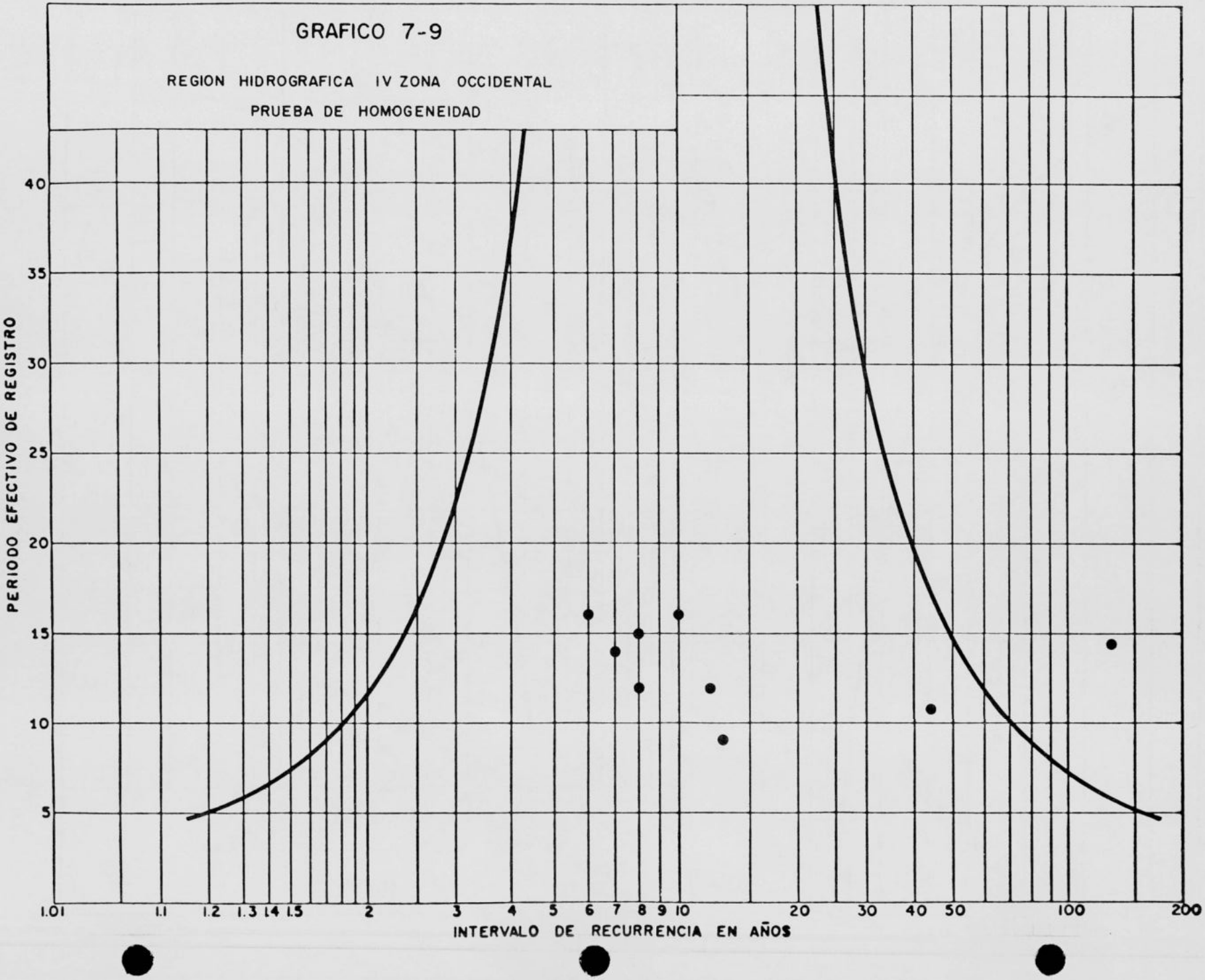
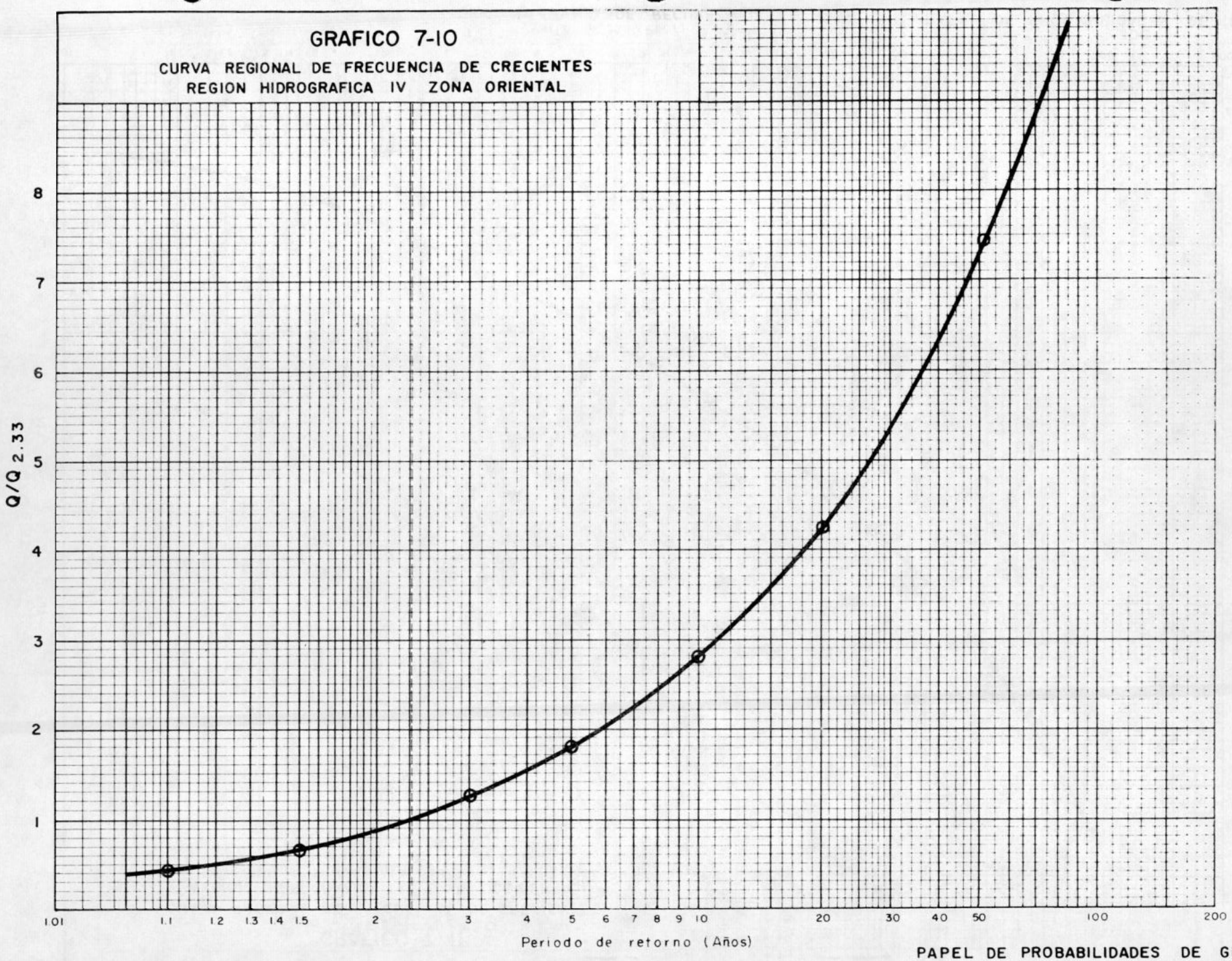

GRAFICO 7-9
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD
PERIODO EFECTIVO DE REGISTRO
40
35
30
25
20
15
10
5
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS

GRAFICO 7-10

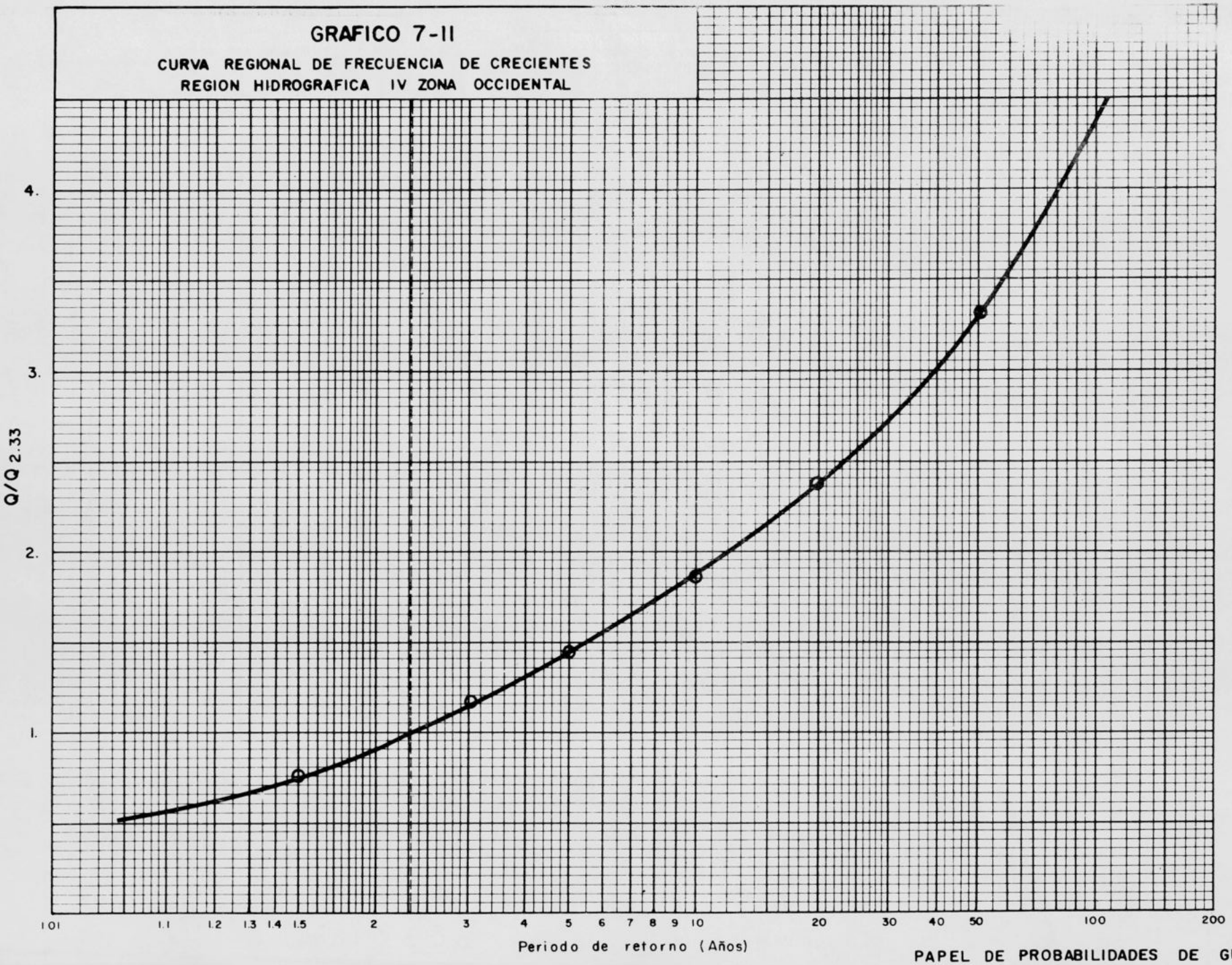
CURVA REGIONAL DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL



PAPEL DE PROBABILIDADES DE GUMBEL

GRAFICO 7-II

CURVA REGIONAL DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL



PAPEL DE PROBABILIDADES DE GUMBEL

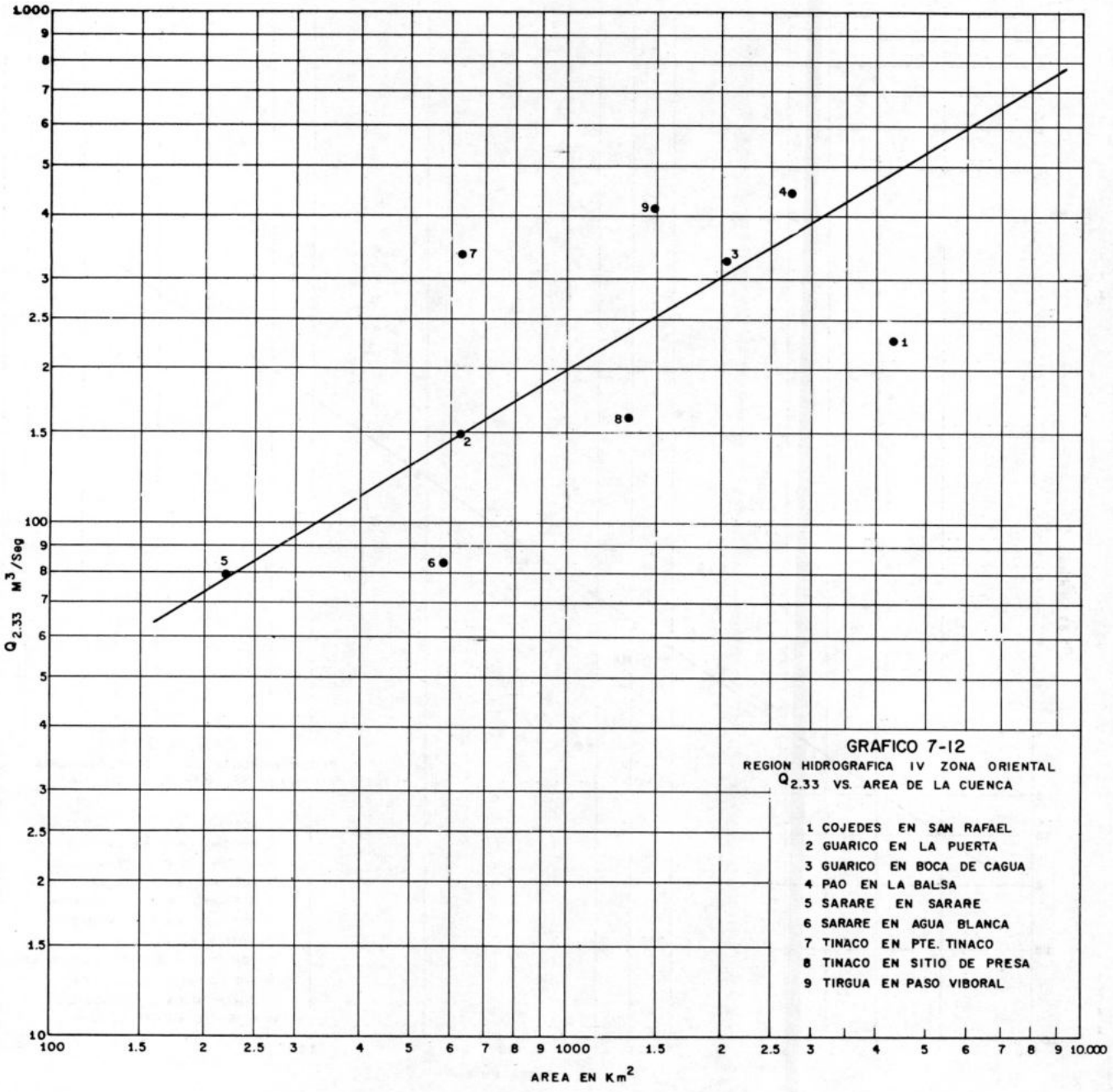
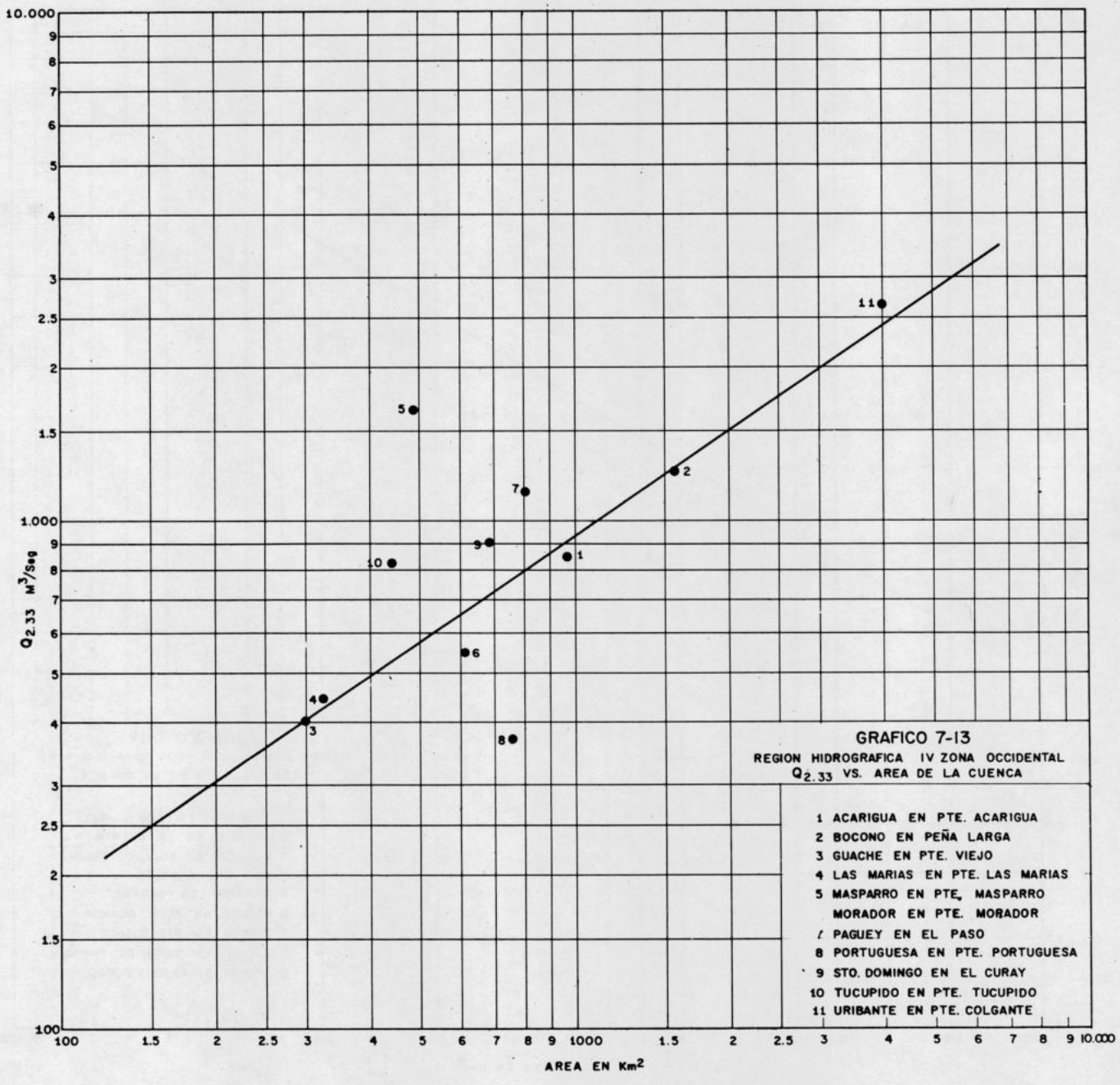


GRAFICO 7-12

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL

$Q_{2.33}$ VS. AREA DE LA CUENCA

1 COJEDES EN SAN RAFAEL
2 GUARICO EN LA PUERTA
3 GUARICO EN BOCA DE CAGUA
4 PAO EN LA BALSA
5 SARARE EN SARARE
6 SARARE EN AGUA BLANCA
7 TINACO EN PTE. TINACO
8 TINACO EN SITIO DE PRESA
9 TIRGUA EN PASO VIBORAL


10.000
9
8
7
6
5
4
3
2.5
2
1.5
1.000
9
8
7
6
5
4
3
2.5
2
1.5
100
$Q_{2.33}$ M^3/Seg
100 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 1000 1.5 2 2.5 3 4 5 6 7 8 9 10.000
AREA EN Km^2
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
GRAFICO 7-13
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL
$Q_{2.33}$ VS. AREA DE LA CUENCA
1 ACARIGUA EN PTE. ACARIGUA
2 BOCONO EN PEÑA LARGA
3 GUACHE EN PTE. VIEJO
4 LAS MARIAS EN PTE. LAS MARIAS
5 MASPARRO EN PTE, MASPARRO
MORADOR EN PTE. MORADOR
7 PAGUEY EN EL PASO
8 PORTUGUESA EN PTE. PORTUGUESA
9 STO. DOMINGO EN EL CURAY
10 TUCUPIDO EN PTE. TUCUPIDO
11 URIBANTE EN PTE. COLGANTE

