

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DPTO. DE HIDROMETEOROLOGIA

ASPECTOS HIDROLOGICOS DE LOS RIOS SAN PEDRO Y MACARAO

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela.

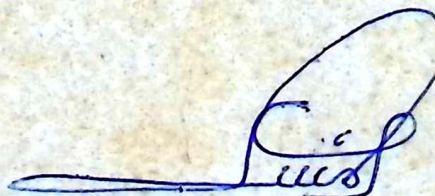
Por los Bachilleres.

RAUL URBINA LLANOS

JOHN ROLLINSON

Para optar el Titulo de HIDROMETEOROLOGISTA

Caracas, Agosto de 1.967



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DPTO. DE HIDROMETEOROLOGIA

ASPECTOS HIDROLOGICOS DE LOS RIOS SAN PEDRO Y MACARAO

Trabajo Especial de Grado
Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Ve-
nezuela.
Por los Bachilleres:

RAUL URBINA LLANOS

JOHN ROLLINSON

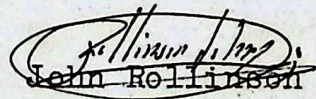
Para optar el Título de HIDROMETEOROLOGISTA

Caracas, Agosto de 1.967

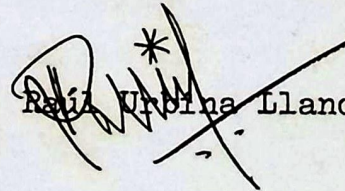
AGRADECIMIENTO

=====
DEDICATORIAS
=====

- A MI MADRE
- A MI ESPOSA
- A MI HIJA
- A MI HERMANA


John Hollings

- A MIS PADRES
- A MI ESPOSA
- A MIS HERMANOS


Raül Urbina Llanos

=====

A G R A D E C I M I E N T O

=====

Queremos manifestar nuestro reconocimiento y agradecimiento a las siguientes personas por su expresiva colaboración:

PROFESOR ANGEL GUERRA (Profesor Guía)

RVDO. PADRE AURELIANO JAGER

Br. JOSE LUIS MATA

HIDRO°. JOSE L. PEREZ MACHADO

PERSONAL ENCARGADO DE LA REALIZACION DEL ESTUDIO SOBRE CARACAS

INTRODUCCION

=====

El desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos requieren o exigen la concepción, planeamiento, diseño, construcción y operación de instalaciones para controlar y utilizar el agua. Básicamente ésta es una función de los Ingenieros Civiles, pero son necesarios los servicios de especialistas de otros campos profesionales dentro de los cuales juega un papel importante el Hidrometeorologista.

El agua se controla y regula para servir a una amplia variedad de propósitos. El control de las avenidas, el drenaje de los terrenos, el alcantarillado y eliminación de aguas negras o residuales y el diseño de las estructuras en los cruces de los caminos, son aplicaciones de la Ingeniería de los Recursos Hidráulicos para el control del agua, de forma tal que éste líquido no cause un daño excesivo a la propiedad, inconvenientes al público, o hasta pérdidas de vidas. El abastecimiento del agua, el riego, el aprovechamiento de la energía hidroeléctrica y las mejoras de la navegación, son ejemplos de la utilización del agua para propósitos benéficos. La contaminación del agua natural pone en peligro la utilidad de la misma para el uso colectivo y para el riego, y despoja a los ríos de su valor estético y en consecuencia, el control de la contaminación o el manejo de la calidad del agua, se ha convertido en una importante fase del estudio de los Recursos Hidráulicos.

Casi todos los diseños de proyectos para aprovechamiento hidráulico, dependen de la solución que se dé a la pregunta: ¿Con cuánta agua se contará?. Los gastos máximos del escurrimiento constituyen las bases para el diseño en los proyectos para controlar excesos de agua, mientras el volumen del escurrimiento en períodos más prolongados, es de mucho interés para diseñar proyectos de obras que involucran la utilización del agua. Las contestaciones o soluciones a ésta pregunta se encuentran por medio de la aplicación de la Hidrología.

CONCEPTOS

=====

HIDROLOGIA:

Hidrología es la ciencia que estudia la distribución del agua en la naturaleza, ya sea en las capas superiores de la tierra o en los estratos subterráneos, y los métodos o sistemas disponibles para valorar en forma cuantitativa o cualitativa la magnitud de los fenómenos físicos asociados con el movimiento y distribución de estas aguas.

