

378.7284  
UES-T.I.C.

Ø 66p  
Ej. 3.  
1967

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROCEDIMIENTOS ESTADISTICOS  
APLICADOS A  
LA HIDROLOGIA

TESIS PRESENTADA  
POR

José Ernesto Orellana Avilés

PREVIA A LA OBTENCION DEL  
TITULO DE

INGENIERO CIVIL

SAN SALVADOR  
FEBRERO - 1967

INVENTARIO: 0123000

S  
18  
)

# EXAMEN DE GRADO

T.  
551.48

084806

066p  
1967

F. I y ARA.

Obj: 3.-

## PRESIDENTE:

ING. GUIDO ARMANDO LUCHA

## VOCALES:

ING. MARIO H. ZAVALETA

ING. ATILIO GRANIELLO



“Hacia la Libertad por la Cultura”

## JURADO CALIFICADOR DE TESIS:

### ASESOR ACADEMICO:

ING. GUIDO ARMANDO LUCHA

### CONSULTORES:

ING. MARIO H. ZAVALETA

ING. ATILIO GRANIELLO



TEMA:

"PROCEDIMIENTOS ESTADISTICOS APLICADOS A LA HIDROLOGIA"

	Página.
I - ANTECEDENTES	1
1.-Introducción	1
2.-Principales Aplicaciones de la Estadística	1
3.-La Función de la Estadística	3
4.-Principios Generales de Estadística	4
5.-Ajuste de Datos	5
6.-Períodos Básicos Standard de Registro	5
7.-Análisis de doble-masa	6
8.-Interpolación de datos	7
9.-Interpretación de los Datos de Caudal.	8
II - VALORES MEDIOS	8
1.-El Promedio	8
2.-La Precipitación Media	10
3.-Método de las Curvas Isoyetas	11
4.-Los Caudales Promedios Diarios	11
5.-La Media Geométrica	12
6.-La Mediana	12
7.-La Moda	12
8.-La Media de Segundo Grado	13
9.-Cálculo de la Pendiente Media de una cuenca	13
10.-Cálculo de la Elevación Media.	14
III - MEDIDAS DE LA DISPERSION	14
1.-El Intervalo	14
2.-La Desviación Media	15
3.-La Desviación Standard.	15
IV - CURVAS DE FRECUENCIAS	16
1.-Representación Gráfica de los Datos de Escorrentía	16
2.-La Distribución de Frecuencias	17
3.-La Asimetría	18
V - CURVAS DE DURACION	19
VI - CURVA ACUMULADA	21

	Página.
VI - CURVA ACUMULADA	21
VII - CURVA DE VOLUMENES	22
VIII - CURVA DE PROBABILIDADES	23
1.-Introducción	23
2.-Selección de Datos	24
3.-Métodos Gráficos	25
4.-Métodos Numéricos	26
5.-Ejemplo	28
IX - LA CORRELACION	29
1.-Definiciones	29
2.-Limitaciones	31
3.-Correlación entre estaciones	31
4.-Ejemplo	32
Tabla I	33
Bibliografía	34

	Página.
VI - CURVA ACUMULADA	21
VII - CURVA DE VOLUMENES	22
VIII - CURVA DE PROBABILIDADES	23
1.-Introducción	23
2.-Selección de Datos	24
3.-Métodos Gráficos	25
4.-Métodos Numéricos	26
5.-Ejemplo	28
IX - LA CORRELACION	29
1.-Definiciones	29
2.-Limitaciones	31
3.-Correlación entre estaciones	31
4.-Ejemplo	32
Tabla I	33
Bibliografía	34

## GRAFICAS Y CURVAS

- 1.- Diagrama de barras: Estaciones Meteorológicas de la zona Occidental.
- 2.- Diagrama de barras: Estaciones Meteorológicas de la zona Central
- 3.- Diagrama de barras: Estaciones Meteorológicas de la zona Oriental.
- 4.- Precipitación anual acumulada.- Eje. de doble-masa
- 5.- Promedios anuales de lluvia
- 6.- Polígonos Thiessen
- 7.- Cuenca
- 8.- Hidrograma de crecidas del Río Guajoyo
- 9.- Hidrograma de crecidas del Río Jiboa
- 10.- Hidrograma de crecidas del Río Torola
- 11.- Frecuencias Relativas.- Río Saco Desembocadura
- 12.- Frecuencias Acumuladas - Río Saco Desembocadura
- 13.- Duración de Descarga - Río Soasunapán
- 14.- Duración de Descarga - Río Grande de San Miguel (Vado Marín)
- 15.- Curva Acumulada: Río Acelhuate
- 16.- Curva Acumulada: Río Angue
- 17.- Curva de Volúmenes: Río Angue
- 18.- Curva de Volúmenes: Río Guajoyo
- 19.- Curva de Probabilidades: Río Paz
- 20.- Curva de Probabilidades: Río Angue
- 21.- Curva de Probabilidades: Río Guajoyo
- 22.- Curva de Probabilidades: Río Lenja.

## PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS APLICADOS A LA HIDROLOGÍA

### I - ANTECEDENTES

#### 1 - Introducción

El Hidrólogo se encuentra a menudo con el problema de analizar - e interpretar una gran cantidad y diversidad de datos dispersos, unas veces registros incompletos, muestran poco representativas - y otras con escaso valor informativo. Para realizar su labor -- efectiva y eficiente tiene que emplear los métodos de análisis - estadístico. Hablando en un sentido amplio, los métodos estadís- ticos (o estadísticas en general) pueden definirse como la reco- pilación, presentación, análisis e interpretación de los datos - numéricos. Los hechos o fenómenos que se estudian deben ser sus- ceptibles de expresión numérica. La estadística no es una cien- cia. Es un método científico.

Los métodos de análisis estadístico tienen una gran aplicación - en todas las fases de los problemas de investigación científica, es decir, incluyen, a) el diseño de experimentos, al encaminar - toda la investigación a obtener respuestas definidas y eficien- - tes a las interrogantes planteadas; b) recopilación y acomoda- - miento de los datos; c) el análisis de los datos que tienen vali- - dez y representación en el tiempo y el espacio; y, d) la presen- - tación de conclusiones en datos condensados que sean fácilmente- - comprendidos y con una utilidad práctica.

La estadística igual que la hidrología y muchas otras discipli- - nas científicas, están en un estado de rápida evolución. Nuevas ideas y técnicas se proponen constantemente, algunas se sustituy- - en, o se modifican métodos en uso. La estadística es una rama- - de las matemáticas, con aplicaciones en todas las ciencias, es, - como se dijo al principio, un método científico. Trataremos en- - este trabajo las aplicaciones fundamentales de los métodos esta- - dísticos a la hidrología, ilustrado con ejemplos reales.

#### 2 - Principales aplicaciones de la Estadística

La Estadística tiene actualmente un amplio campo de aplicación - práctica, se usa en el análisis de datos obtenidos al final de - una investigación. Con un amplio sentido crítico estima la vali- - dez de las mediciones efectuadas; censos de población y censos - agropecuarios; registro de temporales, registro de crecidas de -

los ríos, demandas de consumo de energía hidroeléctrica etc. Por medio de la Estadística podemos determinar si la diferencia entre dos valores es o no significativa, aún más, nos dá una guía para investigar las causas que originan dichas diferencias. Podemos derivar relaciones empíricas entre dos variables, como por ejemplo: el caudal con relación a sus niveles de agua, las áreas de una sección transversal con respecto a la raíz cuadrada de su profundidad media, etc. Son tan variadas las aplicaciones de la Estadística que en la actualidad, no hay disciplina que no recurra a ella en demanda de sus procedimientos, para determinar la ocurrencia probable de un evento en mayor o menor grado, puede ella dar fuerza o validez a una hipótesis supuestamente absurda o definitivamente echa por tierra lo que se creía representativo como muestra "standard".

Debe de tomarse en cuenta que, en el análisis de algún problema hidrológico, la carencia de datos o muestras representativas limita su valor. En otras palabras, los fenómenos de la precipitación no pueden a voluntad producirse ni graduarse, como sucede con el riego por aspersión, en el cual puede en base a la presión dada a los aspersores variarse la intensidad y radio de acción del chorro de agua.

Los registros de caudales de los ríos, o de los mantos de agua subterránea no pueden ir más allá de su límite en el tiempo, no se puede duplicar el registro y decir, que los fenómenos se repiten continuamente con la misma intensidad y frecuencia.

La primera aplicación de la Estadística en los problemas hidrológicos, es el estudio de las "frecuencias". Sabemos que, los diversos datos de una serie clasificados en grupos o categorías, indicando el número de datos que quedan comprendidos en cada uno de ellos, constituyen una distribución por frecuencias.

Las "frecuencias" son pues, una ordenación de datos, y para nuestro trabajo tomaremos la magnitud mayor, como punto de partida de la ordenación, ya sea en caudales registrados, o intensidades de lluvias promedias observadas etc.

Queremos poner de manifiesto que, la existencia en nuestro país de registros continuos pero de períodos cortos, obliga casi siempre a la extrapolación en las curvas de frecuencias, ya sea estas



de caudales o de precipitaciones, no hacemos mención de las mediciones de temperatura, humedad y evaporación por ser reciente el estudio de los mismos en una forma sistematizada. Otro impedimento lo constituyen las interrupciones en los registros.

### 3 - La función de la Estadística.

Hay mucha confusión y conceptos erróneos de la función de la Estadística como método científico. Señalaremos algunos:

a) "El análisis estadístico tiene muchas matemáticas y lo vuelve poco práctico a la vez que lo vuelve teórico, casi mecánico".

Las matemáticas le dan un respaldo científico al método, pero se necesita un amplio criterio para interpretar sus resultados. La Estadística, se vuelve mecánica cuando no se tiene un claro concepto de lo que se va a investigar, o mejor dicho no se trata de adivinar o pronosticar. Sin una comprensión adecuada de la Estadística, el investigador puede compararse con un ciego que busca a tientas algo que no puede encontrar.

b) "Los datos hidrológicos son demasiado vagos y ordinarios para justificar un análisis por los métodos estadísticos".

Precisamente esas son las razones que obligan al investigador a utilizar los argumentos que la teoría estadística ofrece. La vaguedad de los fenómenos naturales, su dificultad en medirlos o estimarlos, la complejidad de las correlaciones en el tiempo y el espacio, obligan al uso de los procedimientos estadísticos. En otras palabras, todo el ciclo hidrológico se expresa mejor -- por medio de los procedimientos estadísticos.

c) "Se puede probar cualquier cosa con la Estadística".

Estamos en el extremo opuesto de lo que decíamos al principio. El análisis estadístico propiamente aplicado no es un proceso -- "adivinatorio", no es una piedra filosofal que nos dará respuestas infalibles o que nos resolverá todos los problemas que le -- proponamos". La Estadística es un medio de obtener de una masa cualquiera de datos, el máximo de información que es capaz de -- proveer. La Estadística no prueba nada. Ella estudia las probabilidades de la ocurrencia de fenómenos o eventos, basada en la información que tiene, y de acuerdo a su extensión o limitación -- dentro del tiempo y el espacio.

Generalmente el análisis estadístico nos dice si tenemos razón - de dudar de una hipótesis, o si no tenemos razón de dudar. No - podemos probar la falsedad o certeza de una hipótesis por procedimientos estadísticos.

#### 4 - Principios generales de Estadística.

##### A- El muestreo.

Las deducciones estadísticas se hacen en base a las muestras de un registro u observación continua. Dichas muestras para que -- tengan validez deben ser "representativas" de los eventos o fenómenos que se investigan. Grandes cantidades de datos, por lo general repetidos o muy poco relevantes en su significación escasamente representativos, son antieconómicos para analizar porque - quitan tiempo y no conducen a conclusiones prácticas. Por ejemplo, no podemos tener promedios anuales de precipitación si sólo se hicieron observaciones en pocos meses del invierno, y la mayoría fue en verano. Tampoco podemos aplicar los procedimientos - estadísticos si tomamos los datos al azar sin un criterio preconcebido o basado en ciertas condiciones que nosotros imponemos, - por ejemplo: las crecidas máximas de un río se analizarán para - los meses del invierno, y las mínimas para el estiaje. Aún más, podemos imponer el criterio que los picos o máximas suceden a media noche en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, y - los mínimos se observan en Marzo y Abril. Cuando limitamos el - criterio para analizar las muestras o mejor dicho le imponemos - restricciones o condiciones y ya no son al azar, decimos que son muestras estratificadas.

En Meteorología (una rama de la Hidrología) tenemos que tener -- cuidado extremo para analizar los datos de precipitación máxima, media y mínima.

Las Estaciones Pluviométricas deben estar espaciadas dentro de - la cuenca para que den datos representativos. Hay limitaciones - para colocar las Estaciones Pluviométricas. Los registros de -- temperatura al sol y a la sombra no pueden promediarse entre sí, pero si pueden establecerse correlaciones. Ambos están midiendo diferentes aspectos del fenómeno.

Hay que tener en cuenta que en nuestro país, El Salvador, las observaciones hidrológicas rara vez satisfacen los requisitos teó-

ricos. Por ejemplo, las Estaciones Meteorológicas no están uniformemente distribuidas en el país.

Las Estaciones de Hidrometría son pocas y no alcanzan a controlar los puntos estratégicos de la escorrentía superficial. Según la teoría todo río debe de controlarse en sus partes: alta, media y baja, es decir para nuestro caso, deben de haber tres estaciones como mínimo por cada río de importancia y a su vez un control en los ríos tributarios, etc.

#### 5 - Ajuste de datos.

Todas las mediciones son muestras de elementos que varían en tiempo y espacio. Por ejemplo, las mediciones en corrientes de agua se hacen intermitentemente, y en puntos en una sección transversal. Para que las mediciones sean útiles en la hidrología práctica, deben representar (o poder convertirse a) áreas (espacio) y duraciones (tiempo). Para poder obtener homogeneidad dentro de estas mediciones de varias clases, los ajustes o correcciones son necesarios. Estos ajustes se hacen sin violar la integridad de las mediciones.

Los ajustes generalmente tienen tres propósitos. Un propósito es hacer el registro homogéneo con una tendencia a la standardización. Un ejemplo es cuando tomamos un período uniforme de un registro cualquiera del cual calcularemos un promedio normal, o la conversión de las mediciones a alturas standard como en el caso de presentar la precipitación y la escorrentía superficial en milímetros de altura para conocer la disponibilidad o establecer un balance entre precipitación, evaporación y escorrentía. El segundo propósito es eliminar o reducir las influencias extrañas que afecten las mediciones. Un ejemplo lo tenemos en el análisis de doble-masa, que tiende a corregir para un aparato, los efectos combinados del viento y la lluvia, y no de la lluvia solamente. El tercer propósito es la sumarización o síntesis de datos para su presentación o examen. Este es un proceso de selección. Un ejemplo lo tenemos en un mapa de isoyetas. Otro ejemplo son las curvas de caudal y los hidrogramas que muestran una serie de eventos correlacionados en el espacio y el tiempo.

#### 6 - Períodos básicos standard de registro.

Un problema frecuente en la generalización regional de datos hi-

-----

ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA OCCIDENTAL

PERIODOS DE OBSERVACION

DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

	Desde:	
1 San Jerónimo	1931	
2 Metaján	1931	
3 Taxis Junction	1932	
4 Chalchuapa	1929	(1930) No hubo registro
5 Santa Ana FES	1934	
6 Coatepeque (El Campo)	1914	(23, 24, 25 y 32)
7 Montecristo	1954	
8 Santa Ana CLESA	1956	
9 Finca Noví	1957	
10 Santa Ana SMI	1957	
11 Guarnacia FICA	1957	
12 Güija CEL	1957	
13 El Desagüe FICA	1957	
14 Finca Lorena	1957	

DEPARTAMENTO DE AMUACHIAPAN

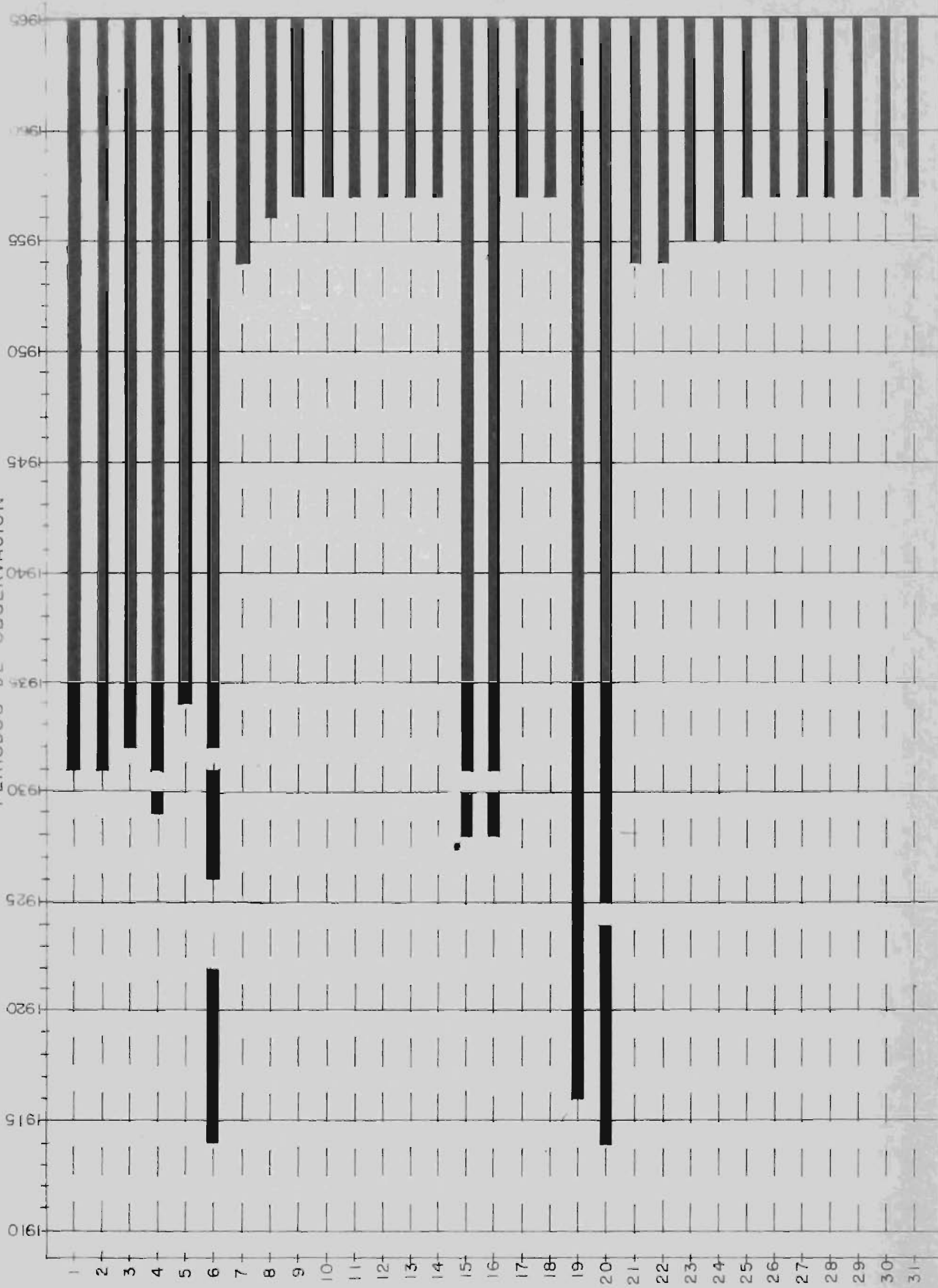
15 Amuachayán	1928	(30) No hubo registro
16 Atiquizaya	1928	(30) No hubo registro
17 Apameca	1957	
18 Beneficio Guayapa	1957	

DEPARTAMENTO DE SONSONATE

19 Sonsonate	1916	
20 Acajutla	1914	(25) No hubo registro
21 Izalco	1954	
22 El Sunza	1954	
23 Cucumacayán	1955	
24 Finca El Triunfo	1955	
25 Finca San Luis	1957	
26 Hda. El Jobo	1957	
27 Los Lagartos CLES	1957	
28 Metalío	1957	
29 Beneficio Ateloya	1957	
30 Hda. Santa María Coquima	1957	
31 La Mejada	1957	

# ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA OCCIDENTAL

PERIODOS DE OBSERVACION



ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA CENTRAL  
PERIODOS DE OBSERVACION.

DEPARTAMENTO DE LA PAZ (continuación)

	Desde:
31 Hda. El Cauca	1957
32 Beneficio Entre Ríos	"

DEPARTAMENTO DE CUSCATLAN

33 San Rafael Cedros	1932
34 Cojutepeque	1927 (30) no registró
35 Suchitoto	1957

DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE

36 Molineros	1936
37 San Vicente	1927 (30) no registró
38 Tehuacán	1932
39 Santa Cruz FICA	1932 (53, 54, 56 y 57) sin registro
40 San Jacinto	1954
41 El Carmen	1954

DEPARTAMENTO DE CHALATENANGO

42 Chalatenango	1957
43 Nueva Concepción	"
44 La Palma	"
45 El Paraíso	"
46 Ojos de Agua	"
47 Arcatao	"

DEPARTAMENTO DE CABAÑAS

48 Chorrera del Guayabo	1953
49 Sensentepeque	1957
50 Villa Dolores	"
51 Ilobasco	"

ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA ORIENTAL  
PERIODOS DE OBSERVACION.

DEPARTAMENTO DE USULUTAN

	Desde:	
1 San Marcos Lempa	1927	(30) no registró
2 Valle San Juan	1932	
3 Jiquilisco	1936	
4 Usulután	1928	(30 y 34) no registró
5 Batres	1942	
6 San Mauricio	1910	
7 Santiago de María	1957	
8 Estanzuelas	"	
9 Fca. La Santísima Trini- dad.	"	
10 Puerto El Triunfo	"	
11 Beneficio La Carrera	"	
12 Jucuarán	"	
13 Puerto Parada	"	

DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL

14 San Miguel FICA	1927	(30) no registró
15 Lolotique	1955	
16 Ciudad Barrios	1957	

DEPARTAMENTO DE MORAZAN

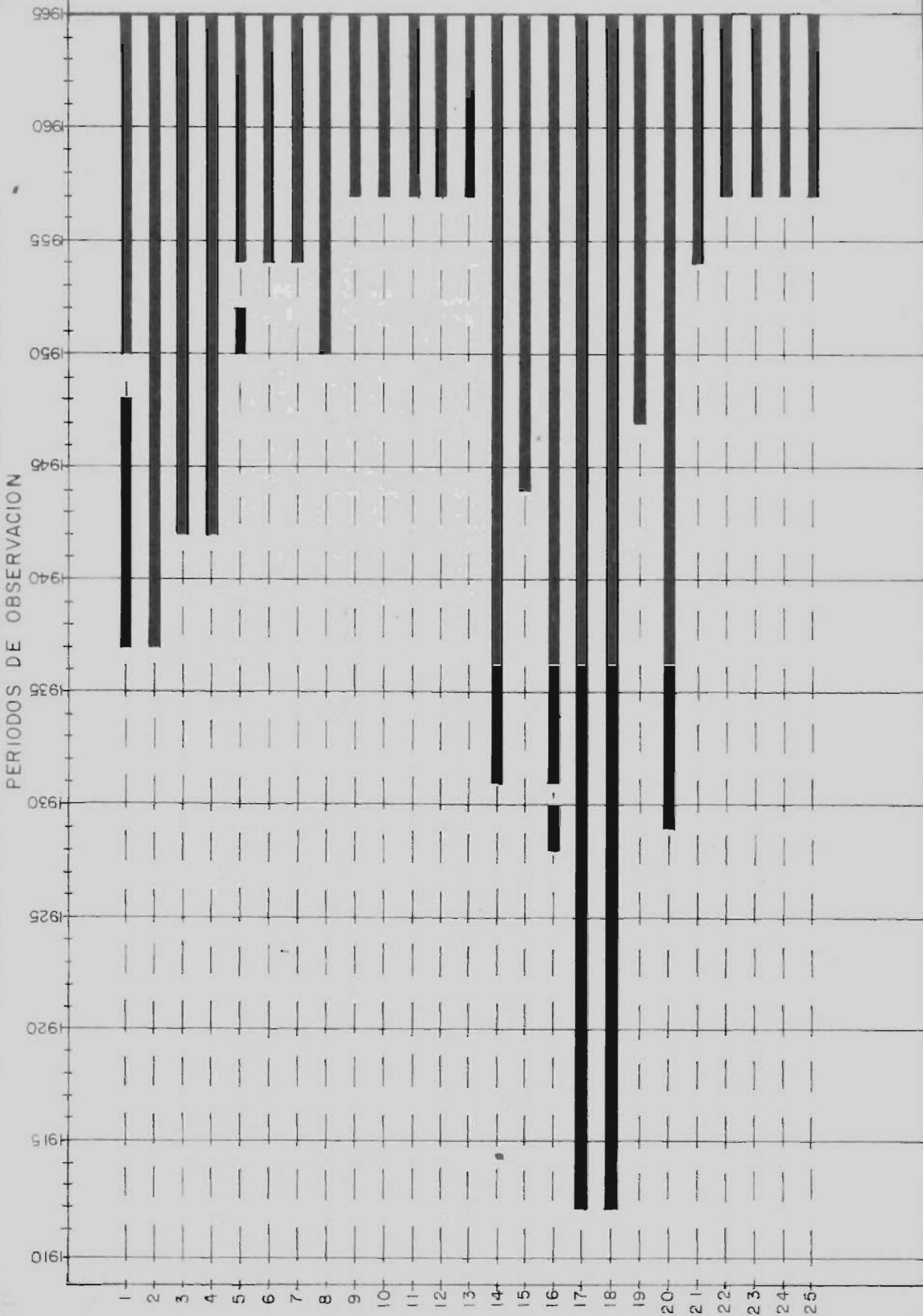
17 Osicala	1957	
18 San Francisco Gotera	"	
19 Perquín	"	
20 La Galera	"	