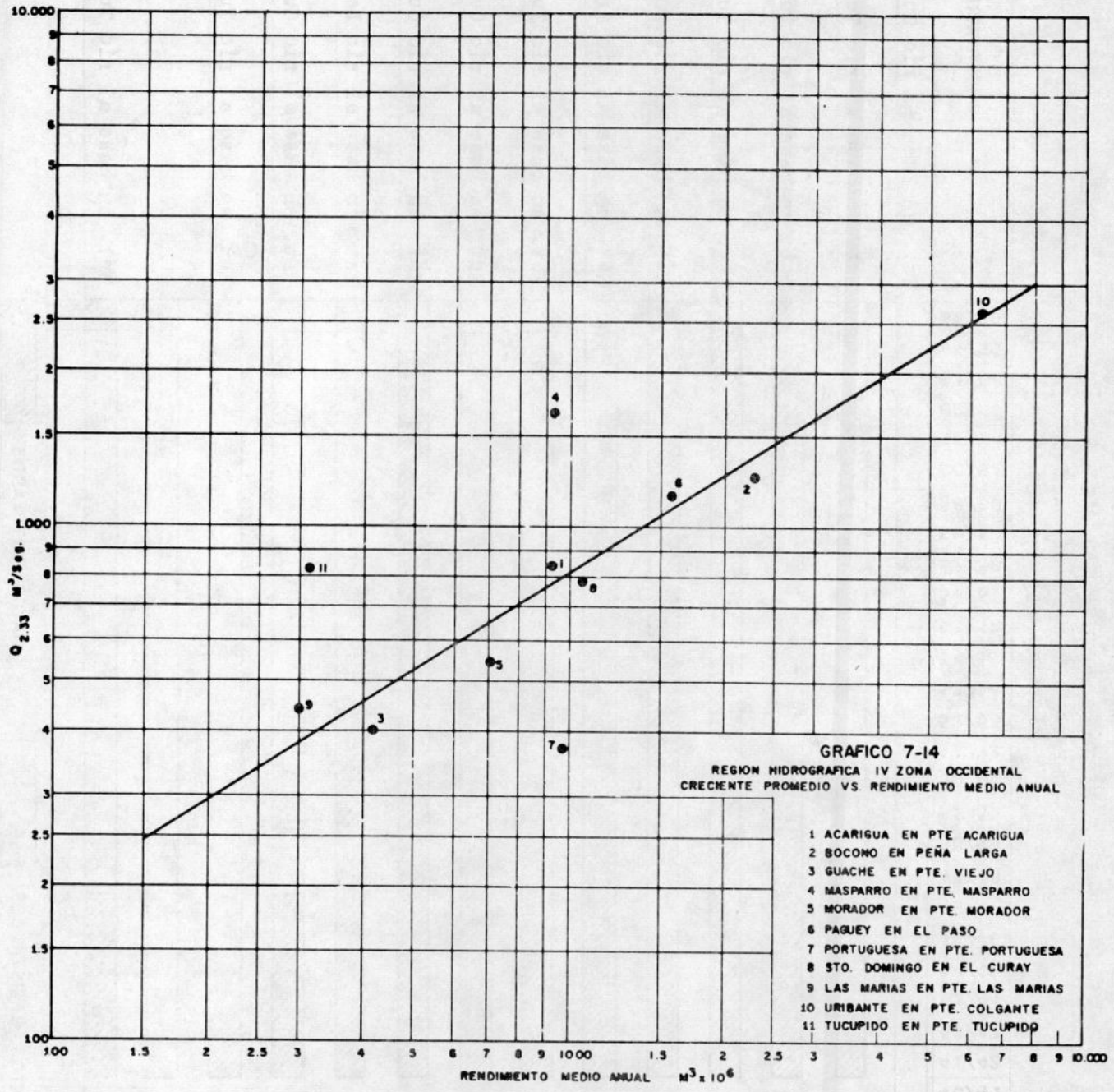


GRAFICO 7-14

REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL
CRECIENTE PROMEDIO VS. RENDIMIENTO MEDIO ANUAL

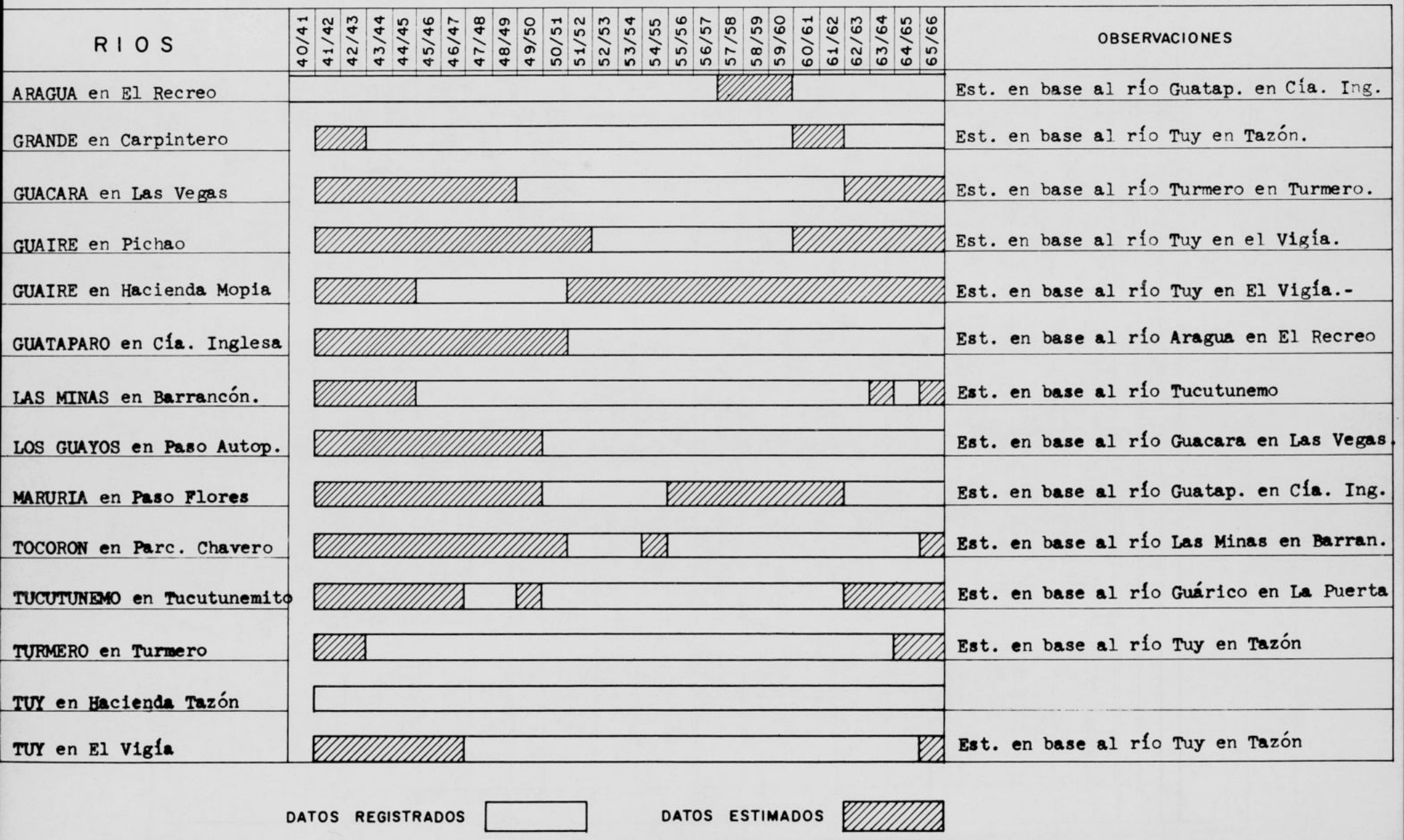
GRAFICO 7-15

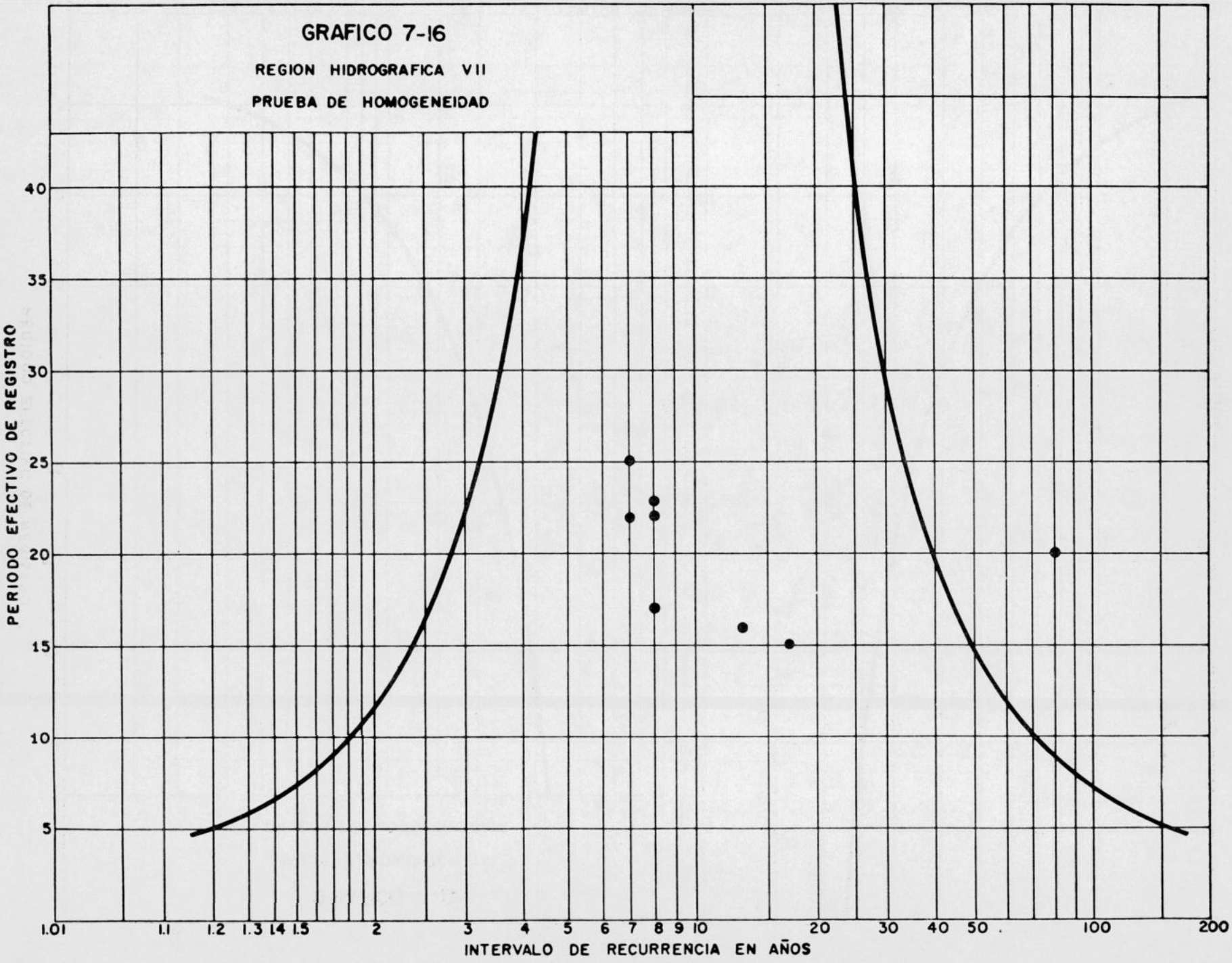
DIAGRAMA DE BARRAS

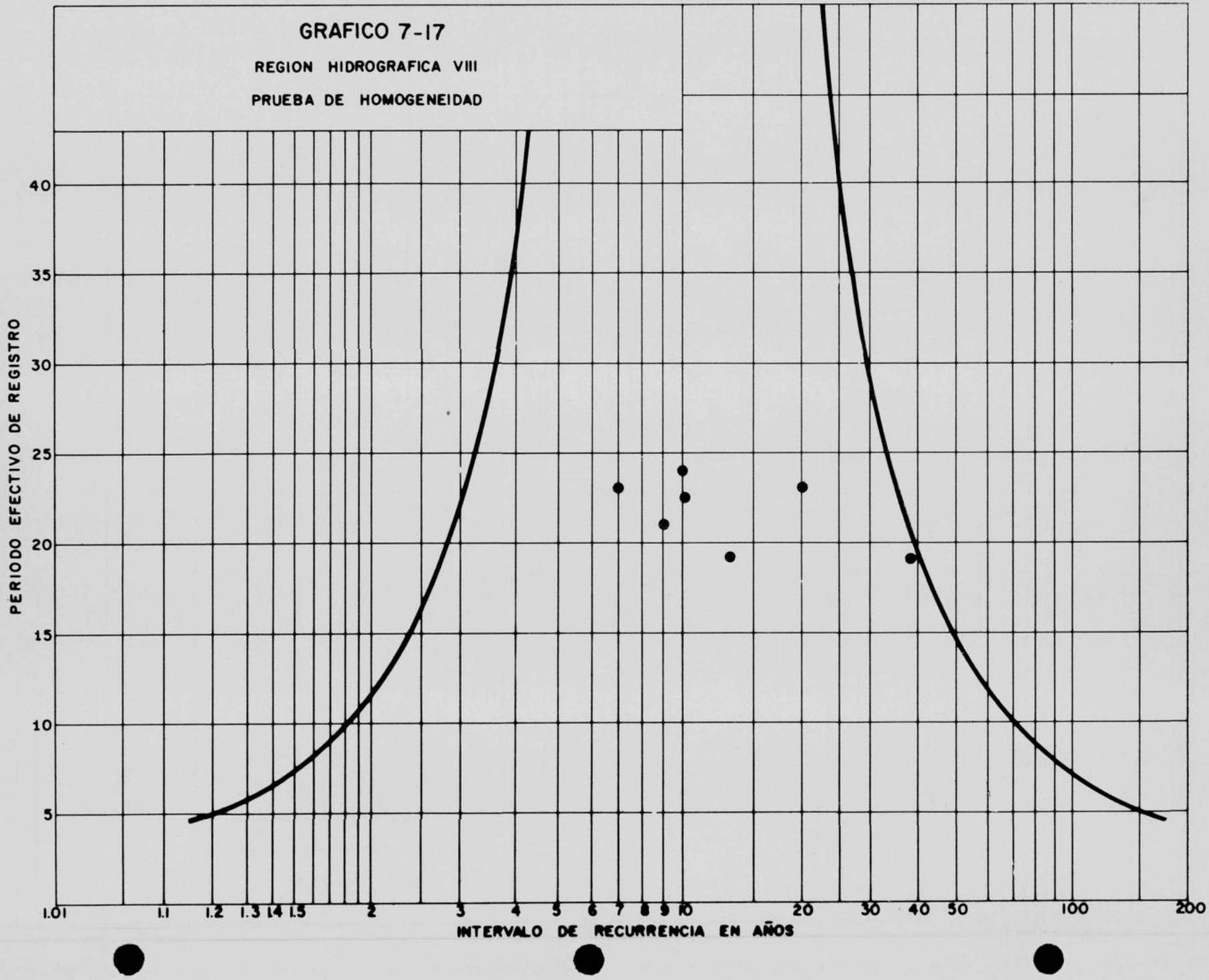
REGIONES HIDROGRAFICAS VII Y VIII

CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA

Y CUENCA DEL RIO TUY




GRAFICO 7-16
REGION HIDROGRAFICA VII
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD
PERIODO EFECTIVO DE REGISTRO
40
35
30
25
20
15
10
5
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS


GRAFICO 7-17
REGION HIDROGRAFICA VIII
PRUEBA DE HOMOGENEIDAD
PERIODO EFECTIVO DE REGISTRO
40
35
30
25
20
15
10
5
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS

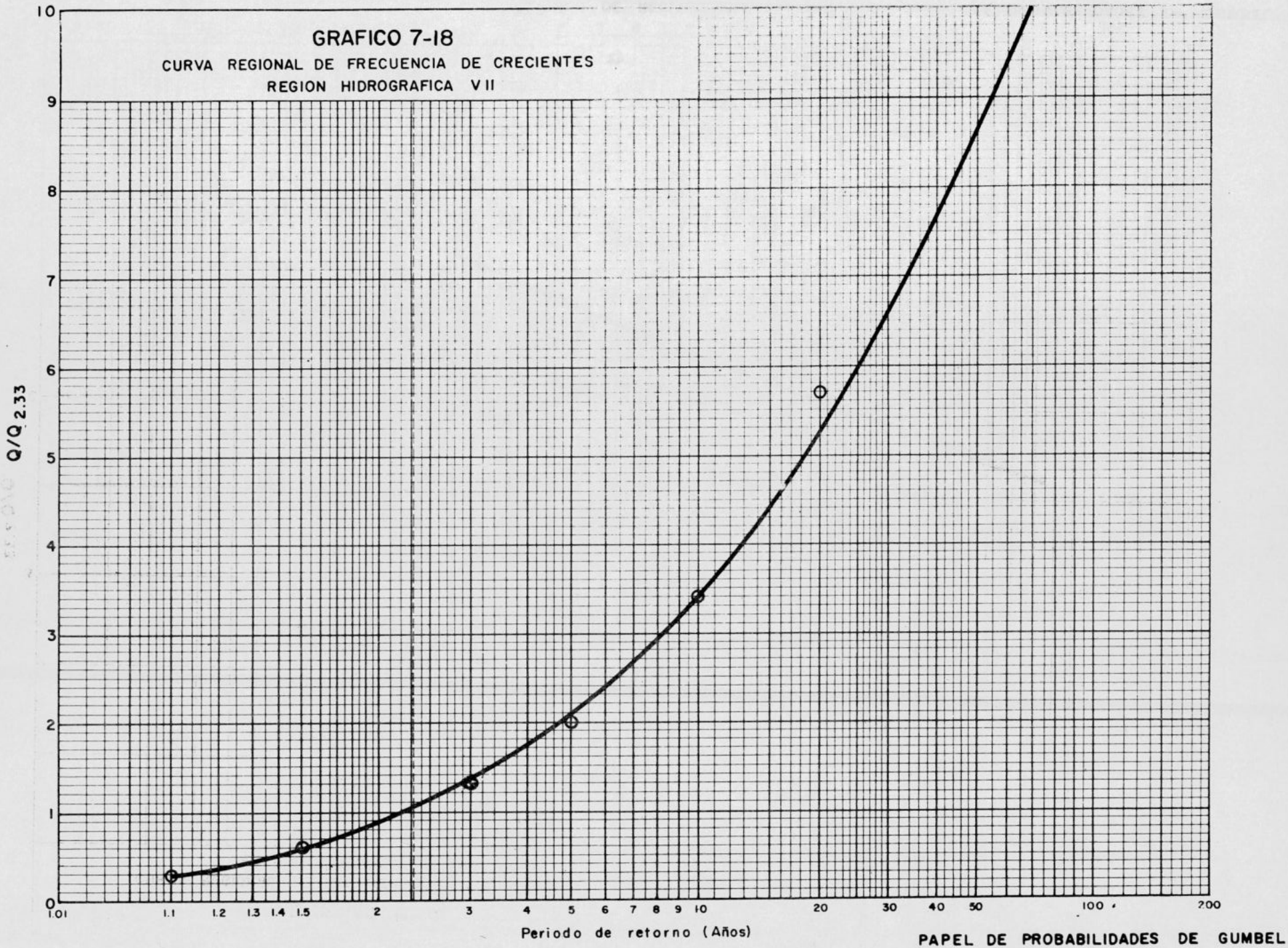
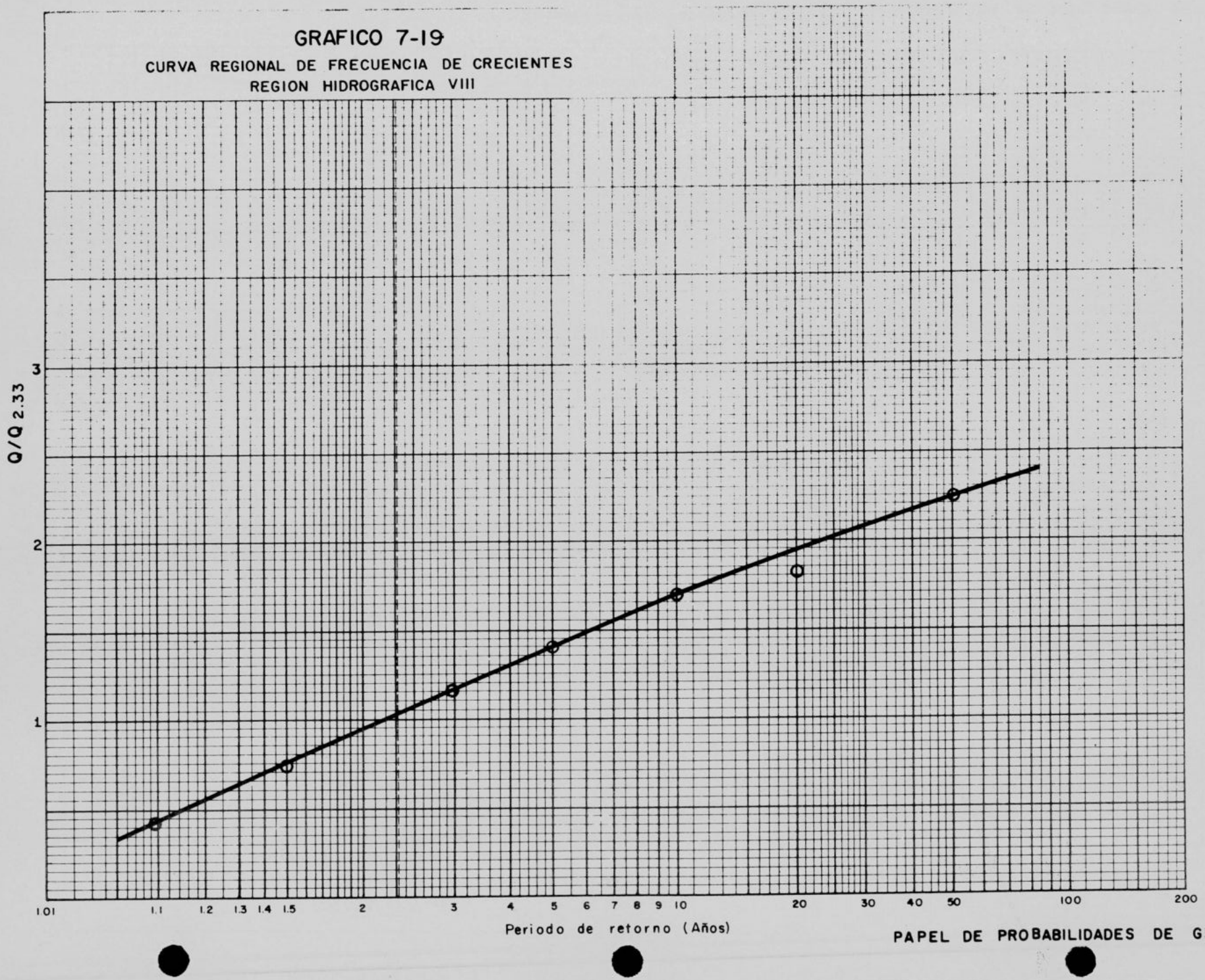
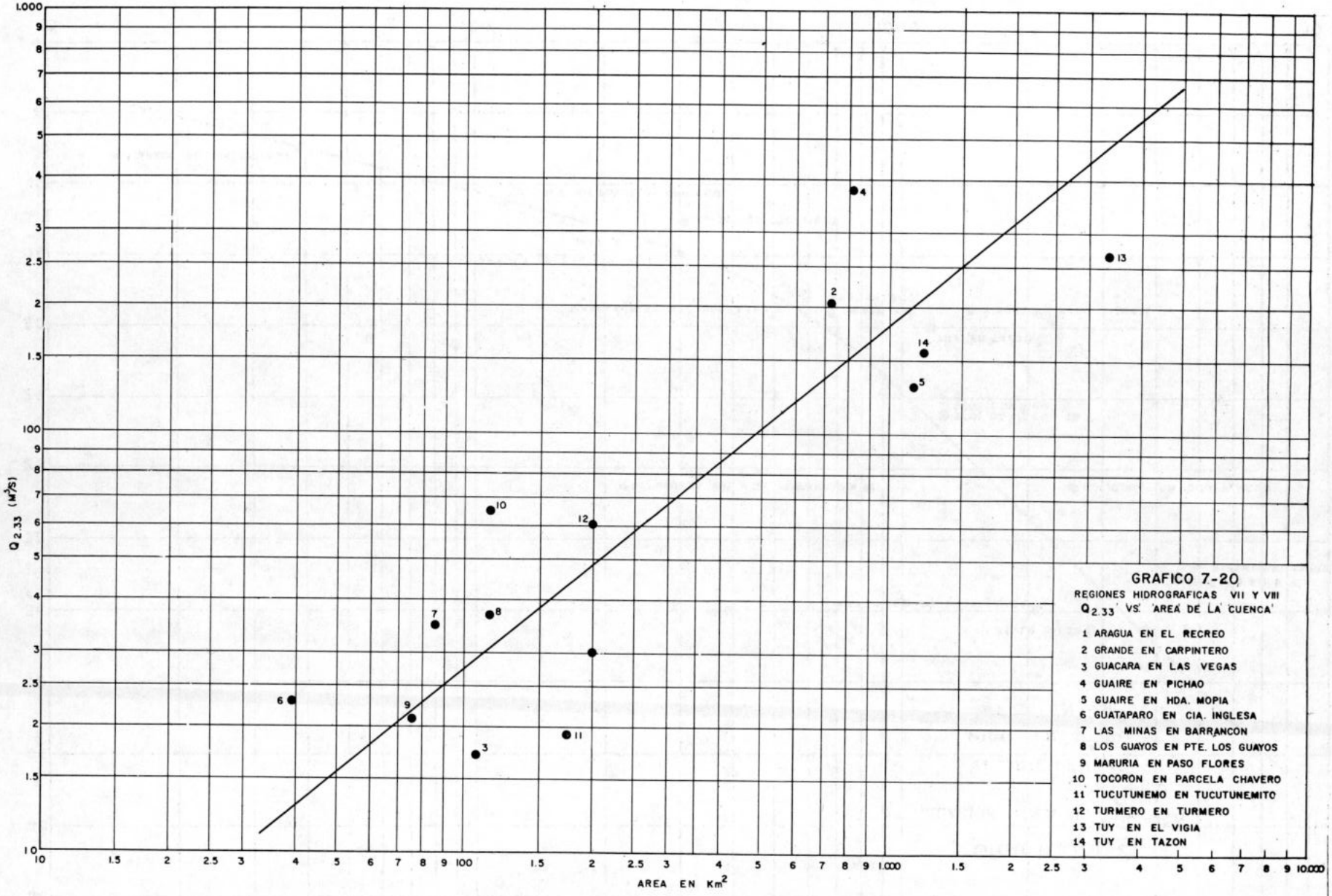

GRAFICO 7-18
CURVA REGIONAL DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA VII
Q/Q 2.33
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200
Periodo de retorno (Años)
PAPEL DE PROBABILIDADES DE GUMBEL