El grado de avance que ha alcanzado la Hidrología - hoy día la colocan en sitial de preferencia por los Ingenieros, esto es sin duda debido al corto tiempo de desarrollo, siendo un gran esfuerzo de la inteligencia por alcanzar su superación y a la vez que controlar las fuerzas naturales en beneficio de la humanidad.

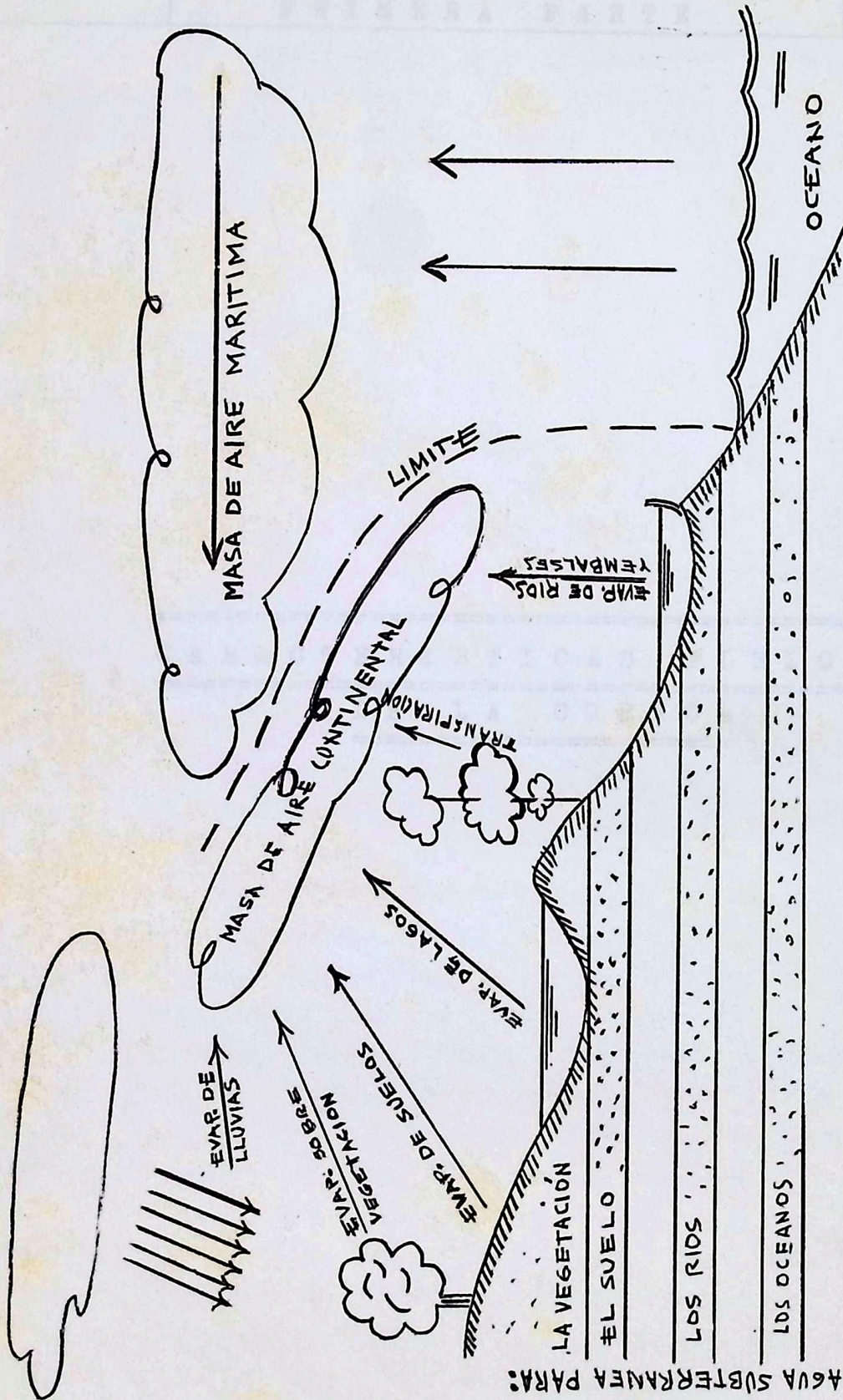
La Asociación Internacional de Científicos Hidrólogos reconocen cinco subdivisiones en ésta Ciencia, las cuales son:

- 1-) Potomología: La cual se refiere al estudio de las corrientes superficiales.
- 2-) Limnología: La cual se refiere al estudio de los lagos.
- 3-) Geohidrología: La cual estudia el agua subterránea.
- 4-) Criología: La que estudia la nieve y el hielo.
- 5-) Hidrometeorología: La cual estudia los problemas donde entra la Meteorología como función de la Hidrología.

CICLO HIDROLOGICO:

El Ciclo Hidrológico es un término el cual se aplica a la circulación general del agua desde los mares hasta la atmósfera a la tierra para ultimamente volver al mar y comenzar de nuevo el ciclo.

Los conceptos correspondientes a escurrimiento, precipitación y características físicas de la Cuenca se encuentran en sus respectivas partes.



CICLO HIDROLOGICO Y CICLO DE MASAS DE AIRE

PRIMERA PARTE

=====

C A R A C T E R I S T I C A S F I S I C A S

=====

 D E L A C U E N C A

=====

CARACTERISTICAS FISICAS DE LA HOYA.-

El resultado de la relación lluvia - escurrimiento tiene variadas características de orden climático, geológicas y físicas. Los factores físicos de la hoya son los siguientes:

- a) El área
- b) La forma
- c) Elevación
- d) Drenaje
- e) Orientación

AREA DE LA HOYA.-

Cada hoya hidrográfica está rodeada o separada por lo que llamamos una divisoria, esta divisoria está formada por una línea que separa la precipitación que cae entre dos hoyas contiguas y dirige las aguas hacia un sistema de drenaje o hacia otro según el caso. Existe también lo que denominamos una divisoria subterránea o freática, que fija los límites del área que contribuye con agua subterránea a cada corriente o sistema de drenaje. Cuando esas dos divisorias no coinciden se dice que existe una filtración de hoya, que es igual al flujo de agua subterránea entre ellas.

Si los otros factores (intensidad, cantidad de precipitación, etc.) permanecen constantes, el escurrimiento total expresado en milímetros de espesor sobre la hoya, será el mismo, sin tomar en cuenta el área de la hoya; sin embargo la base del hidrográma será tan ancha cuanto incrementa el área o sea, mientras más grande la hoya mayor será el tiempo en pasar el escurrimiento, aunque el escurrimiento total por kilómetro cuadrado permanecerá el mismo, esto quiere decir que el pico - del escurrimiento decrece a medida que el área aumenta.

Después de terminar el escurrimiento superficial ocasionado por la precipitación, el gasto de la corriente que continúa es debido al agua subterránea almacenada. Como este almacenamiento se va haciendo cada vez menor, la corriente que fluye también se hace menor en su gasto, hasta quedar seca a -

menos que el suministro sea repuesto por lluvia, como esto sucede en períodos secos, las lluvias que caen en estos períodos, las cuales reponen un tanto el agua almacenada para evitar que la corriente se seque, no las notamos y su efecto es tanto mayor cuanto mayor sea el área de la hoya, es por esto que las corrientes que tienen mayores áreas, tienden a mantener más su escurrimiento que las corrientes pequeñas, claro está que siendo las condiciones parecidas entre ellas

FORMA DE LA HOYA.-

La forma de la hoya gobierna principalmente la rata a la cual el agua es suplida desde sus nacientes hasta su desembocadura. La forma tiene gran importancia y ejerce una notable influencia en la utilidad económica y en el perfil del cause principal.

ELEVACION.-

La variación en elevación y la elevación media en una hoya son factores de importancia en relación con la temperatura y precipitación de una hoya, no solamente la elevación juegan un muy importante papel con relación a la temperatura, la cual es factor que tiene una enorme importancia con relación a las pérdidas de agua traducidas en forma de evaporación. sino que en latitudes altas y medias representa una importante cuestión relacionada con el agua disponible que se acumula en forma de nieve, hielo, etc.