DEPARTAMENTO DE LA UNION

21 Olomega	1927	(30) no registró
22 Cutuco	1927	(30) " "
23 La Unión	1947	
24 El Amatillo	1957	
25 Anamorós	"	
26 Santa Rosa de Lima	"	
27 El Condadillo	"	
28 Hacienda Maquigüe	"	

# ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA CENTRAL

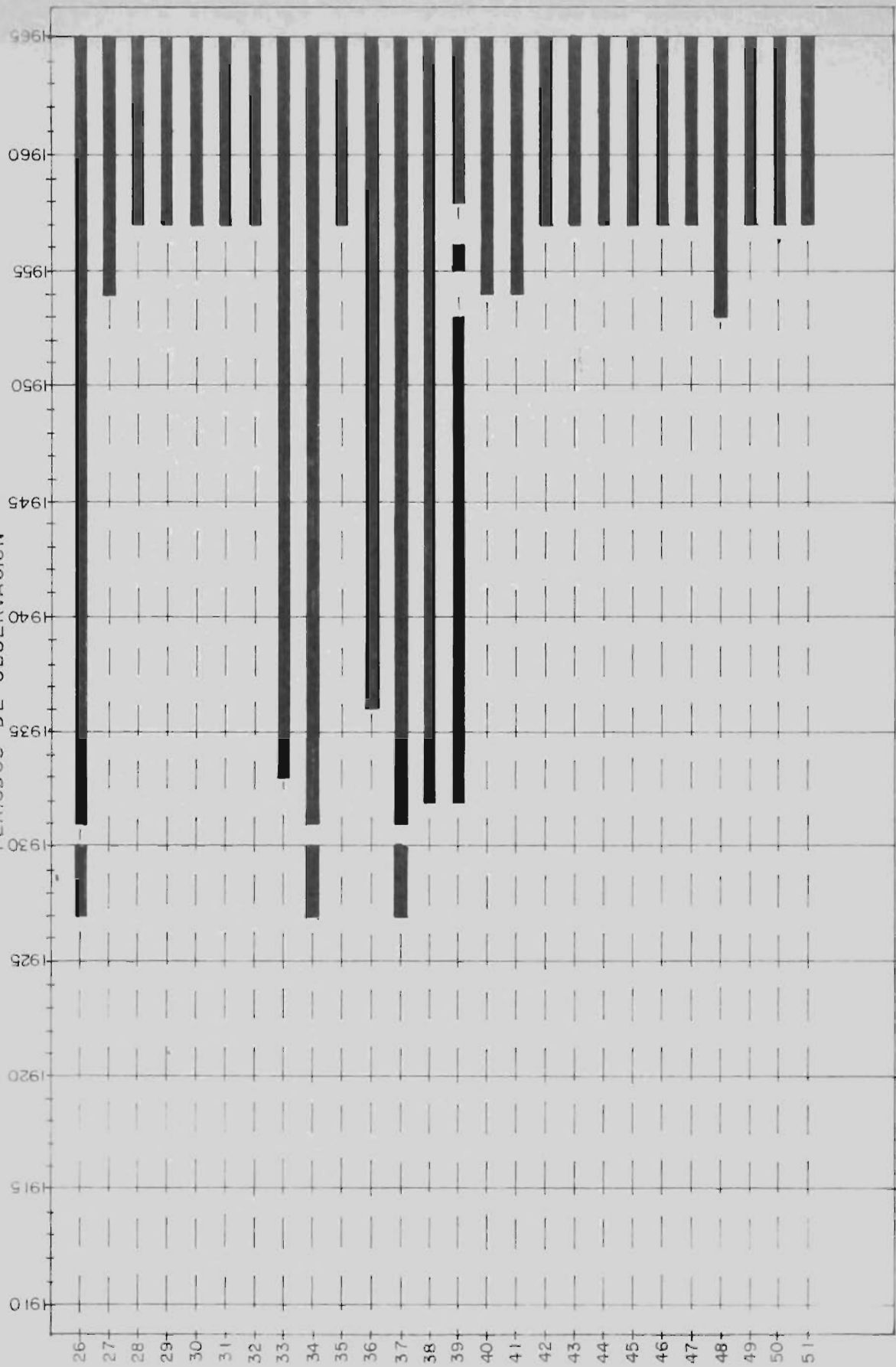
Fig No 3A





# ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA CENTRAL

PERIODOS DE OBSERVACION



ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA ORIENTAL  
PERIODOS DE OBSERVACION.

DEPARTAMENTO DE USULUTAN

	Desde:
1 San Marcos Lempa	1927 (30) no registró
2 Valle San Juan	1932
3 Jiquilisco	1936
4 Usulután	1928 (30 y 34) no registró
5 Batres	1942
6 San Mauricio	1910
7 Santiago de María	1957
8 Estanzuelas	"
9 Fca. La Santísima Tri- dad.	"
10 Puerto El Triunfo	"
11 Beneficio La Carrera	"
12 Jucuarán	"
13 Puerto Parada	"

DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL

14 San Miguel FICA	1927 (30) no registró
15 Lolotique	1955
16 Ciudad Barrios	1957

DEPARTAMENTO DE MORAZAN

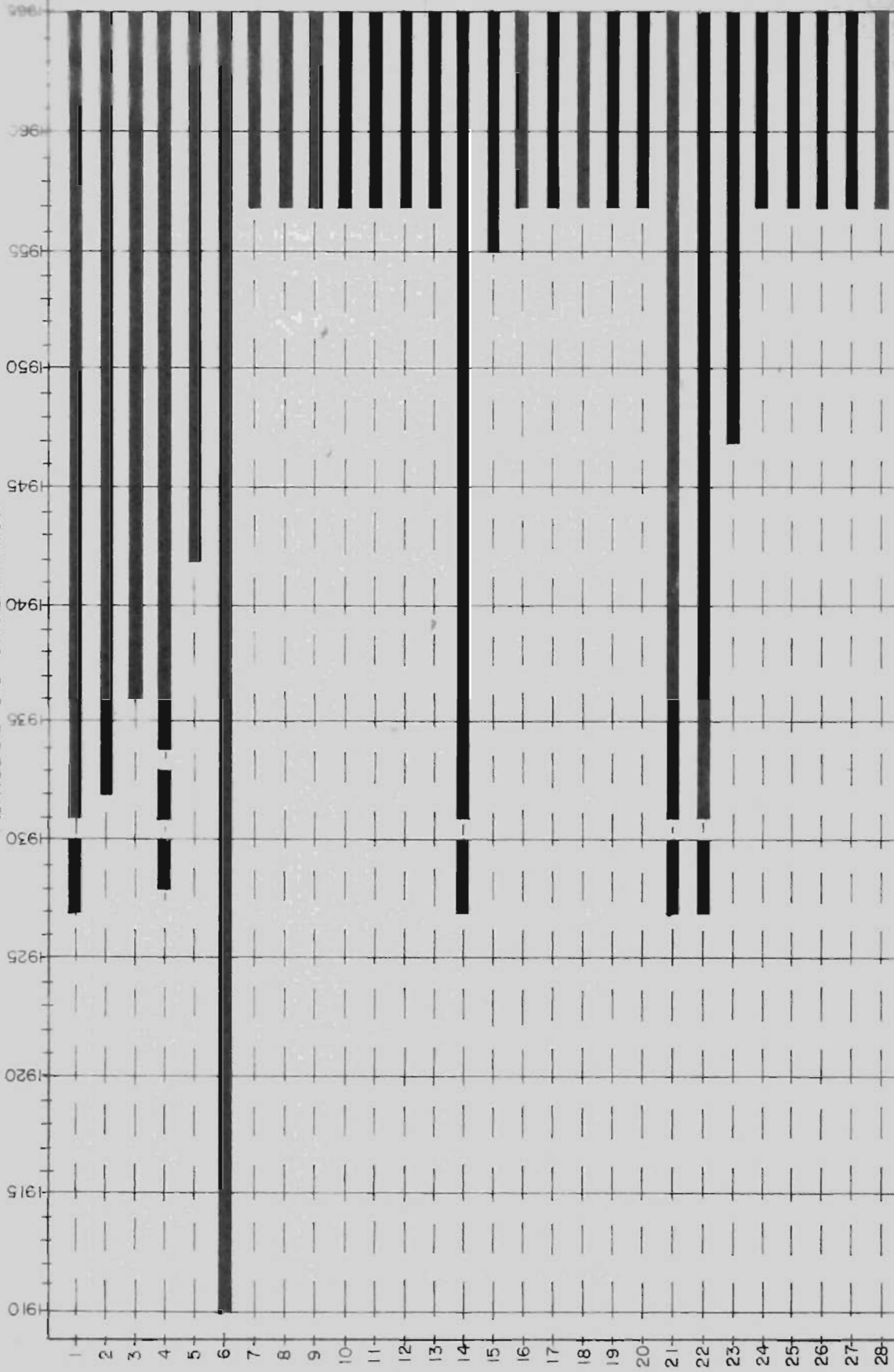
17 Osicala	1957
18 San Francisco Gotera	"
19 Perquín	"
20 La Galera	"

DEPARTAMENTO DE LA UNION

21 Olomega	1927 (30) no registró
22 Cutuco	1927 (30) " "
23 La Unión	1947
24 El Amatillo	1957
25 Anamorós	"
26 Santa Rosa de Lima	"
27 El Condadillo	"
28 Hacienda Maquigüe	"

# ESTACIONES METEOROLOGICAS DE LA ZONA ORIENTAL

PERIODOS DE OBSERVACION



drológicos, como la precipitación media anual, resulta del hecho de que las estaciones de medición tienen una variedad de períodos de registro. Una estación puede haber operado durante un período de alta precipitación y otra estación el registro pudo haber operado sólo una época de estiaje. Al querer comparar los registros de estas dos estaciones, por ejemplo, en la preparación de un mapa de isoyetas de promedios anuales, habría errores debidos a la variación de espacio con la variación en el tiempo.

Un medio que ayuda a resolver este problema es una gráfica de barras como se muestra en la figura No.1, que muestra los períodos de registro de varias estaciones, con una misma escala de tiempo. Luego es muy fácil por una simple inspección seleccionar un período óptimo de registro.

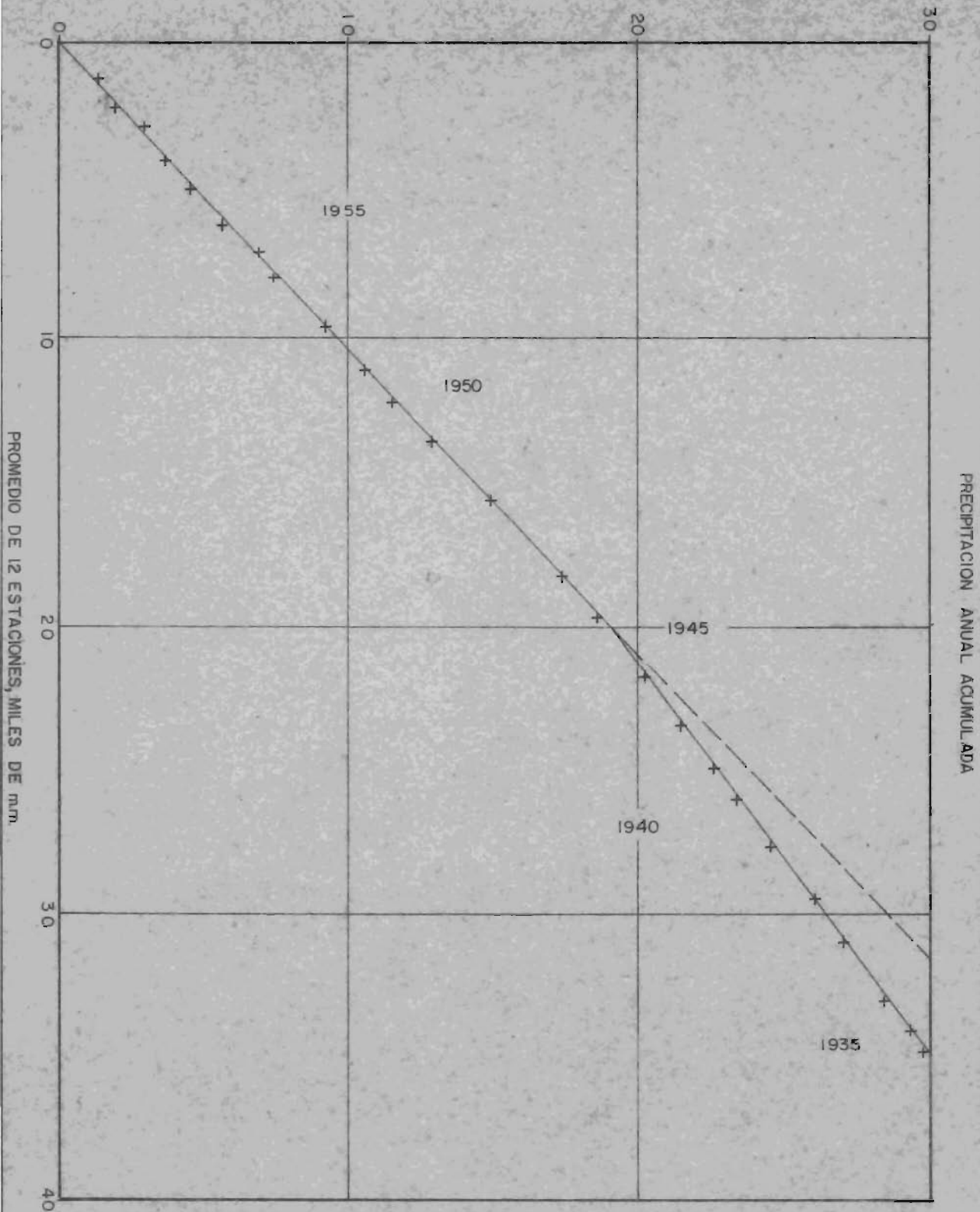
Para estaciones con períodos faltantes de registro durante este período óptimo, las estimaciones pueden hacerse por medio de la correlación de datos para la porción del período común a las otras estaciones y aplicar las relaciones para estimar los valores faltantes en la estación con pocos datos.

La selección del período óptimo requiere, la consideración de un período suficientemente largo para representar una buena muestra desde el punto de vista estadístico, en otras palabras un buen registro al través del tiempo. Si el período es demasiado largo, habrá oportunidad de hacer una selección de síntesis del registro. Si el período de estudio es demasiado corto, habrán muestras pobres de variaciones dentro del tiempo y podrían ser pesadamente influenciadas por los períodos de sequedad o por los de alta precipitación.

#### 7 - Análisis de doble-masa.

Un método gráfico para identificar o ajustar las inconsistencias en el registro de una estación por comparación de su tendencia con otras estaciones, es el análisis de doble-masa. Los valores acumulados anuales o estacionales de una estación dada, se llevan a una gráfica contra aquellos de otras estaciones que se consideran reales. Las tendencias y cambios de pendiente de una curva de doble-masa pueden ser originados por cambios en la duración o situación de la estación de registro, o cambios en el procesamiento de los datos, etc. Un ejemplo de análisis de una cur

ESTACION X, MILES DE m.m.



va de doble-masa para determinar los cambios debidos a duración o localización de una estación pluviométrica, la tenemos en la figura No. 2, donde el registro de una estación hipotética es comparado con el de otras estaciones cercanas que consideramos sus datos más reales y representativos.

Del examen de la curva de la figura No. 2, puede verse la relación de la precipitación anual de la estación X con los promedios de 12 estaciones, se nota un cambio de pendiente antes de 1945. Los registros antiguos pueden ser ajustados por la razón 0.95 a 0.75 para compensar algún cambio que haya tenido lugar en la estación X.

Cuando un análisis de doble-masa dá a conocer un cambio en pendiente, un propósito es hacer el ajuste indicado por el cociente de las dos pendientes de la curva de doble-masa. Otro propósito es el de investigar que razones hay para dichos cambios de pendiente. Los puntos dibujados en una curva de doble-masa usualmente se desvían de las líneas rectas trazadas a través de los puntos que sirven para la comparación. Los puntos de la estación en estudio, pueden ser ajustados mejor cuando haya cambios de pendiente en intervalos de pocos años. Sin embargo, hay que reconocer que tales cambios en períodos cortos ocurrirían por casualidad, y ningún segmento menor de cinco puntos puede aceptarse como válido, pues consideramos que cinco años de registro continuo pueden dar ya siquiera una idea de la tendencia en la ocurrencia de un fenómeno. En general, un cambio de pendiente se acepta como real solamente si hay largos períodos de registro que sean representativos desde el punto de vista estadístico.

El análisis de las curvas de doble-masa son aplicables a la escurrimiento acumulada y nos dará una idea de los cambios de regímenes de escurrimiento, o cambios en el uso de la tierra, o existencia de riegos posteriores, aguas arriba de los ríos en estudio, etc.

### 3 - Interpolación de datos.

Al preparar los datos hidrológicos, para su análisis, a menudo encontramos registros incompletos. Para llenar estos lapsos en una serie temporal, o espacios vacíos en un mapa y utilizar así registros parciales, por lapsos faltantes de un record, pueden -

estimarse por la interpolación de los registros de estaciones vecinas y con condiciones parecidas: clima, topografía, régimen de escurrimiento, etc. Es más que todo un asunto de criterio personal el decidir hasta que punto pueden interpolarse los datos faltantes y estimar su cuantía. Si acepta una tolerancia del 5% hasta el 10% para estimar datos faltantes en un registro. No debe abusarse en la interpolación de los registros faltantes, puesto que se vuelve una operación casi subjetiva y a veces mecánica, alejada de la realidad fenomenológica.

## 9 - Interpretación de los datos de caudales.

La información sobre caudales medidos debe de ser interpretada - al mismo tiempo que se están calculando para que aquellos registros poco representativos puedan identificarse y estimarse desde el punto de vista hidrológico. En otras palabras, debe de tenerse suma cuidado en la correcta validez de los datos. La interpretación es necesaria para estimar los caudales en dichos períodos, y para aquellos otros donde por causas desconocidas no hubieran registros de altura y también para las épocas en que la curva de remanso, mareas o socavación haga variar notablemente la relación altura-descarga. En otras palabras, no debe de perderse la continuidad de los registros dentro del tiempo y el espacio en que se desarrollen.

Un hidrograma de las descargas diarias dibujado en papel semilogarítmico es una valiosa ayuda para la estimación de las descargas para aquellos períodos de registro incompleto, porque los hidrogramas para todos los años de registro indican la curva típica de recesación entre las tormentas y el comportamiento con relación a la lluvia. Los hidrogramas son también muy útiles en otras interpretaciones hidrológicas como la de separar la contribución del agua subterránea y la escorrentía superficial debida a una tormenta.

## II - VALORES MEDIOS

### 1 - El Promedio.

Cuando en una distribución de frecuencias de datos clasificados del mayor al menor trazamos su curva, notamos la forma parecida a -- una "campana". Es obvio que los valores más característicos ---

están en la parte central de las distribuciones. Para ello se usa la expresión "medidas de tendencia central" (o valores medios) para identificar estos valores que pueden calcularse con el fin de caracterizar la distribución de frecuencias.

Estudiaremos la media aritmética, la mediana, la moda y, brevemente la media geométrica.

a) La media aritmética de una serie de cantidades se obtiene sumando los valores de las cantidades y dividiendo el resultado entre el número de ellas.

Por ejemplo:

Resumen Anual del Río Desagüe de Ilopango

Departamento de Cuscatlán - A. o: 1961

Volumenes en Miles de Metros Cúbicos.

Enero	5075.42
Febrero	4292.35
Marzo	3474.14
Abril	3342.82
Mayo	1950.91
Junio	2766.53
Julio	9065.09
Agosto	5417.28
Septiembre	9910.94
Octubre	12699.87
Noviembre	11527.49
Diciembre	8578.46

Total ... 79300.50

La media aritmética de estas doce cantidades que corresponden a los meses del año es igual a dividir la suma o total entre doce, y obtenemos al promedio mensual:

$$\bar{X} = \frac{79300.50}{12} = 6608.37 \text{ m.m.c.}$$

Observamos que el cálculo anterior de la medida aritmética no tomó en consideración el hecho de que pueden haber casos en que hubiesen repetición de unas cantidades, como por ejemplo: una estación pluviométrica registró en el mes de Mayo:

5 días con 9 m.m. de lluvia



6 días con 7 m.m. de lluvia  
3 días con 7.m.m. de lluvia  
10 días con 3 m.m. de lluvia  
2 días con 0.m.m. de lluvia.

El cálculo tiene que tomar en cuenta la ponderación en días a -- las cantidades de lluvia, así:

$$\bar{X} = \frac{(5 \times 9) + (6 \times 7) + (8 \times 5) + (10 \times 3) + (2 \times 0)}{31}$$
$$\bar{X} = 5.06 \text{ m.m. de lluvia}$$

Si usamos símbolos para indicar los números o frecuencias asociadas con cada valor que se promedia, tenemos:

$$\bar{X} = \frac{\sum f X}{\sum f} = \frac{\sum f X}{N}$$

NOTA: S = Suma  
f = frecuencia  
 $\bar{X}$  = promedio.

## 2 - La Precipitación Media.

La precipitación es un fenómeno que se estima en base de los pluviómetros o de los pluviógrafos diseminados en varios puntos de una cuenca hidrográfica. Para operar con estos datos estadísticos aislados es necesario efectuar una integración en el espacio, es decir, asociarlos, con áreas de influencia que representen -- fielmente la distribución de las precipitaciones. Generalmente se usa el método de los polígonos de Thiessen, cuando el espacio mismo es irregular y tratándose de zonas con escasos accidentes topográficos.

Para determinar el polígono correspondiente a cada estación, se unen por medio de rectas a las estaciones adyacentes y enseguida se trazan las medianas. Estas últimas constituyen los lados del polígono. La superficie de cada uno de estos polígonos forman -- los factores de ponderación, y se mantienen invariables para una determinada cuenca mientras todas las estaciones aporten ininterrumpidamente sus datos. De esta manera se facilita el cálculo, pues basta multiplicar la precipitación caída durante un cierto intervalo de tiempo en un punto con el factor de ponderación de este punto o estación y sumarlo a las estaciones restantes divi-

diendo finalmente la suma de estos productos entre la superficie total de la cuenca. Se aprovechan las estaciones que están fuera de la cuenca, ocupando para nuestra estimación la parte de los polígonos que quedan dentro de la cuenca.

### 3 - Método de las Curvas Isoyetas.

Este método es muy usado, más preciso y el más laborioso. Consiste en trazar para un período elegido, sea este, una hora, 6 horas, 12 horas, 1 día, 1 mes, 6 meses, 1 año etc., curvas de igual precipitación. Generalmente las curvas correspondientes se trazan para milímetros de precipitación. Se integran luego las superficies comprendidas entre dos isoyetas consecutivas: multiplicando cada superficie por el promedio de dos isoyetas limítrofes, sumando estos productos y dividiendo la suma por la superficie total de la cuenca se obtiene la precipitación media.

### 4 - Los Caudales Promedios Diarios.

Los hidrogramas son gráficas usados para representar por medio de dos fenómenos variables la ocurrencia de un fenómeno. Tenemos las variaciones del nivel de las aguas de un río o una laguna a través del tiempo, asimismo, las variaciones de caudal en el tiempo pueden representarse por medio de hidrogramas.

Trataremos del cálculo analítico de los caudales promedios porque más adelante nos servirá para el estudio de las diferentes curvas de las que se vale la Hidrología para representar y estudiar los fenómenos y sacar conclusiones.

Los Linnígrafos o registradores automáticos de niveles de las aguas de un río o laguna, trazan los hidrogramas en una hoja subdividida en horas y días para el tiempo, y en centímetros para la altura de agua registrada. Las curvas de caudal, previamente trazadas en base a numerosos afloros representativos de la estación de las lluvias y del estiaje, nos darán los caudales correspondientes a la variación horaria de los niveles de agua. La suma de caudales registrados para la variación horaria, que el linnígrafo ha trazado, dividida por el número de observaciones nos dará el promedio aritmético del caudal de ese día. En las épocas de crecidas o máximas, debe de tomarse en cuenta hasta el menor detalle trazado por el linnígrafo, aún cuando no

hubiese correspondido a una división horaria que está impresa en la hoja de papel.