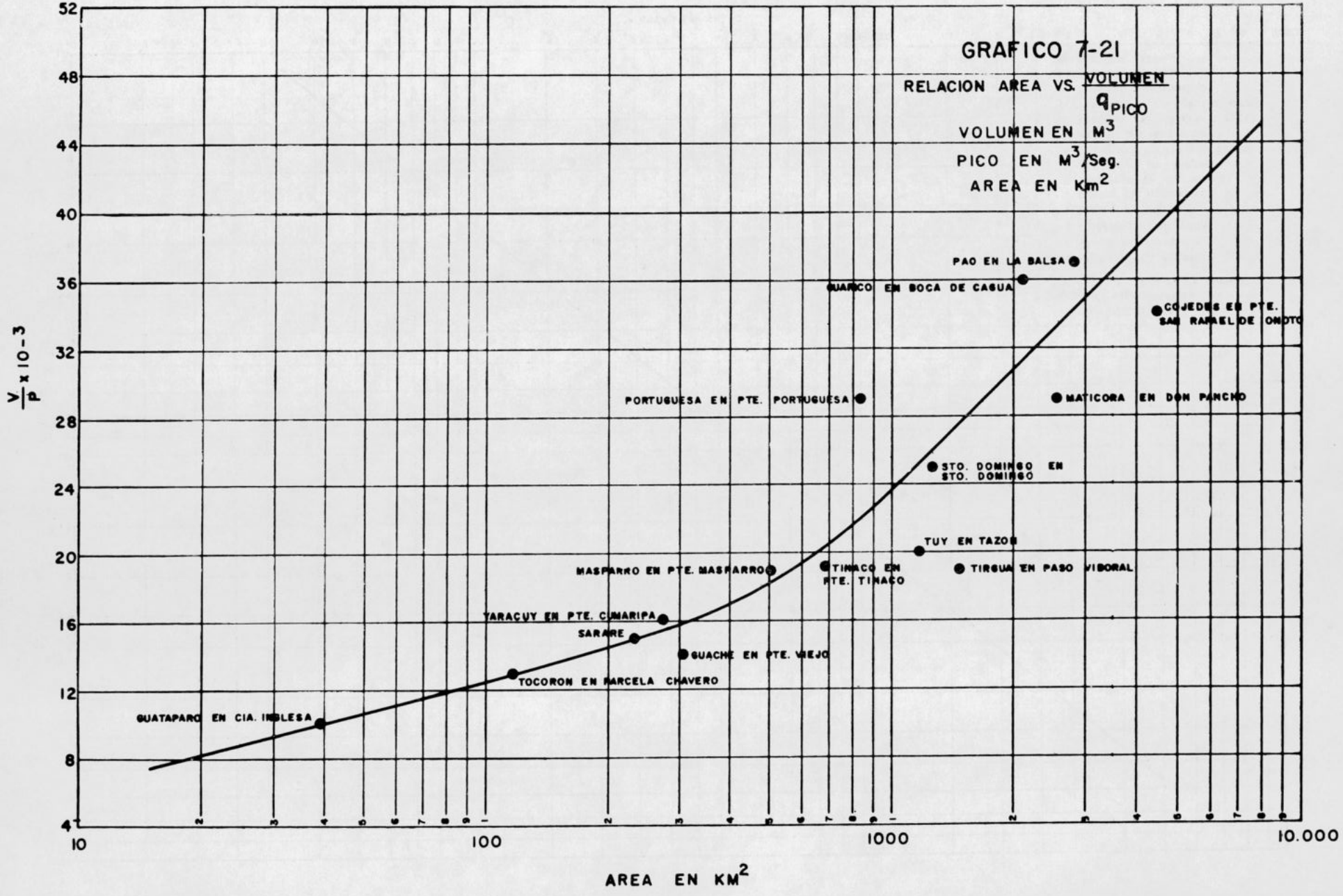
GRAFICO 7-19

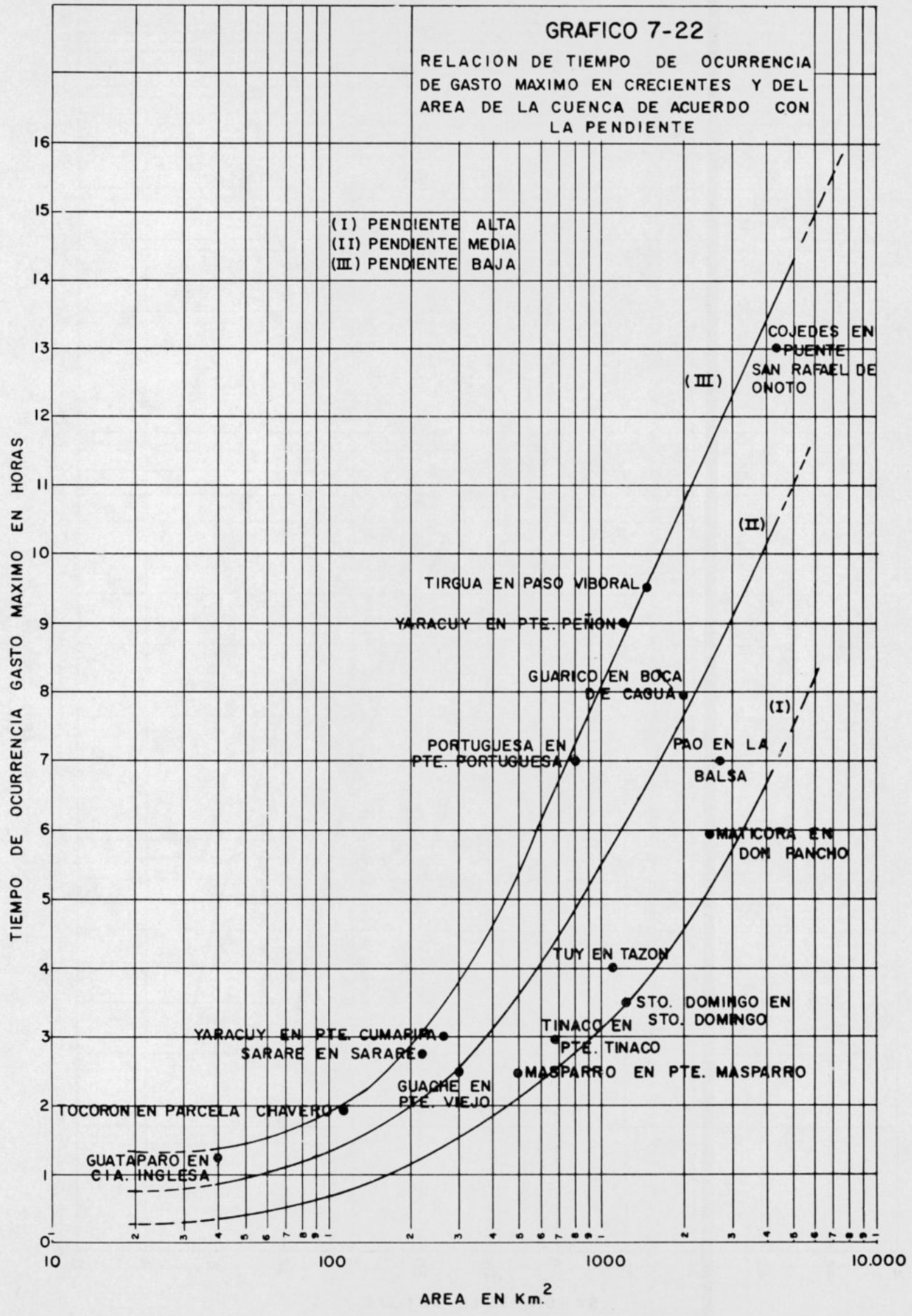
CURVA REGIONAL DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA VIII

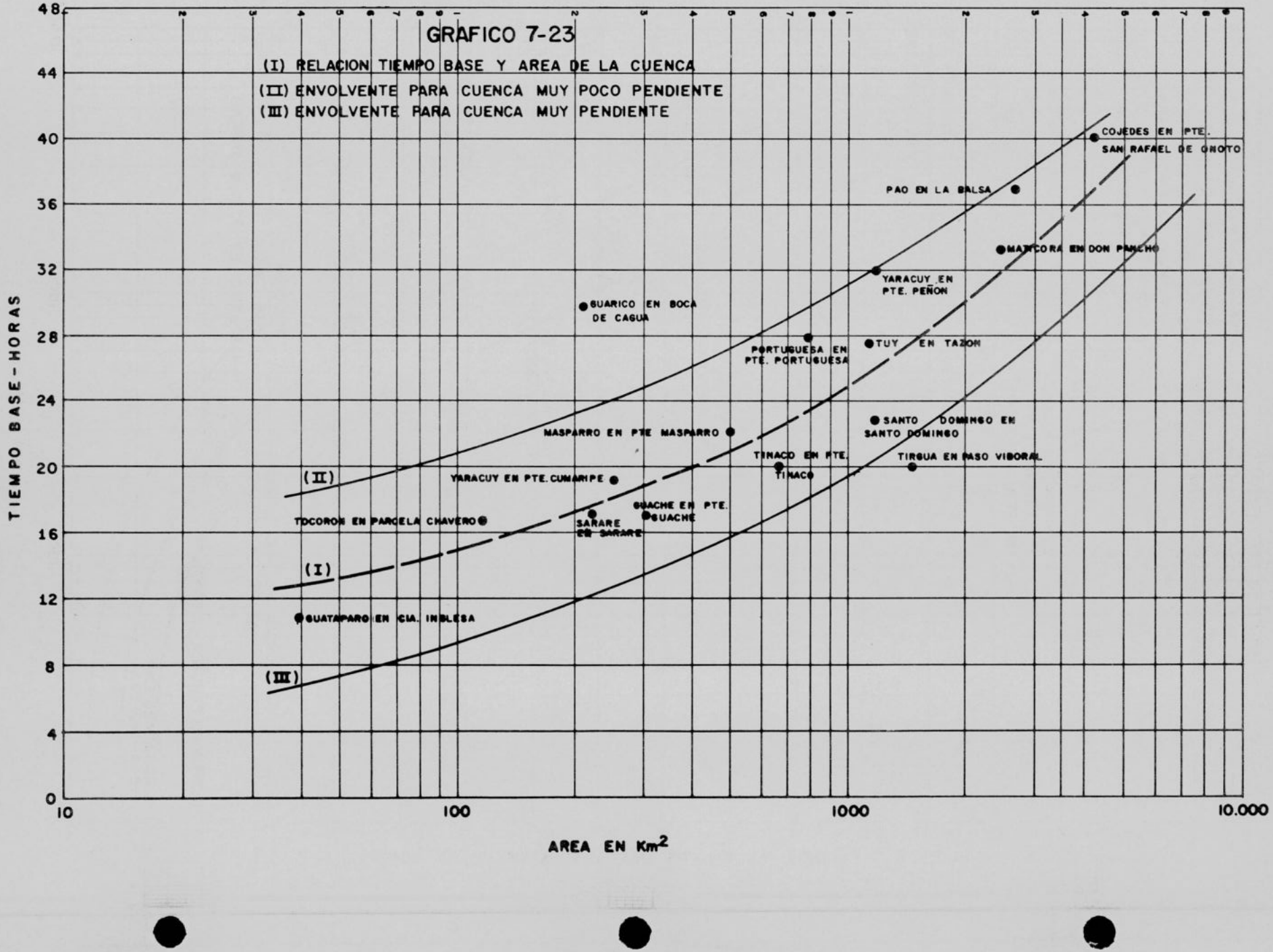


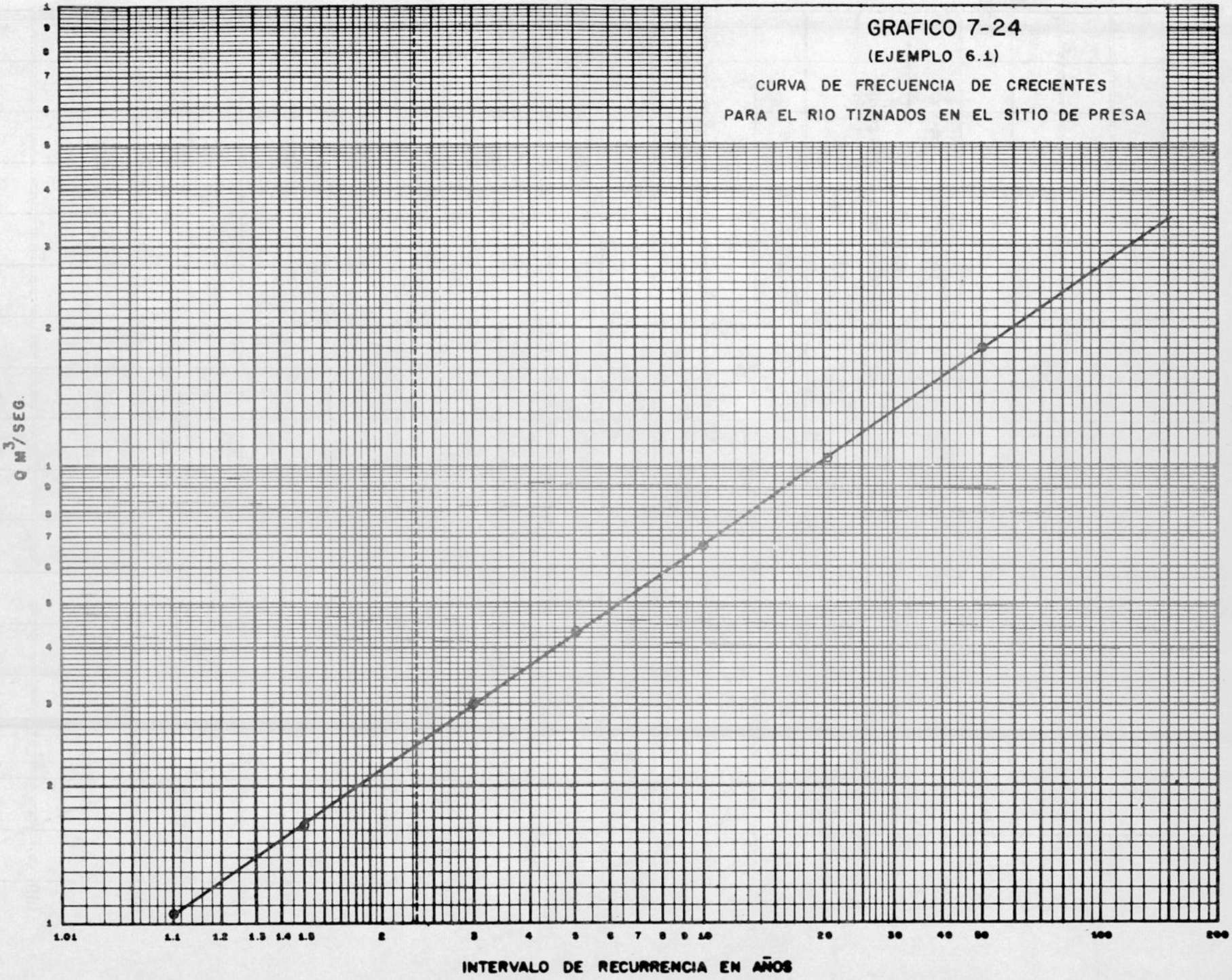
PAPEL DE PROBABILIDADES DE GUMBEL

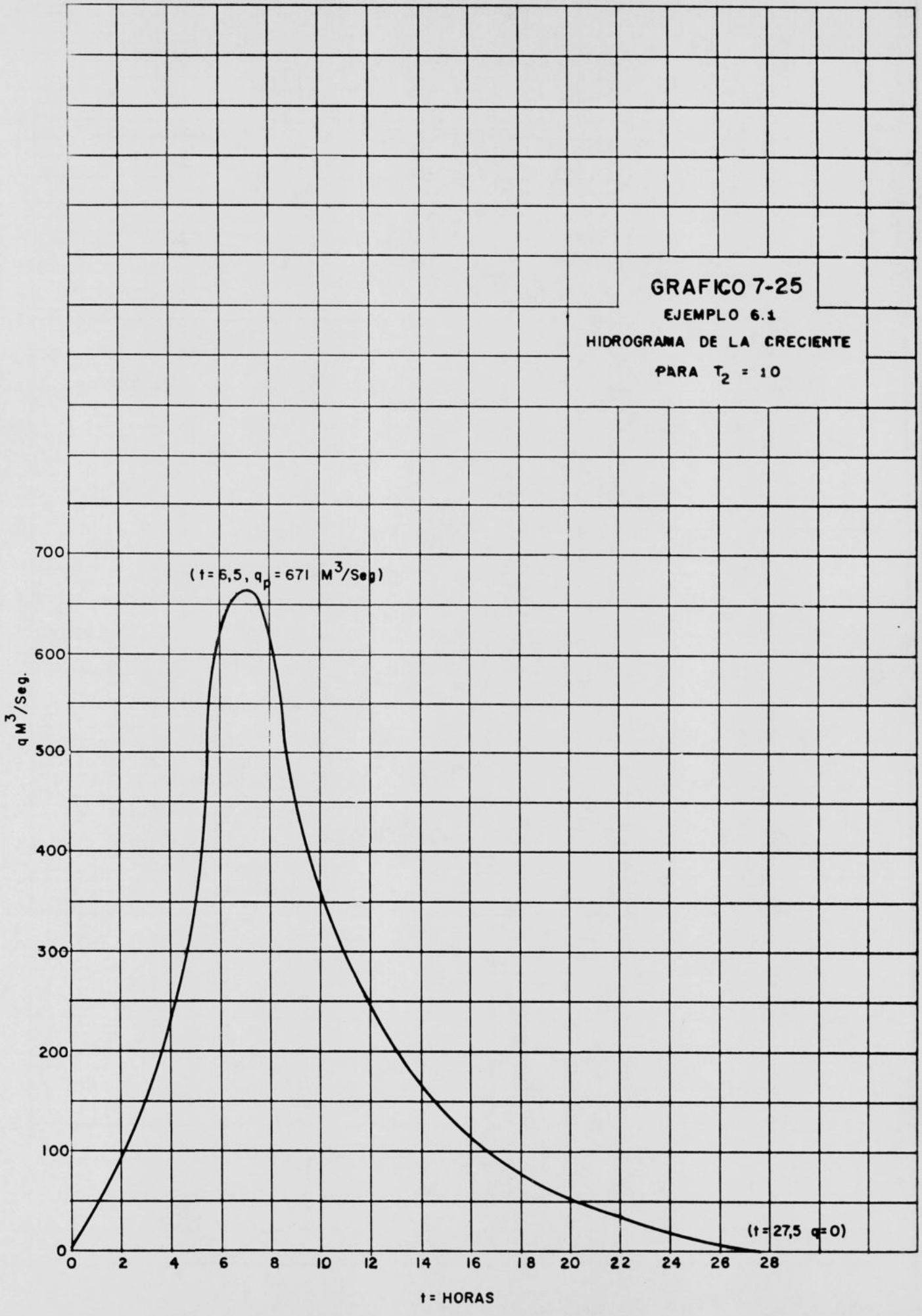

GRAFICO 7-20
REGIONES HIDROGRAFICAS VII Y VIII
$Q_{2.33}$ VS. AREA DE LA CUENCA
1 ARAGUA EN EL RECREO
2 GRANDE EN CARPINTERO
3 GUACARA EN LAS VEGAS
4 GUAIRE EN PICHAO
5 GUAIRE EN HDA. MOPIA
6 GUATAPARO EN CIA. INGLESA
7 LAS MINAS EN BARRANCON
8 LOS GUAYOS EN PTE. LOS GUAYOS
9 MARURIA EN PASO FLORES
10 TOCORON EN PARCELA CHAVERO
11 TUCUTUNEMO EN TUCUTUNEMITO
12 TURMERO EN TURMERO
13 TUY EN EL VIGIA
14 TUY EN TAZON
$Q_{2.33}$ (M^3/S)
AREA EN Km^2


GRAFICO 7-21
RELACION AREA VS. VOLUMEN / Q PICO
VOLUMEN EN M3
PICO EN M3/Seg.
AREA EN Km2
V/P x 10-3
AREA EN KM2
52
48
44
40
36
32
28
24
20
16
12
8
4
10
100
1000
10.000
PAO EN LA BALSA
GUARICO EN BOCA DE CAGUA
COJEDES EN PTE. SAN RAFAEL DE ONOTO
PORTUGUESA EN PTE. PORTUGUESA
MATICORA EN DON PANCHO
STO. DOMINGO EN STO. DOMINGO
TUY EN TAZON
MASPARRO EN PTE. MASPARRO
TINACO EN PTE. TINACO
TIRGUA EN PASO VIBORAL
YARACUY EN PTE. CUMARIPA
SARARE
GUACHE EN PTE. VIEJO
TOCORON EN PARCELA CHAVERO
GUATAPARO EN CIA. INGLESA


GRAFICO 7-22
RELACION DE TIEMPO DE OCURRENCIA DE GASTO MAXIMO EN CRECIENTES Y DEL AREA DE LA CUENCA DE ACUERDO CON LA PENDIENTE
(I) PENDIENTE ALTA
(II) PENDIENTE MEDIA
(III) PENDIENTE BAJA
TIEMPO DE OCURRENCIA GASTO MAXIMO EN HORAS
AREA EN Km.2
COJEDES EN PUENTE SAN RAFAEL DE ONOTO
(III)
(II)
(I)
TIRGUA EN PASO VIBORAL
YARACUY EN PTE. PEÑON
GUARICO EN BOCA DE CASUA
PORTUGUESA EN PTE. PORTUGUESA
PAO EN LA BALSA
MATICORA EN DON PANCHO
TUY EN TAZON
STO. DOMINGO EN STO. DOMINGO
TINACO EN PTE. TINACO
MASPARRO EN PTE. MASPARRO
YARACUY EN PTE. CUMARIPA
SARARE EN SARARE
GUACHE EN PTE. VIEJO
TOCORON EN PARCELA CHAVERO
GUATAPARO EN CIA. INGLESA
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
10
100
1000
10.000


GRAFICO 7-23
(I) RELACION TIEMPO BASE Y AREA DE LA CUENCA
(II) ENVOLVENTE PARA CUENCA MUY POCO PENDIENTE
(III) ENVOLVENTE PARA CUENCA MUY PENDIENTE
TIEMPO BASE - HORAS
AREA EN Km²
0
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
44
48
10
100
1000
10.000
(I)
(II)
(III)
COJEDES EN PTE. SAN RAFAEL DE ONOTO
PAO EN LA BALSA
MANCORA EN DON PANCHO
YARACUY EN PTE. PEÑON
GUARICO EN BOCA DE CAGUA
PORTUGUESA EN PTE. PORTUGUESA
TUY EN TAZON
SANTO DOMINGO EN SANTO DOMINGO
MASPARRO EN PTE MASPARRO
TINACO EN PTE. TINACO
TIRGUA EN PASO VIBORAL
YARACUY EN PTE. CUMARIPE
GUACHE EN PTE. GUACHE
TOCORON EN PARCELA CHAVERO
SARARE EN SARARE
GUATAPARO EN CIA. INGLESA


GRAFICO 7-24
(EJEMPLO 6.1)
CURVA DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
PARA EL RIO TIZNADOS EN EL SITIO DE PRESA
Q M3/SEG.
INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS
1.01
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
30
40
50
100
200


GRAFICO 7-25
EJEMPLO 6.1
HIDROGRAMA DE LA CRECIENTE
PARA T_2 = 10
(t = 6,5, q_p = 671 M^3/Seg)
(t = 27,5 q = 0)
q M^3/Seg.
t = HORAS
0
100
200
300
400
500
600
700
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28

A N E X O A

RIO ACARIGUA EN Puente Acarigua REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 970 Km^2 PERIODO 52/53 - 63/64

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	486	13	1,30	
51/52	(2100)	1	--	Est. en base al río Sarare en A. Bca.
52/53	465	15	1,13	
53/54	1070	5	3.40	
54/55	724	8	2.12	
55/56	640	12	1.41	
56/57	1100	4	4.25	
57/58	420	16	1.06	
58/59	900	6	2.83	
59/60	1500	2	8.50	
60/61	1350	3	5.66	
61/62	712	9	1.88	
62/63	649	11	1.54	
63/64	470	14	1.21	
64/65	(780)	7	--	Est. en base al río Sarare en A. Bca.
65/66	(700)	10	--	" " " " " " " " "

A N E X O A

RIO ARAGUA EN Hacienda El Recreo REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 198 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	49.8	9	2.88	
42/43	60.0	6	4.33	
43/44	17.7	17	1.52	
44/45	28.2	13	2.00	
45/46	22.6	14	1.85	
46/47	6. 0	25	1.04	
47/48	98.0	2	13.	
48/49	76.0	4	6.0	
49/50	9.5	24	1.08	
50/51	77.2	3	8.66	
51/52	16.6	20	1.3	
52/53	16.8	18	1.44	
53/54	29.5	12	2.16	
54/55	168.0	1	26.	
55/56	52.5	7	3.71	
56/57	70.0	5	5.2	
57/58	(35.)	11	---	Est. en base al río Guat. en Cía.Ing.
58/59	(50.)	8	---	" " " " " "
59/60	(10.)	23	---	" " " " " "
60/61	18.0	16	1.62	
61/62	14.5	22	1.18	
62/63	16.7	19	1.36	
63/64	16.1	21	1.23	
64/65	19.5	15	1.73	
65/66	35.3	10	2.6	

A N E X O A

RIO BOCONO EN Peña Larga REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 1.580 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 14 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51				
51/52				
52/53	1150	8	1.87	
53/54	940	12	1.20	
54/55	1210	6	2.50	
55/56	940	13	1.20	
56/57	1085	10	1.50	
57/58	760	14	1.07	
58/59	1450	2	7.50	
59/60	1400	3	5.00	
60/61	1258	5	3.00	
61/62	1041	11	1.36	
62/63	1360	4	3.75	
63/64	1543	1	15.0	
64/65	1200	7	2.14	
65/66	1127	9	1.66	

A N E X O A

RIO COJEDES EN San Rafael REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 4.325 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(85)	23	--	Est. en base al río Tirgua en Paso Vi
				boral.
42/43	260	9	2.77	
43/44	240	10	2.50	
44/45	350	7	3.57	
45/46				
46/47	(435)	6	--	Est. en base al río Tirgua en Paso Vi
				boral.
47/48	(120)	19	--	" " " " " " "
48/49	53,5	24	1.04	
49/50	580	3	8.33	
50/51	(1650)	1	--	
51/52	104	22	1.13	
52/53	110	21	1.19	
53/54	200	11	2.27	
54/55	620	2	12.50	
55/56	177	12	2.08	
56/57	156	16	1.51	
57/58	265	8	3.12	
58/59	162	15	1.66	
59/60	515	5	5.00	
60/61	167	14	1.78	
61/62	152	18	1.38	
62/63	170	13	1.92	
63/64	156	17	1.51	
64/65	(115)	20	--	Est. en base al río Tirgua en P.Vib.
65/66	(550)	4	--	" " " " " " " "