DRENAJE.-

Una característica importante es lo que se denomina drenaje de la hoya, es decir, el arreglo que toman todos los canales naturales por donde fluye el escurrimiento superficial y los cuales se han formado a través del tiempo en el área considerada.

La eficiencia del drenaje y el hidrográma resultante dependen en mucho de el arreglo de los canales dentro de la hoya.

ORIENTACION.-

Otro factor físico no menos importante es la orientación de la hoya, este factor afecta las pérdidas de agua por evaporación y transpiración, ya que estas pérdidas están influenciadas por la cantidad de radiación recibida del sol. También la orientación tiene un singular efecto con respecto a la pendiente, según que esté orientada hacia el norte o hacia el sur. En nuestras latitudes, la orientación hacia el este, da mas posibilidades de creciente que la orientación hacia el norte, lo mismo sucede con las orientadas hacia el sur debido a la influencia de la Convergencia Intertropical la cual se - desplaza de sur hacia norte en épocas de lluvia.

Las principales características de la cuenca en estudio son:

AREA: 236.0 Km.²

LONGITUD DE LOS CAUCES:

Macarao 19.2 Km.

San Pedro 26 Km.

PENDIENTE MEDIA:

Macarao 32.8 $\frac{m}{Km.}$

San Pedro 28.0 $\frac{m}{Km.}$

ORIENTACION:

Hacia el este.

DRENAJE:

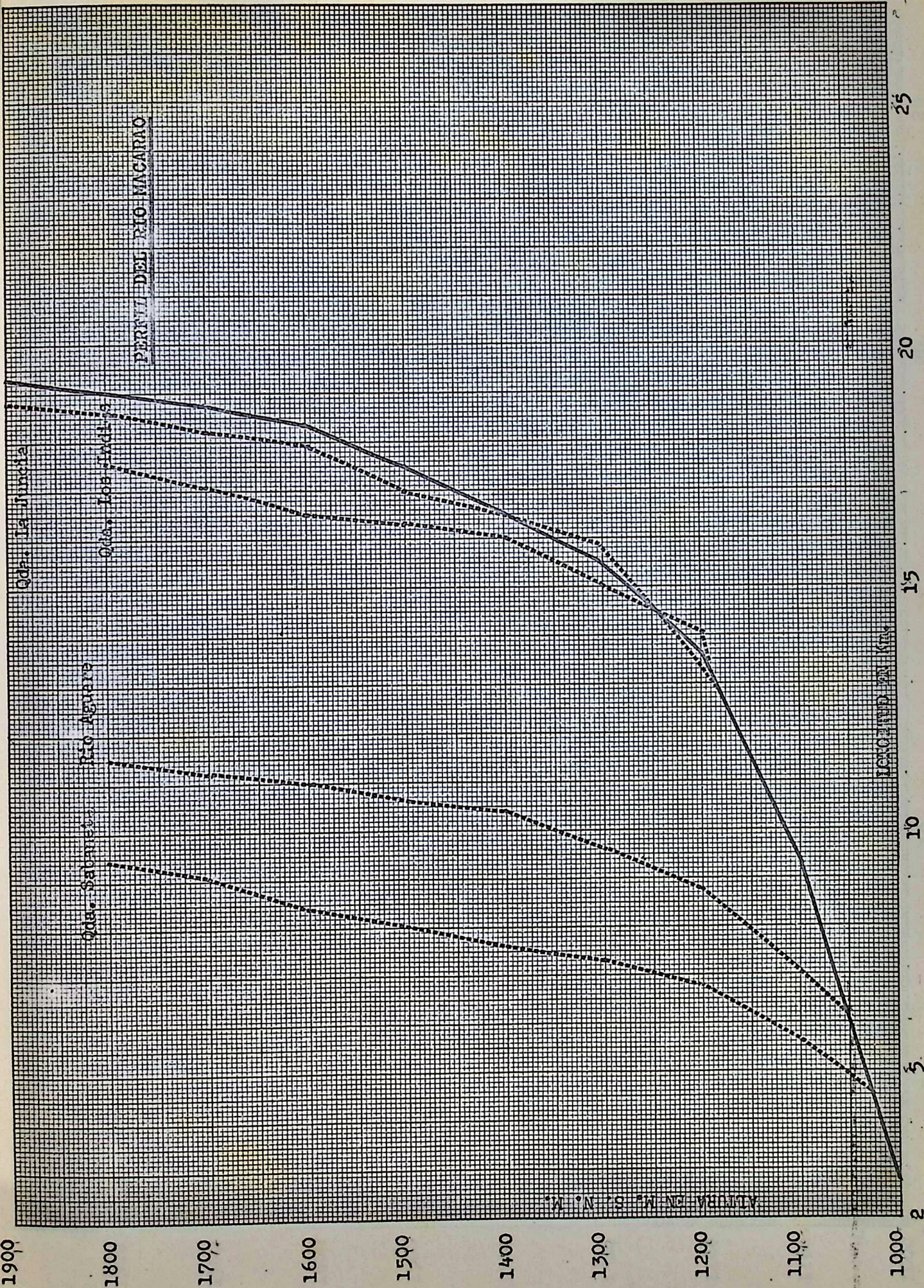
Posee un drenaje bastante eficiente.