Hay ya limnógrafos que registran de hora en hora las variaciones de un temporal. No está de más recordar que siendo el promedio una medida de tendencia central, será menor que el máximo instantáneo registrado, y mayor que el mínimo observado para ese día.

#### 5 - La Media Geométrica.

Cuando estudiemos el cálculo de las probabilidades en base a la distribución de frecuencias, tanto de las precipitaciones como de los caudales máximos, mínimos probables o esperados, tendremos oportunidad de aplicar esta medida de tendencia central; por ahora indicaremos la manera de calcularla.

La estadística define la "media geométrica" como la raíz N del producto de los términos.

$$G = ( Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \dots Y_n )^{1/N}$$

El cálculo se hace por lo general así por medio de los logaritmos:

$$\log G = \frac{\log Y_1 + \log Y_2 + Y_3 \dots \log Y_n}{N} = \frac{S \log Y}{N}$$

El logaritmo de la media geométrica es, la media aritmética de los logaritmos de los valores.

#### 6 - La Mediana.

La mediana de una serie de números arreglados u ordenados en orden de magnitud, es decir de una distribución de frecuencias, es el valor central o el promedio aritmético de dos valores centrales. Ejemplos: si se tienen cinco cantidades: 5, 6, 7, 8 y 10, es obvio que el valor de la mediana es 7; para las siguientes cantidades:

5, 5, 7, 9, 11, 12, 15, y 18, la mediana vale:  $1/2 (9+11) = 10$ .

Geométricamente la mediana es el valor de X (Abcisa) correspondiente a la línea vertical que divide al histograma en dos áreas iguales. Ver cuadros y dibujos adjuntos.

#### 7 - La Moda.

La moda de una serie de números es aquel valor que ocurre con --

-----

máxima frecuencia o el valor alrededor del cual los términos ---  
tienden a concentrarse más densamente.

A veces se tropieza con series que tienen dos modas, a las que -  
se llama binodales.

La binodalidad es el resultado de la casualidad, o algunas veces  
proviene de que están presentes dos grupos de datos heterogéneos.  
Ver cuadros y dibujos adjuntos.

### 8 - La Media de Segundo Grado.

Hay algunas otras medidas de tendencia central que más bien son  
matemáticas y teóricas. La media de segundo grado:  $\frac{(\sum X^2)}{N}^{1/2}$  es  
la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los  
valores.

No es una medida de tendencia central, sino una medida de disper  
sión y la llamaremos desviación standard, que estudiaremos en el  
próximo capítulo.

### 9 - Cálculo de la Pendiente Media de una Cuenca.

Es esta otra de las aplicaciones de la Estadística a la Hidrolo  
gía. Se trata de calcular una medida de tendencia central.

El primer paso consiste en trazar una cuadrícula sobre un plano  
con curvas de nivel de la cuenca en estudio. Generalmente la --  
cuadrícula está formada con líneas Nort-Sur y líneas Este-Oeste.  
Como mínimo se usa una cuadrícula formada por 100 cuadros. He--  
cho esto medimos, a la misma Escala del plano, todas las líneas--  
N-S y E-W que estén comprendidas dentro de la cuenca, y determi  
namos el número de veces que una curva de nivel corta o es tan--  
gente a cada una de las líneas, tanto N-S, como E-W. La pendien  
te media se calcula por la fórmula que propone Horton:

$$P_m = \frac{1.5 \times N \times Z \times S}{l} \times 100$$

a) Donde N: es el número de curvas que cruzan todas las líneas--  
o el número de veces que cada línea es cortada por las curvas de  
nivel, se toman las líneas N-S y las E-W.

b) Z: es el intervalo de las curvas de nivel.

c) S: es la suma de las longitudes de las líneas, sean éstas --

CALCULO DE PENDIENTE MEDIA

CUENCA RIO: CUENCA - "A"

Fecha: Agosto 10/66.

Línea No.	Longitud de Línea		No. de In.	Línea No.	Longitud de Línea		No. de In.
	Rumbo	N-S			Rumbo	E-W	
C U E N C A "A"							
1		10	0	1		110	0
2		40	0	2		270	1
3		85	2	3		530	1
4		125	2	4		520	5
5		125	2	5		600	4
6		130	2	6		620	4
7		155	4	7		610	5
8		170	2	8		245	2
9		195	3	9		465	2
10		140	3	10		275	4
11		135	2	11		500	4
12		200	2	12		110	1
13		255	3				
14		325	1				
15		370	4				
16		590	4				
17		590	3				
18		575	3				
19		485	1				
S		4700	43			4855	33

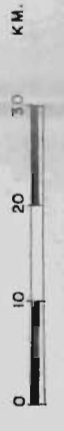
$$P.m. = \frac{1.5 \times 76 \times 25 \times 100}{9555} = 29.8$$



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA  
 DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS  
 SECCION DE AGUAS SUPERFIALES

PROMEDIOS ANUALES DE LLUVIAS

NOTA: LLUVIA EN MILIMETROS

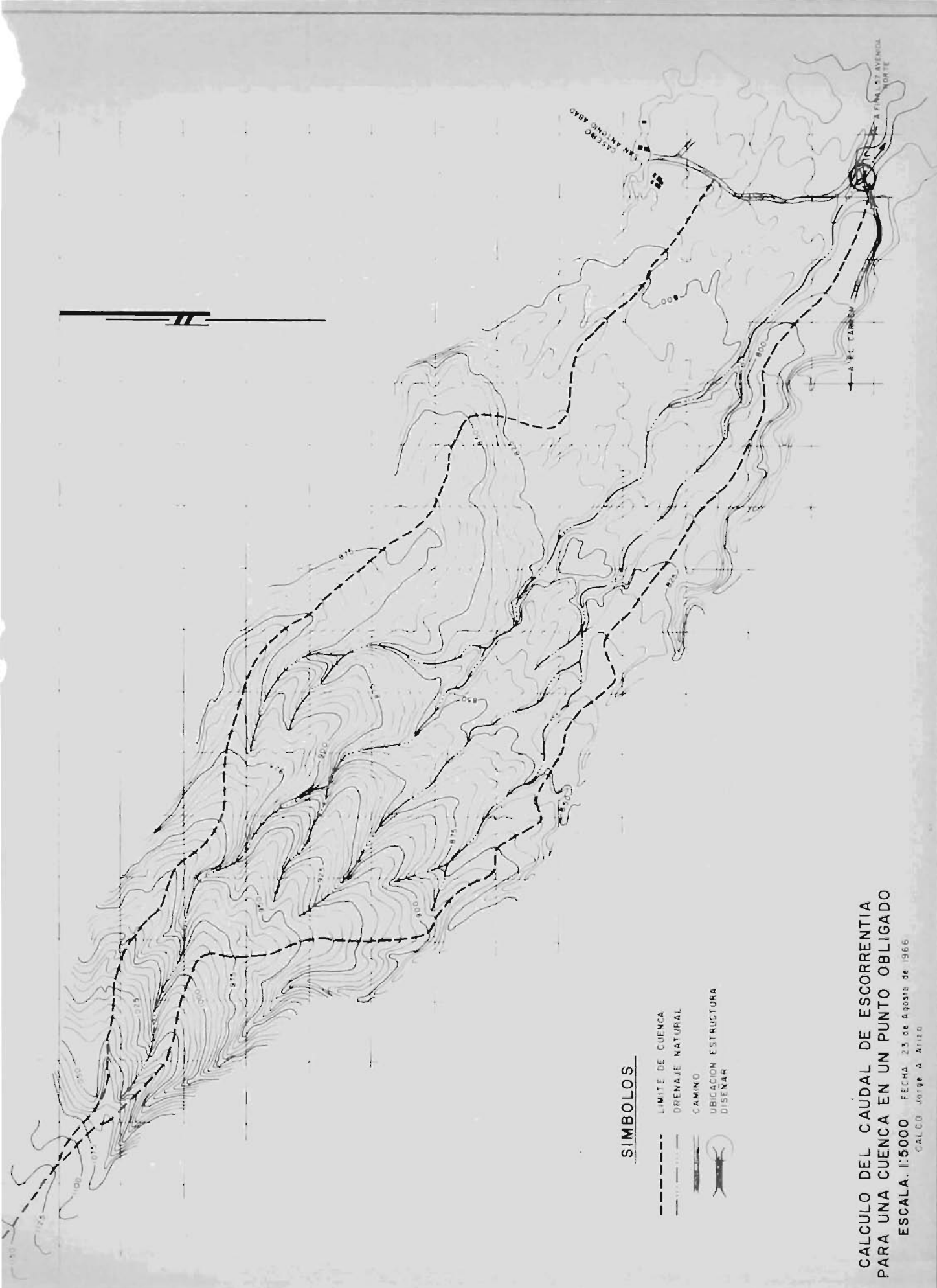


M. A. G. DIBUJO: MARIO G. LOPEZ  
 NOVIEMBRE 1966

89° 30'

89°

90°



**SIMBOLOS**

- LIMITE DE CUENCA
- - - DRENAJE NATURAL
- CAMINO
- ▬ UBICACION ESTRUCTURA
- DISEÑAR

**CALCULO DEL CAUDAL DE ESCORRENTIA  
PARA UNA CUENCA EN UN PUNTO OBLIGADO**

ESCALA. 1:5000    FECHA. 23 de Agosto de 1966  
CALCO Jorge A. Ariza

N-S ó E-W.

### 10 - Cálculo de la Elevación Media.

Como en el problema anterior, en un plano de la cuenca previamente cuadrículado, anotamos las intersecciones de las líneas N-S y E-W comprendidas entre dos curvas consecutivas, lo que nos dá -- una distribución de frecuencias ordenadas. El promedio de cada dos curvas consecutivas las multiplicamos por su frecuencia respectiva, y, finalmente la sumatoria de promedios de curva por su frecuencia dividida por la sumatoria de frecuencias nos dá la elevación media.

$$\bar{x} = \frac{\sum F x}{N}$$

Donde  $\bar{x}$  = elevación media

S = sumatoria o integral

f = frecuencia

x = promedio de curvas

N = sumatoria o integral de las frecuencias.

Es usual en estos cálculos estadísticos agregar una columna de las frecuencias relativas dadas en porcentajes del total, y otra columna para las frecuencias acumuladas.

En el capítulo dedicado a las Curvas de Frecuencias daremos más detalles y ejemplos gráficos.

### III - MEDIDAS DE LA DISPERSION.

Hemos visto en el capítulo anterior las medidas que describen la tendencia central de una distribución de frecuencias. Hay otros aspectos importantes que atañen a la distribución de frecuencias-- como son los relacionados con la diseminación de los datos o la dispersión.

El grado a que tienden a diseminarse los datos numéricos alrededor de un valor de tendencia central se llama variación o dispersión de los datos. Hay varias medidas de variación o dispersión y las más comunes son el intervalo, la desviación media y la desviación standard.

1 - El intervalo es una medida de dispersión grosera y poco significativa, y es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de una serie de valores. El intervalo se usa sólo en aque---



llos casos que no hay continuidad en los datos, pero siempre es una medida poco representativa debido a que no siempre el promedio será la semi-suma del máximo y el mínimo. Otra objeción al uso del intervalo como medida de dispersión es que no se pueden comparar dos distribuciones con un total de frecuencias diferentes.

2 - La desviación media.

Se mide con relación a la media aritmética. Se obtiene tomando la suma de las desviaciones (o diferencia de los términos) con la media aritmética, prescindiendo de los signos y dividiendo -- por el número de términos N.

$$D.M. = \frac{\sum f(x)}{N} \quad \text{ó} \quad \frac{\sum f(\bar{X}-X)}{N}$$

Donde  $\bar{X}$  es la medida aritmética,  $(\bar{X}-X)$  es el valor absoluto de la desviación de X con respecto a  $\bar{X}$ . (El valor absoluto de un número es el número sin asociación de signo),

f = frecuencia.

S = indica la sumatoria o integral.

3 - La desviación "standard".

En vez de prescindir simplemente de los signos de las desviaciones con respecto a la media aritmética, podemos elevar al cuadrado las desviaciones, logrando con ello hacerlas positivas. Obtenemos una medida llamada discrepancia o desviación media cuadrática cuya expresión es:

$$S^2 = \left( \frac{\sum x^2}{N} \right)$$

El término  $\sum x^2$  se le llama variación, su símbolo es  $S^2$ .

Nos interesa la raíz cuadrada de la discrepancia.

$$s = \frac{\sum x^2}{N} \quad 1/2$$

a la que conocemos con el nombre de desviación standard.

Los pasos para calcular la desviación standard son:

- a) Determinar la desviación x de cada término con respecto a  $\bar{X}$ .
  - b) Elevar estas desviaciones al cuadrado.
  - c) Sumarlas.
-

- d) Dividir esta suma por N.
- e) Extraer la raíz cuadrada.

Damos otros métodos abreviados para calcular la desviación standard.

$$A = \frac{SX^2}{N} - \frac{Sx^2}{N} \quad 1/2$$

$SX^2$  indica la suma de los cuadrados:

$\frac{Sx^2}{N}$  es el cuadrado de la suma dividida por el cuadrado de los --  
N  
términos.

B = Si  $d = X-A$  es la desviación de X con relación a una constante arbitraria A podemos escribir.

$$s = \frac{Sfd^2}{N} - \frac{Sfd^2}{N} \quad 1/2$$

Ejemplo:

Calcular la media aritmética y la desviación standard para el --  
año hidrológico de 1961-1962 del Río Grande de San Miguel (Vado-  
Marín) de la correspondiente distribución de frecuencias relati-  
vas.

#### IV - CURVAS DE FRECUENCIAS.

##### 1 - Representación gráfica de los datos de escorrentía.

La más simple representación de los datos de escorrentía es el --  
hidrograma. Las abscisas del hidrograma representan siempre el --  
tiempo (horas, días, meses); las ordenadas pueden representar al --  
tura de agua o niveles y caudales, y las curvas representan hi-  
drogramas de niveles o hidrogramas de caudal respectivamente. En  
un hidrograma de niveles fluvionétricos las crestas son los pun-  
tos máximos, y en un hidrograma de caudales se llaman picos o --  
crecidas. Para mayor claridad los picos o crecidas representan-  
caudales instantáneos y los puntos del descenso de la curva cons-  
tituye la recesión.

En los períodos del estiaje que se nota un nivel bajo y uniforme  
en el comportamiento del río, toda la fuente de alimentación pro-  
viene del agua subterránea, y a esos períodos se les llama de --  
agotamiento.

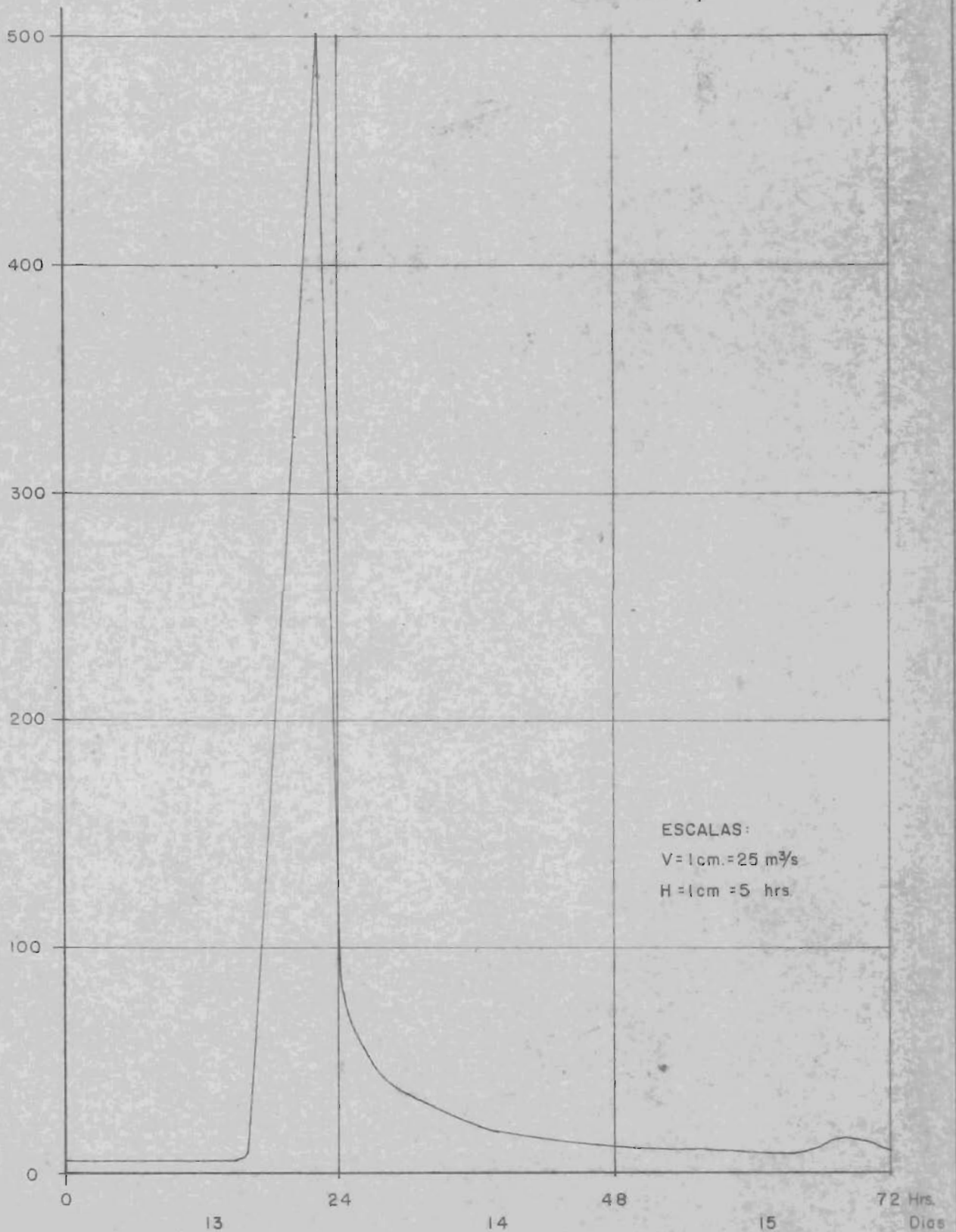
-----

HIDROGRAMA DE GRECIDAS

RIO GUAJOYO

DEPTO. DE SANTA ANA

SEPT. 1966



# HIDROGRAMA DE CRECIDAS

## RIO JIBOA

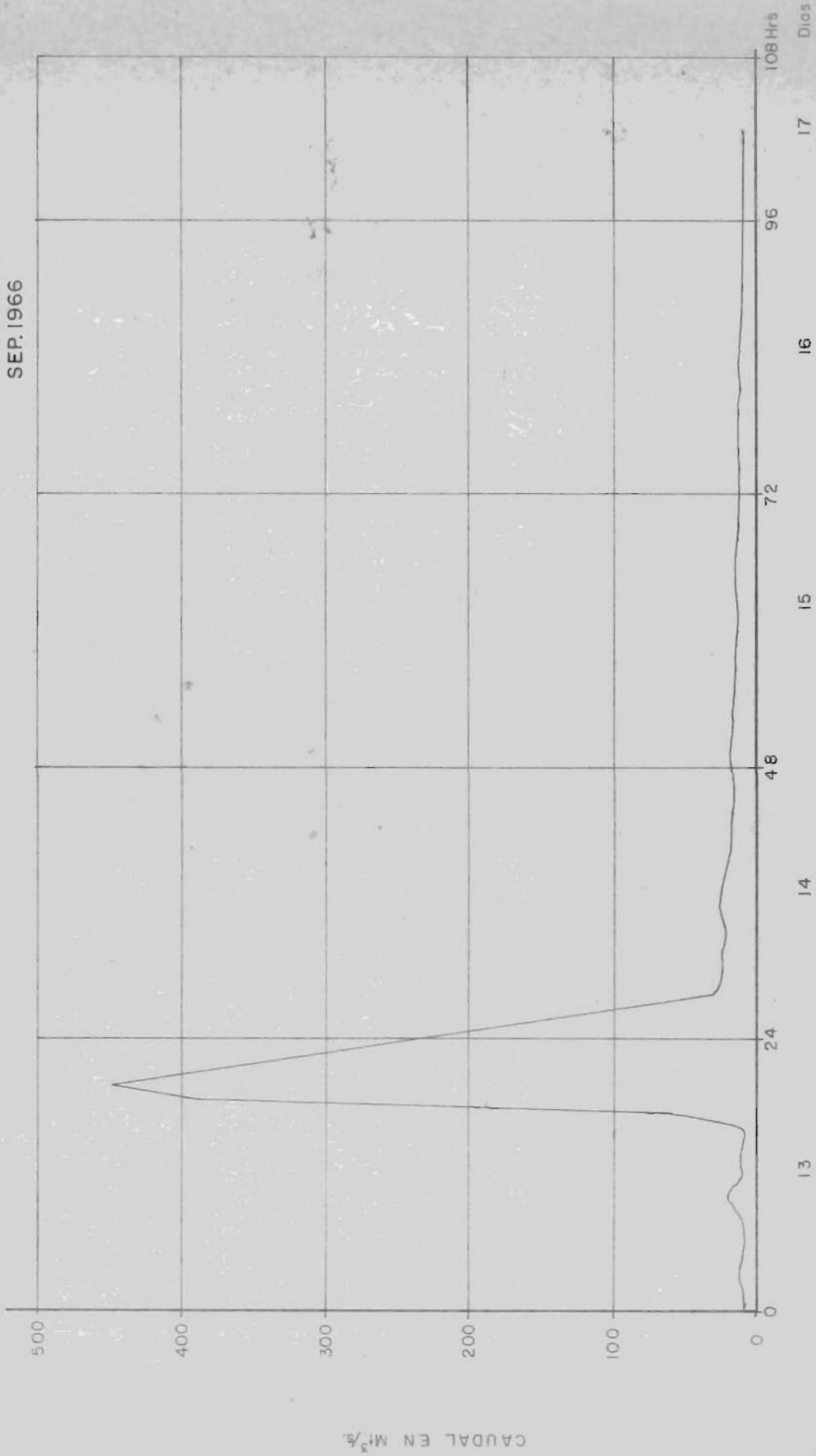
DEPTO. LA PAZ

SEP. 1966

ESCALAS:

H = 1 cm 5 Horas

V = 1 cm. 40 M<sup>3</sup>/s.

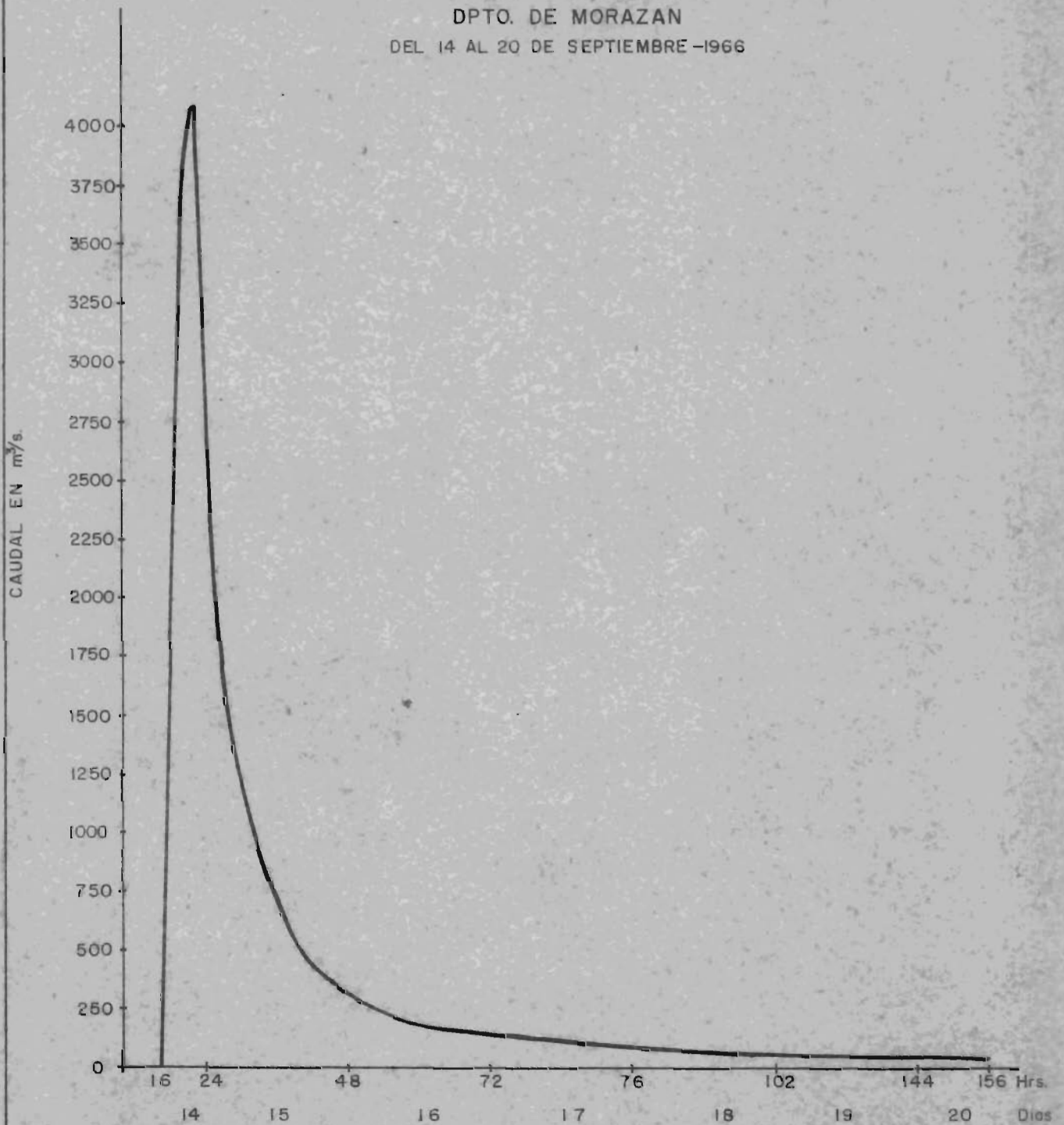


# HIDROGRAMA DE CRECIDAS

## RIO TOROLA

DPTO. DE MORAZAN

DEL 14 AL 20 DE SEPTIEMBRE -1966



ESC:

V = 1 cm. = 250 m³/s

H = 1 cm = 10 Hrs.