A N E X O A

RIO ESCALANTE EN Ferreira REGION HIDROGRAFICA I

HOYA 3.920 Km^2 PERIODO 1942/43 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
42/43	(385)	6	--	Est. en base al río Motatán
43/44	(335)	8	--	" " " "
44/45	(520)	2	--	" " " "
45/46	(420)	4	--	" " " "
46/47	(245)	16	--	" " " "
47/48	(390)	5	--	" " " "
48/49	(330)	9	--	" " " "
49/50	(250)	15	--	" " " "
50/51	(480)	3	--	" " " "
51/52	(245)	17	--	" " " "
52/53	(220)	18	--	" " " "
53/54	(295)	11	--	" " " "
54/55	263	12	2.08	
55/56	580	1	25.	
56/57	298	10	2.50	
57/58	249	13	1.92	
58/59	205	20	1.30	
59/60	136	23	1.08	
60/61	357	7	3.57	
61/62	119	24	1.04	
62/63	144	22	1.13	
63/64	205	19	1.30	
64/65	248	14	1.78	
65/66	163	21	1.19	

A N E X O A

RIO GRANDE EN Carpintero REGION HIDROGRAFICA VIII

HOYA 719 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(193)	12	--	Est. en base al río Tuy en Tazón.
42/43	(320)	5	--	" " " " "
43/44	156,	15	1.73	
44/45	138,	16	1.62	
45/46	341,	2	13.0	
46/47	184,	13	2.0	
47/48	94,	20	1.3	
48/49	326,	3	8.66	
49/50	325,	4	6.0	
50/51	271,	7	3.71	
51/52	143,	17	1.52	
52/53	67.6	23	1.13	
53/54	374,	1	26.0	
54/55	245,	9	2.88	
55/56	256,	8	3.25	
56/57	297,	6	4.33	
57/58	73.8	22	1.18	
58/59	240,	10	2.6	
59/60	112,	19	1.36	
60/61	(30)	25	--	Est. en base al río Tuy en Tazón.
61/62	(35)	24	--	" " " " "
62/63	89,	21	1.23	
63/64	236,	11	2.36	
64/65	179,	14	1.85	
65/66	127,	18	1.44	

A N E X O A

RIO GUACARA EN Las Vegas REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 75 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(18.)	8	--	Est. en base al río Turmero en Turm.
42/43	(22.)	6	--	" " " " "
43/44	(10.)	20	--	" " " " "
44/45	(17.)	12	--	" " " " "
45/46	(11.5)	17	--	" " " " "
46/47	(17.)	11	--	" " " " "
47/48	(31.)	2	--	" " " " "
48/49	(26.)	4	--	" " " " "
49/50	11.4	18	1.44	
50/51	29.6	3	8.66	
51/52	44.0	1	26.0	
52/53	18.8	7	3.71	
53/54	16.5	13	2.00	
54/55	15.8	15	1.73	
55/56	12.0	16	1.62	
56/57	17.0	10	2.37	
57/58	10.8	19	1.36	
58/59	8.1	22	1.18	
59/60	4.4	24	1.08	
60/61	5.8	23	1.13	
61/62	3.6	25	1.04	
62/63	(9.)	21	--	Est. en base al río Turmero en Turm.
63/64	(25.)	5	--	" " " " "
64/65	(16.)	14	--	" " " " "
65/66	(17.5)	9	--	" " " " "

A N E X O A

RIO GUACHE EN Puente Viejo REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 300 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	175	15	1.13	
51/52	604	4	4.25	
52/53	525	6	2.83	
53/54	540	5	3.40	
54/55	443	8	2.12	
55/56	265	11	1.54	
56/57	340	10	1.70	
57/58	205	14	1.21	
58/59	490	7	2.42	
59/60	170	16	1.06	
60/61	945	1	17	
61/62	230	12	1.41	
62/63	850	2	8.50	
63/64	358	9	1.88	
64/65	221	13	1.30	
65/66	675	3	5.66	

A N E X O A

RIO GUAIRE EN Pichao REGION HIDROGRAFICA VIII

HOYA 807 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(361,)	11	--	Est. en base al río Tuy en El Vigía
42/43	(660,)	3	--	" " " " "
43/44	(316,)	15	--	" " " " "
44/45	(435,)	7	--	" " " " "
45/46	(340,)	13	--	" " " " "
46/47	(444,)	6	--	" " " " "
47/48	(146,)	24	--	" " " " "
48/49	(229,)	19	--	" " " " "
49/50	(328,)	14	--	" " " " "
50/51	(720,)	1	--	" " " " "
51/52	(343,)	12	--	" " " " "
52/53	300,	18	1.44	
53/54	215,	20	1.3	
54/55	450,	5	5.2	
55/56	302,	17	1.52	
56/57	400,	9	2.88	
57/58	168,	23	1.13	
58/59	700,	2	1.3	
59/60	171,	22	1.18	
60/61	(616,)	4	--	" " " " "
61/62	(363,)	10	--	" " " " "
62/63	(179,)	21	--	" " " " "
63/64	(408,)	8	--	" " " " "
64/65	(138,)	25	--	" " " " "
65/66	(316,)	16	--	" " " " "

A N E X O A

RIO GUAIRE EN Hacienda Mopia REGION HIDROGRAFICA VIII

HOYA 1.222 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(137,)	11	--	Est. en base al Río Tuy en El Vigía
42/43	(180,)	4	--	" " " " " "
43/44	(127,)	14	--	" " " " " "
44/45	(132,)	13	--	" " " " " "
45/46	124,	16	1.62	
46/47	159,	5	5.2	
47/48	97.6	21	1.23	
48/49	114,	19	1.36	
49/50	221,	1	26.0	
50/51	205,	2	1.3	
51/52	(133,)	12	--	Est. en base al río Tuy en El Vigía
52/53	(92,)	24	--	" " " " " "
53/54	(151,)	6	--	" " " " " "
54/55	(119,)	17	--	" " " " " "
55/56	(116,)	18	--	" " " " " "
56/57	(149,)	7	--	" " " " " "
57/58	(94,)	23	--	" " " " " "
58/59	(144,)	9	--	" " " " " "
59/60	(97,)	22	--	" " " " " "
60/61	(192,)	3	--	" " " " " "
61/62	(138,)	10	--	" " " " " "
62/63	(98,)	20	--	" " " " " "
63/64	(147,)	8	--	" " " " " "
64/65	(89,)	25	--	" " " " " "
65/66	(127,)	15	--	" " " " " "

A N E X O A

RIO GUARICO EN La Puerta REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 625 Km^2 PERIODO 1940/41 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 26 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
40/41	144	14	1.85	
41/42	330	4	6.00	
42/43	188	9	2.88	
43/44	610	1	26.0	
44/45	282	6	4.33	
45/46	195	8	3.25	
46/47	247	7	3.71	
47/48	148	13	2.00	
48/49	170	11	2.36	
49/50	56	22	1.18	
50/51	415	3	8.66	
51/52	462	2	13.00	
52/53	67	20	1.30	
53/54	49	25	1.04	
54/55	172	10	2.60	
55/56	66	21	1.23	
56/57	51	24	1.08	
57/58	78	19	1.36	
58/59	290	5	5.20	
59/60	53	23	1.13	
60/61	93	18	1.44	
61/62	43	25	1.04	
62/63	136	15	1.73	
63/64	128	17	1.52	
64/65	168	12	2.16	
65/66	129	16	1.62	

A N E X O A

RIO GUARICO EN Boca de Cagua REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 2.040 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(750)	2	--	Est. en base al Río Guárico en La - Puerta.
42/43	(445)	10	--	" " "
43/44	(+1000)	1	--	" " "
44/45	(655)	3	--	" " "
45/46	(455)	8	--	" " "
46/47	(575)	6	--	" " "
47/48	(350)	13	--	" " "
48/49	(400)	11	--	" " "
49/50	(135)	23	--	
50/51	305	14	1.85	Datos de Guárico en Camatagua
51/52	590	5	5.20	
52/53	142	22	1.18	
53/54	240	15	1.73	
54/55	610	4	6.00	
55/56	172	20	1.30	
56/57	153	21	1.23	
57/58	121	25	1.04	
58/59	510	7	3.71	
59/60	135	24	1.08	
60/61	380	12	2.16	
61/62	190	19	1.36	
62/63	204	18	1.44	
63/64	448	9	2.88	
64/65	238	16	1.62	
65/66	215	17	1.52	

A N E X O A

RIO GUATAPARO EN Cía. Inglesa REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 23.5 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(24.0)	8	--	Est. en base al río Aragua en El Recreo.
42/43	(24.1)	7	--	" " " "
43/44	(21.8)	15	--	" " " "
44/45	(22.1)	12	--	" " " "
45/46	(22.0)	14	--	" " " "
46/47	(21.0)	18	--	" " " "
47/48	(26.0)	4	--	" " " "
48/49	(25.0)	5	--	" " " "
49/50	(21.5)	16	--	" " " "
50/51	(25.0)	6	--	" " " "
51/52	26.0	3	8.66	
52/53	22.6	11	2.36	
53/54	26.0	2	13.	
54/55	20.5	21	1.23	
55/56	21.0	17	1.52	
56/57	11.5	25	1.04	
57/58	22.0	13	2.00	
58/59	24.0	9	2.88	
59/60	20.9	19	1.36	
60/61	20.6	20	1.30	
61/62	12.4	24	1.08	
62/63	19.7	22	1.18	
63/64	33.8	1	26.0	
64/65	23.0	10	2.6	
65/66	16.2	23	1.13	

A N E X O A

RIO LAS MINAS EN Barrancón REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 85 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	--	25	--	Est. en base al río Tucutunemo
42/43	--	24	--	" " " "
43/44	(155.)	2	--	" " " "
44/45	(59.)	6	--	" " " "
45/46	53.0	7	3.71	
46/47	21.8	16	1.62	
47/48	25.0	14	1.85	
48/49	67.0	5	5.2	
49/50	28.4	13	2.00	
50/51	154.	3	8.66	
51/52	242.	1	26.	
52/53	15.3	18	1.44	
53/54	8.2	21	1.23	
54/55	40.0	8	3.25	
55/56	28.4	12	2.16	
56/57	13.5	19	1.36	
57/58	17.8	17	1.52	
58/59	36.2	9	2.88	
59/60	2.6	22	1.18	
60/61	2.5	23	1.13	
61/62	95.0	4	6.0	
62/63	8.8	20	1.3	
63/64	(22.3)	15	--	Est. en base al río Tucutunemo
64/65	31.0	11	2.36	
65/66	(33.0)	10	--	" " " "

A N E X O A

RIO LOS GUAYOS EN Pte. Los Guayos REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 114 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(80,)	7	--	Est. en base al río Guacara en L.Veg.
42/43	(118,)	4	--	" " " " "
43/44	(23,)	16	--	" " " " "
44/45	(73,)	8	--	" " " " "
45/46	(37,)	12	--	" " " " "
46/47	(73,)	9	--	" " " " "
47/48	(169,)	2	--	" " " " "
48/49	(134,)	3	--	" " " " "
49/50	(29,)	13	--	" " " " "
50/51	63.5	10	2.6	
51/52	18.7	17	1.52	
52/53	10.0	24	1.08	
53/54	13.2	20	1.3	
54/55	26.5	15	1.73	
55/56	6.7	25	1.04	
56/57	12.4	22	1.18	
57/58	12.7	21	1.23	
58/59	57.6	11	2.36	
59/60	14.6	19	1.36	
60/61	16.9	18	1.44	
61/62	10.4	23	1.13	
62/63	88.8	6	4.33	
63/64	90.9	5	5.2	
64/65	180.0	1	26.	
65/66	28.8	14	1.85	

A N E X O A

RIO MARURIA EN Paso Flores REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 75 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(23.6)	9	--	Est. en base al río Guat. en Cía.Ing.
42/43	(23.8)	8	--	" " " " "
43/44	(23.2)	11	--	" " " " "
44/45	(20.0)	14	--	" " " " "
45/46	(19,9)	15	--	" " " " "
46/47	(18,0)	18	--	" " " " "
47/48	(27,4)	5	--	" " " " "
48/49	(25,4)	6	--	" " " " "
49/50	(19.0)	17	--	" " " " "
50/51	31.0	3	8.66	
51/52	25.0	7	3.71	
52/53	22.2	13	2.00	
53/54	15.0	23	1.13	
54/55	16.0	22	1.18	
55/56	(18.0)	19	--	
56/57	(0,0)	25	--	
57/58	(19,9)	16	--	
58/59	(23.6)	10	--	
59/60	(17.9)	20	--	
60/61	(17.2)	21	--	
61/62	(1.8)	24	--	
62/63	(33.7)	2	(13.)	Datos tomados de Maruria en P. Flores
63/64	(22.7)	12	(2.16)	" " " "
64/65	(33.9)	1	(26.0)	" " " "
65/66	(28.0)	4	(6.0)	" " " "

A N E X O A

RIO MASPARRO EN Puente Masparro REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 495 Km^2 PERIODO 1951/52 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 14 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	--	--	--	
51/52	2650	2	7,50	
52/53	2420	5	3.00	
53/54	3000	1	15.00	
54/55	2300	6	2.32	
55/56	760	13	1.15	
56/57	1715	9	1.66	
57/58	2300	7	2.32	
58/59	2240	8	1.87	
59/60	1475	10	1.50	
60/61	2500	3	5.00	
61/62	764	12	1.25	
62/63	640	14	1.07	
63/64	1000	11	1.36	
64/65	2474	4	3.75	
65/66	--	--	--	

A N E X O A

RIO MATICORA EN Don Pancho REGION HIDROGRAFICA II

HOYA 2.490 Km^2 PERIODO 1959/60 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
42/43	(300)	7	--	Est. en base al río Palmar en Las Mú-
43/44	(180)	19	--	curas. " " " "
44/45	(-)	1	--	" " " "
45/46	(-)	2	--	" " " "
46/47	(-)	3	--	" " " "
47/48	(-)	4	--	" " " "
48/49	(295)	8	--	" " " "
49/50	(380)	5	--	" " " "
50/51	(240)	10	--	" " " "
51/52	(190)	18	--	" " " "
52/53	(154)	20	--	" " " "
53/54	(108)	22	--	" " " "
54/55	(292)	9	--	" " " "
55/56	(380)	6	--	" " " "
56/57	(230)	11	--	" " " "
57/58	(30)	24	--	" " " "
58/59	(146)	21	--	" " " "
59/60	71	23	1.08	
60/61	191	17	1.47	
61/62	197	16	1.56	
62/63	209	14	1.78	
63/64	203	15	1.61	
64/65	203	16	1.61	
65/66	220	12	2.08	

A N E X O A

RIO MORADOR EN Puente Morador REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 615 Km^2 PERIODO 1957/58 - 59/60, 1962/63 - 65/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	(440)	15	--	Est. en base al río Guache en P.Viejo
51/52	(604)	4	--	" " " " " " " "
52/53	(575)	6	--	" " " " " " " "
53/54	(580)	5	--	" " " " " " " "
54/55	(545)	7	--	" " " " " " " "
55/56	(475)	12	--	" " " " " " " "
56/57	(505)	10	--	" " " " " " " "
57/58	450	14	1.21	
58/59	515	9	1.88	
59/60	480	11	1.54	
60/61	(740)	1	--	Est. en base al río Guache en P.Viejo
61/62	(460)	13	--	" " " " " " " "
62/63	704	2	8.50	
63/64	535	8	2.12	
64/65	389	16	1.06	
65/66	(635)	3	--	Est. en base al río Guache en P.Viejo

A N E X O A

RIO MOTATAN EN Agua Viva REGION HIDROGRAFICA I

HOYA 4.200 Km^2 PERIODO 1942/43 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
42/43	495	7	3.57	
43/44	422	9	2.77	
44/45	710	1	25.	
45/46	548	5	5.62	
46/47	285	15	1.66	
47/48	501	6	4.16	
48/49	413	11	2.27	
49/50	290	14	1.78	
50/51	650	2	12.5	
51/52	283	16	1.56	
52/53	245	18	1.38	
53/54	360	13	1.92	
54/55	440	8	3.12	
55/56	640	3	8.33	
56/57	548	4	5.62	
57/58	400	12	2.08	
58/59	143	23	1.08	
59/60	251	17	1.47	
60/61	157	22	1.13	
61/62	421	10	2.50	
62/63	137	24	1.04	
63/64	192	19	1.31	
64/65	158	21	1.19	
65/66	182	20	1.25	

A N E X O A

RIO PAGUEY EN El Paso REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 810 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 T_R $\frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	975	10	1.70	
51/52	640	15	1.13	
52/53	860	13	1.30	
53/54	800	14	1.21	
54/55	583	16	1.06	
55/56	1190	7	2.42	
56/57	1030	9	1.88	
57/58	1450	5	3.40	
58/59	940	12	1.41	
59/60	1330	6	2.83	
60/61	1534	3	5.66	
61/62	1856	2	8,50	
62/63	1882	1	17.00	
63/64	1460	4	4.25	
64/65	959	11	1.54	
65/66	1136	8	2.12	

A N E X O A

RIO PALMAR EN El Diluvio REGION HIDROGRAFICA I

HOYA 888 Km^2 PERIODO 1958/59 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	$n = 24$ $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
42/43	(440)	8	--	Est. en base al río Palmar en Las Mú-
43/44	(255)	15	--	curas. " " "
44/45	( )	1	--	" " "
45/46	( )	2	--	" " "
46/47	(775)	3	--	" " "
47/48	(625)	5	--	" " "
48/49	(430)	9	--	" " "
49/50	(575)	6	--	" " "
50/51	(335)	12	--	" " "
51/52	(240)	18	--	" " "
52/53	(180)	20	--	" " "
53/54	(100)	23	--	" " "
54/55	(425)	10	--	" " "
55/56	(575)	7	--	" " "
56/57	(345)	11	--	" " "
57/58	(30)	24	--	" " "
58/59	125	22	1.13	
59/60	135	21	1.19	
60/61	305	14	1.78	
61/62	246	17	1.47	
62/63	322	13	1.92	
63/64	250	16	1.56	
64/65	238	19	1.31	
65/66	709	4	6.25	

A N E X O A

RIO PAO EN La Balsa REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 2.730 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	(400)	5	--	Est. en base al río Tirgua en P. Vib
51/52	350	9	1.88	
52/53	337	10	1.70	
53/54	358	8	2.12	
54/55	306	11	1.54	
55/56	370	7	2.42	
56/57	220	13	1.30	
57/58	820	1	17.00	
58/59	660	3	5.66	
59/60	520	4	4.25	
60/61	196	15	1.13	
61/62	206	14	1.21	
62/63	157	16	1.06	
63/64	394	6	2.83	
64/65	267	12	1.41	
65/66	(770)	2	--	Est. en base al río Tirgua en P. Vib.

A N E X O A

RIO PORTUGUESA EN Pte. Portuguesa REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 762 Km^2 PERIODO 1952/53 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	$n = 14$ $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	--	--	--	
51/52	--	--	--	
52/53	(370)	6	--	Est. en base al río Boconó en P. Lga.
53/54	(240)	14	--	
54/55	(405)	5	--	
55/56	(240)	13	--	
56/57	(330)	10	--	
57/58	255	12	1.25	
58/59	690	1	15.00	
59/60	350	7	2.14	
60/61	568	2	7.50	
61/62	418	4	3.75	
62/63	340	9	1.66	
63/64	442	3	5.00	
64/65	323	11	1.36	
65/66	346	3	1.87	

A N E X O A

RIO SANTO DOMINGO EN El Curay REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 690 Km^2 PERIODO 1952/53 - 1962/63

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 11 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	--	--	--	
51/52	--	--	--	
52/53	326	10	1.2	
53/54	202	11	1.09	
54/55	419	9	1.33	
55/56	895	4	3.00	
56/57	1267	1	12.0	
57/58	770	5	2.40	
58/59	560	7	1.71	
59/60	(1250)	2	6.00	Datos tomados de Sto. Domingo en Puente
60/61	(1147)	3	4.00	" " "
61/62	(620)	6	2.00	" " "
62/63	(539)	8	1.50	" " "

A N E X O A

RIO SARARE EN Sarare REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 220 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	90	9	1.79	
51/52	118	6	2.83	
52/53	90	10	1.79	
53/54	125	5	3.40	
54/55	141	2	8.50	
55/56	109	7	2.42	
56/57	67	12	1.41	
57/58	68	11	1.54	
58/59	130	4	4.25	
59/60	270	1	17.00	
60/61	94	8	2.12	
61/62	20	14	1.21	
62/63	18	15	1.13	
63/64	140	3	5.66	
64/65	24	13	1.30	
65/66	17	16	1.06	

A N E X O A

RIO SARARE EN Agua Blanca REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 585 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(40)	20	--	Est. en base al río Tuy en Paso Vib.
42/43	375	1	25.00	
43/44	162	3	8.33	
44/45	280	2	12.50	
45/46				
46/47	151	4	6.25	
47/48	81	9	2.77	
48/49	80	10	2.28	
49/50	44	19	1.31	
50/51	(96)	7	--	
51/52	135	5	5.00	
52/53	35	24	1.04	
53/54	95	8	3.12	
54/55	80	11	2.27	
55/56	80	12	2.08	
56/57	36	23	1.08	
57/58	80	13	2.28	
58/59	55	17	1.47	
59/60	100	6	4.16	
60/61	67	16	1.56	
61/62	76	14	1.78	
62/63	39	22	1.25	
63/64	75	15	1.66	
64/65	54	18	1.38	
65/66	(40)	21	--	Est. en base al río Sarare en Sarare.

A N E X O A

RIO SOCUY EN Playa Bonita REGION HIDROGRAFICA I

HOYA 575 Km^2 PERIODO 1959/60 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
42/43	(300)	7	--	Est. en base al río Motatán en A.Viva
43/44	(197)	15	--	" " " " "
44/45	( )	1	--	" " " " "
45/46	( )	2	--	" " " " "
46/47	( )	3	--	" " " " "
47/48	(400)	4	--	" " " " "
48/49	(290)	9	--	" " " " "
49/50	(372)	5	--	" " " " "
50/51	(232)	13	--	" " " " "
51/52	(282)	11	--	" " " " "
52/53	(150)	19	--	" " " " "
53/54	(106)	22	--	" " " " "
54/55	(285)	10	--	" " " " "
55/56	(372)	6	--	" " " " "
56/57	(235)	12	--	" " " " "
57/58	( )	24	--	" " " " "
58/59	(138)	21	--	" " " " "
59/60	149	20	1.25	
60/61	293	8	3.12	
61/62	155	17	1.47	
62/63	105	23	1.08	
63/64	173	16	1.56	
64/65	152	18	1.38	
65/66	225	14	1.78	

A N E X O A

RIO TINACO EN Puente Tinaco REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 625 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	(400)	3	--	Est. en base al río Tirgua en P.Vib.
51/52	265	6	2.60	
52/53	170	14	1.21	
53/54	255	8	2.12	
54/55	1000	1	17.00	
55/56	540	2	8.50	
56/57	205	12	1.41	
57/58	350	5	3.40	
58/59	165	15	1.13	
59/60	380	4	4.25	
60/61	265	7	2.60	
61/62	221	10	1.70	
62/63	213	11	1.54	
63/64	194	13	1.30	
64/65	92	16	1.06	
65/66	(225)	9	--	Est. en base al río Tinaco en Sitio de Presa.

A N E X O A

RIO TINACO EN Sitio de Presa REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 1.330 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 16 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51	(260)	4	--	Est. en base al río Tinaco en Puente Tinaco.
51/52	(165)	8	--	" " " "
52/53	(102)	13	--	" " " "
53/54	(160)	9	--	" " " "
54/55	(650)	1	--	" " " "
55/56	(355)	3	--	" " " "
56/57	(125)	12	--	" " " "
57/58	(225)	5	--	" " " "
58/59	(100)	14	--	" " " "
59/60	375	2	8,5	
60/61	180	6	2,83	
61/62	(137)	10	--	Est. en base al río Tinaco en Puente Tinaco.
62/63	68	15	1.13	
63/64	177	7	2.42	
64/65	57	16	1.06	
65/66	136	11	1.54	

A N E X O A

RIO TIRGUA EN Paso Viboral REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 1.490 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 24 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	129	24	1.04	
42/43	280	15	1.66	
43/44	371	11	2.27	
44/45	835	3	8.33	
45/46				
46/47	(675)	5	--	Est. en base al río Sarare en A. Bca.
47/48	184	19	1.31	
48/49	886	1	25.00	
49/50	305	14	1.78	
50/51	407	10	2.50	
51/52	160	23	1.08	
52/53	170	20	1.22	
53/54	354	13	1.92	
54/55	639	6	4.16	
55/56	360	12	2.08	
56/57	190	18	1.38	
57/58	535	7	3.57	
58/59	230	17	1.47	
59/60	820	4	6.25	
60/61	248	16	1.56	
61/62	165	22	1.13	
62/63	432	8	3.12	
63/64	430	9	2.77	
64/65	170	21	1.22	
65/66	857	2	12.50	

A N E X O A

RIO TOCORON EN Parc. Chavero REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 114 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(25,)	23	--	Est. en base al río Las Minas en Barr.
42/43	(25,)	24	--	" " " " "
43/44	(285,)	1	--	" " " " "
44/45	(123,)	4	--	" " " " "
45/46	(115,)	5	--	" " " " "
46/47	(61,)	15	--	" " " " "
47/48	(66,)	13	--	" " " " "
48/49	(136,)	3	--	" " " " "
49/50	(71,)	10	--	" " " " "
50/51	(71,)	11	--	" " " " "
51/52	51.0	16	1.62	
52/53	193.0	2	13.	
53/54	42.0	19	1.36	
54/55	(91,)	8	--	Est. en base al río Las Miras en Barr.
55/56	100.0	6	4.33	
56/57	44.5	18	1.44	
57/58	66.0	12	2.16	
58/59	22.1	25	1.04	
59/60	27.0	21	1.23	
60/61	26.6	22	1.18	
61/62	100.0	7	3.71	
62/63	27.5	20	1.3	
63/64	63.1	14	1.85	
64/65	50.1	17	1.52	
65/66	(79,)	9	--	Est. en base al río Las Minas en Barr.