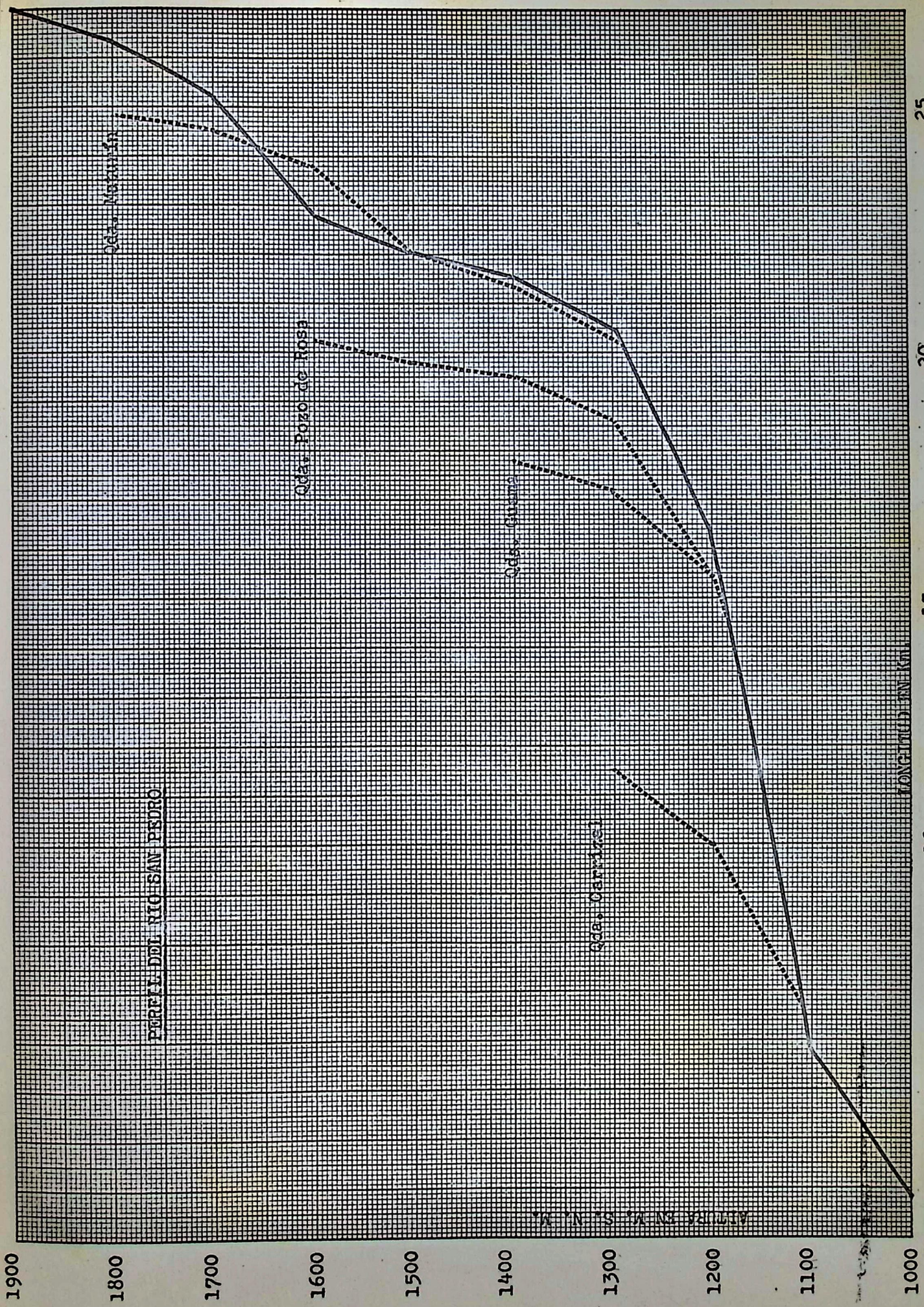
ESTACIONES PLUVIOMETRICAS UTILIZADAS PARA ESTE ESTUDIO

ENTIDAD FEDERAL	SERIAL	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD	LONGITUD	LATITUD RESP. A OBS. CAG.	LONGITUD RESP. A OBS. CAG.
EDO. MIR.	1436	AGUA FRIA	10 23 46	67 10 44	-12.2 Km.	-27.9 Km.
EDO. MIR.	1417	ALTOS IZCARAGUA	10 27 28	67 07 36	- 5.4 Km.	-22.1 Km.
D. F.	0565	ALTOS DE PIPE	10 23 48	66 58 26	-12.2 Km.	- 5.1 Km.
EDO. MIR.	1425	ALTOS ÑO LEON	10 26 36	67 09 22	- 7.0 Km.	-25.4 Km.
EDO. MIR.	0573	CARRIZAL	10 20 42	66 59 17	-17.9 Km.	- 6.7 Km.
D. F.	5061	CARIQUAO	10 26 27	66 59 15	- 7.3 Km.	- 6.6 Km.
D. F.	5003	CORRALITO	10 30 03	67 08 35	- 0.6 Km.	-23.9 Km.
EDO. MIR.	1438	EL ARADO	10 23 00	67 09 00	-13.7 Km.	-24.7 Km.
D. F.	1439	EL CARITE	10 24 14	67 00 49	-11.4 Km.	- 9.5 Km.
EDO. MIR.	9343	EL JARILLO	10 23 00	67 09 17	-13.7 Km.	-25.2 Km.
EDO. MIR.	0564	EL NARANJAL	10 22 00	66 50 00	-15.5 Km.	10.4 Km.
EDO. MIR.	1448	LOS TEQUES (INOS)	10 20 30	67 02 00	-18.0 Km.	-11.5 Km.
EDO. MIR.	1449	LOS TEQUES (GFV)	10 20 39	67 02 11	-18.0 Km.	-12.1 Km.