CALCULO DE LA MEDIA ARITMETICA

Serie de un año 1961-1962

Río Grande de San Miguel (Vado Marín)

INTERVALO DE CLASE metros cúbicos/seg.	VALORES MEDIOS DE CLASES X	FRECUENCIAS RELATIVAS		
		Días F	FX	
7.00	7.99	7.5	56	420.0
8.00	8.99	8.5	28	238.0
9.00	9.99	9.5	21	119.5
10.00	14.99	12.5	103	1287.5
15.00	19.99	17.5	47	822.5
20.00	24.99	22.5	7	157.5
25.00	29.99	27.5	10	275.0
30.00	34.99	32.5	6	195.0
35.00	39.99	37.5	12	450.0
40.00	44.99	42.5	5	212.5
45.00	49.99	47.5	3	142.5
50.00	99.99	75.0	27	2025.0
100.00	149.99	125.0	27	3375.0
150.0	199.99	175.0	13	2275.0
T O T A L . . . . .			365	11995.0

$$\bar{X} = \frac{\sum FX}{N} = 32.9$$

CALCULO DE LA DESVIACION STANDARD

Serie de un año 1961-1962

Lío Grande de San Miguel (Vado Marín)

$\bar{X} = 32.9$

VALORES MEDIOS DE CLASES	FRECUENCIAS RELATIVAS	DESVIACION DE		
		LOS VALORES - MEDIOS CON -- RESPECTO A $\bar{X}$	$\Sigma$	$\Sigma$
X	F	x	X	FX
7.5	56	25.4	645.16	35128.96
8.5	28	24.4	595.36	16670.08
9.5	21	23.4	547.56	11498.76
12.5	103	20.4	416.16	42864.48
17.5	47	15.4	237.16	11146.52
22.5	7	10.4	108.16	757.12
27.5	10	5.4	29.16	291.60
32.5	6	0.4	0.16	0.96
37.5	12	- 4.6	21.16	253.92
42.5	5	- 9.6	92.16	460.80
47.5	3	-14.6	213.16	639.48
75.0	27	-42.1	1772.41	47855.07
125.0	27	-92.1	8482.41	229025.07
175.0	13	-142.1	20192.41	262501.33
T O T A L	365			660094.15

$$s = \frac{\Sigma Fx^2}{N} \cdot \frac{1}{2} = \frac{660094.15}{365} \cdot \frac{1}{2} = (1808477) \cdot \frac{1}{2} \quad s = 42.53$$

CALCULO DE LA MEDIA ARITMETICA

Serie de un año 1963-1964

Río Paz

INTERVALO DE CLASE metros cúbicos/seg.		VALORES MEDIOS DE CLASES X	FRECUENCIAS RELATIVAS Días F	FX
9.00	9.99	9.5	1	9.5
10.0	14.99	12.5	235	2937.5
15.00	19.99	17.5	57	987.5
20.00	24.99	22.5	22	495.0
25.00	29.99	27.5	6	165.0
30.00	34.99	32.5	11	357.5
35.00	39.99	37.5	2	75.0
40.00	44.99	42.5	2	85.0
45.00	49.99	47.5	2	95.0
50.00	99.99	75.0	26	1950.0
100.00	199.99	150.0	2	300.0
T O T A L .....			366	7467.0

$$\bar{X} = \frac{\sum FX}{N} = 20.4$$



CALCULO DE LA DESVIACION STANDARD

Serie de un año 1963-1964

Río Paz

$$\bar{X} = 20.4$$

VALORES MEDIOS DE CLASES	FRECUENCIAS RELATIVAS Días F	DESVIACION DE LOS VALORES - MEDIOS CON -- RESPECTO A X	2 X	2 FX
X		x		
9.5	1	10.9	118.81	118.81
12.5	235	7.9	62.41	14666.35
17.5	57	2.9	8.41	479.37
22.5	22	-2.1	4.41	97.02
27.5	6	-7.1	50.41	302.46
32.5	11	-12.1	146.41	1610.51
37.5	2	-17.1	292.41	584.82
42.5	2	-22.1	488.41	576.82
47.5	2	-27.1	734.41	1468.82
75.0	26	-54.6	2981.16	77510.16
150.0	2	-129.6	16796.16	33592.32
<b>T O T A L</b>	<b>366</b>			<b>131407.46</b>

$$s = \frac{\sum FX^2}{N} \cdot \frac{1}{2} = \frac{131407.46}{366} \cdot \frac{1}{2} = (359.037) \cdot \frac{1}{2} \quad s = 18.95$$

El área bajo una curva de gastos promedios diarios, o curva cronológica, comprendida entre dos puntos en el eje del tiempo, es el producto de la dimensión tiempo por caudal, y representa el volumen de agua ha pasado en ese período observado.

Existen hidrogramas para caudales o gastos promedios diarios e hidrogramas de gastos instantáneos. El hidrograma de gastos instantáneos se usa en el estudio de crecidas y temporales. El hidrograma de gastos promedios diarios se usa para representación de curvas fidedignas para la curva cronológica media anual.

## 2 - La distribución de frecuencias.

Después de la recopilación de los datos, el paso siguiente es ordenarlos sistemáticamente para su análisis o estudio. Un ordenamiento de todos los datos se llama una "distribución" o "serie". El ordenamiento se puede hacer de varias maneras; si se ordenan o arreglan con respecto al tiempo o fechas se llama una "serie temporal" por ejemplo, los hidrogramas son series cronológicas o temporales. Si el arreglo u ordenamiento se hace de acuerdo a una magnitud o medición, se llama una "distribución de frecuencias".

Si trazamos la curva de una distribución de frecuencias acumuladas obtenemos la curva de duración, y su derivada es la curva de la distribución de frecuencia.

La distribución de frecuencias es fundamental en estadística y en su aplicación a la hidrología. La distribución de frecuencias de las muestras es una estimación del total de los datos en el entendido que la muestra es representativa del fenómeno que se estudia y es fidedigna más que todo. En otras palabras, la muestra es una imagen estadística del conjunto, la muestra promedio es una imagen del promedio del conjunto. Hay muchos tipos de distribuciones, la más importante de ellas es la "distribución normal" o distribución Gaussiana. La distribución normal de frecuencias es una curva sinétrica en forma de campana. Los valores de tendencia central (media, mediana y moda) coinciden para este tipo de distribución. La aplicación de la curva normal es extensa porque otras distribuciones tienden a la forma de la distribución normal, a medida que el número de muestras repre

representativas del conjunto aumenta. Este hecho se utiliza de muchas maneras, particularmente siempre y cuando, es posible obtener mayor número de muestras. La teoría de los mínimos cuadrados se basa en la distribución normal. No todas las distribuciones simétricas son normales, no todas las distribuciones son simétricas.

### 3 - La Asimetría.

Cuando una serie no es simétrica se dice que es asimétrica u oblicua. Las medidas de asimetría indican no sólo el grado de asimetría, sino también su dirección. Una serie es asimétrica en la dirección de sus valores extremos.

Generalmente las curvas de una distribución de frecuencias son datos hidrológicos es asimétrica hacia la derecha.

Karl Pearson da como medida de asimetría la fórmula siguiente:

$$\text{Asimetría } (As) = \frac{\bar{X} - 3 \text{Med}}{s}$$

$\bar{X}$  = media (aritmética)

Med = mediana

S = desviación standard.

Esto da una medida relativa con signo positivo cuando la asimetría es a la derecha, y con signos negativos, cuando la asimetría es a la izquierda.

### 4 - Ejemplos

Río Desagüe de Ilopango

De la lista de aforos practicados desde el 6 de Mayo de 1957 hasta el 10. de Noviembre de 1965 tenemos un total de 99 muestras, representativas. Nótese que desechamos los caudales menores de 538 litros/seg. porque los valores menores tabulados correspondieron a épocas en que había obstrucción en la tubería de desagüe del lago, y estaban en la reparación del canal, lo que no tuvo aforos poco representativos y poco fidedignos.

A continuación presentamos una lista de frecuencias ordenadas del máximo valor hasta el mínimo aforado; desde 5.538 lit./seg. hasta 538 lit./seg. Finalmente presentamos una distribución en clases desde el menos valor observado con un intervalo de clase

RIG SUCIO (DESEMBOCADURA)

FECHA	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg.
4-Feb-1960	4.380
9-Feb-1960	4.280
12-Feb-1960	0.031
15-Feb-1960	4.910
17-Feb-1960	5.900
29-Feb-1960	5.060
8-Marzo-1960	5.420
9-May-1960	7.140
13-Jun-1960	7.210
27-Jun-1960	11.140
9-Jul-1960	11.000
9-Agt-1960	6.270
26-Agt-1960	10.440
22-Sep-1960	19.080
27-Sep-1960	16.050
4-Oct-1960	51.50
14-Oct-1960	19.35
4-Nov-1960	31.210
16-Dic-1960	7.020
5-Ene-1961	3.700
10-Ene-1961	5.740
24-Ene-1961	4.720
15-Feb-1961	5.540
6-Abl-1961	5.550
11-Abl-1961	5.280
28-Abl-1961	4.620
19-May-1961	6.230
26-May-1961	5.310
31-May-1961	7.200
13-Jul-1961	39.360
13-Jul-1961	46.750
14-Jul-1961	13.770
14-Jul-1961	25.410

-----

RIC LUCIO

---

FECHA	CUMULAL m <sup>3</sup> /seg.
14-Jul-1961	22.150
14-Jul-1961	29.240
15-Jul-1961	15.420
9-Agt-1961	13.310
30-Agt-1961	13.916
17-Oct-1961	14.530
16-Oct-1961	16.300
10-Nov-1961	26.510
15-Nov-1961	12.550
24-Nov-1961	9.407
23-Jul-1962	37.710
24-Jul-1962	40.710
24-Jul-1962	33.020
24-Jul-1962	32.776
24-Jul-1962	40.470
25-Jul-1962	22.350
16-Agt-1962	59.740
9-Oct-1962	23.480
9-Oct-1962	19.400
9-Oct-1962	28.480
9-Oct-1962	23.890
3-Oct-1962	22.035
8-Oct-1962	18.866
10-Oct-1962	54.950
27-May-1963	11.108
24-Jun-1963	25.205
26-Agt-1963	16.040
30-Sep-1963	13.653
15-Oct-1963	10.580
6-Nov-1963	9.254
13-Dic-1963	6.875
9-Dic-1963	5.327
9-Dic-1963	5.167

---

-----

RIO SUCIO

---

FECHA	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg.
8-Ene-1964	5.770
17-Ene-1964	4.840
10-Feb-1964	3.940
19-Mzo-1964	4.660
1-Abl-1964	3.970
13-Abl-1964	4.394
28-Abl-1964	4.911
15-May-1964	5.490
21-May-1964	7.480
5-Jun-1964	10.833
18-Jun-1964	9.316
21-Jul-1964	63.423
17-Agt-1964	22.587
3-Sep-1964	39.555
16-Oct-1964	16.998
12-Nov-1964	8.188
19-Ene-1965	5.138
1-Feb-1965	5.495
11-Feb-1965	4.739
26-Feb-1965	3.950
1-Mzo-1965	4.430
2-Abl-1965	4.530
1-Jun-1965	6.394
11-Jun-1965	32.285
5-Jul-1965	16.437
16-Agt-1965	27.248
13-Sep-1965	18.570
6-Dic-1965	5.968

---

RIO: S U C I O (DESEMBOCADURA)

Período de Observación 1960-1965

Frecuencias ordenadas en metros cúbicos por segundo

1	59.740	32	16.998	63	5.968
2	54.950	33	16.437	64	5.900
3	53.423	34	16.300	65	5.770
4	51.500	35	16.050	66	5.740
5	46.750	36	16.040	67	5.550
6	40.710	37	14.580	68	5.540
7	40.470	38	14.580	69	5.495
8	39.555	39	13.916	70	5.490
9	39.360	40	13.770	71	5.420
10	37.710	41	13.653	72	5.327
11	33.020	42	13.310	73	5.310
12	32.776	43	12.550	74	5.280
13	32.285	44	11.140	75	5.167
14	31.210	45	11.108	76	5.138
15	29.240	46	11.000	77	5.060
16	28.480	47	10.833	78	4.911
17	28.480	48	10.580	79	4.910
18	27.248	49	10.440	80	4.840
19	26.510	50	9.407	81	4.739
20	25.410	51	9.316	82	4.720
21	25.205	52	9.254	83	4.660
22	23.890	53	8.188	84	4.620
23	22.587	54	7.480	85	4.530
24	22.350	55	7.210	86	4.430
25	22.150	56	7.200	87	4.394
26	22.035	57	7.140	88	4.380
27	19.400	58	7.020	89	4.280
28	19.350	59	6.875	90	3.970
29	19.080	60	6.394	91	3.950
30	18.806	61	6.270	92	3.940
31	18.570	62	6.230	93	3.700

T O T A L = 1487.488

P E R O M E D I O = 15.99

RIO: S U C I O (DESEMBOCADURA)

Período de Observación 1960-1965

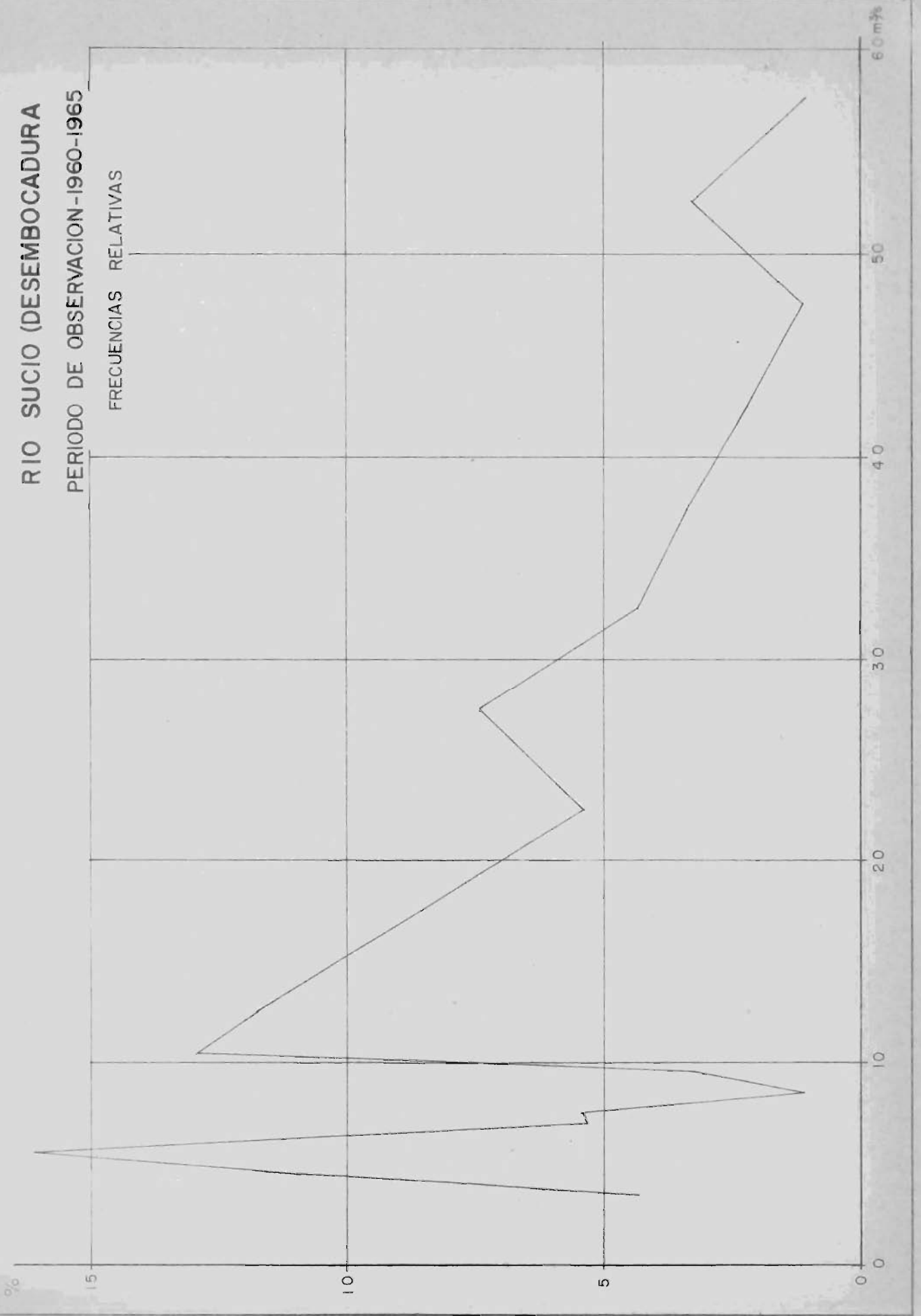
INTERVALOS DE CLASE metros cúbicos/seg.		FRECUENCIAS Relativas %	FRECUENCIAS Acumuladas. %
3	3.99	4.30	4.30
4	4.99	12.90	17.20
5	5.99	16.10	33.30
6	6.99	4.30	37.60
7	7.99	5.38	42.98
8	8.99	1.08	44.06
9	9.99	3.21	47.27
10	10.99	12.91	60.18
15	19.99	11.84	72.02
20	24.99	5.38	77.40
25	29.99	7.53	84.93
30	34.99	4.30	89.23
35	39.99	3.23	92.46
40	44.99	2.15	94.61
45	49.99	1.08	95.69
50	54.99	3.23	98.92
55	59.99	1.08	100.00



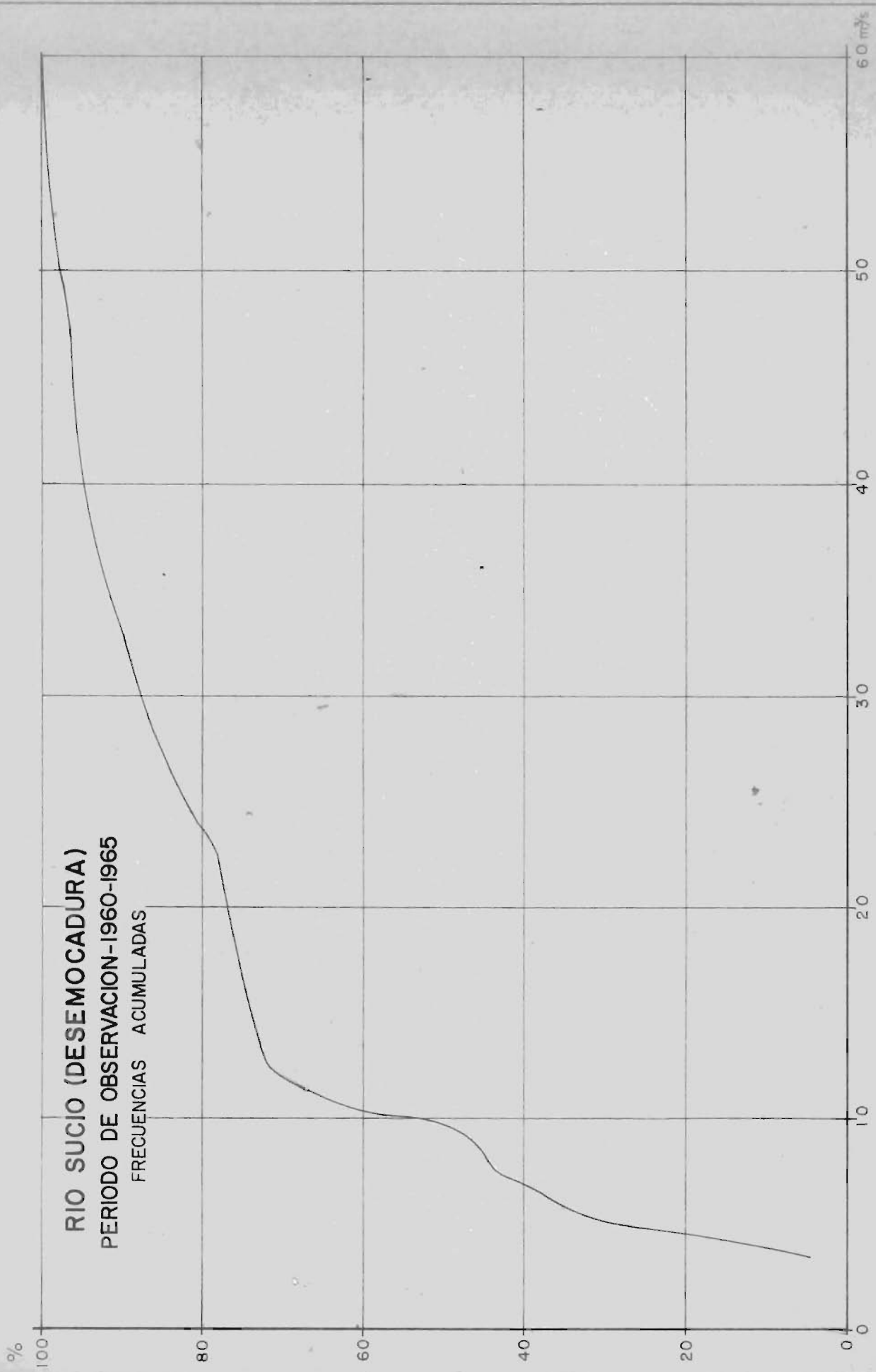
# RIO SUCIO (DESEMBOCADURA)

PERIODO DE OBSERVACION - 1960-1965

FRECUENCIAS RELATIVAS



**RIO SUCIO (DESEMOCADURA)**  
**PERIODO DE OBSERVACION-1960-1965**  
**FRECUENCIAS ACUMULADAS**



de 500 lit./seg. y con 11 clases. Asimismo damos los porcentajes relativos de las frecuencias y los porcentajes acumulados.

Adjunto van las dos curvas representativas del estudio.

#### V - CURVAS DE DURACION.

Para fines prácticos de diseño (hidrotécnica) las curvas de frecuencia y duración tienen una importancia fundamental. En un cuadro se anotan los valores promedios diarios de caudal, de año o años hidrológicos en estudio, ordenados de acuerdo a su magnitud creciente o decreciente con cierta ponderación estadística o intervalos de clase. Sabemos de antemano que la curva de duración, es la integral de la curva de frecuencias, primero pues, - determinamos previamente las cifras de frecuencia. Como decíamos en las dos primeras columnas se anotan los intervalos de las magnitudes que casi siempre serán metros cúbicos/seg. Los intervalos desde el valor mínimo hasta el máximo calculado deben formar una serie continua, de modo que incluyan todos los valores. - Luego se procede a contar los valores diarios, anotarlos en los casillos correspondientes de acuerdo a los meses e intervalos de clase, y sumándolos horizontalmente. En la columna de totales - parciales o "año" se apreciará la frecuencia de los caudales en el año hidrológico.

La última columna para totales acumulados nos dará las cifras de duración. Estas cantidades nos dicen durante cuantos días en el año se tienen caudales mayores o menores a un valor dado. Una propiedad característica del río es la duración de caudales.

Una de las aplicaciones más comunes de las curvas de duración se relaciona con el cálculo de las potencias hidroeléctricas.

Ejemplos:

#### 1 - Río Sensunupán - Departamento de Sonsonate.

Años Hidrológicos: (1960-1961) y (1961-1962)

Nótese que la curva de duración indica un caudal máximo de 300 - m<sup>3</sup>/s. en el 245° día del año hidrológico 1961-1962, y luego no hay registro para los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril.

La explicación correcta es que, en el mes de Septiembre de 1961-

-----

habe un temporal que provocó una máxima crecida de nivel y el lecho del río se socavó poco más o menos un metro, habiendo quedado el cero de la mira sobre el nivel normal del río. Hubo que re acondicionar el pozo y bajar un metro el cero de la mira.

2 - Río Paz - Departamento de Chusachapón.

Años Hidrológicos: (1962-1963) y (1963-1964)

Hechos agregado una curva para el bienio 1962-1964 como un promedio de las frecuencias de las dos curvas calculadas para los dos años hidrológicos. El tiempo de observación es muy corto. Para tener datos estadísticos representativos necesitamos un mínimo de 10 años sin interrupción. Nuestro presente trabajo tiene como uno de los objetivos didácticos enseñar los Procedimientos Estadísticos Aplicados a la Hidrología.