A N E X O A

RIO TUCUPIDO EN Puente Tucupido REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 440 Km^2 PERIODO 1950/51 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 15 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
50/51				
51/52	(1240)	4	--	Est. en base al río Masparro en Pte. Masparro.
52/53	(1150)	5	--	" " "
53/54	(1600)	1	--	" " "
54/55	(1100)	6	--	" " "
55/56	(480)	14	--	" " "
56/57	(860)	8	--	" " "
57/58	585	12	1.33	
58/59	710	9	1.77	
59/60	660	10	1.60	
60/61	1270	3	5.33	
61/62	604	11	1.45	
62/63	346	15	1.06	
63/64	1481	2	8.00	
64/65	930	7	2.28	
65/66	540	13	1.23	

A N E X O A

RIO TUCUTUNEMO EN Tucutunemito REGION HIDROGRAFICA IV

HOYA 172 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	4.2	23	1.13	
42/43	4.8	22	1.18	
43/44	81.0	4	6.0	
44/45	34.2	6	4.33	
45/46	25.7	9	2.88	
46/47	84.5	2	13.	
47/48	6.3	21	1.23	
48/49	72.0	5	5.2	
49/50	(10.)	19	--	
50/51	18.6	14	1.85	
51/52	84.0	3	8.66	
52/53	11.5	18	1.44	
53/54	16.6	15	1.73	
54/55	116.	1	26.	
55/56	24.5	10	2.6	
56/57	2.8	25	1.04	
57/58	15.2	16	1.62	
58/59	27.0	7	3.71	
59/60	2.9	24	1.08	
60/61	8.3	20	1.3	
61/62	12.7	17	1.52	
62/63	(22.)	11	--	Est. en base al río Guárico en La Puerta.
63/64	(21.)	12	--	" " "
64/65	(26.)	8	--	" " "
65/66	(21.)	13	--	" " "

A N E X O A

RIO TURMERO EN Turmero REGION HIDROGRAFICA VII

HOYA 192 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(54.)	11	--	Est. en base al río Tuy en Tazón
42/43	(78.)	7	--	" " " " "
43/44	15.4	23	1.13	
44/45	48.0	13	2.00	
45/46	220.	1	26.	
46/47	47.5	14	1.85	
47/48	123.	3	8.66	
48/49	97.6	5	5.2	
49/50	17.5	22	1.18	
50/51	205.	2	13.	
51/52	60.5	9	2.88	
52/53	68.4	8	3.25	
53/54	56.5	10	2.6	
54/55	37.0	17	1.52	
55/56	44.5	15	1.73	
56/57	10.6	24	1.08	
57/58	36.2	18	1.44	
58/59	112.0	4	6.0	
59/60	22.1	19	1.36	
60/61	17.5	21	1.23	
61/62	21.5	20	1.3	
62/63	7.6	25	1.04	
63/64	90.1	6	4.33	
64/65	(44.)	16	--	Est. en base al río Tuy en Tazón.
65/66	(50.)	12	--	" " " " "

A N E X O A

RIO TUY EN Hacienda Tazón REGION HIDROGRAFICA VIII

HOYA 1.180 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

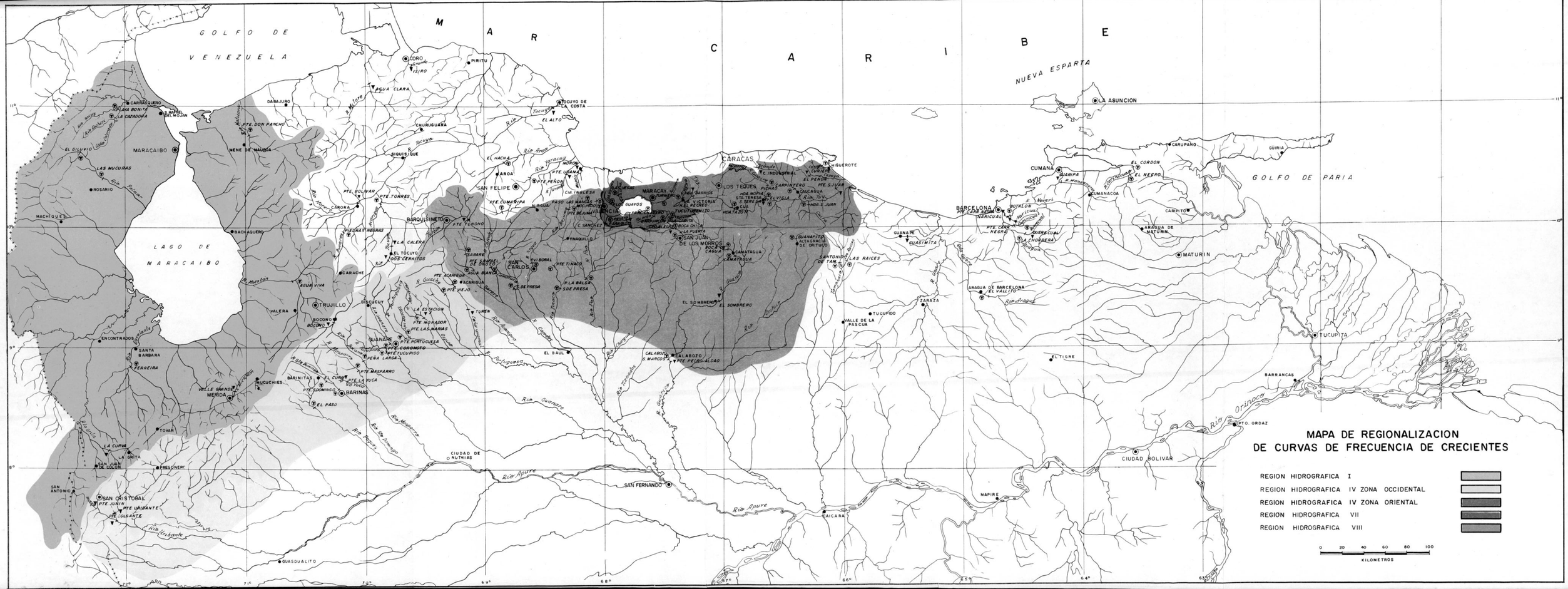
AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	170,	10	2.6	
42/43	290,	2	13.	
43/44	142,	13	2.0	
44/45	213,	5	5.2	
45/46	157,	11	2.36	
46/47	220,	3	8.66	
47/48	99,	23	1.13	
48/49	205,	6	4.33	
49/50	182,	9	2.88	
50/51	385,	1	26.	
51/52	127,	16	1.62	
52/53	43,8	25	1.04	
53/54	200,	7	3,71	
54/55	130,	14	1.79	
55/56	54,	24	1.08	
56/57	90,	20	1.33	
57/58	76,	21	1.23	
58/59	215,	4	6.0	
59/60	90,	19	1.33	
60/61	193,	8	3.25	
61/62	116,	18	1.44	
62/63	62,	22	1.18	
63/64	130,	15	1.79	
64/65	119,	17	1.52	
65/66	150,	12	2.16	

A N E X O A

RIO TUY EN El Vigía REGION HIDROGRAFICA VIII

HOYA 3.620 Km^2 PERIODO 1941/42 - 1965/66

AÑO HIDROLOGICO	CRECIENTE MAXIMA	ORDEN m	n = 25 $T_R = \frac{n+1}{m}$	OBSERVACIONES
41/42	(276,)	11	--	Est. en base al río Tuy en Tazón
42/43	(440,)	3	--	" " " " "
43/44	(238,)	15	--	" " " " "
44/45	(337,)	5	--	" " " " "
45/46	(258,)	13	--	" " " " "
46/47	(344,)	4	--	" " " " "
47/48	99,1	24	1,08	
48/49	167,	19	1.36	
49/50	248,	14	1.85	
50/51	572,	1	26.	
51/52	261,	12	2.16	
52/53	105,	23	1.13	
53/54	330,	6	4.33	
54/55	207,	17	1.52	
55/56	195,	18	1.44	
56/57	320,	7	3.71	
57/58	112,	22	1.18	
58/59	300,	9	2.88	
59/60	123,	21	1.23	
60/61	486,	2	13.	
61/62	277,	10	2.6	
62/63	126,	20	1.3	
63/64	315,	8	3.25	
64/65	91.6	25	1.04	
65/66	(238,)	16	--	Est. en base al río Tuy en Tazón.


MAPA DE REGIONALIZACION
DE CURVAS DE FRECUENCIA DE CRECIENTES
REGION HIDROGRAFICA I
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA OCCIDENTAL
REGION HIDROGRAFICA IV ZONA ORIENTAL
REGION HIDROGRAFICA VII
REGION HIDROGRAFICA VIII
0 20 40 60 80 100
KILOMETROS
GOLFO DE VENEZUELA
MAR CARIBE
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
MARACAIBO
CARACAS
MARACAY
VALENCIA
BARQUISIMETO
SAN FELIPE
CORO
PIRITU
TOCUYO DE LA COSTA
CARORA
TRUJILLO
MERIDA
SAN CRISTOBAL
LOS TEQUES
BARCELONA
CUMANA
CUMANACOA
CARUPANO
GUIRIA
LA ASUNCION
MATURIN
ARAGUA DE MATURIN
TUCUPITA
BARRANCAS
PTO. ORDAZ
CIUDAD BOLIVAR
ZARAZA
TUCUPIDO
VALLE DE LA PASCUA
EL TIGRE
SAN FERNANDO
CALABOZO
EL BAUL
GUANARE
BARINAS
ACARIGUA
VALERA
BOCONO
ENCONTRADOS
SANTA BARBARA
FERREIRA
TOVAR
MUCUCHIES
VALLE GRANDE
EL VIGIA
MENE DE MAUROA
CABIMAS
CIUDAD OJEDA
MACHIQUES
ROSARIO
LAS MUCURAS
EL DILUVIO
CARRASQUERO
PLAYA BONITA
LA CAZADORA
S. RAFAEL DEL MOJAN
DABAJURO
AGUA CLARA
CHURUGUARA
BISQUISIQUE
PTE. DON PANCHO
PTE. BOLIVAR
PTE. TORRES
PIEDRAS NEGRAS
LA CALERA
EL TOCUYO
LOS CERRITOS
CARACHE
AGUA VIVA
BISCUCUY
LA ESTACION
PTE. MORADOR
PTE. LAS MARIAS
PTE. PORTUGUESA
PTE. TUCUPIDO
PEÑA LARGA
PTE. BASPARRO
EL CURA
PTE. LA YUCA
PTE. DOMINGUEZ
EL PASO
LA CURVA
LA GRITA
LA COLON
PTE. LA CONCEPCION
PTE. JUNIN
PTE. URIBANTE
PTE. OBLIGANTE
GUASDUALITO
EL HACHA
BARQUISIMETO
PTE. TERONO
PTE. CUMARIPA
PTE. UMAÑA
PTE. PEÑON
CIA. INGLESA
PASO LAS MANGAS
PTE. BEJUMA
C. SANCHEZ
TINAQUILLO
EL TINACO
LA BALSA
SDE PRESA
EL SOMBRERO
TUREN
CALABOZO
S. MARCOS
PTE. PEDRO ALDAO
CIUDAD DE NUTRIAS
CAICARA
MAPIRE
SAN JUAN DE LOS MORROS
CAMATAGUA
LA PUENTA
LA VICTORIA
EL CONSEJO
LOS GUAYOS
MARACAY
TURMERO
LA ENCRUCIJADA
CUA
HDA. MORA
STA. TERESA
EL VISO
HDA. TAZON
HDA. S. JUAN
CARIPITO
PTE. SAN JUAN
PTE. CARUPANO
PTE. CARNE NEGRA
BARCELONA
GUANAPITO
PTE. CARNICERO
GUANAPE
GUASIMITA
LAS RAICES
SANTO DE TAM
ARAGUA DE BARCELONA
EL VALLITO
BOTALON
QUEBRECUAL
LA CHORRERA
EL CORDON
EL NEGRO
GUARIPA
EL MANTECAL
PTE. CARIPITO
PTE. S. JUAN
PTE. TUY
PTE. CUMANACOA
PTE. CARIPITO
PTE. GUANAPITO
PTE. CARNICERO
PTE. CARNE NEGRA
PTE. BOTALON
PTE. QUEBRECUAL
PTE. LA CHORRERA
PTE. EL NEGRO
PTE. EL CORDON
PTE. GUARIPA
PTE.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO II

PARTE 8

CURVAS TIPICAS DE DURACION DE CAUDALES DE RIOS DE VENEZUELA

Por:

Ingº Arnoldo J. Gabaldón

Caracas, Marzo 1967

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente al personal de la Sección de Fluviometría de la División de Hidrometeorología quienes hicieron posible la elaboración de este trabajo.

I N D I C E

		Pag.
1.	OBJETIVOS	2
2.	CALCULO DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES.	2
3.	REGIONALIZACION DE CURVAS DE DURACION DE CAUDALES.	3
4.	OBTENCION DE CURVAS DE DURACION CUANDO NO SE POSEEN DATOS FLUVIOMETRICOS.	4
5.	APLICACION DE LAS CURVAS DE DURACION DE CAUDALES.	6
6.	CONCLUSIONES	6

5. APLICACION DE LAS CURVAS DE DURACION DE CAUDALES

La aplicación más común de las curvas de duración de caudales se hace en los estudios para determinar el potencial hidroeléctrico de un río. En efecto, si en el caso que se investiga la posibilidad de emplazar presas derivadoras del caudal de un río sin almacenaje, (run of the river) aprovechando un desnivel topográfico para producir energía en una planta hidroeléctrica, (4) las curvas de duración de caudales representan las curvas de producción de electricidad, siempre que se ajusten convenientemente para tomar en cuenta la carga disponible en el sitio y las unidades para transformar unidades de caudal (m3/sr) . en unidades de potencia (Kw).

Así mismo las curvas de duración de caudales son útiles para estimar preliminarmente el tamaño económico de los canales de admisión, cuando se estudia la factiblidad de construir un embalse en un sitio fuera del cauce del río, al cual ha de conducirse el agua para ser almacenada (Caso de Majaguas, Zuata, Taiguaiguay, etc.), o para derivar directamente de un río sin considerar embalse.

6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones a que se llegó en el presente estudio son las siguientes :

(a) El procedimiento de expresar los caudales de un río como porcentaje de su rendimiento promedio, para obtener la curva de duración es un artificio conveniente para regionalizar este tipo de curvas.

(b) La precisión que se obtiene al estimar la curva de duración de caudales de un río, en base a la curva característica de la región y al rendimiento promedio, es suficiente para el caso de la etapa de Estudios Preliminares.

BIBLIOGRAFIA

(1) Linsley, R. K., Kohler, M., Paulhus, J. Hydrology for Engineers. Mc Graw-Hill. New York 1958.

(2) Ven te Chow. Hand book of Applied Hydrology. Mc Graw-Hill 1964.

(3) Lane, E. W. Kailev. Stream Flow Variability. Trans Am. Soc. Civil Engrs. Vol 115. 1950.

(4) Nickdx, G. H., Wessenaver, G. O. Application of Duration Curves to Hydro-Electric Studies. Trans. Amm. Soc. Civil Engrs. Vol. 98, 1933.

TABLA 8-1

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

RIO GUARICO en La Puerta Periodo 1940/41-1964/65

INTERVALO	VALOR MEDIO	NUMERO DE CASOS (MESES)	PORCENTAJE DEL TOTAL DE CASOS	PORCENTAJE DE T con Q MAYOR O IGUAL
18.30 - 22.70	20.49	4	1.33	0.00
16.04 - 18.29	17.16	7	2.33	1.33
13.77 - 16.03	14.90	3	1.00	3.66
11.51 - 13.76	12.64	12	4.00	4.66
9.25 - 11.50	10.38	8	2.66	8.66
6.99 - 9.24	8.12	23	7.66	11.33
5.86 - 6.98	6.42	11	3.66	18.99
4.73 - 5.85	5.29	13	4.33	22.66
3.60 - 4.72	4.16	18	6.00	26.99
2.47 - 3.59	3.03	47	15.66	32.99
2.02 - 2.46	2.24	13	4.33	48.66
1.56 - 2.01	1.79	19	6.33	52.99
1.11 - 1.55	1.33	30	10.00	59.33
.66 - 1.10	.88	48	16.00	69.33
.21 - .65	.43	41	13.66	85.33
0.90 - .20	.14	3	1.00	99.99

TABLA 8-2

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ZONA A

RIOS	PERIODO ANALIZADO	Q MEDIO M^3 /Seg	% T										
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99,9
Acarigua en Pte. Acarigua	50/51-63/64	30.0	375	210	148	120	92	60	44	24	12	8	6
Boconó en Peña Larga	52/53-64/65	72.8	246	170	140	115	90	71	54	38	28	20	2
Guache en Pte. Viejo	50/51-64/65	13.6	314	208	152	120	104	66	41	26	13	9	7
La Yuca en Pte. La Yuca	52/53-64/65	11.8	312	186	142	116	104	76	39	24	12	6	4
Manzanare en Guaripa	41/42-64/65	16.6	342	196	152	120	93	68	49	34	24	16	8
Masparro en Pte. Masparro	51/52-64/65	29.2	268	184	147	120	100	80	58	38	24	12	6
Neverí en Pte. Carretera	46/47-59/60	35.0	340	211	158	117	88	64	44	26	16	10	6
Paguey en El Paso	50/51-64/65	50,1	226	184	154	130	105	83	58	36	23	12	10
Pao en La Balsa	51/52-64/65	24.2	330	248	169	122	87	56	40	21	14	7	4
Tinaco en Pte. Tinaco	51/52-64/65	7.0	426	216	166	120	84	52	32	20	11	8	6
Sarare en Sarare	42/43-64/65	5.54	448	220	152	116	8	69	53	27	13	6	--
Sarare en Agua Blanca	50/51-64/65	1.18	580	207	140	97	77	61	44	28	19	12	--
MEDIANA	--	--	322	202	152	120	92	67	44	26	15	9	6
MAXIMO VALOR	--	--	--	248	169	130	105	83	58	38	28	20	--
MINIMO VALOR	--	--	--	170	140	97	77	52	32	20	11	6	--

TABLA 8-3

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ZONA B

RIOS	PERIODO ANALIZADO	Q MEDIO M^3 /Seg	% T										
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99,9
Aragua en el Recreo	40/41-56/57 60/61-64/65	0, 98	365	184	151	128	101	78	52	40	21	8	2
Capaya en El Peñon	51/52-63/64	3, 05	379	180	133	98	75	61	51	41	32	18	10
Escalante en Ferreira	54/55-64/65	54, 80	610	218	144	94	58	60	37	27	21	15	9
Grande en Carpintero	43/44-59/60 62/63-64/65	7, 44	559	189	125	95	75	63	51	36	21	9	2
Guacara en Las Vegas	49/50-61/62	0, 60	418	242	162	122	75	53	39	25	13	5	0
Guataparo en Co. Ing.	51/52-64/65	0, 30	412	206	150	118	100	78	55	44	32	14	0
Las Minas en Barrancón	45/46-62/63 64/65	0, 16	868	292 *	158	98	60	40	27	18	10	4	0
Los Guayos en Pte. Autp.	49/50-64/65	0, 45	659	216	146	104	70	43	28	11	8	4	0
Morere en Pte. Bolívar	44/45-64/65	7, 19	772	240	132	96	61	38	20	11	8	6	2
Tocorón en parc. Chavero	51/52-64/65	0, 23	856	244	146	110	76	49	26	11	7	4	0
Tocuyo en Dos Cerritos	51/52-63/64	6, 80	322	183	129	106	88	71	56	44	33	16	5
Tocuyo en Pte. Torres	43/44-64/65	11, 80	467	192	142	109	87	66	54	40	22	9	1
Turbio en Pte. Tonono	46/47-53/54 57/58-64/65	2, 83	471	220	133	95	68	55	41	26	19	10	2
Turmero en Turmero	43/44-63/64	0, 81	492	216	153	114	84	57	40	18	7	4	1
Tuy en Hd. Barrios	41/42-64/65	1, 39	444	184	136	109	86	65	56	46	28	10	4
Tuy en Tazón	41/42-64/65	6, 87	436	205	149	119	100	77	54	43	30	13	9
Tuy en el Vigía	46/47-64/65	20, 40	482	187	139	106	80	68	54	35	23	15	10
Tuy en San Juan	52/53-64/65	65, 70	428	174	147	112	86	74	60	44	27	17	10
MEDIANA	---	---	469	205	145	107	78	62	51	35	21	9	2
MAXIMO VALOR	---	---	---	244	162	128	101	78	60	46	33	18	--
MINIMO VALOR	---	---	---	174	125	94	58	38	20	11	7	4	--

(*) Dato Dudoso

TABLA 8-4

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ZONA C

RIOS	PERIODO ANALIZADO	Q MEDIO M^3 /Seg	% T										
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99,9
Cojedes en San Rafael	42/43-63/64	18.9	477	170	130	109	92	76	62	46	32	22	16
Motatán en Agua Viva	41/42-64/65	33.6	393	158	120	98	84	70	62	55	40	27	16
Tirgua en Paso Viboral	41/42-64/65	15.2	295	168	136	115	94	76	62	52	40	29	18
Uribante en Pte. Colgante	49/50-64/65	200.0	252	172	142	118	99	80	61	46	34	23	16
Yaracuy en Pte. Cumaripa	51/52-64/65	1.99	297	158	127	110	95	81	68	56	41	30	17
Yaracuy en Pte. Peñon	43/44-64/65	9.51	351	152	132	108	90	76	64	56	45	32	20
MEDIANA	--	--	351	168	132	110	94	76	62	55	40	29	17
MAXIMO VALOR	--	--	--	172	142	118	99	81	68	56	45	32	--
MINIMO VALOR	--	--	--	152	120	98	84	70	61	46	32	22	--

TABLA 8-5

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ZONA D

RIOS	PERIODO ANALIZADO	Q MEDIO M^3 /Seg	% T										
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99,9
Aragua en La Chorrera	45/46-64/65	2.3	778	256	159	92	47	27	14	11	8	4	2
Guárico en La Puerta	40/41-64/65	3.9	520	225	155	86	65	51	32	21	14	8	3
Guárico en Boca de Cagua	54/55-64/65	14.3	458	240	164	116	67	44	25	14	8	5	2
Guárico en El Sombrero	52/53-64/65	24.9	427	263	175	108	63	36	13	6	4	3	1
Querecual en Botalón	48/49-64/65	2.9	534	208	140	94	70	49	32	22	14	8	3
MEDIANA	--	--	520	240	159	94	65	44	25	14	8	5	2
MAXIMO VALOR	--	--	--	263	175	116	70	51	32	22	14	8	3
MINIMO VALOR	--	--	--	208	140	86	47	27	13	6	4	3	1

TABLA 8-6

CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES ZONA E

RIOS	PERIODO ANALIZADO	Q MEDIO M^3 /Seg	% T										
			0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99,9
Morón en Pto. Morón	44/45-56/57	1.18	1.130	180	130	98	73	58	44	32	19	10	2
	58/59-61/62												
Palmar en Las Múcuras	43/44-64/65	15.1	597	200	148	106	80	67	50	30	15	7	2
Tucunemo en Tucutunemito	47/48-61/62	0.19	631	186	136	99	79	64	48	36	15	5	0
Urama en Puente Urama	44/45-64/65	3.8	826	184	130	103	82	63	47	35	20	12	7
MEDIANA	---	---	728	185	133	101	79	63	47	33	17	8	2
MAXIMO VALOR	---	---	---	200	148	106	82	67	50	36	20	12	7
MINIMO VALOR	---	---	---	180	130	98	73	58	44	30	15	5	0