D. F.	1420	LOMA CAFETAL	10 28 54	67 01 17	- 2.7 Km.	-10.4 Km.
D. F.	1437	LLANOS DE CURA	10 24 47	67 06 05	-10.4 Km.	-19.3 Km.
D. F.	1428	MACARAO	10 25 39	67 03 10	- 8.7 Km.	-13.9 Km.

Continúa...

ENTIDAD FEDERAL	SERIAL	NOMBRE DE LA ESTACION	LATITUD	LONGITUD	LATITUD RESP. A OBS. CAG.	LONGITUD RESP. A OBS. CAG.
EDO. MIR.	1447	POZO DE ROSAS	10 21 15	77 06 00	-16.9 Km.	-19.1 Km.
D. F.	1427	SABANETA	10 21 00	67 02 05	-10.0 Km.	-11.9 Km.
EDO. MIR.	0561	SAN DIEGO DE LOS ALTOS	10 20 40	66 58 00	-18.0 Km.	- 4.3 Km.
EDO. MIR.	1446	SITIO OROPEZA	10 22 49	67 06 38	-14.0 Km.	-20.3 Km.
EDO. MIR.	1445	TOPO DE LOS ESPEJOS	10 22 19	67 07 48	-14.9 Km.	-22.5 Km.
D. F.	1414	LAS MERCEDES	10 28 00	67 11 00	- 4.4 Km.	-28.4 Km.





SEGUNDA PARTE

PRECIPITACION

LA PRECIPITACION

La Precipitación es un fenómeno atmosférico por virtud del cual el vapor de agua acumulado en la atmósfera, en forma de nubes, se condensa y cae a la superficie de la tierra en forma líquida o sólida. Este fenómeno depende de la humedad del aire, temperatura, presión, etc.