3 - Río Torola - Departamento de Morazán.

Años Hidrológicos: (1962-1963) y (1963-1964)

La curva promedio bianual 1962-1964 es cierta hasta los  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ ., pero asumimos que su comportamiento para los años con creces es la línea de guiones, hasta los  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ ., aún hasta los  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Desafortunadamente desconocemos el total de la cuenca de este río, y sólo sabemos por las cartas de los limnigrafos que en inviernos copiosos tienen crecidas hasta el mes de Noviembre. El Régimen de lluvias en la zona montañosa hondureña llega hasta el mes de Diciembre.

Es posible que con el estudio para cinco años a nivel centroamericano tengamos mayor información hidrometeorológica de la cuenca de este río caudaloso. Este estudio lo patrocinará la Organización Meteorológica Mundial con fondos de las Naciones Unidas.

4 - Río Grande de San Miguel - Vado Marín.

Años Hidrológicos: (1959-1964)

La curva promedio para 5 años nos indica que 200 días del año -- los caudales están bajo  $\text{m}^3/\text{s}$ . Este caudal representa el promedio para la época del estiaje.

5 - Río Sirama - Departamento de La Unión.

-----

DETERMINACION DE LAS CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

SERIE DE UN AÑO 1960-61

RIO	SENSUNAPAN												DEPARTAMENTO		SONSONATE
	May.	Jun.	Jul.	Agt.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mzo.	Abi.	Tot..	Sm. de Frec.	Duración
0.00	0.49														
0.50	0.99														
1.00	1.99							31	31	27	27	21	137		137
2.00	2.99									1	4	3	13		150
3.00	3.99	8					0	6				1	15		165
4.00	4.99	15	1	1	6	5		6					34		199
5.00	5.99	6	12	10	11	7		1					47		246
6.00	6.99	1	7	7	3	5		3					27		273
7.00	7.99		3	3	2	2	1	2					13		286
8.00	8.99	1	5	3	2	2	4	3					20		306
9.00	9.99			3									3		309
10.00	14.9		2	1	2	5	11	5					26		335
15.00	19.9			2	3	2	7	4					18		353
20.00	24.9			1									3		356
25.00	29.9				1		3						4		360
30.00	34.9				1	1							2		362
35.00	39.9							1					1		363
40.00	44.9								1				1		364
45.00	49.9														
50.00	99.9							1					1		365
TOTAL		31	30	31	31	30	31	30	31	31	23	31	30		365



DETERMINACION DE LAS CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

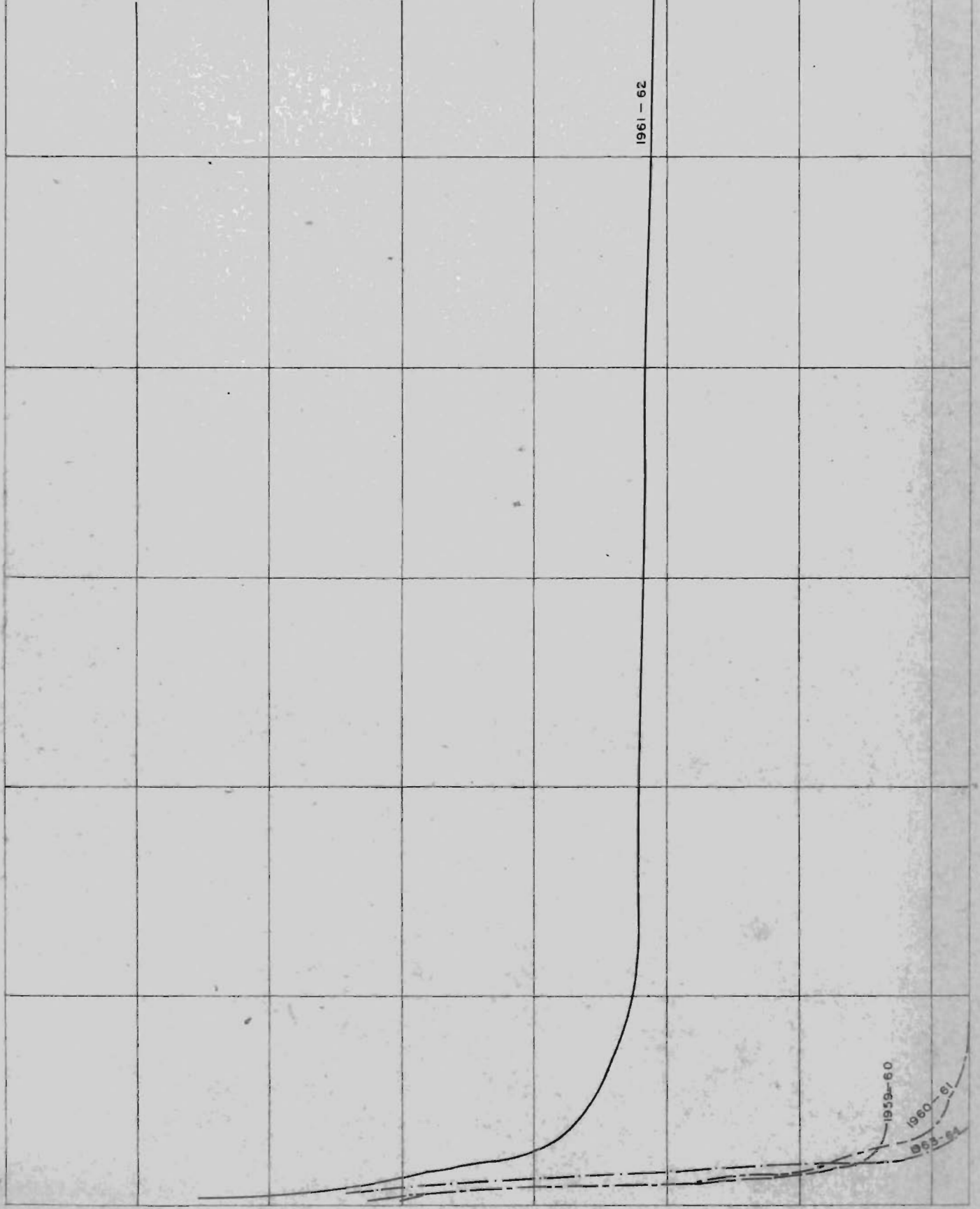
SERIE DE UN A. C 1961-62

RIO	SENSUNAPAN												DEPARTAMENTO	SCHISONATE	
	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mz6	Abl			Tot.
$m^3/seg$														Duración	
0.0	0.99														
0.50	0.99													1 3	4
1.00	1.99													23 19 28	70
2.00	2.99	18												9 7 6	40
3.00	3.99	8												3 1 1	13
4.00	4.99	1	8											1 2	12
5.00	5.99	1												1 2	4
6.00	6.99	0	3											1 2	6
7.00	7.99	1	3											4 1	9
8.00	8.99		3	3										2 1	9
9.00	9.99		1	3										1	5
10.00	14.9	1	3	23										4 2 1	34
15.0	19.9		3											4 2	9
20.0	24.9		1											4	5
25.0	29.9	1	1											3	5
30.0	34.9													3 1	4
35.0	39.9		2											2	4
40.0	44.0		1											1	2
45.0	49.9													1 1	2
50.0	99.9		1	1										1	3
100.0	149.9													1	1
150.0	199.9													1	1
200.0	249.9													2	2
250.0	299.9													1	1
300.0	379.9														
350.0	399.9														
TOTAL		31	30	31	31	30	31	30	31						245

CURVA DE DURACION DE DESCARGA

RIO SENSUNAPAN

DEPARTAMENTO DE SONSONATE



1961 - 62

1959-60

1960-61

1963-64

Días

0 50 100 150 200 250 300 350

CURVA DE DURACION DE DESCARGA

*RIO SENSUNAPAN*

DEPARTAMENTO DE SONSONATE

AÑOS : 1959-60-61-62-63-64





CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

Serie de un año 1959-1960

RIO GRANDE DE SAN MIGUEL (VADO MARIN) DEPARTAMENTO DE USulután

INTERVALOS DE CLASE metros cúbicos/Seg.		FRECUENCIAS Relativas Días	FRECUENCIAS Acumuladas Días
3.00	3.99	2	2
4.00	4.99	23	25
5.00	5.99	10	35
6.00	6.99	6	41
7.00	7.99	18	59
8.00	8.99	13	72
9.00	9.99	18	90
10.0	14.9	43	133
15.0	19.9	35	168
20.0	24.9	22	190
25.0	29.9	10	200
30.0	34.9	7	207
35.0	39.9	7	214
40.0	44.9	6	220
45.0	49.9	13	233
50.0	99.9	12	245

CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

Serie de un año 1961-1962

RIO GRANDE DE SAN MIGUEL (VADO MARIN) DEPARTAMENTO DE USULUTAN

INTERVALOS DE CLASE metros cúbicos/seg.		FRECUENCIAS Relativas Días	FRECUENCIAS Acumuladas. Días
7.00	7.99	56	56
8.00	8.99	28	84
9.00	9.99	21	105
10.0	14.9	103	208
15.0	19.9	47	255
20.0	24.9	7	262
25.0	29.9	10	272
30.0	34.9	6	278
35.0	39.9	12	290
40.0	44.9	5	295
45.0	49.9	3	298
50.0	99.9	27	325
100.0	149.0	27	352
150.0	199.9	13	365

CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

Serie de un año 1962-1963

RIO GRANDE DE SAN NIGUEL (VADO MARIN) DEPARTAMENTO DE USULUTAN

INTERVALOS DE CLASE metros cúbicos/seg.		FRECUENCIAS Relativas Días	FRECUENCIAS Acumuladas. Días
6.00	6.99	40	40
7.00	7.99	69	109
8.00	8.99	29	138
9.00	9.99	16	154
10.0	14.9	58	212
15.0	19.9	24	236
20.0	24.9	18	254
25.0	29.9	8	262
30.0	39.9	15	277
40.0	44.9	4	281
45.0	49.9	5	286
50.0	99.9	53	339
100.0	149.9	21	360
150.0	199.9	1	361

CIFRAS DE FRECUENCIA Y DURACION

Serie de un año 1963-1964

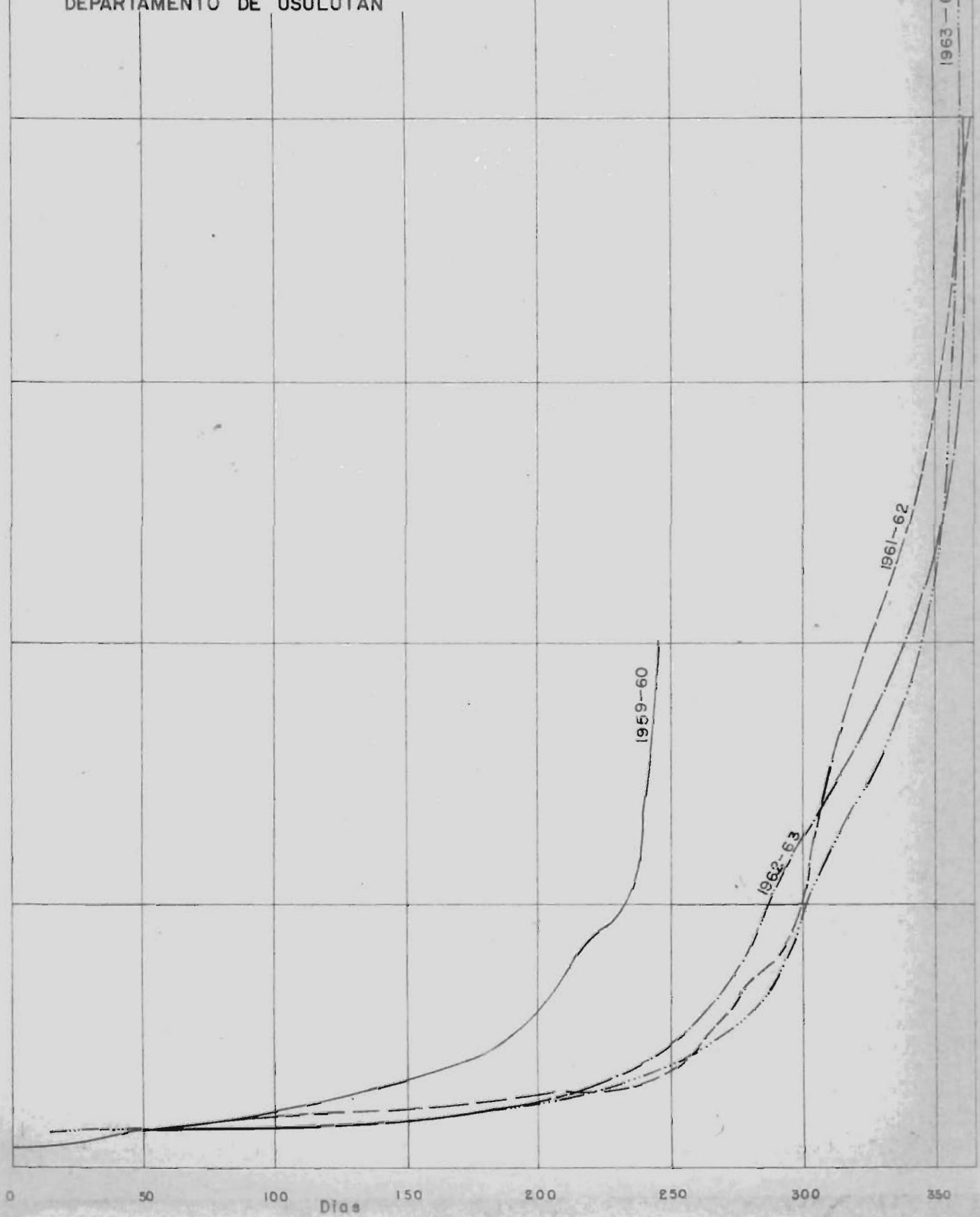
RIO GRANDE DE SAN MIGUEL (VADO MARIN) DEPARTAMENTO DE USULUTAN

INTERVALOS DE CLASE metros cúbicos/seg.		FRECUENCIAS Relativas Días	FRECUENCIAS Acumuladas- Días
6.00	6.99	14	14
7.00	7.99	75	89
8.00	8.99	51	140
9.00	9.99	27	167
10.0	14.9	50	217
15.0	19.9	31	248
20.0	24.9	21	369
25.0	29.9	13	282
30.0	34.9	6	288
35.0	39.9	4	292
40.0	44.9	5	297
45.0	49.9	3	300
50.0	99.9	45	345
100.0	149.9	11	356
150.0	199.9	4	360
200.0	249.9	3	363

CURVA DE DURACION DE DESCARGA

RIO GRANDE DE SAN MIGUEL-VADO MARIN

DEPARTAMENTO DE USULUTAN

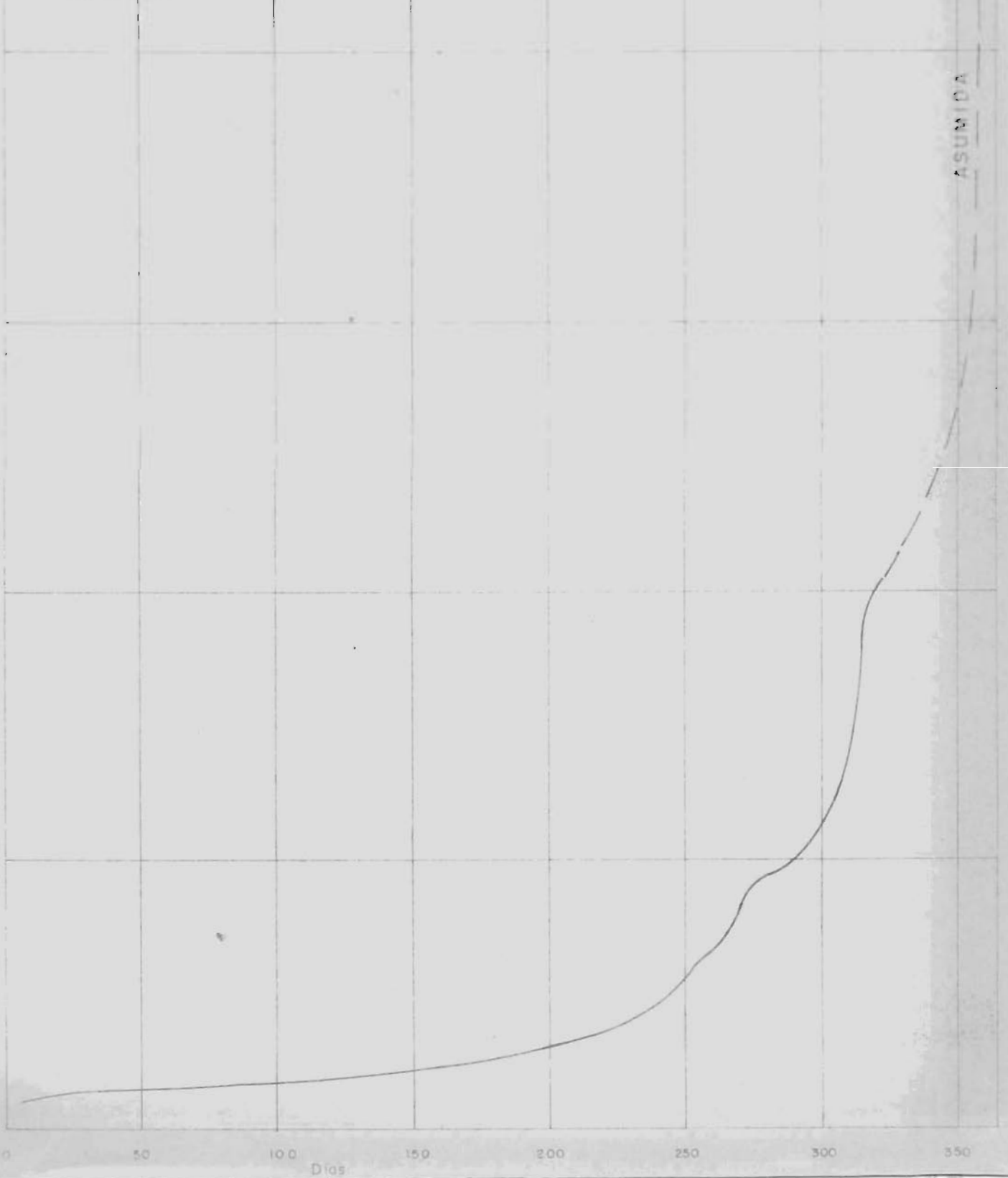


CURVA DE DURACION DE DESCARGA

*RIO GRANDE DE SAN MIGUEL--VADO MARIN*

DEPARTAMENTO DE USULUTAN

AÑOS : 1959-60-61-62-63-64



Años Hidrológicos: (1961-1964)

Dado el poco tiempo de registro de este río no podemos trazar la tendencia aproximada de la curva, Sí, sabemos que tiene crecidas fuertes con una curva de recesión más o menos rápida.

6 - Río Goascorán - Departamento de La Unión.

Años Hidrológicos: (1962-1964)

No tenemos la cuenca delimitada para este río que nace en Honduras y al igual que el Río Torola, tiene sus máximas crecidas --- cuando aquí ya no está lloviendo. El registro es muy poco, no --- podemos trazar la tendencia de la curva.

#### VI - CURVA ACUMULADA.

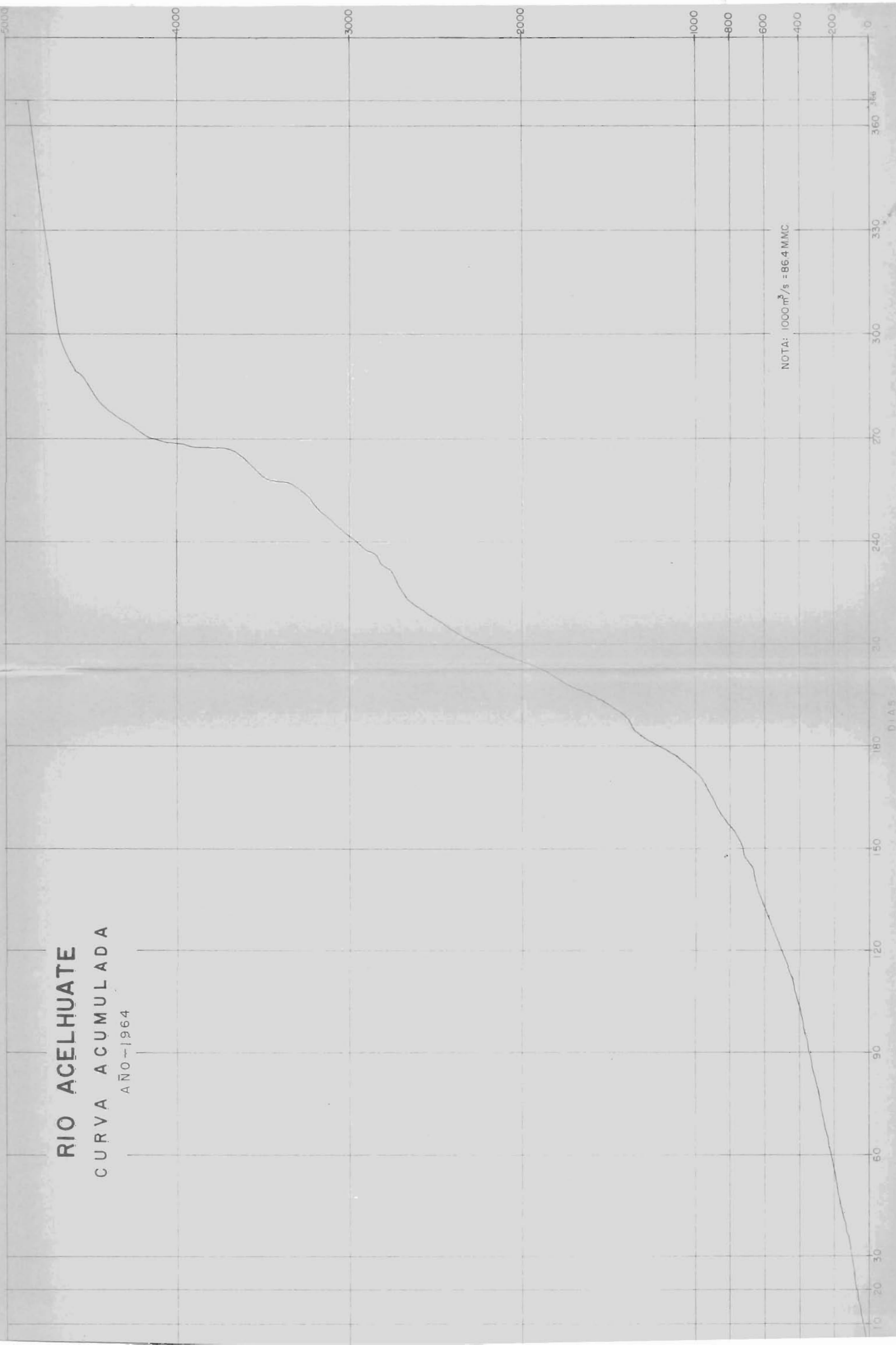
Si los caudales los ordenamos cronológicamente en un sistema de coordenadas rectangulares con escalas, Vertical y Horizontal, -- apropiadas, obtenemos la curva "Cronológica". El promedio de -- los caudales diarios de varios años nos dará la curva cronológica media anual, que tendrá un valor fidedigno a medida que tenga nos una serie continua (sin interrupciones) de mayor número de -- años. La tendencia y la forma de las curvas cronológicas varían de acuerdo a la precipitación y a las características de la cuen ca.

Si nosotros integramos la curva cronológica obtenemos la curva -- acumulada o curva métrica. En la práctica lo que se hace es su--- mer progresivamente y en forma acumulativa los caudales prome--- dias diarios. El producto de las escalas V y H adoptadas por -- 86.400 segundo que tiene el día nos dará el volumen en metros cú bicos y dividiéndolo entre un millón tendremos M.M.C. (millones de metros cúbicos) que es la unidad generalmente usada para es-- tos datos estadísticos. Por facilidad de representación gráfica se deja la escala vertical con  $m^3/s.$ , en el entendido que hay -- que hacer la reducción de unidades así:  $1 m^3/s.$  es igual a 0.0064 M.M.C. El área comprendida bajo la curva se obtiene por medio -- del planímetro.