TABLA 8-7

RIOS ANALIZADOS

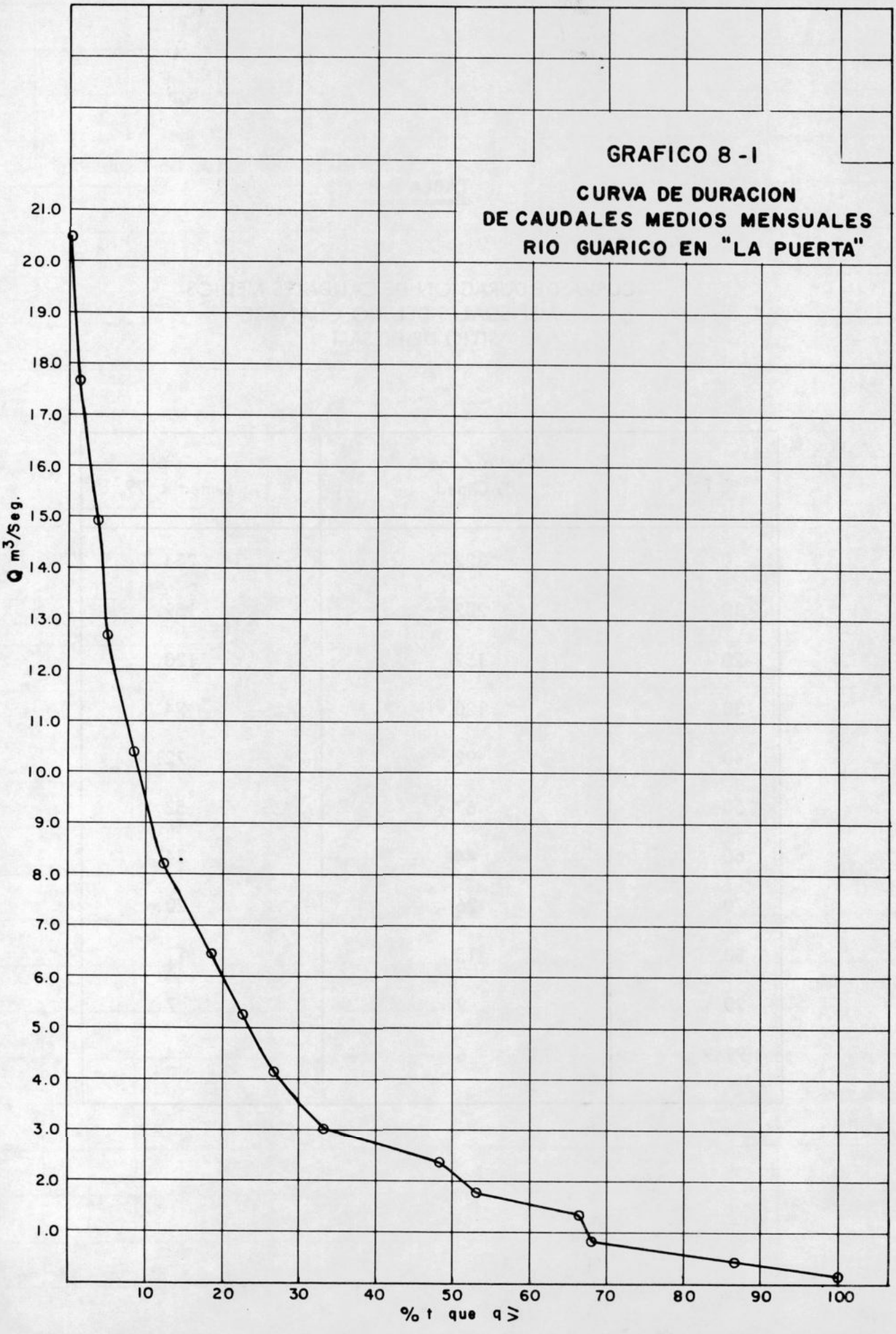
CON MENOS DE 10 AÑOS DE DATOS

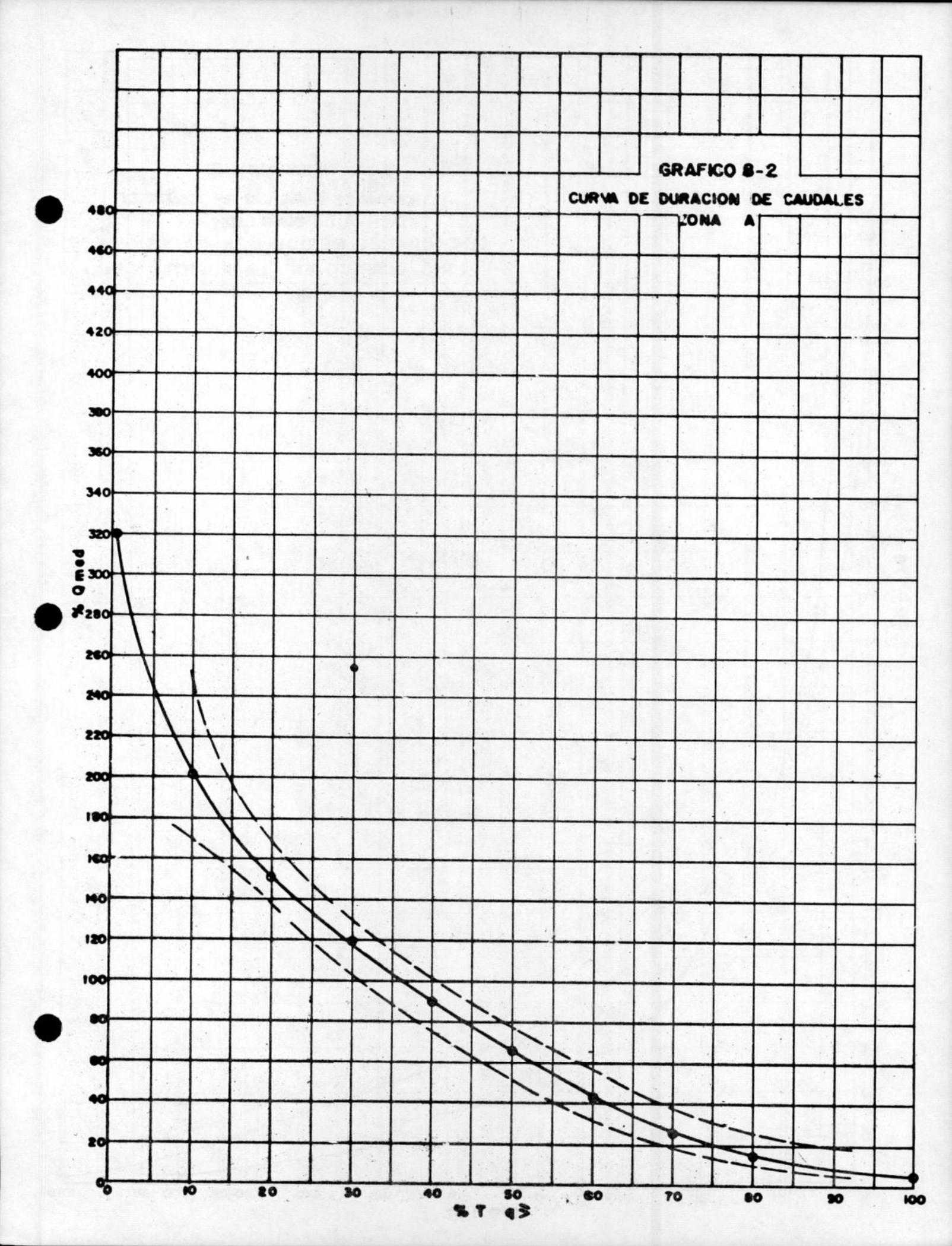
RIO	PERIODO ANALIZADO
Aragua en El Vallito	61/62 - 64/65
Bucare en Piedras Negras	41/42 - 64/65
Camoruco en Sitio de Presa	58/59 - 64/65
Carinicuao en El Negro	61/62 - 65/66
Capiricual en Pte. Carretera	45/46 - 51/52
Las Marías en Pte. Las Marías	57/58 - 64/65
Las Raíces en Las Raíces	61/62 - 64/65
Morador en Pte. Morador	57/58 - 64/65
Ospino en La Estación	57/58 - 64/65
Palmar en El Diluvio	58/59 - 64/65
Portuguesa en Pte. Portuguesa	57/58 - 64/65
Santo Domingo en El Curay	52/53 - 58/59
Socuy en Playa Bonita	59/60 - 64/65
Tamanaco en Sitio de Presa	59/60 - 65/66
Tucupido en Pte. Tucupido	57/58 - 64/65

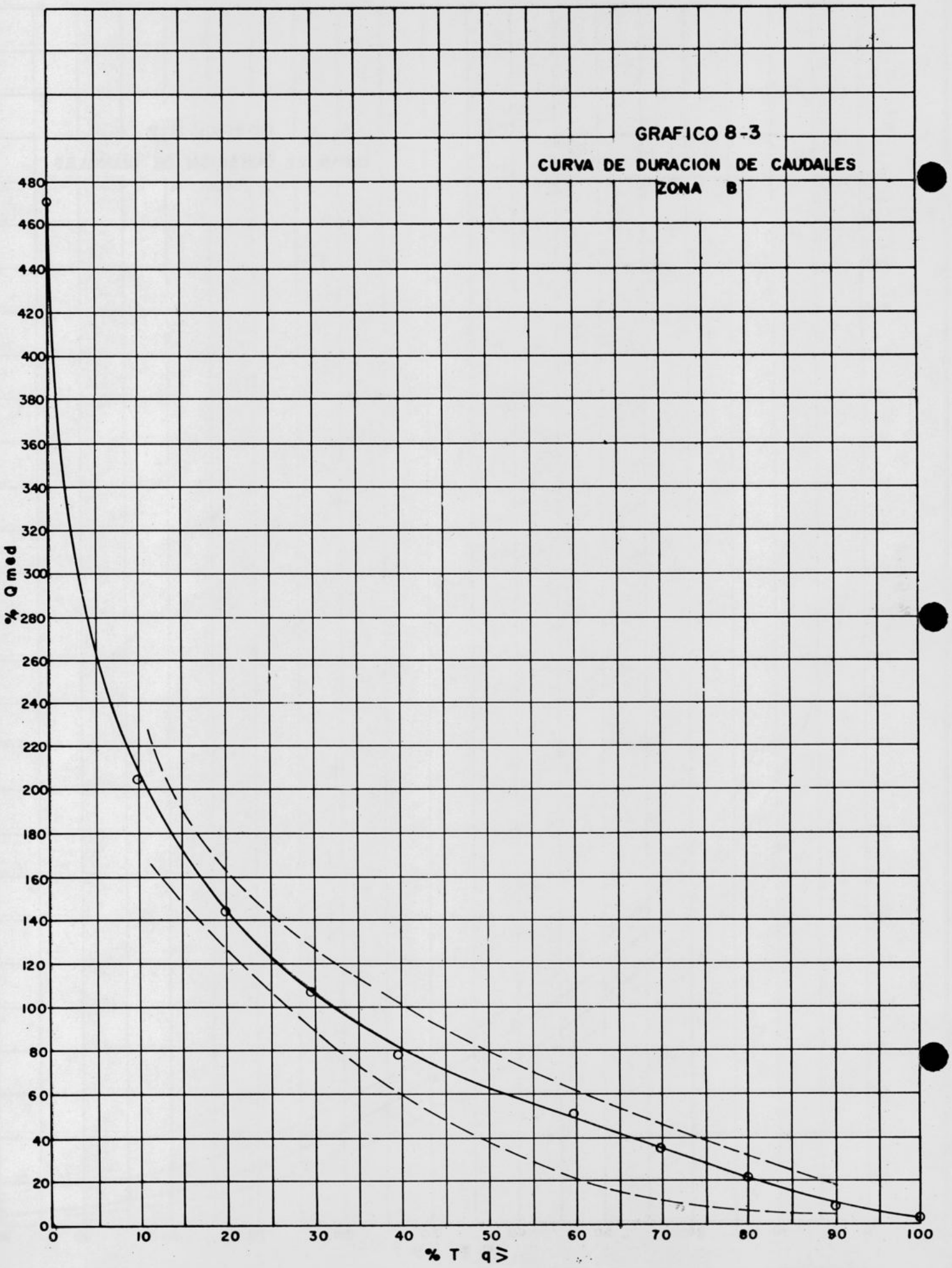
TABLA 8-8

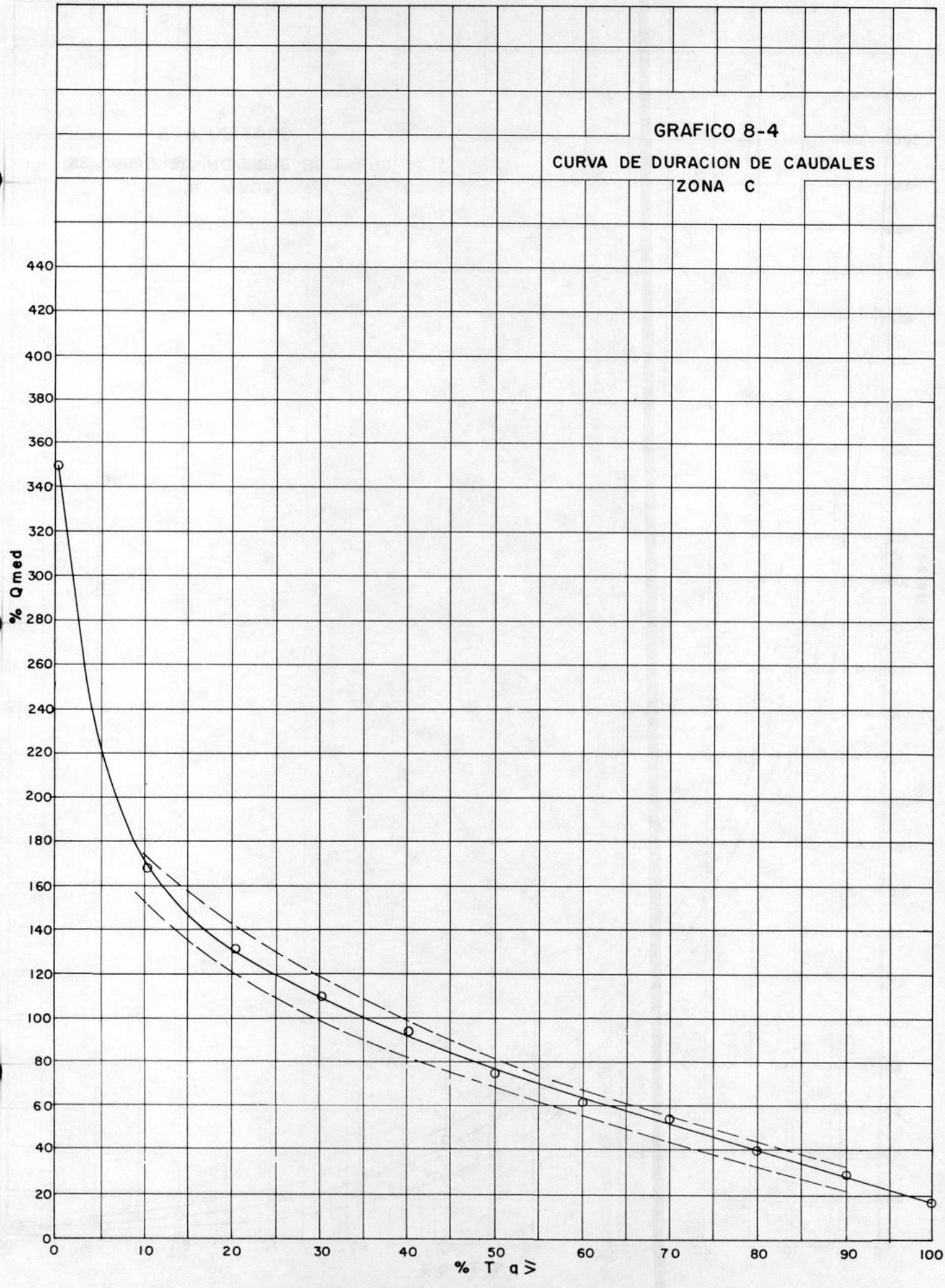
CURVA DE DURACION DE CAUDALES MEDIOS
MENSUALES DEL RIO GUANARE
SITIO DE PRESA 1

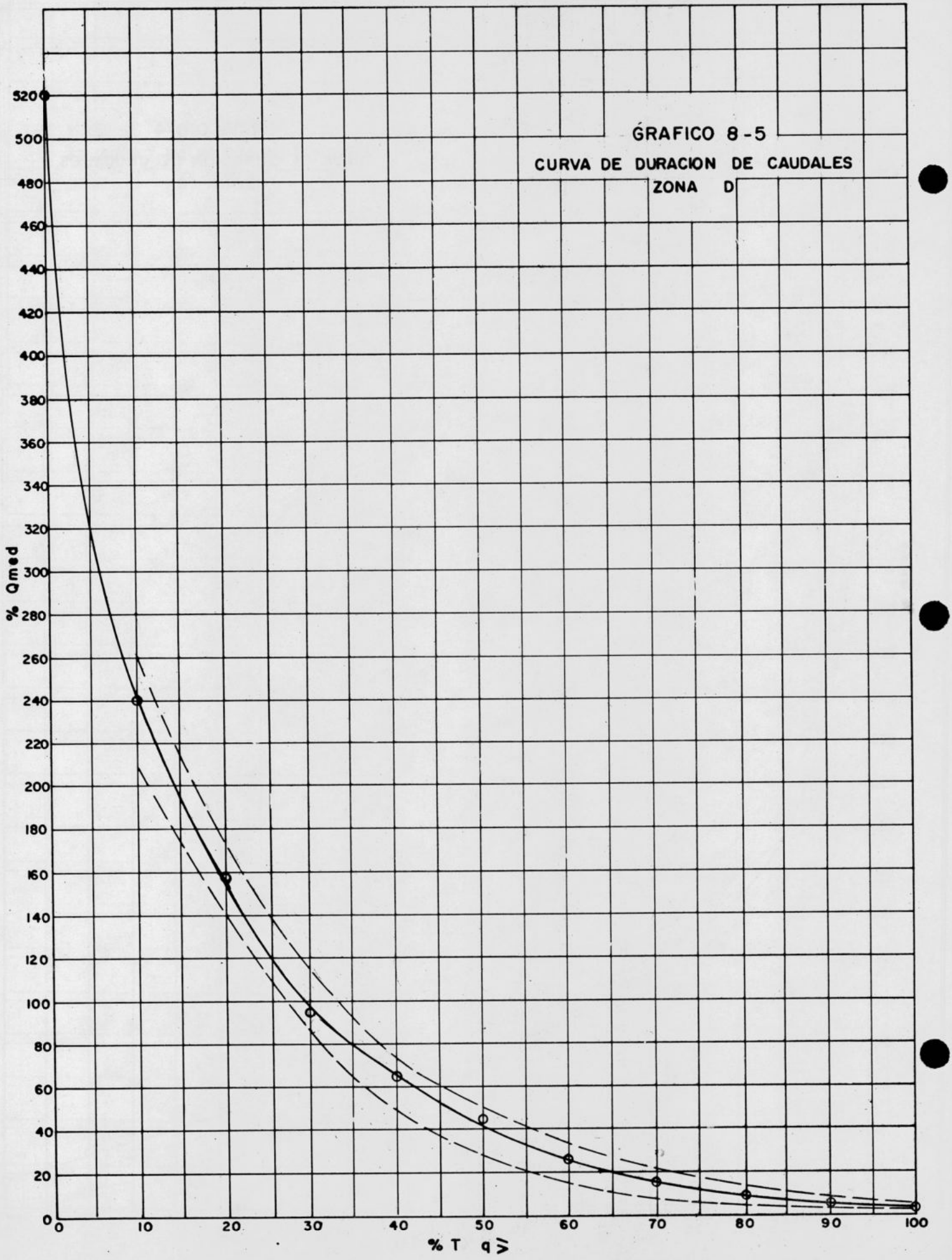
% T	Curva Zona A % Qmed	% Qmed x 79,1
0	322	254.
10	202	159.
20	152	120.
30	120	94.
40	92	72.
50	67	52.
60	44	34.
70	26	20.
80	15	11.
90	9	7.
99.9	6	4.

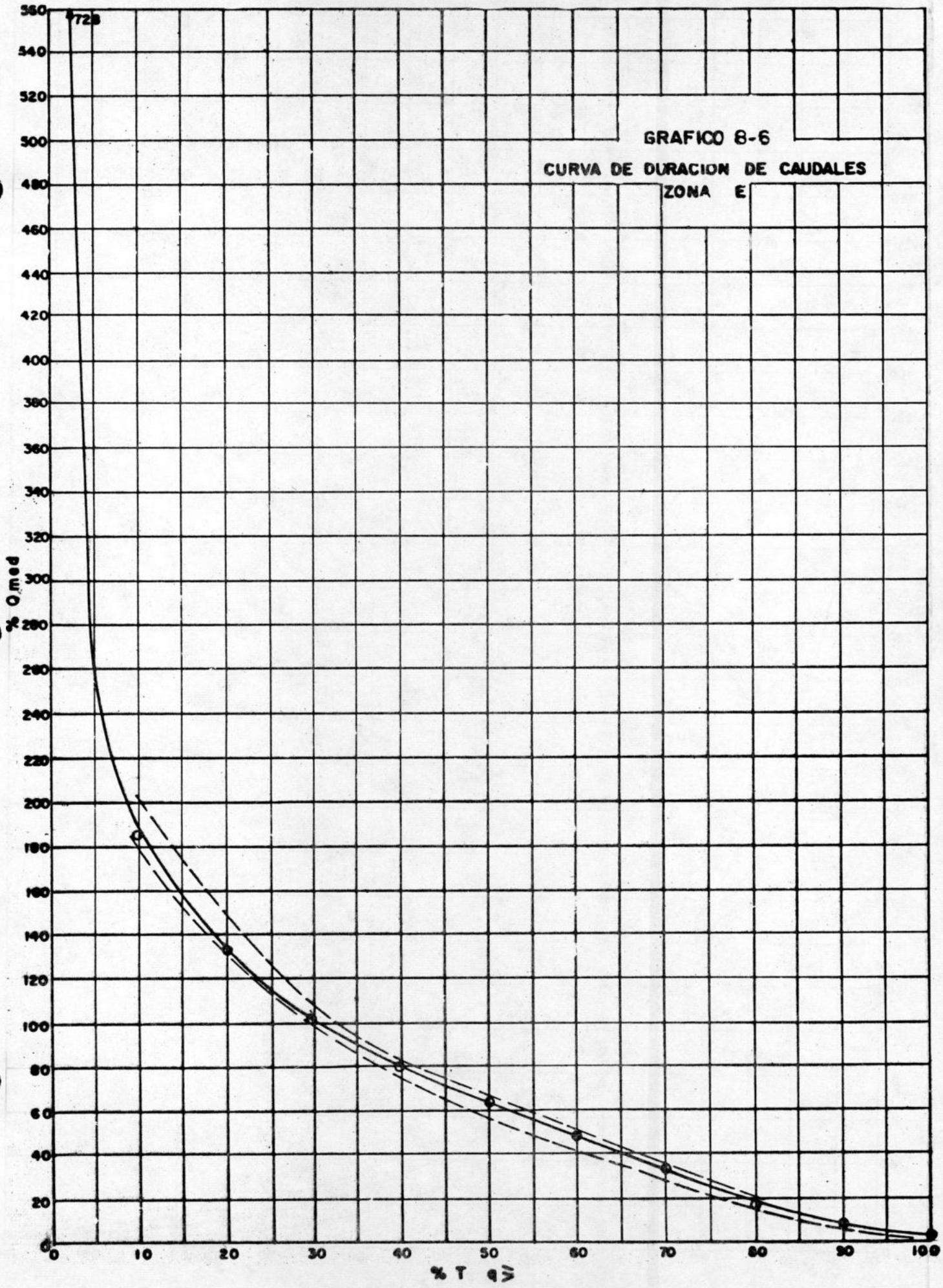

GRAFICO 8 - 1
CURVA DE DURACION
DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
RIO GUARICO EN "LA PUERTA"
Q m³/Seg.
21.0
20.0
19.0
18.0
17.0
16.0
15.0
14.0
13.0
12.0
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% t que q ≥