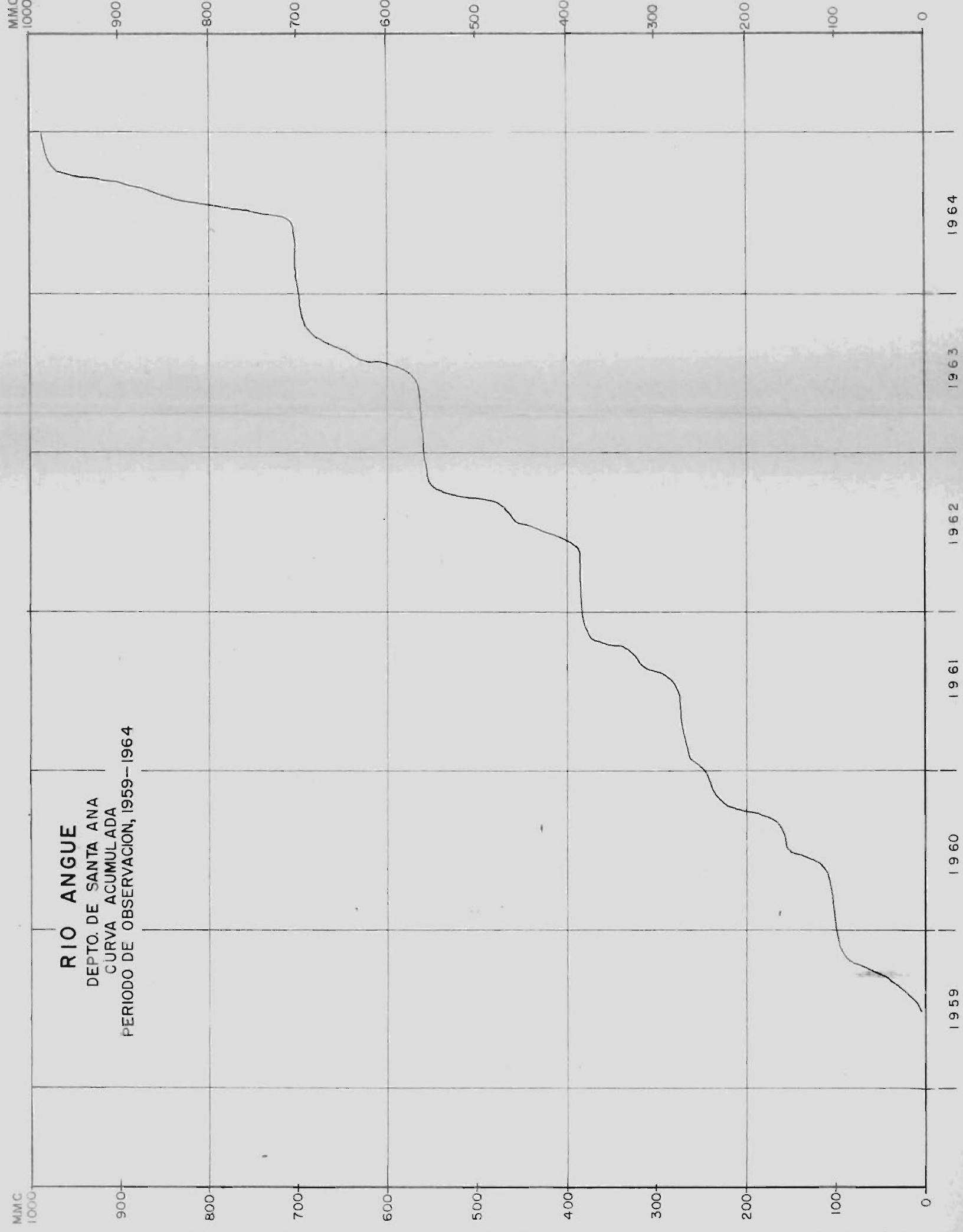
Hechos dado tres ejemplos para el año de 1964 y son los ríos si--- guientes:

Río Zunza:	Volumen total:	11.453.18	M.M.C.
Río Acelhuate:	" "	65.802.24	M.M.C.
Río Goascorán:	" "	134.676.00	M.M.C.

**RIO ACELHUATE**  
**CURVA ACUMULADA**  
AÑO 1964







# RIO ANGUE

DEPTO. DE SANTA ANA

CURVA ACUMULADA

PERIODO DE OBSERVACION, 1959--1964

Acostúmbrase a representar la curva acumulativa para varios años sumando sucesivamente los gastos medios mensuales o mejor los volúmenes medios mensuales durante un período determinado del registro fluvionétrico. De esta manera se vé el volumen total de la esorrentía que se ha estado acumulando y la variación mensual de su acumulación.

#### VII - CUENCA DE VOLÚMENES.

Menos agregado a la familia de curvas que corrientemente se usan en la Hidrología de las Aguas Superficiales, las curvas de promedio anuales de volúmenes en millones de metros cúbicos (M.M.C.). Estas curvas llamadas también cronológicas se trazan con los datos de promedios diarios en metros cúbicos por segundo de cada uno de los meses del año. Sabemos que el día tiene 86.400 segundos, dividido entre un millón tendremos la constante 0.0864 para reducir los totales mensuales a M.M.C.

Estas curvas cronológicas de promedios nos dan una imagen de la tendencia en el rendimiento de una cuenca, y serán siempre una función directa del invierno: a mayores lluvias mayores volúmenes de escurrimento.

Es poco afortunado el no tener una red de estaciones pluviométricas distribuidas estratégicamente en cada una de las cuencas de los ríos que actualmente están en estudio. En el mapa de estaciones pluviométricas notaremos concentraciones en las ciudades y poblaciones, no así en las zonas típicas como son las montañas y las costas. Las Estaciones Hidrométricas están muy alejadas de los pluviómetros, y esto no permite establecer correlaciones Hidrometeorológicas, ni mucho menos conclusiones prácticas.

Esperamos que con el estudio que la C.M.M. (Organización Meteorológica Mundial) emprenderá en Centro América a nivel integral, tendremos en el futuro mayores datos Hidrometeorológicos y un amplio campo para el estudio de las correlaciones. Asimismo, habrá mayor período de observaciones que sí nos permitirá planificar todos los proyectos de riego, drenaje, control de crecidas y los hidroeléctricas que en la actualidad se están estudiando.

RIC ANGUE

DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

Resúmenes Anuales en Millones de Metros Cúbicos

Meses	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Enero	--	2.52	3.01	1.39	1.73	2.27
Febrero	--	2.07	3.79	0.76	1.79	1.29
Marzo	--	2.08	1.97	0.25	0.66	0.39
Abril	--	1.68	1.03	1.18	0.83	0.53
Mayo	--	0.88	2.10	1.98	1.63	0.11
Junio	6.25	30.19	9.44	30.47	7.45	21.95
Julio	9.61	3.49	29.26	41.14	50.92	104.09
Agosto	18.58	3.77	11.47	8.95	28.62	46.21
Septiembre	23.97	40.49	45.74	65.00	34.15	87.21
Octubre	30.53	28.01	7.19	19.30	8.95	17.59
Noviembre	6.71	8.39	4.17	3.19	2.28	3.07
Diciembre	3.17	4.24	3.25	1.52	1.84	3.12



MILLONES DE METROS CUBICOS

AÑOS

HIDROGRAMA DEL RIO ANGUE

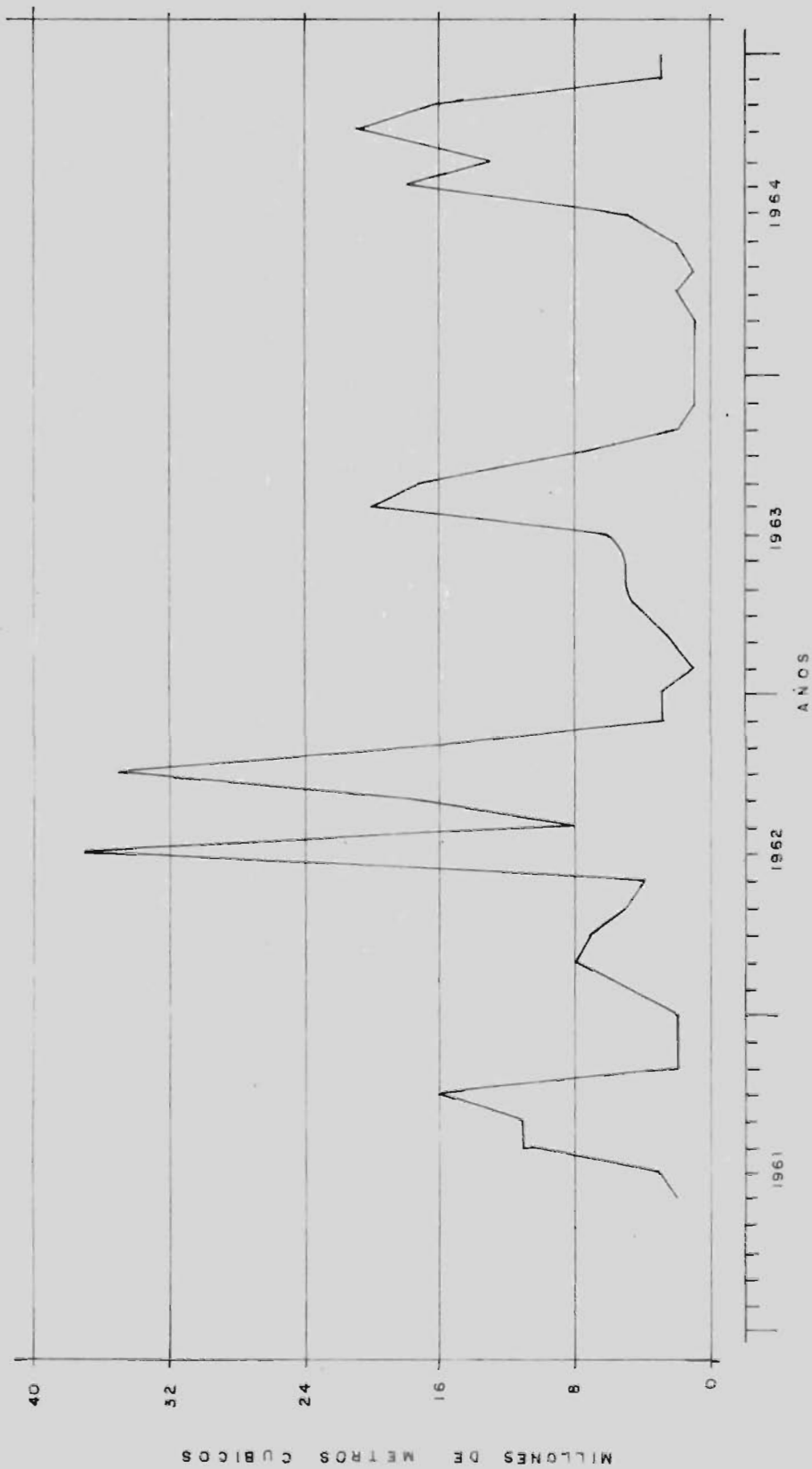
ESCALA VERTICAL : 1cm. = 10.0 M.M.<sup>3</sup>/C

RIO GUANAYO

DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

Resúmenes Anuales en Millones de Metros Cúbicos

Meses	1961	1962	1963	1964
Enero	--	--	1.43	1.26
Febrero	--	7.70	1.76	1.18
Marzo	--	6.75	4.27	1.71
Abril	--	4.56	4.94	1.47
Mayo	1.80	4.26	5.22	1.94
Junio	3.36	37.35	6.07	4.53
Julio	11.16	7.81	19.76	18.25
Agosto	10.56	16.83	16.98	12.83
Septiembre	16.30	35.26	7.63	21.33
Octubre	2.71	16.29	2.18	15.54
Noviembre	1.01	3.48	1.37	2.96
Diciembre	1.88	3.14	1.24	2.97



ESCALA VERTICAL: 1cm. = 4.0 M.C.M.C

HIDROGRAMA DEL RIO GUAJOYO

## VIII - CURVA DE PROBABILIDADES

### 1 - Introducción.

Una aplicación de la estadística que ha recibido mucha atención de los Ingenieros e Hidrólogos es la estimación de la frecuencia de los eventos raros, como por ejemplo, las excesivas lluvias, inundaciones, período de sequedad etc.- El problema que usualmente se plantea es de que: con un record de varios años - (casi siempre corto) de máximas inundaciones, se necesita determinar los períodos probables de retorno para las inundaciones - de cualquier magnitud. Las soluciones para el problema son necesarias para el diseño económico de vías de acceso, drenajes de carreteras, puentes y para obras de ingeniería para el control de inundaciones y protección contra las mismas.

Si una curva de probabilidad para las máximas crecidas puede estimarse dentro de límites razonables, los costos para las obras de prevención de las inundaciones pueden balancearse contra la substitución o costo de reparación para obtener un diseño que resulte a la larga el más económico. Decíamos que la extrapolación de datos debería hacerse con mucho cuidado, pues el uso de falsas estimaciones y de valores determinados por la extrapolación podría traer consigo una práctica peligrosa a la vez que daría datos poco reales representativos a la hora de diseñar obras grandes de protección o presas de cualquier magnitud.

Si las inundaciones y otros eventos raros siguen la ley de la distribución normal, entonces el problema es simple. Pero si la curva de frecuencia de crecidas es asimétrica, hay que tomar en cuenta otros factores correlacionados y establecen un estudio intensivo de todos los fenómenos concomitantes para encontrar los medios factibles y económicos para atacar las causas del problema planteado. Entonces la Hidrología recomienda por ejemplo, medidas protectoras para el manejo y ordenamiento de la cuenca, prácticas conservacionistas, reforestación para combatir la erosión y el arrastre de sólidas, etc.

Hay que tener presente que los años de registro, o los períodos interrumpidos de observación de todos los fenómenos hidrológicos, reducen las posibilidades de obtener datos y conclusiones confiables de una distribución asimétrica de frecuencias.

## 2 - Selección de datos.

Desde el punto de vista teórico del análisis de frecuencias se requiere que todos los datos para el período en estudio sean -- comparables o mejor dicho sean representativos de la realidad, -- observaciones imparciales de los eventos deseados, y es impor-- tante en sumo grado que los datos básicos se sujeten a un verda-- dero escrutinio.

Algunas de las consideraciones que el hidrólogo debe hacerse al seleccionar la información para el análisis de la frecuencia de las crecidas son las siguientes, que consideramos son las más -- obvias:

- 1.- Estudios de todos los afleros relacionados al nivel fluviomé-- trico. Deben ser estos afleros muy representativos y más que to-- do, reales o fidedignos y deben merecer la confianza del analis-- ta.
- 2.- Revisión detenida de cada una de las curvas anuales de cau-- dal utilizadas, y luego dada la tendencia a trazar una nueva -- curva en papel doble-logarítmico para tener una curva refinada-- para el período en estudio. Trácese todos los puntos de cada -- año.
- 3.- Hágase ajuste para los cambios de "datum" del cero de la -- mira.
- 4.- Investíguese si hay riegos o presas aguas arriba del río -- que afecten los registros.
- 5.- Recópílese la mayor información sobre crecidas anteriores -- al establecimiento de la Estación Hidrométrica, preguntando a -- los vecinos sobre máximas crecidas habidas en el lugar.

La información puede reunirse y clasificarse de acuerdo al cri-- terio personal del analista, y a la disponibilidad de datos más -- que todo. Si se tiene un extenso período de observaciones den-- tro del tiempo y el espacio, solo se tomarán en cuenta las cre-- cidas máximas anuales (ya sea del año de calendario o año hidro-- lógico). Puede darse el caso que algunas crecidas, de segundo-- orden sean mayores que las máximas de algún año de la serie de-- estudio. Esta objeción puede tener otra alternativa al fijar -- como condición básica, tomar todas las crecidas sobre una lectu-- ra de mira dada o sobre algún caudal que tomamos de base. Estos



series se les conoce como "series parciales de duración", y no es una verdadera distribución de crecidas ya que hemos impuesto un criterio o una condición no a su ocurrencia sino a su magnitud.

Como decíamos antes, en El Salvador, los estudios hidrológicos o mejor dicho la investigación científica de las aguas superficiales todavía no tiene ni 15 años, y carecemos del equipo necesario para un estudio detenido de las crecidas de los ríos bajo control por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Por dicha razón, hacemos el estudio de crecidas por medio de las "series parciales de duración" como un ejercicio de aplicación de los procedimientos estadísticos; y más que todo para que el joven estudioso encuentre una guía y una ayuda en su programa de Hidrología.

Podremos pues, hacer un verdadero estudio de probabilidades --- cuando contemos 25 años de investigación continua. Queda nuestra sinceridad como escudo en este modesto trabajo de ESTADÍSTICA aplicada a la hidrología.

### 3 - METODO

- a) Seleccionése todas las crecidas de acuerdo al criterio básico:-- lectura de mira base o caudal instantáneo base. En un cuadro -- se colocará por orden de fecha todos los caudales seleccionados.
- b) Ordénese desde la magnitud máxima hasta la magnitud base impuesta.
- c) Utilizaremos la fórmula:

$$Pr = \frac{n}{(n+1)}$$

siendo:

n = el orden de magnitud

n = el número de eventos

- d) Para el valor máximo  $n=1$ ,  $n=n$  para el mínimo valor
- e) El valor Pr es un decimal; lo multiplicamos por 100, y lo llevamos al papel logarítmico de probabilidades. Obtendremos la curva de probabilidades vs. crecidas en  $m^3/s$ .
- f) La expresión  $Tr = \frac{1}{Pr}$  se llama intervalo de retorno, o interva-

RIO PAZCRECIDAS OBSERVADAS DESDE 1962 A 1966

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup> /s.</u>
5-Jun-1962	4.10	1700.0
8-Jun-1962	3.76	892.0
9-Jun-1962	3.48	600.0
9-Jun-1962	3.36	480.0
10-Jun-1962	4.28	1900.0
11-Jun-1962	3.52	638.0
16-Jun-1962	4.84	3500.0
19-Jun-1962	3.24	390.0
20-Jun-1962	3.16	350.0
20-Jun-1962	3.04	290.0
21-Jun-1962	3.32	440.0
21-Jun-1962	3.36	480.0
21-Jun-1962	3.00	270.0
25-Jun-1962	3.24	390.0
25-Jun-1962	3.20	370.0
26-Jun-1962	3.22	380.0
27-Jun-1962	3.90	1100.0
28-Jun-1962	3.46	580.0
29-Jun-1962	4.33	1950.0
30-Jun-1962	5.00	4400.0
2-Jul-1962	3.08	310.0
3-Jul-1962	4.10	2200.0
6-Jul-1962	3.20	370.0
8-Jul-1962	3.04	290.0
16-Jul-1962	3.40	520.0
16-Jul-1962	3.34	460.0
17-Jul-1962	3.02	280.0
21-Agt-1962	4.08	1300.0
22-Agt-1962	3.64	754.0
23-Agt-1962	4.40	2200.0
24-Agt-1962	3.28	410.0
26-Agt-1962	3.14	340.0

-----

RIO PAZ

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>g m<sup>3</sup> / s.</u>
26-Agt-1962	3.14	340.0
29-Agt-1962	3.16	350.0
30-Agt-1962	4.80	3500.0
30-Agt-1962	3.92	1100.0
31-Agt-1962	4.94	4200.0
31-Agt-1962	3.92	1100.0
5-Oct-1962	3.90	1100.0
9-Oct-1962	4.82	3500.0
13-Oct-1962	3.80	940.0
18-Jul-1963	3.18	360.0
20-Agt-1963	3.04	290.0
22-Sep-1963	4.42	2250.0
28-Jun-1964	3.22	380.0
14-Jul-1964	3.10	320.0
23-Jul-1964	3.06	300.0
24-Jul-1964	3.54	656.0
13-Agt-1964	4.00	1300.0
14-Agt-1964	3.22	380.0
15-Agt-1964	3.12	330.0
24-Agt-1964	3.14	340.0
30-Agt-1964	3.10	520.0
30-Agt-1964	3.00	270.0
31-Agt-1964	3.08	310.0
2-Sep-1964	3.00	270.0
7-Sep-1964	3.18	360.0
11-Sep-1964	4.04	1300.0
11-Sep-1964	3.00	270.0
20-Sep-1965	3.80	940.0
26-Sep-1965	3.06	300.0
20-Jun-1966	3.10	320.0
23-Jun-1966	3.91	1100.0
23-Jun-1966	4.08	1300.0
23-Jun-1966	3.34	460.0
24-Jun-1966	3.60	798.0
25-Jun-1966	3.20	370.0
27-Jun-1966	3.06	4100.0

-----

RIO PAZ

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
27-Jun-1966	4.15	1700.0
28-Jun-1966	3.80	940.0
28-Jun-1966	4.71	3200.0
28-Jun-1966	4.50	2500.0
9-Jul-1966	3.52	732.0
9-Jul-1966	3.18	360.0
10-Jul-1966	3.40	520.0
12-Jul-1966	3.84	1000.0
14-Agt-1966	4.52	2500.0

RIO PAZ - DEPARTAMENTO DE AMUACHAFAN

FRECUENCIA DE CRECIDAS

PERIODO DE OBSERVACION 1962-1966

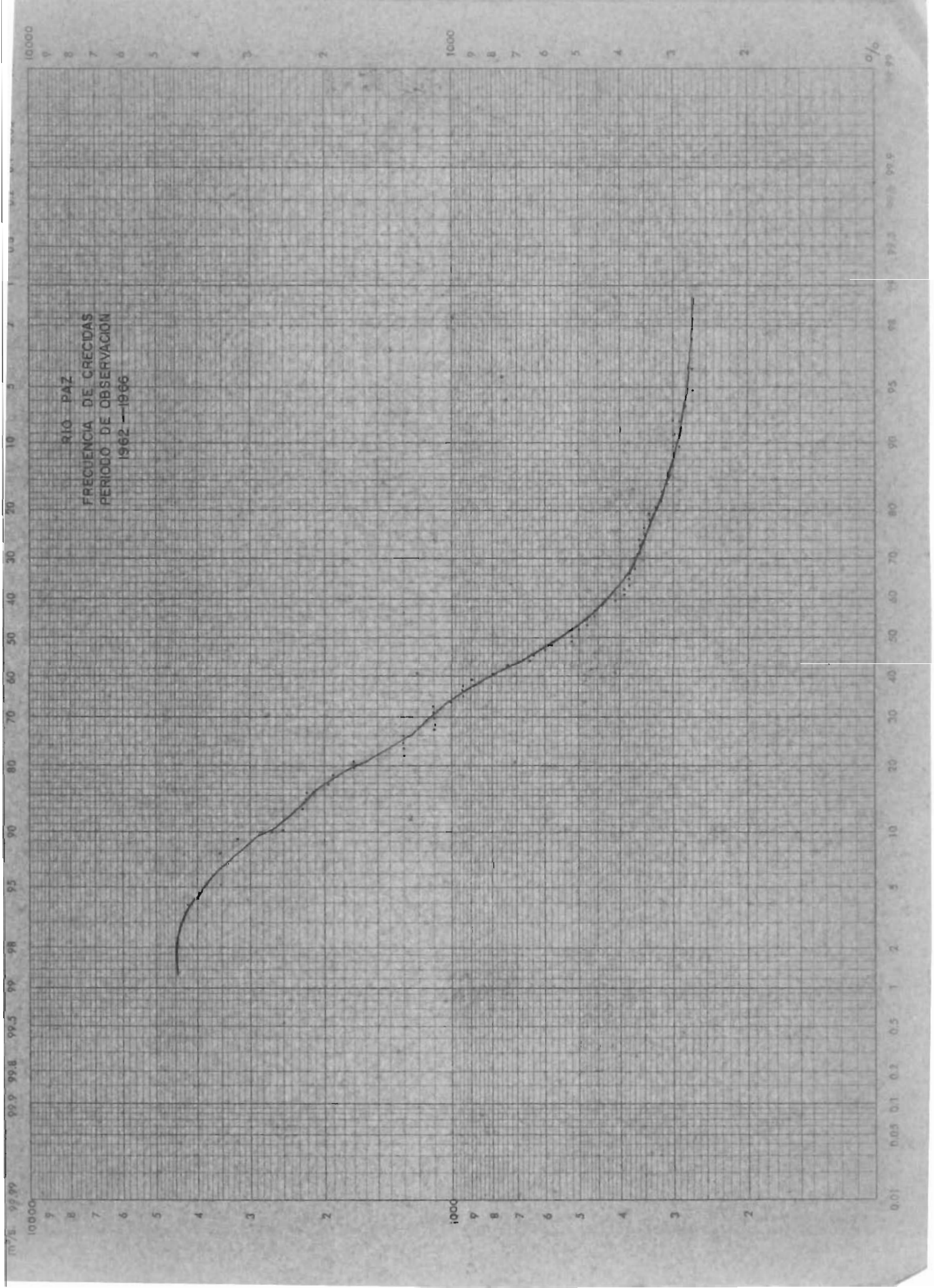
---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	m/(n+1)
1	4450.0	0.0130
2	4400.0	0.0260
3	4200.0	0.0390
4	3500.0	0.0519
5	3500.0	0.0649
6	3500.0	0.0779
7	3200.0	0.0909
8	2500.0	0.1039
9	2500.0	0.1169
10	2250.0	0.1299
11	2200.0	0.1429
12	2200.0	0.1558
13	1950.0	0.1688
14	1900.0	0.1818
15	1700.0	0.1948
16	1700.0	0.2078
17	1300.0	0.2208
18	1300.0	0.2338
19	1300.0	0.2468
20	1300.0	0.2597
21	1100.0	0.2727
22	1100.0	0.2857
23	1100.0	0.2987
24	1100.0	0.3117
25	1100.0	0.3247
26	1000.0	0.3377
27	940.0	0.3506
28	940.0	0.3636
29	940.0	0.3766
30	892.0	0.3896
31	793.0	0.4026
32	724.0	0.4156
33	732.0	0.4286
34	656.0	0.4416
35	638.0	0.4545
36	600.0	0.4675
37	580.0	0.4805
38	520.0	0.4935
39	520.0	0.5065
40	520.0	0.5195
41	480.0	0.5325
42	480.0	0.5455
43	480.0	0.5584
44	460.0	0.5714
45	440.0	0.5844
46	410.0	0.5974
47	390.0	0.6104
48	390.0	0.6234

---

---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	m/(m+1)
49	380.0	0.6364
50	380.0	0.6494
51	380.0	0.6623
52	370.0	0.6753
53	370.0	0.6883
54	370.0	0.7013
55	360.0	0.7143
56	360.0	0.7273
57	360.0	0.7403
58	350.0	0.7532
59	350.0	0.7662
60	340.0	0.7792
61	340.0	0.7922
62	330.0	0.8052
63	320.0	0.8182
64	320.0	0.8312
65	310.0	0.8442
66	310.0	0.8571
67	300.0	0.8701
68	300.0	0.8831
69	290.0	0.8961
70	290.0	0.9091
71	290.0	0.9221
72	280.0	0.9351
73	270.0	0.9481
74	270.0	0.9610
75	270.0	0.9740
76	270.0	0.9870



RIO LINGUECRECIDAS OBSERVADAS DESDE 1959 A 1966

<u>F E C H A</u>	<u>L i m i t e</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
29-Jun-1959	2.70	280.0
5-Agt-1959	2.10	120.0
6-Agt-1959	2.22	144.0
8-Agt-1959	2.06	112.0
4-Sep-1959	2.92	372.0
16-Sep-1959	2.62	256.0
24-Sep-1959	2.58	244.0
7-Oct-1959	2.35	175.0
19-Oct-1959	2.04	108.0
21-Oct-1959	2.10	120.0
21-Oct-1959	2.66	268.0
30-Oct-1959	2.41	193.0
22-May-1960	2.60	180.0
20-Jun-1960	2.08	116.0
25-Jun-1960	2.20	140.0
28-Jun-1960	3.26	546.0
6-Jul-1960	3.12	652.0
7-Jul-1960	2.24	148.0
17-Jul-1960	2.02	100.0
24-Agt-1960	2.31	163.0
25-Agt-1960	2.20	220.0
30-Agt-1960	2.11	122.0
4-Sep-1960	3.14	480.0
7-Sep-1960	2.02	104.0
9-Sep-1960	2.30	190.0
9-Sep-1960	2.48	214.0
10-Sep-1960	2.97	404.0
13-Oct-1960	2.17	138.0
15-Oct-1960	2.22	328.0
17-Oct-1960	2.62	256.0
14-Jul-1961	2.36	178.0
14-Jul-1961	2.71	284.0
21-Jul-1961	3.20	510.0



AIO ANGLE

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
22-Jul-1961	2.24	148.0
30-Jul-1961	2.93	378.0
31-Jul-1961	2.87	348.0
30-Agt-1961	2.46	208.0
20-Sep-1961	2.58	244.0
22-Sep-1961	2.86	344.0
22-Jun-1962	2.88	352.0
27-Jun-1962	2.72	288.0
27-Jun-1962	2.50	220.0
28-Jun-1962	2.56	238.0
28-Jun-1962	2.32	166.0
2-Jul-1962	2.90	360.0
7-Jul-1962	2.86	344.0
14-Jul-1962	2.64	262.0
16-Jul-1962	2.07	114.0
6-Sep-1962	2.06	112.0
10-Sep-1962	2.08	116.0
22-Sep-1962	2.72	288.0
23-Sep-1962	2.97	402.0
24-Sep-1962	3.08	452.0
24-Sep-1962	2.43	214.0
24-Sep-1962	2.50	220.0
26-Sep-1962	2.95	390.0
26-Sep-1962	2.16	132.0
28-Sep-1962	2.12	124.0
9-Oct-1962	2.54	232.0
1-Jul-1963	2.23	156.0
3-Jul-1963	2.00	100.0
24-Jul-1963	3.00	420.0
26-Jul-1963	2.40	190.0
11-Agt-1963	2.46	208.0
14-Agt-1963	2.72	288.0
17-Agt-1963	2.86	344.0

RIO ANGUE

<u>F E C U A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
11-Sep-1963	3.10	460.0
14-Sep-1963	2.47	211.0
20-Sep-1963	2.04	108.0
27-Jun-1964	2.18	136.0
29-Jun-1964	2.92	104.0
4-Jul-1964	2.30	320.0
9-Jul-1964	2.14	128.0
9-Jul-1964	2.26	152.0
10-Jul-1964	3.44	664.0
11-Jul-1964	2.98	408.0
12-Jul-1964	2.04	108.0
13-Jul-1964	2.16	132.0
17-Jul-1964	2.75	300.0
18-Jul-1964	2.74	296.0
23-Jul-1964	3.02	428.0
24-Jul-1964	3.60	580.0
24-Jul-1964	3.18	500.0
2-Agt-1964	2.66	268.0
10-Agt-1964	2.30	160.0
24-Agt-1964	3.12	470.0
4-Sep-1964	2.34	172.0
5-Sep-1964	3.06	444.0
6-Sep-1964	2.60	250.0
7-Sep-1964	2.86	344.0
10-Sep-1964	3.30	570.0
15-Sep-1964	2.28	156.0
18-Sep-1964	2.54	232.0
18-Sep-1964	2.60	250.0
18-Sep-1964	2.60	250.0
19-Sep-1964	2.00	100.0
23-Sep-1964	2.02	104.0
27-Sep-1964	2.18	136.0
24-Jun-1965	2.96	396.0

-----

RIO AIGUE

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
28-Jun-1965	3.06	444.0
1-Jul-1965	2.26	152.0
2-Jul-1965	2.04	143.0
20-Sep-1965	3.42	652.0
2-Oct-1965	2.62	256.0
2-Oct-1965	2.64	262.0
6-Oct-1965	2.12	124.0
17-Oct-1965	2.26	152.0
25-Jan-1966	2.96	396.0
27-Jun-1966	2.12	124.0
28-Jun-1966	3.16	490.0
3-Jul-1966	2.23	146.0
11-Jul-1966	2.92	372.0
12-Jul-1966	2.97	402.0
13-Jul-1966	3.32	626.0
14-Jul-1966	3.44	664.0
15-Jul-1966	3.06	444.0
23-Jul-1966	3.04	436.0
7-Agt-1966	2.52	226.0
11-Agt-1966	2.46	208.0
12-Agt-1966	3.30	570.0
13-Agt-1966	2.22	144.0
13-Agt-1966	2.16	132.0
14-Agt-1966	2.64	262.0
15-Agt-1966	2.00	100.0
15-Agt-1966	2.88	352.0
20-Agt-1966	2.00	100.0
27-Agt-1966	2.34	336.0
28-Agt-1966	3.50	700.0
31-Agt-1966	2.30	160.0

RIO ANQUE - DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

FRECUENCIA DE CRECIDAS

PERIODO DE OBSERVACION 1959-1966

---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	n/(n+1)
1	768.0	0.0079
2	700.0	0.0159
3	664.0	0.0236
4	664.0	0.0317
5	652.0	0.0397
6	626.0	0.0476
7	570.0	0.0556
8	570.0	0.0635
9	570.0	0.0714
10	546.0	0.0794
11	510.0	0.0873
12	500.0	0.0952
13	490.0	0.1032
14	480.0	0.1111
15	470.0	0.1191
16	460.0	0.1270
17	452.0	0.1349
18	444.0	0.1429
19	444.0	0.1508
20	444.0	0.1587
21	436.0	0.1667
22	428.0	0.1746
23	420.0	0.1825
24	408.0	0.1905
25	402.0	0.1984
26	402.0	0.2063
27	402.0	0.2143
28	396.0	0.2222
29	396.0	0.2302
30	390.0	0.2381
31	378.0	0.2460
32	372.0	0.2540
33	372.0	0.2619
34	360.0	0.2698
35	352.0	0.2778
36	352.0	0.2857
37	348.0	0.2937
38	344.0	0.3016
39	344.0	0.3095
40	344.0	0.3175
41	344.0	0.3254
42	336.0	0.3333
43	328.0	0.3413
44	320.0	0.3492
45	300.0	0.3571
46	296.0	0.3651

---

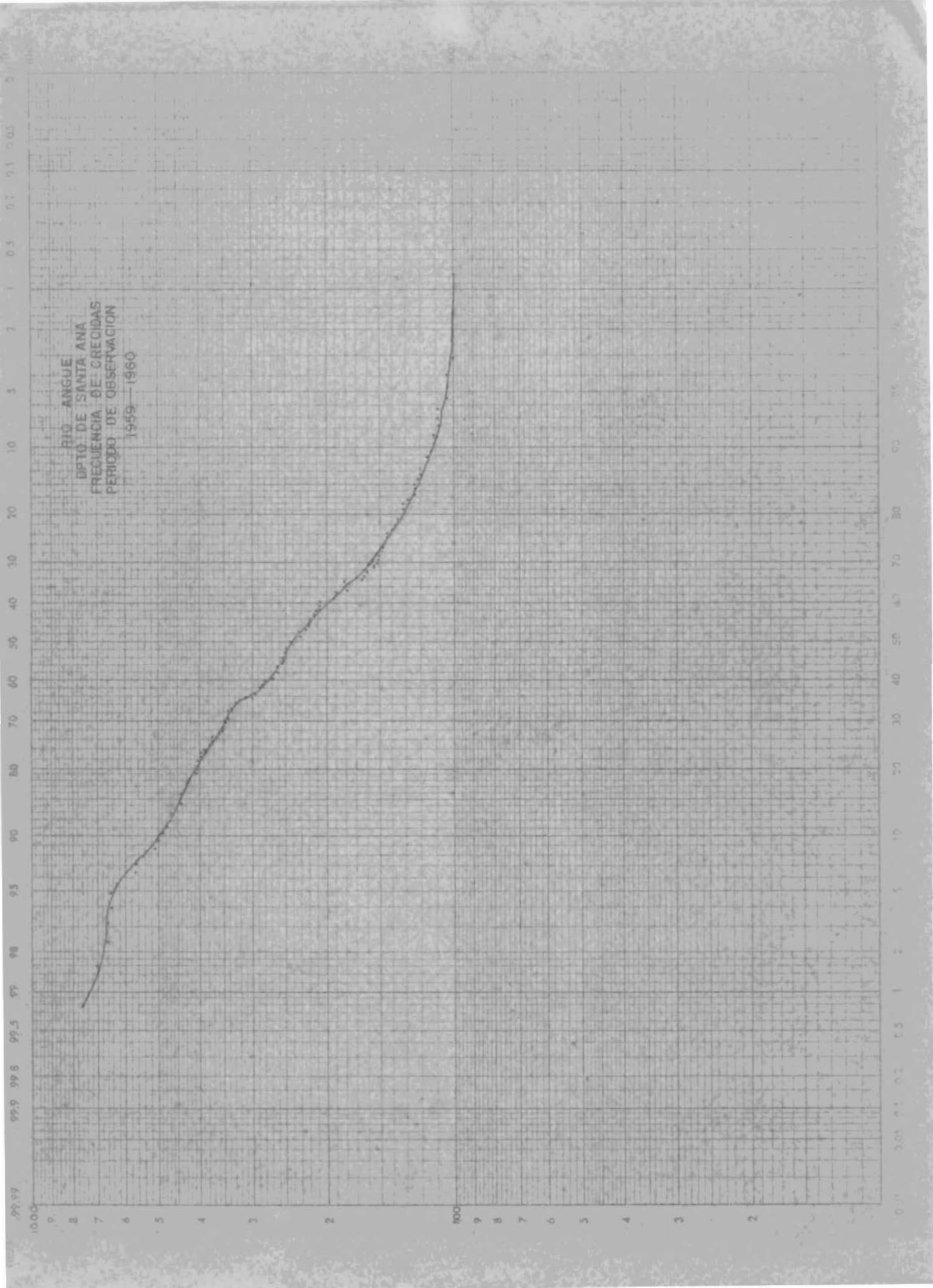
---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	m/(n+1)
47	288.0	0.3730
48	288.0	0.3810
49	284.0	0.3889
50	280.0	0.3968
51	268.0	0.4048
52	268.0	0.4127
53	262.0	0.4206
54	262.0	0.4286
55	262.0	0.4365
56	256.0	0.4444
57	256.0	0.4524
58	256.0	0.4603
59	250.0	0.4683
60	250.0	0.4762
61	250.0	0.4841
62	244.0	0.4921
63	244.0	0.5000
64	238.0	0.5079
65	232.0	0.5159
66	232.0	0.5238
67	226.0	0.5317
68	220.0	0.5397
69	220.0	0.5476
70	220.0	0.5556
71	214.0	0.5635
72	214.0	0.5714
73	211.0	0.5794
74	208.0	0.5873
75	208.0	0.5952
76	208.0	0.6032
77	193.0	0.6111
78	190.0	0.6190
79	190.0	0.6270
80	178.0	0.6349
81	175.0	0.6429
82	175.0	0.6508
83	166.0	0.6587
84	163.0	0.6667
85	160.0	0.6746
86	156.0	0.6825
87	156.0	0.6905
88	152.0	0.6984
89	152.0	0.7063
90	152.0	0.7143
91	148.0	0.7222
92	148.0	0.7302

---

-----

No.	CAURAL .. $n^3/3$	$n/(n+1)$
93	148.0	0.7381
94	146.0	0.7460
95	144.0	0.7540
96	144.0	0.7619
97	140.0	0.7698
98	138.0	0.7778
99	136.0	0.7857
100	136.0	0.7937
101	132.0	0.8016
102	132.0	0.8095
103	130.0	0.8175
104	128.0	0.8254
105	124.0	0.8333
106	124.0	0.8413
107	124.0	0.8492
108	122.0	0.8571
109	120.0	0.8651
110	120.0	0.8730
111	116.0	0.8810
112	116.0	0.8889
113	114.0	0.8968
114	112.0	0.9048
115	112.0	0.9127
116	108.0	0.9206
117	108.0	0.9286
118	108.0	0.9365
119	104.0	0.9444
120	104.0	0.9524
121	104.0	0.9603
122	100.0	0.9683
123	100.0	0.9762
124	100.0	0.9841
125	100.0	0.9921



RIO GUAJOYO

CRECIDAS OBSERVADAS DESDE 1961 A 1966

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
5-Jul-1961	2.40	110.0
6-Jul-1961	2.48	122.8
12-Jul-1961	2.14	78.8
16-Jul-1961	2.02	66.8
24-Agt-1961	2.04	68.6
25-Agt-1961	2.90	200.0
26-Agt-1961	2.20	86.0
7-Sep-1961	2.06	70.4
8-Sep-1961	3.60	370.0
4-Jun-1962	2.66	150.0
8-Jun-1962	2.84	180.0
8-Jun-1962	3.06	220.0
9-Jun-1962	3.82	430.0
10-Jun-1962	3.32	290.0
20-Jun-1962	2.60	140.0
20-Jun-1962	2.74	160.0
27-Jun-1962	2.30	98.0
30-Jun-1962	2.30	98.0
14-Jul-1962	2.40	110.0
16-Jul-1962	3.16	250.0
16-Jul-1962	2.26	93.2
21-Agt-1962	2.44	113.2
21-Agt-1962	2.46	119.6
23-Agt-1962	3.20	260.0
24-Agt-1962	2.26	93.2
7-Sep-1962	2.28	95.6
15-Sep-1962	2.10	74.0
15-Sep-1962	2.12	76.4
15-Sep-1962	2.06	70.4
16-Sep-1962	2.74	160.0
16-Sep-1962	2.68	155.0
16-Sep-1962	3.04	220.0



RIC GUAJOYO

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
21-Sep-1962	2.20	86.0
22-Sep-1962	2.96	220.0
1-Oct-1962	3.24	260.0
13-Oct-1962	3.04	220.0
14-Oct-1962	2.70	160.0
15-Oct-1962	3.26	270.0
31-Jun-1963	2.62	140.0
1-Jul-1963	2.98	220.0
1-Jul-1963	2.67	155.0
5-Jul-1963	2.10	74.0
7-Jul-1963	2.06	70.4
18-Jul-1963	2.22	88.4
19-Jul-1963	2.56	140.0
19-Jul-1963	2.68	160.0
18-Agt-1963	3.18	260.0
20-Agt-1963	2.40	110.0
20-Agt-1963	2.72	160.0
11-Sep-1963	2.00	65.0
10-Jul-1964	2.28	95.6
22-Jul-1964	3.04	220.0
23-Jul-1964	2.52	126.0
31-Jul-1964	2.14	78.8
23-Agt-1964	2.08	72.2
24-Agt-1964	2.00	65.0
31-Agt-1964	2.06	70.4
2-Sep-1964	2.92	200.0
4-Sep-1964	2.18	83.6
6-Sep-1964	2.16	81.2
21-Sep-1964	2.22	88.4
26-Sep-1964	2.18	83.6
6-Jun-1965	2.28	95.6
7-Jun-1965	2.02	66.8

RIO GUAJOYO

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
23-Jun-1965	2.12	76.4
5-Jul-1965	2.23	89.6
6-Jul-1965	2.17	82.4
5-Agt-1965	2.02	66.8
16-Jun-1966	2.02	66.8
18-Jun-1966	2.10	74.0
20-Jun-1966	2.02	66.8
22-Jun-1966	2.86	189.0
23-Jun-1966	2.56	135.0
27-Jun-1966	2.88	200.0
1-Jul-1966	2.36	105.2
9-Jul-1966	3.12	240.0
11-Jul-1966	2.39	217.6
19-Jul-1966	2.10	74.0
22-Jul-1966	2.04	68.6
13-Sep-1966	3.07	220.0

RIO GUAJOYO - DEPARTAMENTO DE SANTA ANA

FRECUENCIA DE CRECIDAS

PERIODO DE OBSERVACION 1961-1966

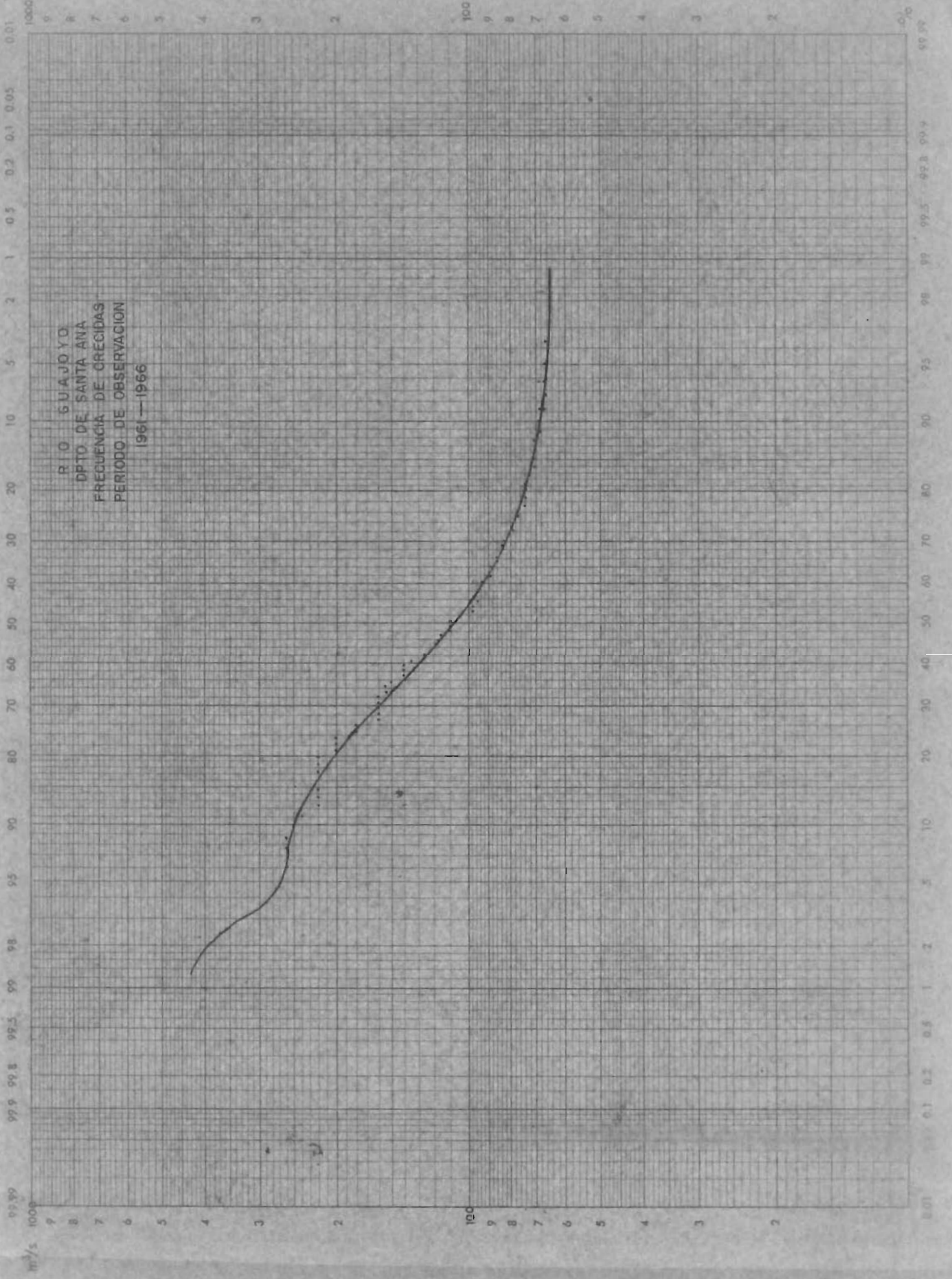
---

No.	CAUDAL * m <sup>3</sup> /s.	m/(n+1)
1	430.0	0.0124
2	270.0	0.0247
3	290.0	0.0370
4	270.0	0.0494
5	260.0	0.0617
6	260.0	0.0741
7	260.0	0.0864
8	250.0	0.0988
9	240.0	0.1111
10	220.0	0.1235
11	220.0	0.1358
12	220.0	0.1481
13	220.0	0.1605
14	220.0	0.1728
15	220.0	0.1852
16	220.0	0.1975
17	200.0	0.2099
18	200.0	0.2222
19	200.0	0.2346
20	180.0	0.2469
21	180.0	0.2593
22	160.0	0.2716
23	160.0	0.2840
24	160.0	0.2963
25	160.0	0.3086
26	160.0	0.3210
27	155.0	0.3333
28	155.0	0.3457
29	150.0	0.3580
30	140.0	0.3704
31	140.0	0.3827
32	140.0	0.3951
33	135.0	0.4074
34	126.0	0.4198
35	122.0	0.4321
36	119.0	0.4444
37	117.0	0.4568
38	113.0	0.4691
39	110.0	0.4815
40	110.0	0.4938
41	110.0	0.5062
42	105.2	0.5185
43	98.0	0.5309
44	98.0	0.5432
45	95.6	0.5556

---

---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	m/(n+1)
46	95.6	0.5679
47	95.6	0.5802
48	93.2	0.5926
49	93.2	0.6049
50	89.6	0.6173
51	88.4	0.6296
52	88.4	0.6420
53	86.0	0.6543
54	86.0	0.6667
55	83.6	0.6990
56	83.6	0.6914
57	82.4	0.7037
58	81.2	0.7160
59	78.8	0.7284
60	78.8	0.7407
61	76.4	0.7531
62	76.4	0.7654
63	74.0	0.7778
64	74.0	0.7901
65	74.0	0.8025
66	70.0	0.8148
67	72.2	0.8272
68	70.4	0.8395
69	70.4	0.8519
70	70.4	0.8642
71	70.4	0.8775
72	68.6	0.8899
73	68.6	0.9012
74	66.8	0.9136
75	66.8	0.9259
76	66.8	0.9383
77	66.8	0.9506
78	66.8	0.9630
79	65.0	0.9753
80	65.0	0.9877



RIO LEMPACRECIDAS OBSERVADAS DESDE 1960 A 1966

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q. m<sup>3</sup>/s.</u>
10-Sep-1960	4.22	2112.0
25-Oct-1960	5.06	2702.0
30-Oct-1960	4.26	2136.0
13-Jul-1961	4.06	2009.0
13-Jul-1961	4.20	2100.0
9-Sep-1961	5.98	3404.0
23-Sep-1961	4.28	2148.0
9-Nov-1961	4.26	2136.0
1-Jul-1962	4.28	2148.0
1-Jul-1962	4.04	1996.0
3-Jul-1962	4.08	2022.0
3-Jul-1962	4.04	1996.0
8-Jul-1962	4.20	2100.0
8-Jul-1962	4.02	1983.0
16-Sep-1962	4.02	1983.0
16-Sep-1962	4.59	2381.0
17-Sep-1962	4.30	2160.0
21-Sep-1962	4.18	2087.0
22-Sep-1962	6.10	3505.0
23-Sep-1962	5.76	3228.0
23-Sep-1962	5.20	2000.0
24-Sep-1962	6.00	3420.0
24-Sep-1962	5.87	3316.0
25-Sep-1962	5.54	3058.0
25-Sep-1962	4.54	2339.0
26-Sep-1962	4.48	2288.0
26-Sep-1962	4.26	2136.0
27-Sep-1962	4.12	2048.0
27-Sep-1962	4.00	1970.0
28-Sep-1962	4.16	2074.0
20-Jul-1963	4.27	2142.0
12-Sep-1963	4.52	2322.0