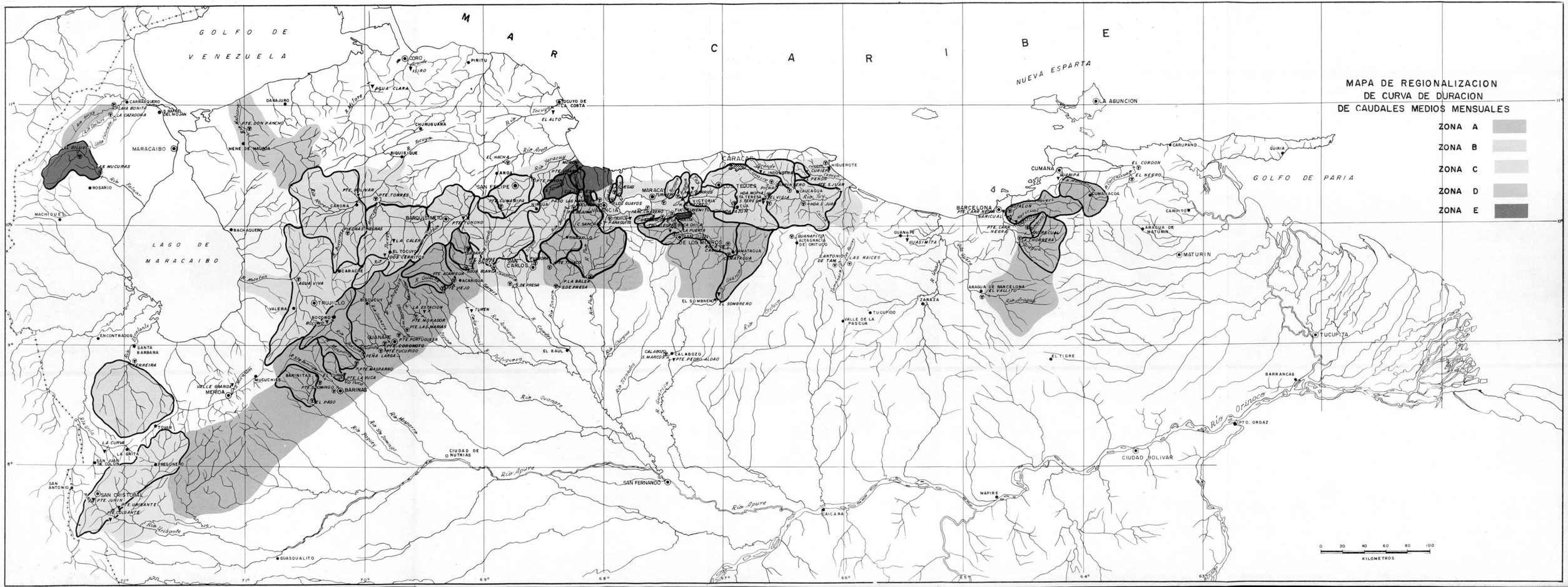

GRAFICO 8-2
CURVA DE DURACION DE CAUDALES
ZONA A
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
m³/s Qmed
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% T q>


GRAFICO 8-3
CURVA DE DURACION DE CAUDALES
ZONA B
% Q med
% T q ≥
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100


GRAFICO 8-4
CURVA DE DURACION DE CAUDALES
ZONA C
% Qmed
% T q ≥
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100


GRAFICO 8-5
CURVA DE DURACION DE CAUDALES
ZONA D
% Qmed
% T q ≥
520
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100


GRAFICO 8-6
CURVA DE DURACION DE CAUDALES
ZONA E
Q med
% T q>


MAPA DE REGIONALIZACION
DE CURVA DE DURACION
DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
ZONA A
ZONA B
ZONA C
ZONA D
ZONA E
MAR CARIBE
GOLFO DE VENEZUELA
LAGO DE MARACAIBO
GOLFO DE PARIA
NUEVA ESPARTA
0 20 40 60 80 100
KILOMETROS

REPUBLICA DE VENEZUELA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CAPITULO III

INFORMACION TOPOGRAFICA

DIVISION DE PLANEAMIENTO

CAPITULO III

INFORMACION TOPOGRAFICA

1. Estimación Aproximada de Volúmenes de Embalses.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

DIVISION DE PLANEAMIENTO

SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO III

PARTE 1

ESTIMACION APROXIMADA DE CAPACIDADES DE EMBALSE

Por:

Ingº Arnoldo J. Gabaldón

Caracas, Enero 1965

INDICE

		Pág.
1.	OBJETIVO	2
2.	DETERMINACION APROXIMADA DE CAPACIDADES DE EMBALSES	2
2.1.	Desarrollo de la Fórmula	2
2.2.	Obtención de la Curva de Elevación-Areas-Capacidades.	3
3.3.	Procedimiento	3
	BIBLIOGRAFIA	4

1. OBJETIVO

En esta parte del Manual se presenta un método sencillo para estimar aproximadamente la capacidad topográfica de un embalse, cuando no se dispone de mapas con curvas de nivel a intervalos pequeños. (2,5, 10 m) Este caso suele ser muy frecuente en la etapa de Estudios Preliminares y por esta razón se ha creído procedente dedicarle particular atención.

2. DETERMINACION APROXIMADA DE CAPACIDADES DE EMBALSE

La determinación de la capacidad de un embalse cuando no se dispone de mapas con curvas de nivel a intervalos pequeños puede facilitarse haciendo uso de una fórmula que relaciona la elevación sobre el fondo del valle en el sitio de presa, el área del vaso para esa elevación y el volumen embalsable hasta esa cota.

2.1 Desarrollo de la Fórmula. La fórmula que relaciona la elevación sobre el fondo del valle en el sitio de presa, el área del vaso para esa elevación y el volumen embalsable, se obtuvo haciendo un gráfico de volumenes - embalsados hasta el nivel normal para una serie de presas venezolanas en las cuales se han efectuado levantamientos topográficos que permiten obtener esos valores con precisión, (Gráfico 1-1) versus el área inundada multiplicada por la altura de la presa hasta dicho nivel.

La ecuación de la recta definida por los puntos así dibujados es la siguiente:

$$Vemb = 0,34 \times A_I \times h$$

en la cual:

Vemb = volumen embalsable
A_I = área inundable para cierta elevación
h = elevación sobre el fondo del valle en el sitio de presa.
0,34 = coeficiente empírico

Esta ecuación se estableció dibujando por los puntos del Gráfico 1-1, la recta " mejor trazada" por métodos estadísticos. En efecto, para una ecuación del tipo :

$$y = bx$$

$$b = \frac{\sum_{1}^{n} X_i Y_i}{\sum_{1}^{n} X_i^2}$$

habiendo resultado el valor de " b " igual a 0,345.

El error promedio que se comete al utilizar la fórmula encontrada es de $\pm$ 10% suponiendo que no hay error apreciable al medir el área del vaso para una cierta elevación.

Mediante esta fórmula es posible utilizar mapas con curvas de nivel a intervalos mucho mayores (20, 40, 50 mts.) para medir las áreas para ciertas elevaciones y computar los volúmenes embalsables para esas cotas.

2.2. Obtención de la curva de Elevación Areas-Capacidades. Se ha observado (1) (2) que las curvas de Elevación-Capacidad al dibujarse sobre un papel log-log constituyen líneas rectas, (ver Gráfico 1-2) es posible entonces definirla fijando dos puntos r. de ella.

Estos puntos se podrán hallar fácilmente mediante la aplicación de la fórmula desarrollada en este trabajo y para lo cual sólo hará falta conocer dos áreas encerradas por curvas de nivel y sus correspondientes alturas sobre el fondo del valle en el sitio de presa. Al dibujar en papel log-log los dos puntos así obtenidos, se puede trazar una línea recta que extrapolada permite definir la curva de Elevación-Capacidad para todo el rango posible de alturas. La curva de Elevación-Area podrá ser hallada dibujando también en papel log-log las áreas conocidas versus sus corrrespondientes alturas.

2.3. Procedimiento. El procedimiento a seguir para obtener curvas de Elevación-Areas-Capacidades de sitios de embalse, cuando sólo se disponen de mapas topográficos con curvas de nivel a intervalos de 20, 40, 50 m etc. podría ser el siguiente :

(a) Se determina para dos alturas medidas desde el fondo del cauce en el sitio de presa, el área encerrada por la curva de nivel.

(b) Se calcula el volumen embalsado hasta esa altura mediante la fórmula :

$$Vemb = 0,34 \times A_I \times h$$

(c) Se dibuja en papel log-log los puntos definidos por los volúmenes embalsados calculados en (b) y las respectivas alturas h. Se traza una recta que se extrapola para el rango posible de alturas, con lo cual queda determinado la curva de Elevación-Capacidades.

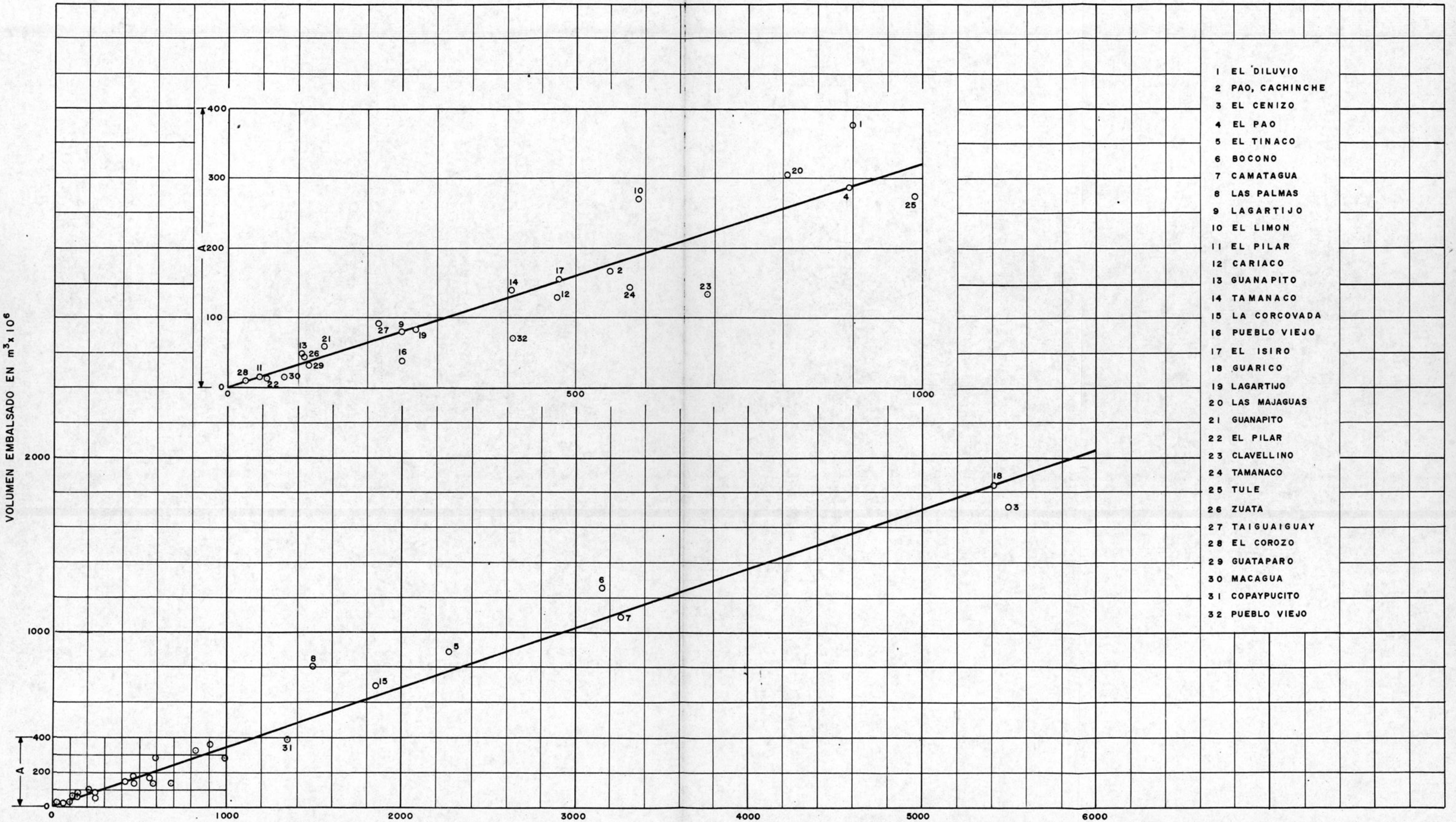
BIBLIOGRAFIA

(1) _____, Plan for Development of the land and Water Resources of the Southeast River Basins appendixes 10 & 11. The report of the United States Study Commission 1963.

(2) Gómez Navarro, J. L. y Aracil, J. J. Saltos de Agua y Presas de Embalse. Tipografía Artística. Madrid 1953.

GRAFICO 1-1

CAPACIDAD DE EMBALSE DE PRESAS VENEZOLANAS



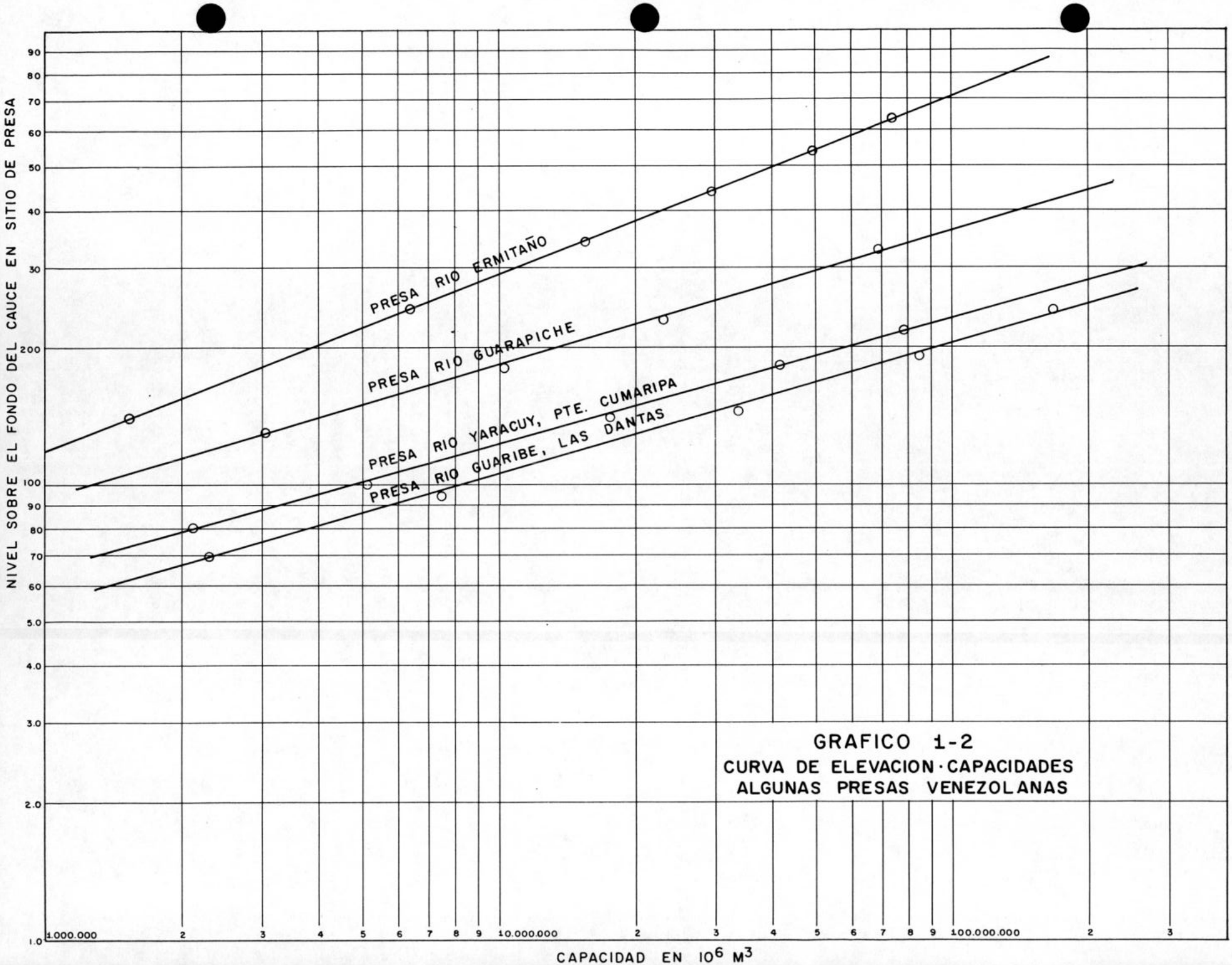


GRAFICO 1-2

CURVA DE ELEVACION-CAPACIDADES
ALGUNAS PRESAS VENEZOLANAS

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

CAPITULO IV

INFORMACION AGROLOGICA

DIVISION DE PLANEAMIENTO

CAPITULO IV

INFORMACION AGROLOGICA

1. Estimación de Requerimientos de Riego.

DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS
DIVISION DE PLANEAMIENTO
SECCION DE INVESTIGACION DE PROYECTOS

CAPITULO IV

PARTE 1

ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Por:

Ingº Arnoldo José Gabaldón
Ingº César Mendoza De Armas

Caracas, Enero 1967

INDICE

		Pág.
1.	OBJETIVO	2
2.	DEFINICIONES	2
2.1.	Evapotranspiración Potencial	2
2.2.	Evapotranspiración Real	2
2.3.	Demanda o Requerimientos Netos de Riego	2
2.4.	Demanda o Requerimientos Bruto de Riego	2
2.5.	Pérdidas	2
2.6.	Areas de Riego	3
3.	DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN EL PAIS	3
3.1.	Escogencia de los datos	3
4.	DATOS DE DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN DIVERSAS LOCALIDADES	4
5.	EJEMPLOS	4
5.1.	Cuando existe información en la zona	4
5.2.	Cuando no existe información en la zona	5
6.	RECOMENDACIONES	5
	ANEXO 1.	

1. OBJETIVO

Es necesario conocer los requerimientos de riego en una zona, con el objeto de poder diseñar la capacidad de riego de un embalse, el caudal que debe garantizarse con una presa de derivación o con una batería de pozos y el tamaño de los canales de distribución.

2. DEFINICIONES

Se dan a continuación las definiciones de los términos de uso más frecuentes.

2.1. Evapotranspiración Potencial. Se denomina evapotranspiración potencial, a la cantidad de agua utilizada en forma de transpiración y evaporación del suelo adyacente por un cultivo verde que cubra uniforme y totalmente el terreno, no debiendo existir limitaciones de agua en ningún momento. En la práctica este término es equivalente al llamado " uso consuntivo ".

2.2. Evapotranspiración Real. Es la cantidad de agua que realmente evapotranspira el cultivo, de acuerdo al agua disponible en el suelo.

2.3. Demanda o Requerimiento Neto de Riego (Dn). Es aquella porción del " uso consuntivo " que debe ser suplida con riego, entendiéndose que el resto se obtiene de la pluviosidad local.

2.4. Demanda o Requerimiento Bruto de Riego (Db). Es la cantidad total de riego suministrada a un cultivo, la cual debe incluir una fracción que se pierda en la conducción y en la aplicación del mismo. En otras palabras es la cantidad de agua necesaria para riego a nivel de las obras de captación o regulación, o sea la demanda bruta es igual a la demanda neta más las pérdidas.

$$Db = Dn + \text{Pérdidas}$$

2.5. Pérdidas. Las pérdidas pueden diferenciarse, en pérdidas durante la conducción y pérdidas durante la aplicación del riego.

La primera es aquella fracción del agua suministrada que se filtra a través del fondo y paredes de canales, que se evapora a partir de su superficie o que se desperdicie en la distribución. La segunda es aquella porción que se pierder por percolación profunda o por escorrentía superficial.

Para los efectos de Estudios Preliminares, la magnitud de las pérdidas se puede estimar equivalente a :

50 % de la demanda bruta para riego por canales revestidos
30% de la demanda bruta para riego por aspersión.

2.6. Areas de Riego. Dos términos deben definirse al hablar de superficies regadas.

(a) Area Neta de Riego. Es el área efectivamente cultivada y la cual debe ser regada.

(b) Area Bruta de Riego. Es toda la superficie afectada por el sistema de riego, la cual comprende las áreas netas o de cultivos, las destinadas a centros poblados, habitaciones, instalaciones, red vial, red de distribución, etc.

El área neta de riego debe ser aproximadamente un 80 % del área bruta.

3. DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN EL PAIS.

A continuación se presenta el procedimiento a seguir cuando se trata de obtener los datos de demanda neta de riego en una zona, para el caso de un proyecto en la fase de estudios preliminares. Debe destacarse, que a pesar de ser esta la etapa primaria de investigación, los cálculos de la demanda neta de riego son básicos para determinar con cierta exactitud el potencial de los proyectos de la cuenca y por lo tanto no deben escatimarse esfuerzos para lograr datos precisos.

3.1. Escogencia de los datos. Para escoger los datos de demanda neta de riego se presentan dos situaciones :

(a) Cuando existe información en la zona propiamente y

(b) Cuando no existe información.

3.1.1. Cuando existe información en la zona. En el aparte 4, se incluye una lista de las localidades del país para las cuales la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas ha efectuado cómputos de demanda neta de riego, mediante el método de Thormthwaiteo por evaporación en tinas, afectadas por un coeficiente. Además se incluyen los valores mensuales de dichas demandas para el año más representativo.

Por lo tanto para obtener esta información se deberá buscar en dicha lista

si existen valores para la zona en estudio y utilizarlos en dado caso.

3.1.2. Cuando no existe información en la zona. Cuando no existen cálculos previos de demanda neta de riego en la localidad del proyecto, se deberá seguir el siguiente procedimiento :

(a) Se buscan las localidades que disponen de datos de demanda de riego y pluviometría y que esten situadas en la vecindad de la zona en cuestión, seleccionandose aquellas cuya elevación no defiera en más de 100 m con ésta.

(b) Se comparan los datos de la pluviometría de las zonas con la de localidades vecinas seleccionadas de acuerdo al punto (a). Esta comparación, deberá hacerse con los promedios mensuales y promedios anuales de precipitación.

(c) Se escoge la localidad vecina que tiene una precipitación cuya distribución promedio mensual es más semejante a la de la zona en estudio y con un promedio anual que no difiera en más de un 10 % de ésta.

(d) Se consideran como datos de demanda neta de riego en la zona, los de la localidad seleccionada de acuerdo al punto c.

4. DATOS DE DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN DIVERSAS LOCALIDADES

En el Anexo A se incluye un índice por estados, de aquellas localidades del país para las cuales la División de Edafología de la Dirección de Obras Hidráulicas ha efectuado cálculo de demanda neta de riego. En dicho índice aparecen los nombres de las localidades o estaciones, su latitud y longitud, su elevación sobre el nivel del mar el período de cálculo y el año más representativo, que es el más semejante al promedio del período analizado.

En la Tabla A-1 aparecen los datos de demanda neta de riego para el año más representativo de las estaciones incluídas en el índice.

5. EJEMPLOS

5.1. Cuando existe información en la zona. Se desean conocer las demandas de riego en el sistema de riego de Guanapito en el Estado Guárico. Se busca en el índice de localidades con estimación de demandas de riego y se encuentra que para Altagracia de Orituco existen datos. Se extraen

los datos de la tabla para localidades del Estado Guárico, estos datos son :

DEMANDA NETA DE RIEGO

LOCALIDAD	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	E	M	ANUAL
Altagracia de Orituco	148	0	27	5	0	0	0	77	108	112	106	142	725

5.2. Cuando no existe información en la zona. Se desean obtener las demandas de riego en el valle del río Bucare, Estado Lara, adyacentes al sitio de El Trentino. Al revisar la ubicación de esta zona y las localidades para las cuales existen datos en el Estado Lara, encontramos que no hay información. Buscamos entonces aquellas localidades vecinas que tienen cálculos de demanda neta de riego y además poseen información pluviométrica mensual.

Encontramos que en la vecindad hay información para :

ELEVACION

Burere	430	m. s. n. m.
Puricaure	500	"
Sicarigua	540	"

Por ser la elevación de " El Trentino " de 565 m.s.n.m. debemos entonces comparar los datos de pluviometría mensual con Puricaure y Sicarigua, cuya elevación no difiere en más de 100 mts. descartándose a Burere por existir una diferencia de elevación de 135 mts. Para esto en la Tabla 1-1 aparecen los promedios mensuales de precipitación en Puricaure. Sicarigua y El Trentino durante el período 1960-1965. En el Gráfico 1 se han dibujado los promedios mensuales de precipitación para las tres estaciones, observándose que existe gran similitud entre el Trentino y Puricaure, además de que sus promedios anuales durante el período solo difieren en 1026-964=62 mm. Por estas razones se seleccionarán los datos de demanda de riego en Puricaure, como representativo de la zona de El Trentino y queda solucionado el problema.

6. RECOMENDACIONES

Se cree muy recomendable ampliar en el futuro el número de localidades con cómputo de demanda neta de riego, mediante la información suministrada por las estaciones evapométricas existentes en el país y afectando sus datos por los coeficientes evaporimétricos propios de cada lugar.

Así mismo, se cree muy conveniente la elaboración de mapas de demandas netas de riego anuales y mensuales.