RIC LEMPA

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
27-Jun-1964	4.46	2271.0
28-Jun-1964	4.18	2087.0
28-Jun-1964	4.38	2208.0
29-Jun-1964	4.54	2134.0
29-Jun-1964	4.06	2009.0
11-Jul-1964	4.46	2271.0
11-Jul-1964	4.18	2087.0
14-Jul-1964	4.08	2022.0
15-Jul-1964	4.44	2254.0
21-Jul-1964	4.47	2279.0
22-Jul-1964	4.40	2220.0
23-Jul-1964	4.48	2288.0
24-Jul-1964	5.98	3404.0
25-Jul-1964	5.42	2974.0
25-Jul-1964	4.52	2322.0
27-Agt-1964	4.04	1996.0
31-Agt-1964	4.26	2136.0
14-Sep-1964	4.02	1983.0
25-Sep-1964	4.41	2228.0
25-Sep-1964	4.36	2196.0
26-Sep-1964	4.95	2640.0
27-Sep-1964	5.16	2772.0
27-Sep-1964	5.08	2716.0
28-Sep-1964	4.03	1989.0
25-Sep-1965	4.28	2148.0
26-Sep-1965	5.94	3372.0
27-Sep-1965	4.19	2035.0
3-Oct-1965	4.24	2124.0
4-Oct-1965	4.04	1996.0
4-Oct-1965	4.16	2074.0
13-Oct-1965	4.24	2124.0
14-Oct-1965	4.48	2288.0

-----

RIO LEMPA

<u>F E C H A</u>	<u>L. M. m</u>	<u>Q m<sup>3</sup>/s.</u>
27-Jun-1966	4.04	1996.0
29-Jun-1966	4.01	1976.0
29-Jun-1966	4.02	1983.0
9-Jul-1966	4.02	1983.0
10-Jul-1966	4.23	2118.0
10-Jul-1966	4.24	2124.0
11-Jul-1966	4.22	2112.0
11-Jul-1966	4.24	2124.0
12-Jul-1966	4.44	2254.0
13-Jul-1966	4.26	2136.0
13-Jul-1966	4.74	2467.0
14-Jul-1966	5.13	2751.0
15-Jul-1966	4.30	2168.0
15-Jul-1966	4.04	1996.0
13-Agt-1966	4.00	1970.0
13-Agt-1966	4.04	1996.0
15-Sep-1966	4.56	2356.0
16-Sep-1966	4.34	2184.0



RIO LEMPA (SAN MATEO) - DEPARTAMENTO DE USulután

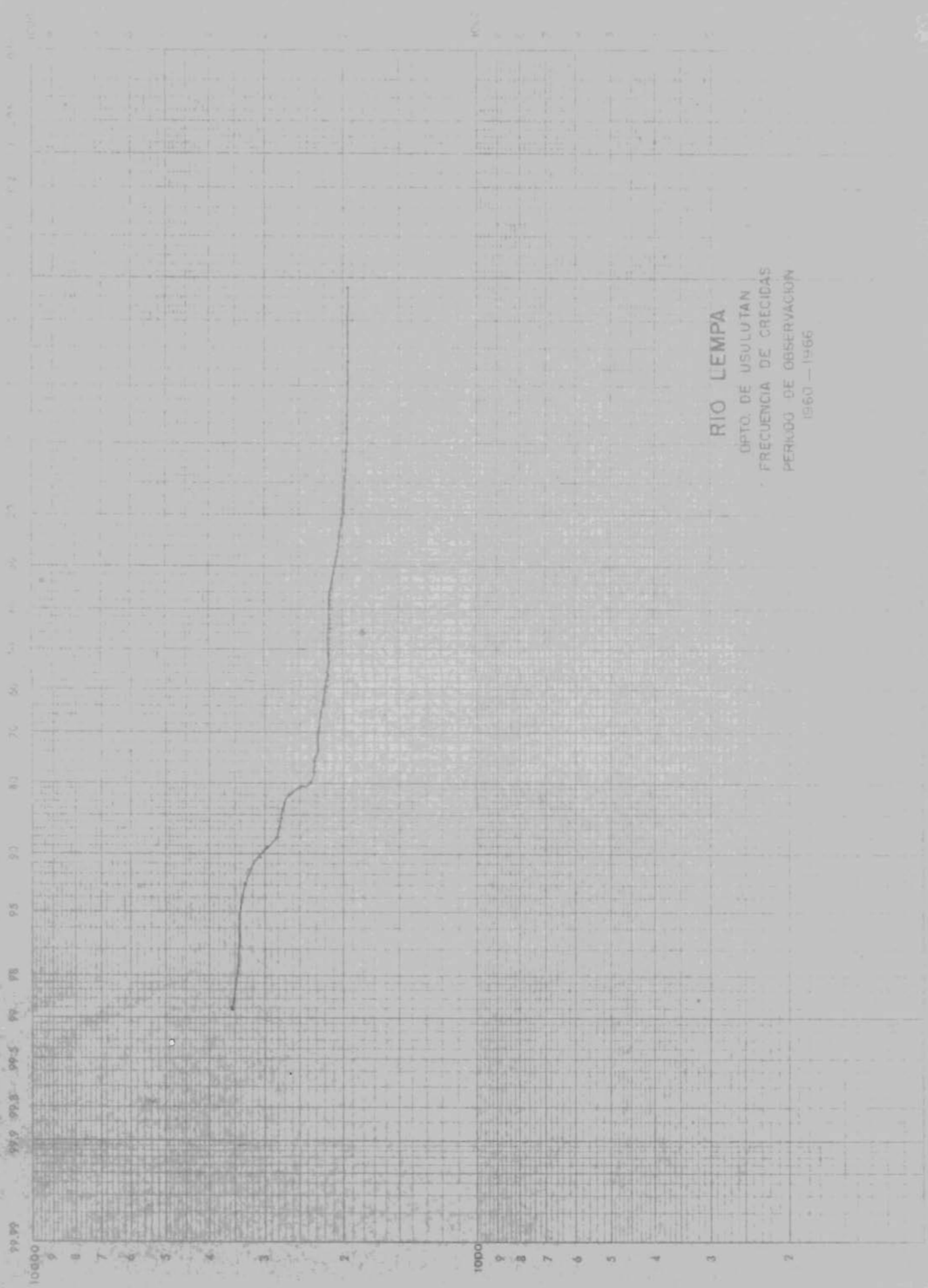
FRECUENCIA DE CRECIDAS

PERIODO DE OBSERVACION 1960-1966

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	n/(n+1)
1	3505.0	0.0120
2	3420.0	0.0241
3	3404.0	0.0361
4	3404.0	0.0482
5	3372.0	0.0602
6	3310.0	0.0723
7	3220.0	0.0843
8	3050.0	0.0964
9	2974.0	0.1084
10	2800.0	0.1205
11	2772.0	0.1325
12	2751.0	0.1446
13	2716.0	0.1566
14	2702.0	0.1687
15	2640.0	0.1807
16	2467.0	0.1928
17	2381.0	0.2048
18	2356.0	0.2169
19	2329.0	0.2289
20	2322.0	0.2410
21	2322.0	0.2530
22	2288.0	0.2651
23	2288.0	0.2771
24	2288.0	0.2892
25	2279.0	0.3012
26	2271.0	0.3133
27	2271.0	0.3253
28	2254.0	0.3373
29	2254.0	0.3494
30	2228.0	0.3614
31	2220.0	0.3735
32	2208.0	0.3855
33	2196.0	0.3976
34	2184.0	0.4096
35	2184.0	0.4217
36	2160.0	0.4337
37	2160.0	0.4458
38	2148.0	0.4578
39	2148.0	0.4699
40	2148.0	0.4819
41	2142.0	0.4940
42	2136.0	0.5060
43	2136.0	0.5181
44	2136.0	0.5301
45	2136.0	0.5422
46	2136.0	0.5542

---

No.	CAUDAL - m <sup>3</sup> /s.	m/(n+1)
47	2124.0	0.5663
48	2124.0	0.5783
49	2124.0	0.5904
50	2124.0	0.6024
51	2110.0	0.6145
52	2112.0	0.6265
53	2112.0	0.6386
54	2100.0	0.6506
55	2100.0	0.6627
56	2087.0	0.6747
57	2087.0	0.6867
58	2087.0	0.6988
59	2074.0	0.7108
60	2074.0	0.7229
61	2048.0	0.7349
62	2035.0	0.7470
63	2022.0	0.7590
64	2022.0	0.7711
65	2009.0	0.7831
66	2009.0	0.7952
67	1996.0	0.8072
68	1996.0	0.8193
69	1996.0	0.8313
70	1996.0	0.8434
71	1996.0	0.8554
72	1996.0	0.8675
73	1996.0	0.8795
74	1909.0	0.8916
75	1983.0	0.9036
76	1983.0	0.9157
77	1983.0	0.9277
78	1983.0	0.9398
79	1983.0	0.9518
80	1976.0	0.9639
81	1970.0	0.9759
82	1970.0	0.9880



**RIO LEMPA**  
 DPTO. DE USulután  
 FRECUENCIA DE CRECIDAS  
 PERIODO DE OBSERVACION  
 1960 — 1966

lo de repetición de un determinado exente, para nuestro caso repetición de una crecida.

Ejemplos:

Río Guajoyo

Departamento de Santa Ana

Período de Observación 1961-1966

Para el caudal de 430 m<sup>3</sup>/s. tenemos la probabilidad del 1.24%.

Río Paz

Departamento de Ahuachapán

Período de Observación 1962-1966

Para el caudal de 270 m<sup>3</sup>/s. tenemos la probabilidad del 98.70%.

Río Angue

Departamento de Santa Ana

Período de Observación 1959-1966

Para el caudal de 760 m<sup>3</sup>/s. tenemos una probabilidad de 0.79%.

Río Lempa (San Marcos)

Departamento de Usulután

Período de Observación 1960-1966

Para el caudal de 3505 m<sup>3</sup>/s. tenemos la probabilidad del 1.20%.

#### 4 - METODO NUMERICO

En los métodos numéricos se recurre a una distribución teórica de valores extremos del tipo doblemente exponencial llamada --- también de Gumbel:

$$P = 1 - \frac{1}{Tr} = e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

En la fórmula (1) P representa la probabilidad de no ocurrencia. La probabilidad de ocurrencia es:

$$P' = 1 - P = \frac{1}{Tr} \quad (2)$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son los valores extremos observados en "n" muestras de igual tamaño N y si X es una variable ilimitada, exponencialmente distribuida, entonces la teoría de los valores extremos establece que cuando n y N tienden a  $\infty$  la probabilidad P de que algún valor de la variable  $X_i$  sea menor que un --- cierto valor  $X_f$  se representa por la ecuación (1) siendo "e" la base de los logaritmos neperianos e "y" se define como la variable reducida expresada por la fórmula:

$$Y = a (X_i - X_f) \quad (3)$$

luego:

$$X_i = \frac{Y}{a} + X_f \quad (4)$$

Existen varios aproximaciones posibles para determinar los valores de los parámetros "a" y "X<sub>f</sub>" a partir de las series anuales. Gumbel resolvió esto aplicando el método de los mínimos cuadrados a la ecuación (3).- Obtiene de esta manera las expresiones:

$$X_f = \bar{X} - S_x \frac{\bar{Y}_n}{S_n} \quad (5)$$

$$a = \frac{S_n}{S_x} \quad (6)$$

Recordemos que "S<sub>x</sub>" representa la desviación standard y  $\bar{X}$  es el promedio aritmético.

Gumbel utiliza los valores "S<sub>n</sub>" e " $\bar{Y}_n$ ", cantidades teóricas que son únicamente funciones del tamaño de la muestra y se obtienen de la Tabla 1. Introduciendo las ecuaciones (5) y (6) en (4) - nos queda finalmente:

$$X_i = \bar{X} + \frac{S_x}{S_n} (Y - \bar{Y}_n) \quad (7)$$

Los valores de "y" se obtienen en función de Tr, según la Tabla 2:

Tabla 2.

Y	Tr
0.000	1.58
0.367	2.00
0.579	2.33
1.500	5.00
2.250	10.000
3.970	20.00
5.902	50.00
4.680	100.00
5.296	200.00
6.000	403.00

V.T. Show ha demostrado que la mayoría de las funciones aplicables a los análisis hidrológicos tienen la forma

$$X_i = \bar{X} + K_s S_x \quad (8)$$

X = factor de frecuencia varía según el método de aproximación - que se ocupa. Según el método de Gumbel

$$K = \frac{Y - \bar{Y}_n}{S_n} \quad (9)$$

5 - Ejemplo:

Para entender mejor este método agregamos aquí un ejemplo numérico. Supongamos que tenemos una serie de valores hipotéticos de precipitaciones máximas anuales y se trata de establecer que el valor de la precipitación le corresponde a un período de retorno de 20 años.

NOTA: Hacemos la advertencia de que los métodos gráficos o numéricos - en el cálculo de las curvas de probabilidad con estadísticas de corta longitud conduce a extrapolaciones dudosas y peligrosas, - es necesario un mínimo de 25 años de observación continua, y -- más que todo que las muestras sean eminentemente REPRESENTATIVAS

Años	$X_i$ cm	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1950	37	- 9	81
51	20	- 26	676
52	32	- 14	196
53	60	- 14	196
54	25	- 21	441
55	52	6	36
56	46	0	0
57	70	24	576
58	92	46	2116
59	43	2	4
60	24	- 22	484
TOTAL	506		4806

$$\bar{X} = \frac{506}{11} = 46 \quad (\text{Promedio aritmético})$$

$$S_x = \frac{(4806)}{11}^{1/2} = 21.9 \quad (\text{Desviación Standard})$$

$$S_n = 0.9676 \quad \text{para } n=11 \quad (\text{Tabla 1})$$

$$\bar{Y}_n = 0.4996 \quad \text{para } n=11 \quad (\text{Tabla 1})$$

$$\therefore \frac{1}{a} = \frac{S_x}{S_n} = \frac{21.9}{0.9676} = 22.7$$

$$Y = 2.97 \quad \text{para } Tr = 20 \text{ años} \quad (\text{Tabla 2})$$

-----

Aplicando la fórmula (7)

$$X_i = \bar{X} + S_x/S_n (Y - \bar{Y}_n)$$

$$X_{20} = 46.0 + 12.7 (2.97 - 0.4996)$$

$$= 46 + 56 = 102 \text{ cm.}$$

## IX - LA CORRELACION

### 1 - Definiciones.

Antes de entrar al estudio de la correlación como un procedimiento estadístico, recordaremos ciertos conceptos básicos de las matemáticas superiores que guardan relación con el tema a tratar.

Una variable es una cantidad a la cual un sin número de valores puede asignársele en una investigación. Y una cantidad cuyo valor se fija de antemano en cualquier investigación se llama una constante. Cuando dos variables están relacionadas en tal forma que el valor de la primera se determina cuando un valor de la segunda se impone como condición, entonces decimos que la primera variable es una función de la segunda.

Casi todos los problemas científicos tienen que ver con cantidades y relaciones de este tipo, y en nuestra experiencia diaria - continuamente encontraremos la dependencia de unos eventos o fenómenos con otros. Por ejemplo: el peso que un hombre puede levantar depende de su fuerza, es decir es una función de su fuerza. El volumen de una esfera es una función de su diámetro.

Cuando nosotros queremos dibujar una curva cualquiera para representar dos fenómenos, por ejemplo: el nivel de las aguas del río y un aforo hecho en ese momento, después otro nivel simultáneo con su aforo, y así sucesivamente, estamos ya con un problema de análisis de correlación, cuando tratamos de determinar que relación guardan entre sí esas dos variables.

A menudo, en base a las muestras, queremos estimar el valor de una variable "Y" correspondiente a un valor dado de una variable "X". Esto lo podemos llevar a cabo por el Método de los Mínimos Cuadrados para hacer pasar una curva o recta ajustada con los datos disponibles. La curva o recta así ajustada se le llama "curva de regresión". Damos a continuación las ecuaciones normales de la recta  $Y = a_0 + a_1 X$ :

-----

$$SY = a \cdot N + a, SX \quad (1)$$

$$SXY = a \cdot SX + a, SX^2 \quad (2)$$

donde S = sumatoria; N = número de muestras;  
X e Y variables; a. y a, constantes por  
determinar.

En estadística la medida de la dispersión o variación con respec-  
to a una curva es el "estimado del error standard", análogo o la  
desviación standard, con la diferencia que ésta mide la disper-  
sión alrededor de la media aritmética.

El error standard es "la raíz cuadrada del promedio de la suma -  
de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la línea de-  
regresión, esto es:

$$Sy = \frac{S (d^2)}{n} \quad 1/2 \quad (3)$$

El error standard es una medida de la "asociación" o "correla-  
ción" entre dos o más variables.

Sin embargo, los errores standard no pueden compararse directa-  
mente porque ellos están en términos de la variable independien-  
te "Y",- Para obtener una medida relativa de correlación para co-  
rrelaciones lineales, el "error standard" se divide entre la des-  
viación standard de la variable "Y", dicho cociente se eleva al-  
cuadrado, luego se resta de la unidad, y a este binomio se le ex-  
trae la raíz cuadrada:

$$r = 1 - Sy^2 / (sy)^2 \quad 1/2 \quad (4)$$

Generalmente se usa una variante de esta fórmula:

$$r = \frac{S (xy)}{n \cdot sx \cdot sy} \quad 1/2 \quad (5)$$

donde:

$\frac{S (xy)}{n}$  = Promedio del producto de las desviaciones  
de l s variables "x" e "y"

sx = desviación standard de "x"

-----



sy = desviación standard de "y"

$$x = X - \bar{X}; \quad y = Y - \bar{Y}$$

El coeficiente de correlación tiene un valor de 1 (uno) para una relación perfecta y un valor de 0 (cero) para una total correlación nula o imperfecta. Se estima que una correlación es de mala calidad cuando "r" es menor que 0.6.

## 2 - Limitaciones.

El uso de las correlaciones está muy generalizado como un método de análisis, pero existe el peligro de convertirlo en una "manía", debido a que sus limitaciones no son tan fáciles de discernirlas. No siempre la correlación dará resultados más directos que los otros procedimientos estadísticos estudiados. Un error común es querer aplicar la correlación para aquellas variables que no guardan relación de "causa y efecto" entre sí. Por ejemplo: la correlación entre la velocidad del viento y la evaporación (observados ambos fenómenos) podrían significar poco o nada, a menos que los efectos del cambio de temperatura, presión barométrica, etc., se eliminaran primero. El error consiste en querer aplicar una correlación simple, cuando se requiere una correlación múltiple (hay más de dos variables simultáneas). Los resultados son absurdos y producen una "correlación sin sentido".

## 3 - Correlación entre estaciones.

Cuando se cuenta con una estadística corta y otra larga es evidente que se trata de establecer entre ambas estaciones una correlación con el fin de alargar la estadística más corta. Esta correlación es generalmente factible tratándose de caudales medios anuales.

También se puede tratar de correlacionar los valores de los gastos medios mensuales. Finalmente es aconsejable y muchas veces de gran utilidad definir las variaciones de las características de estiaje de los ríos en los cuales no se cuenta con una estación fluvionétrica sino sólo con aforos aislados. Si existen caudales medios diarios en alguna estación cercana pueden correlacionarse ambos datos. Para ello es necesario que los aforos utilizados hayan sido hechos algunos días después de cualquier lluvia habida en la cuenca.

-----

La ecuación de una correlación lineal en la cual se expresa "Y" en función de "X", es:

$$Y - \bar{Y} = r \cdot s_y / s_x (X - \bar{X}) \quad (6)$$

r = factor de correlación

4 - Ejemplo:

Determinar la correlación que actualmente existe entre el promedio anual de pérdidas de agua y la temperatura media anual, asumiendo que la precipitación media anual es aproximadamente igual.

ESTACIONES	Pérdidas y pulgas.	Temperatura. (F)	y Desviaciones	y <sup>2</sup>	X Desviaciones	X <sup>2</sup>	Producto XY
Clinton	22.0	47.8	-5.6	12.96	-5.6	31.36	20.16
Sudbury	24.5	47.9	-1.1	1.21	-5.5	30.25	6.05
Cochituate	23.2	47.9	-2.4	5.76	-5.5	30.25	13.20
Lincoln	21.8	50.1	-3.3	14.44	-3.3	10.89	12.54
Tavern	21.5	50.7	-4.1	16.81	-2.7	7.29	11.07
Grove	20.7	50.0	-4.9	24.01	-2.6	6.76	12.74
Rockland	35.8	66.2	+10.2	104.04	+12.8	163.84	130.56
Lufkin	35.0	65.4	+9.4	88.36	+12.0	144.00	112.80
Totales	204.5	426.8		267.59		424.64	319.12
Promedios	25.6	53.4					

$$r = \frac{S(Xy)}{S(x^2) S(y)^2} \quad 1/2 =$$

$$r = \frac{319,12}{(267,59 \times 424,64)} \quad 1/2 = 0,947 \quad (\text{correcto})$$

NOTA:

Si hubiésemos obtenido un valor de 0.60 para "r", que nos dice - que la correlación es de mala calidad, podríamos sacar en conclusión que:

- Datos estadísticos muy poco representativos.
- Estaciones muy lejanas a la cuenca en estudio.
- Registros muy cortos.
- Características topográficas demasiado diferenciadas.
- Características climáticas disímiles.

METODO DE GUMBE PARA ANALISIS DE FRECUENCIAS.

T A B L A 1

n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$
10	.4967	.9573	55	.5504	1.1681
11	.5008	.9735	56	.5508	1.1696
12	.5043	.9870	57	.5511	1.1708
13	.5075	.9994	58	.5515	1.1721
14	.5103	1.0105	59	.5518	1.1734
15	.5128	1.0206	60	.5521	1.1747
16	.5152	1.0303	61	.5524	1.1759
17	.5175	1.0392	62	.5527	1.1770
18	.5196	1.0475	63	.5530	1.1782
19	.5214	1.0553	64	.5533	1.1793
20	.5236	1.0628	65	.5535	1.1803
21	.5252	1.0696	66	.5538	1.1814
22	.5268	1.0754	67	.5540	1.1824
23	.5283	1.0811	68	.5543	1.1834
24	.5296	1.0864	69	.5545	1.1844
25	.5309	1.0915	70	.5548	1.1854
26	.5320	1.0961	71	.5550	1.1863
27	.5332	1.1004	72	.5552	1.1873
28	.5343	1.1047	73	.5555	1.1881
29	.5355	1.1086	74	.5557	1.1890
30	.5362	1.1124	75	.5559	1.1898
31	.5371	1.1159	76	.5561	1.1906
32	.5380	1.1193	77	.5563	1.1915
33	.5388	1.1226	78	.5565	1.1923
34	.5396	1.1255	79	.5567	1.1930
35	.5403	1.1285	80	.5569	1.1938
36	.5410	1.1313	81	.5570	1.1945
37	.5418	1.1339	82	.5572	1.1953
38	.5424	1.1363	83	.5574	1.1960
39	.5430	1.1388	84	.5576	1.1967
40	.5436	1.1413	85	.5578	1.1973
41	.5442	1.1436	86	.5580	1.1980
42	.5448	1.1458	87	.5581	1.1987
43	.5453	1.1480	88	.5583	1.1994
44	.5458	1.1499	89	.5585	1.2001
45	.5463	1.1519	90	.5586	1.2007
46	.5468	1.1538	91	.5587	1.2013
47	.5473	1.1557	92	.5589	1.2020
48	.5477	1.1574	93	.5591	1.2026
49	.5481	1.1590	94	.5592	1.2032
50	.5485	1.1607	95	.5593	1.2038
51	.5489	1.1623	96	.5595	1.2044
52	.5493	1.1638	97	.5596	1.2049
53	.5497	1.1658	98	.5598	1.2055
54	.5501	1.1667	99	.5599	1.2060
			100	.5600	1.20649

B I B L I O G R A F I A

=====

- 1 . - Estadística General Aplicada  
por Frederick E. Croxton y Dudley J. Cowden.
- 2 . - Statistics  
by Murray R. Spiegel, Ph. D.
- 3 . - Elements of Applied Hydrology  
by don Johnstone and William P. Cross.
- 4 . - Hydrology for Engineers  
by Ray K. Linsley, Jr., Joseph L. E. Paulhus and Max A. Kohler.
- 5 . - Hydrology U.S. Department of Agriculture  
Soil Conservation Service.
- 6 . - Estudio de los Recursos Hidráulicos en El Salvador, Por  
Jean Burz.
- 7 . - Introducción a la Hidrología de Aguas Superficiales por Juergen  
Oelsner.
- 8 . - Archivos de la Sección de Aguas Superficiales del Departamento  
de Recursos Hidráulicos de la Dirección General de Agricultura.