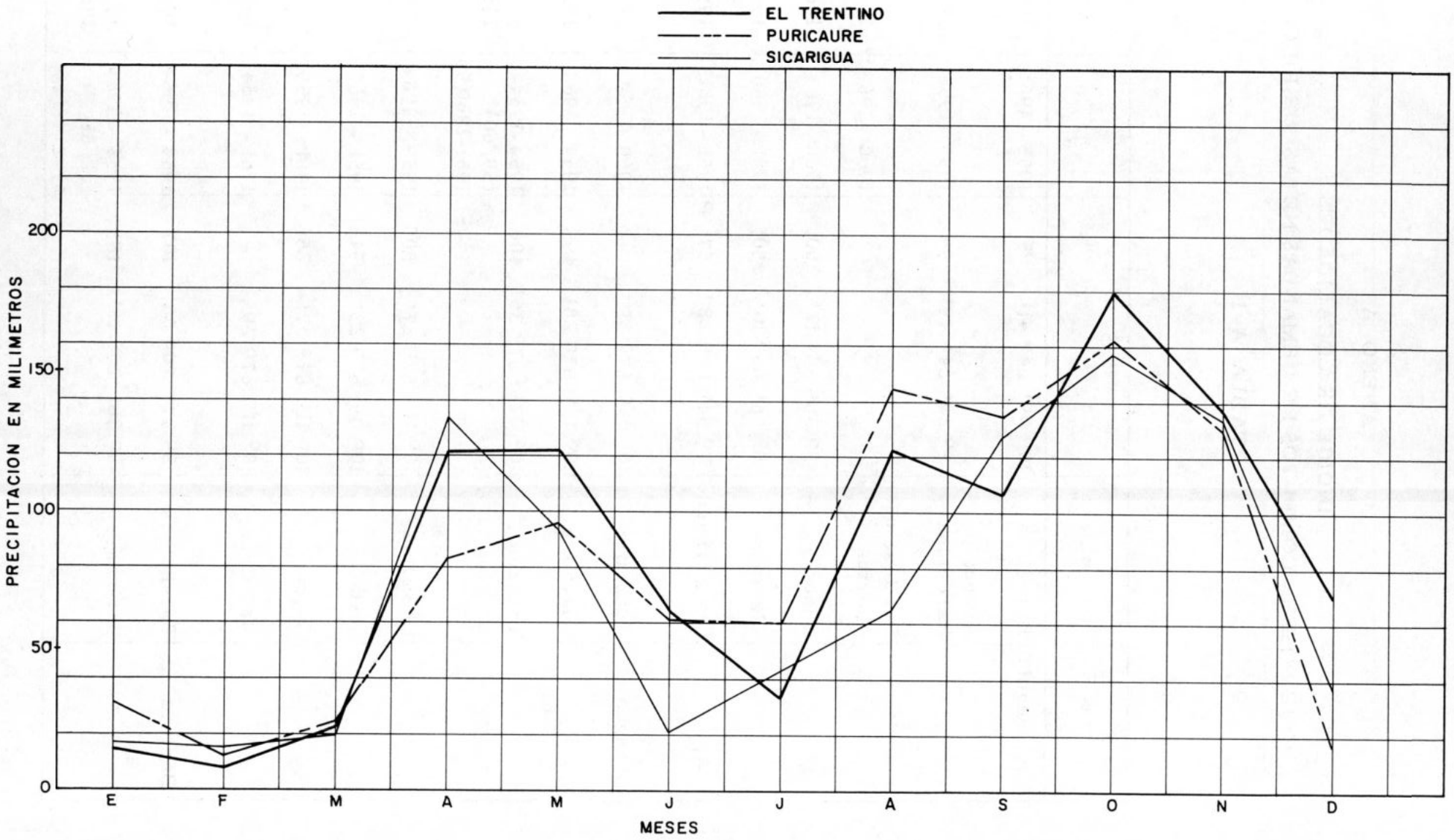
TABLA 1-1

PROMEDIOS DE PRECIPITACION MENSUAL PARA EL PERIODO 1961 - 1965

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROMEDIO ANUAL
PURICAURE	31	13	24	83	97	62	61	145	135	162	130	16	964
Sicarigua	17	16	20	135	95	22	42	66	128	157	134	37	874
El Trentino	15	8	23	121	122	64	34	123	107	180	137	70	1026

GRAFICO 1-1

PROMEDIOS DE PRECIPITACION MENSUAL PARA EL PERIODO 1965/66



ANEXO A

INDICE DE LOCALIDADES

QUE POSEEN COMPUTOS DE DEMANDAS NETAS DE RIEGO

TABLA A-1

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	COORDENADAS LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m.	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Anzoátegui	Barcelona	10° 09'	64° 41'	5	1955 - 1961	1956-1957
"	Aragua de - Barcelona	9° 28'	64° 49'	96	1939 -1956	1939-1940
"	San José de - Guaribe				1960 - 1963	1960-1963
"	Onoto	9° 36'	65° 12'	200	1960 -1963	1960-1963
"	Clarines	9° 56'	65° 10'	50	1951 - 1960	1951-1960
Apure	San Fernando	7° 54'	67° 28'	57 P	1951 - 1961	1951-1961
Aragua	Gonzalito	10° 13'	67° 31'	--	1960 -1964	1961-1962
"	Guayabita	10° 15'	67° 28'	495	1954 - 1964	1954-1955
"	Tocorón	10° 07'	67° 35'	400	1954-1964-(59/60) 1951-1960(55)	1959-1960
"	El Palmar	10° 11'	67° 27'	500	1959 - 1964	1963-1964
"	Suata	10° 09'	67° 23'	548	1951 - 1960	1956
"	Cagua	10° 11'	67° 27'	256	1951 - 1955	1952
"	Sta. Cruz	10° 11'	67° 29'	--	1961 - 1964	1961-1962
Barinas	Toreño	8° 27'	70° 00'	107	1954 - 1964	1962 -1963
"	Barinas	8° 38'	70° 12'	185	1954 - 1964 (60/61) 1942-46(46)	1960-1961

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	COORDENADAS LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m.	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Barinas	Caroní Hato	8° 27'	70° 09'	150	1957- 1964	1962-1963
"	Quebrada Seca.	8° 42'	70° 18'	250 P	1952 -1963	1952-1963
"	Marqueseña	8° 50'	70° 03'	300 P	1957 -1964	1952-1963
"	Barinitas	8° 45'	70° 24'	450 P	1952 -1963	1952-1963
Bolívar	Upata	8° 01'	62° 24'	340	1953- 1963	1961-1962
"	Tumeremo	7° 17'	61° 27'	18	1939 - 1946	1945-1946
"	Puerto Ayacucho.				1959 -1966	1962-1963
Carabobo	Vigirima	8° 01'	67° 53'	438	1952 -1961	1959-1960
"	Valencia	10° 11'	67° 59'	650	1952 -1962- (57/58) 1942 - 1946 (45)	1957-1958
"	El Trompillo				1960 -1964	1962-1963
"	Guacara	10° 14	67° 53'	350	1951 -1962	1957-1958
"	Puerto Cabello.	10° 28'	68° 00'	5	1955 -1965	1962-1963
Cojedes	Morita	9° 39'	68° 16'	---	1954 - 1962	1960-1961
"	Galera	9° 28'	68° 10'	---	1959 -1962	1960-1961
"	Tinaco	9° 42'	68° 26'	143	1953 -1962	1959-1960
"	Baúl	8° 58'	68° 18'	102	1952 -1962	1959-1960
"	Vegas	9° 31'	68° 38'	150	1953 -1964	1963-1964

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	COORDENADAS LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m.	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Cojedes	Caño Benito	9° 19'	68° 10'	160	1953 - 1964	1962-1963
"	Pao-Oficina	9° 38'	68° 08'	160	1952 - 1962	1956-1957
"	San Carlos	9° 39'	68° 36'	140	1942 - 1946	1945
"	Lagunita	09° 21'	68° 41'		1956 -1964	1963-1964
"	Guayabito	09° 00'	68° 30'		1957 - 1965	1962-1963
"	Santa Teresa	09° 36'	68° 51'		1956 - 1964	1958-1959
"	Vegas	09° 30'	68° 37'		1959 - 1965	1964-1965
"	Retazo	09° 38'	68° 34'		1959 - 1965	1960-1961
Falcón	Coro	11° 23'	69° 45'	20	1942 - 1946 1951 - 1961	1956 -1957
"	Cumarebo	11° 29'	69° 20'	16	1956 - 1962	1958-1959
"	Tocuyo de La Costa	11° 02'	68° 22'	12	1963-1965	1963-1964
"	El Hacha	10° 31'	68° 51'	50	1959 -1961	1960-1961
"	Curari	11° 20'	68° 58'	---	1959 - 1964	1961-1962
"	Matícora			---	1962 - 1966	1963-1964
"	Quisiro	10° 53'	71° 17'	---	1959 - 1966	1961-1962
"	Don Pancho	10° 44'	71° 00'	---	1959 - 1966	1965-1966
Guárico	Altagradia de Orituco.	9° 52'	66° 23'	359	1952 - 1960 (56/57) 1952 - 1960 (60)	1956-1957
"	Carrizal	9° 25'	66° 55'	160	1953 - 1964	1963-1964

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Guárico	San Fco. de Tiznado.	9° 37'	67° 35'	250	1953 - 1964	1963-1964
"	San Juan de los Morros	9° 53'	67° 27'	430	1952 -1960	1959-1960
"	Kilómetro 133	9° 33'	65° 37'	---	1960 - 1964	1963-1964
Lara	Burere				1961 - 1965	1964-1965
"	Puricaure	10° 06'	70° 27'	500	1954 - 1963	1961-1962
"	Curarigua	10° 00'	69° 57'	100	1955 - 1964	1960-1961
"	Sarare	9° 46'	69° 90'	450	1954 - 1964	1961-1962
"	Atarigua	10° 05'	69° 50'	450	1955 - 1964	1956-1957
"	Sanare	9° 44'	69° 39'	1352	1950 - 1964	1957-1958
"	Sba. Grande	10° 04'	70° 02'	570	1954 - 1964	1962-1963
"	Río Tocuyo	10° 16'	69° 56'	350	1954 - 1964	1962-1963
"	Tocuyo Caja de Agua	9° 47'	69° 47'	900	1954 - 1964	1961-1962
"	Sicarigua	9° 59'	70° 07'	600	1955 - 1956	1961-1962
Mérida	Lagunillas	8° 30'	71° 23'	1079	1955 - 1965	1957-1958
"	Vigía	8° 36'	71° 38'	130	1953 - 1965	1960-1961
Miranda	Cúa-Tovar	10° 09'	66° 53'	240	1951 - 1961	1950-1960
"	Mondragón	10° 29'	66° 07'	40	1950 - 1963	1953-1954
"	Tacarigua de Mamporal	10° 23'	66° 09'	23 P	1949 - 1962	1949-1962

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	COORDENADAS LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m.	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Miranda	Caucagua	10° 16'	66° 22'	60 P	1950 - 1960	1950-1960
"	Colonia Mendoza.	10° 10'	66° 54'	240 P	1943 - 1946	1943-1946
"	Capaya	10° 25'	66° 16'	65 P	1941 - 1950	1941-1950
"	Guatire	10° 28'	66° 32'	323 P	1943 - 1946	1943-1946
"	Araguita	10° 13'	66° 27'	60 P	1950 - 1962	1950-1962
"	Petare	10° 28'	66° 48'	844	1953 - 1963	1959-1960
Monagas	Maturín	9° 45'	61° 11'	70 P	1951 - 1961	1951-1960
Portuguesa	Acarigua	9° 33'	69° 11'	186	1956 - 1965	1962-1963
"	San Rafael de Onoto	9° 40'	68° 59'	190	1954 - 1964	1960-1961
"	Guanare Parroquia	9° 03'	69° 45'	172	1954 - 1964	1960-1961
"	Ospino	19° 17'	69° 26'	P	1952 - 1963	1952-1963
"	Aguas Blanca (Hda)	9° 39'	69° 06'	171 P	1953 - 1963	1952-1963
"	Coromoto	9° 07'	69° 44'	180 P	1952 - 1963	1957-1964
"	Boconó Caserío.	8° 51'	69° 57'	180 P	1953 - 1963	1952-1963
"	Guache (Hda)	9° 26'	69° 22'	350 P	1953 - 1963	1953-1963
Sucre	El Pilar	10° 32'	63° 10'	100	1954 - 1959	1958-1959
"	Cumaná	10° 27'	64° 10'	20	1942 - 1946	1943
"	Cariaco-Silo	10° 30'	63° 36'	3	1943 - 1946	1944

ESTADO	ESTACION	COORDENADAS LATITUD	LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m	REGISTRO AÑOS	AÑO REPRESENTATIVO
Táchira	Navay	7° 36'	71° 24'	138	1953 - 1964	1957-1958
"	Doradas	7° 33'	71° 56'	250	1954 -1964	1957-1958
"	Ornuquena	8° 16'	72° 02'	400	1954 - 1963	1958-1959
"	Fría	8° 13	72° 15'	120	1953 - 1964	1960-1961
Trujillo	Cenizo Campamento Vivian	9° 32'	70° 40'	80	1955 - 1964	1963-1964
"	El Jaguito	9° 35'	70° 44'	--	1956 - 1964	1963-1964
Yaracuy	San Felipe				1950 - 1962	1950-1962
Zulia	Campo Mara	10° 52'	71° 53'	78	1958 - 1965	1963-1964
"	Múcuras	10° 24'	72° 13'	60	1950 - 1954	1954
"	Bella Vista	8° 54'	72° 19'	--	1953 - 1962	1959-1960
"	Ferreira	8° 50'	71° 59'	10	1953 - 1964	1960 -1968
"	Concha	9° 01'	71° 45'	3	1953 - 1965	1961-1962
"	Encontrados	9° 04'	72° 13'	8	1953 - 1964	1961-1962
"	Guayabo	8° 38'	72° 20'	28	1953 - 1964	1959-1960
"	Sta. Bárbara	9° 00'	71° 55'	5	1953 - 1965	1953-1954
"	Tasajera	9° 07'	72° 02'	4	1953 - 1963	1958-1959
"	Caracoli	8° 46'	71° 44'	37	1955 - 1965	1960-1961
"	Calvario	8° 52'	71° 41'	21	1954 - 1964	1959-1960
"	Pueblo Viejo	9° 58'	71° 11'	--	1955 - 1965	1961-1962

NOTA : La "P" que aparece en el registro significa que se trabajó con el promedio de esos años. Cuando una estación tiene dos períodos, c/u. va acompañado de un paréntisis al final que indica el año que fué trabajado; que permite reconocer la estación y el proyecto.-

DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN mm.

ESTADO ANZOATEGUI

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Barcelona	Unare Neverí	142	98	65	29	0	78	77	51	78	119	115	142	994
Aragua de Barcelona.	" "	116	71	41	15	16	6	7	41	58	84	115	138	708
San José de Guarive (EVA)	" "	136	120	43	8	0	0	36	33	60	90	108	114	749
Onoto (EVA)	" "	147	128	9	0	0	0	0	41	112	147	121	138	843
Clarines	" "	124	124	71	37	37	60	61	93	118	119	112	137	1097

ESTADO SUCRE

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
San Fernando	72	0	0	0	0	0	0	20	120	138	131	153	634

DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN mm.

ESTADO ARAGUA

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Santa Cruz	A.C El Castillo.	103	60	40	0	0	0	0	0	21	93	90	88	495
Gonzalito	A.C. El Tierral. San Joaquin.	113	88	4	0	0	0	0	0	7	90	90	117	509
Guayabita	A.C. Guayabita	117	28	83	0	0	0	0	0	74	96	91	99	588
Tocorón		139	0	29	0	1	0	0	0	43	97	98	121	528
El Palmar	Suata - Taiguaiguay	104	0	0	0	0	0	0	0	42	99	98	120	463

LOCALIDAD	PROYECTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Ocumare de la Costa	A.C. La Constancia	93	85	102	69	103	14	0	59	15	25	88	48	701
Suata	A.C. Sta. María y Guacamaya.	33	87	83	90	34	60	37	0	0	0	0	0	424
Tocorón	Tocorón-Arenales.	90	87	71	69	105	14	26	0	0	0	0	53	515
Cagua	Suata-Taiguaiguay.	97	134	120	49	74	17	0	0	0	0	0	0	491

DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN mm.

ESTADO BARINAS

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Toreño	Sto. Domingo	160	0	0	0	0	0	0	0	103	170	168	197	798
Barinas	" "	40	0	0	0	0	0	0	46	99	167	195	131	678
Caroní	" "	152	0	0	0	0	0	0	0	46	168	177	197	740
Quebrada Seca	" "	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	121	94	332
Boconó-Caserío	Boconó	75	0	0	0	0	0	0	0	67	126	171	176	615
Barinitas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	80	52	164

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Barinas	Sto.Domingo	102	121	128	0	0	0	0	0	0	0	0	17	368

ESTADO BOLIVAR

	A	M	J	J	A	S	O	N.	D	E	F	M	
Upata	139	117	14	6	0	0	0	0	0	34	79	123	512
Tumeremo	25	71	0	0	0	0	8	0	0	15	52	61	232
Puerto Ayacucho	107	0	0	0	0	0	0	0	55	129	115	11	417

DEMANDAS NETAS DE RIEGO EN mm.

ESTADO CARABOBO

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Vigirima	A.C. Vigirima	165	115	0	8	0	0	0	0	0	32	109	138	467
Valencia	A.C. El Caimán	114	35	0	0	0	0	0	0	46	106	114	167	582
El Trompillo	A.C. Loro Pedernales	124	0	0	0	0	0	0	0	36	99	101	127	487
Guacara	A. C. Ojo de Agua.	107	60	0	0	0	0	0	0	0	80	107	153	507
Puerto Cabello	A. C. Patanemo	115	81	98	83	89	33	44	102	94	95	98	124	1056

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Valencia	Guataparo	96	90	113	0	0	0	0	0	0	0	10	90	399

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO COJEDES

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Morita	Pao-Tinaco	31	47	0	0	0	0	0	37	51	134	135	158	593
Galeras	" "	66	2	0	0	0	0	0	0	105	138	135	161	607
Tinaco	" "	128	5	0	0	0	0	0	0	0	94	130	149	501
Baúl	" "	154	0	0	0	0	0	0	0	85	119	130	143	631
Vegas	" "	41	0	0	0	0	0	45	15	136	138	127	133	635
Caño Benito	" "	124	0	0	0	0	0	0	0	87	121	125	139	596
Pao-Oficina	" "	95	0	0	0	0	0	0	17	104	126	127	155	624
Lagunitas	Campo Alegre	73	0	0	0	0	0	91	50	97	132	135	164	702
Guayabito	" "	170	0	0	0	0	0	0	24	94	125	134	164	711
Sta. Teresa	" "	168	82	0	0	0	0	0	41	42	87	132	163	715
Vegas - L	" "	109	97	0	0	0	0	5	79	117	79	128	164	778
Retazo	" "	123	76	0	0	0	0	0	66	42	156	141	167	771

LOCALIDAD	PROYECTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
San Carlos	San Carlos	132	120	140	17	0	0	0	0	0	0	0	0	409

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO FALCON

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Coro	Valle de Ricoa	114	131	138	146	151	129	48	0	0	0	55	132	1044
Cumarebo	Ricoa	44	55	88	126	117	106	63	0	150	102	108	140	1099
Tocuyo de la Costa	Tocuyo de la Costa	142	0	71	120	194	114	46	0	0	102	134	164	1087
El Hacha		0	0	106	83	0	78	65	43	0	0	96	127	598
Guaracaro	Matícora	41	0	28	88	43	0	0	0	13	174	157	113	657
Quisiro	Matícora	135	152	117	125	126	60	0	0	0	138	165	157	1175
Don Pancho	Matícora	176	0	23	117	34	0	0	0	0	76	129	189	744
Curarí		0	0	43	56	111	0	56	126	123	117	116	121	869

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Coro	Hueque	124	112	148	103	156	154	134	91	78	83	99	99	1381

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO GUARICO

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Altagracia de Orituco	Guanapito	148	0	27	5	0	0	0	77	108	112	106	142	725
Carrizal	Río Guárico	102	0	0	0	0	0	0	0	116	125	135	150	628
San Francisco De Tiznado	Río Tiznado	138	0	0	0	0	0	0	0	74	125	135	150	622
San Juan de Los Morros		132	20	0	0	0	0	0	0	42	95	96	98	480
Kilómetro 133	Río Tamanaco	146	0	0	0	0	0	28	48	109	123	123	144	721

LOCALIDAD	PROYECTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Altagracia de Orituco	Guanapito	134	131	149	86	0	0	0	0	0	0	113	109	722

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO LARA

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Burere	Quediche	110	52	54	130	69	115	126	73	90	119	134	99	1171
Puricaure	Quediche	25	173	191	94	135	27	0	2	104	124	128	54	1057
Curarigua	Valle del Tocuyo	75	55	91	74	81	66	0	64	4	115	96	119	840
Sarare	" "	64	53	0	0	0	0	0	0	0	57	81	115	370
Atarigua	" "	65	70	92	63	2	49	0	0	43	90	86	71	631
Sanare	" "	45	0	0	0	7	53	70	33	63	88	104	118	581
Sabana Grande	" "	122	0	0	0	0	0	0	0	42	73	62	45	344
Río Tocuyo	" "	123	0	70	100	30	92	0	50	110	73	95	80	823
Tocuyo Caja de Agua	" "	52	86	26	33	98	56	18	20	75	76	93	82	715
Sicarigua	" "	0	105	98	60	84	0	0	0	0	79	39	77	542

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO MERIDA

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Vigía	Sur del Lago	0	22	71	46	91	72	0	0	0	0	0	90	392

ESTADO MIRANDA

		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Cúa - Tovar	Río Tuy	173	0	0	0	0	0	0	0	34	120	157	188	672
Eva) Mondragón	"	124	66	77	86	60	31	0	0	0	16	99	136	695
Tacarigua de Mamporal (eva)	"	105	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	207
Caucagua	"	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
Colonia Mendoza	"	63	21	0	0	0	0	0	19	43	77	77	98	398
(EVA) Capaya	"	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Guatire	"	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	97
(Eva) Araguita	"	13	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
Petare	Parque del Este	62	0	0	0	0	0	0	0	0	40	70	80	252

ESTADO MONAGAS

	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Maturín	95	32	0	0	0	0	0	0	0	3	67	94	291

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO PORTUGUESA

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Acarigua	Majaguas	166	0	0	0	0	0	0	0	61	137	152	183	699
San Rafael de Onoto	"	3	19	0	0	0	0	0	70	95	142	153	176	658
Guanare	Guanare	85	0	36	0	0	0	0	83	107	141	135	174	761
Ospino		68	0	0	0	0	0	0	0	89	127	174	188	646
Agua Blanca		72	o	0	0	0	0	0	0	62	124	168	181	607
Marqueseña (Hda.)	A.C. La Acostera	58	0	0	0	0	0	0	0	38	86	175	178	535
Coromoto		66	0	0	0	0	0	0	0	75	125	164	188	618
Boconó-Caserío	Boconó	75	0	0	0	0	0	0	0	67	126	171	176	540
Guache Hda.		64	0	0	0	0	0	0	0	68	129	172	182	615

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO SUCRE

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
El Pilar	Guaraunos	111	0	0	0	0	34	50	80	75	123	95	117	685

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Cumaná	Cumaná	116	115	126	141	122	145	55	88	92	134	117	91	1342
Cariaco-Silo	Cariaco	89	110	103	134	60	37	0	19	0	9	17	16	594

ESTADO TACHIRA

		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Navay	Uribante	53	0	0	0	0	0	0	0	0	101	142	151	447
Dorada=	Uribante	27	0	0	0	0	0	0	0	0	61	127	118	333
Omuquena	Zona Sur del Lago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	27

ESTADO TRUJILLO

		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Cenizo Campamento Viviam	El Cenizo	80	0	97	113	0	19	0	0	53	142	134	142	780
El Jaguito	El Cenizo	10	0	0	35	0	0	0	0	0	110	118	112	385

DEMANDA NETA DE RIEGO EN mm.

ESTADO YARACUY

LOCALIDAD	PROYECTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
San Felipe	A.C. Mosquito Las Flores	57	82	109	54	0	0	0	0	0	0	0	0	302

ESTADO ZULIA

LOCALIDAD	PROYECTO	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	ANUAL
Campo Mara	Río Limón	29	82	135	155	113	50	0	0	40	135	126	145	1010
Bella Vista	Zona Sur del Lago	63	0	0	0	0	0	0	0	13	109	114	112	411
La Fria	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
Ferreira	"	68	0	65	0	0	45	56	74	62	85	0	58	513
La Concha	"	42	97	40	21	126	43	0	0	0	0	121	104	594
Encontrados	"	119	78	59	34	111	0	0	0	0	0	101	84	586
Guayabo	"	0	0	0	0	20	57	0	0	17	81	63	114	352
Santa Bárbara	"	58	0	130	60	99	0	0	0	0	0	76	99	522
Tasajera	"	55	0	17	56	0	79	0	0	20	135	124	145	631
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	
Caracoli	Chama-Mucujepe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	83
Calvario (Eva)	"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	87	121
Pueblo Viejo	A.C.Burro Negro	56	164	73	74	68	0	0	0	46	101	108	2	692
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Múcuras	Río Palmar	127	74	125	96	0	56	76	50	0	0	0	59	663