Formación y tipo de Precipitación.-

Aunque el vapor de agua en la atmósfera es un factor necesario en la formación de precipitación, de ningún modo es el único requisito. La humedad está siempre presente en la atmósfera, aún en días sin nubes. Para que ocurra la precipitación se necesita algún mecanismo que enfríe el aire lo suficientemente para causar condensación y crecimiento de las gotitas. También son necesarios los núcleos de condensación, que usualmente existen en la atmósfera en cantidades adecuadas. El enfriamiento en gran escala necesario para que haya cantidades importantes de precipitación, se obtiene por levantamiento del aire.

Según la naturaleza del fenómeno que produce el enfriamiento, las precipitaciones se clasifican en tres tipos principales:

- 1-) Precipitación Ciclónica (Frontal): Es la que resulta del aire convergente en una zona de baja presión o ciclón.
- 2-) Precipitación Orográfica: Es la precipitación debida al enfriamiento de las masas húmedas de aire cuando ascienden sobre las montañas.
- 3-) Precipitación Convectiva: Es la precipitación causada por el levantamiento del aire más caliente y más liviano en contornos más fríos y más densos.

Las precipitaciones de origen ciclónico y orográfico suceden en extensiones algo grande y tienden a ser homogéneas, su duración puede ser de varios días y como consecuencia sus intensidades son bajas. La precipitación convectiva suele desatar tormentas que son de corta duración, pero llegan a ser de intensidades muy grandes; este tipo de tormenta es la cau-

sante en general de grandes catástrofes sobre todo en las zonas urbanas, traduciéndose en inundaciones, destrucción de viviendas, etc. Aunque las primeras también pueden causarlo por el gran volumen de agua que precipita.

Las medidas de la precipitación se efectúa por medio de aparatos llamados Pluviómetros, estos pueden ser del tipo Cántaro o Registrador.

El tipo Cántaro nos da la cantidad de lluvia caída en un período largo de tiempo, por ejemplo: de 24 horas, una semana.

El tipo registrador, nos da la lluvia en función del tiempo, es decir, en períodos cortos de acuerdo a la apreciación que se haga de la gráfica donde está inscrita o registrada la precipitación. Por ejemplo, en un Pluviógrafo de registro diario se puede apreciar lluvias caídas en un período de cinco minutos o menos. Este tipo de aparato es adecuado para el cálculo de intensidades.

La unidad usada para medir la precipitación es el milímetro, cuya equivalencia es igual a -1- litro por metro cuadrado, es decir:

$$\frac{1 \text{ litro}}{1 \text{ m}^2} = \frac{1.000 \text{ cm}^3}{10.000 \text{ cm}^2} = 1 \text{ mm}$$

Las leyes meteorológicas que regulan la distribución de las lluvias son realmente complejas y no han podido aún establecerse con exactitud. Los siguientes factores determinan en mayor o menor grado la precipitación en un área determinada:

- 1-) La proximidad a los océanos o a los lagos.
- 2-) La presencia de cordilleras que interceptan el paso de los vientos húmedos.
- 3-) La localización geográfica del área considerada, en la ruta de las tormentas ciclónicas.

En los estudios hidrológicos la información más corrientemente necesaria en cuanto hace relación a la precipita

ción en una localidad dada, puede resumirse en la forma siguiente:

- 1-) Precipitación anual total
- 2-) Distribución de la precipitación por estaciones, meses o semanas.
- 3-) Intensidad, Duración y Frecuencia de las precipitaciones máximas.

El conocimiento de la precipitación, su distribución, frecuencia y demás datos de interés, dependen de los factores esenciales: la red pluviométrica y la extensión de los datos. Es necesario para obtener un buen conocimiento de la distribución de la precipitación el establecimiento de una red pluviométrica tupida, sobre todo en nuestras regiones tropicales, por ser en la mayoría de las veces muy localizadas las tormentas. Lo mismo se diría que mientras más antiguos son los datos mayor aproximación a la realidad tendrán las conclusiones que de ellos se saquen.

Errores Probables en los Datos de Precipitación.

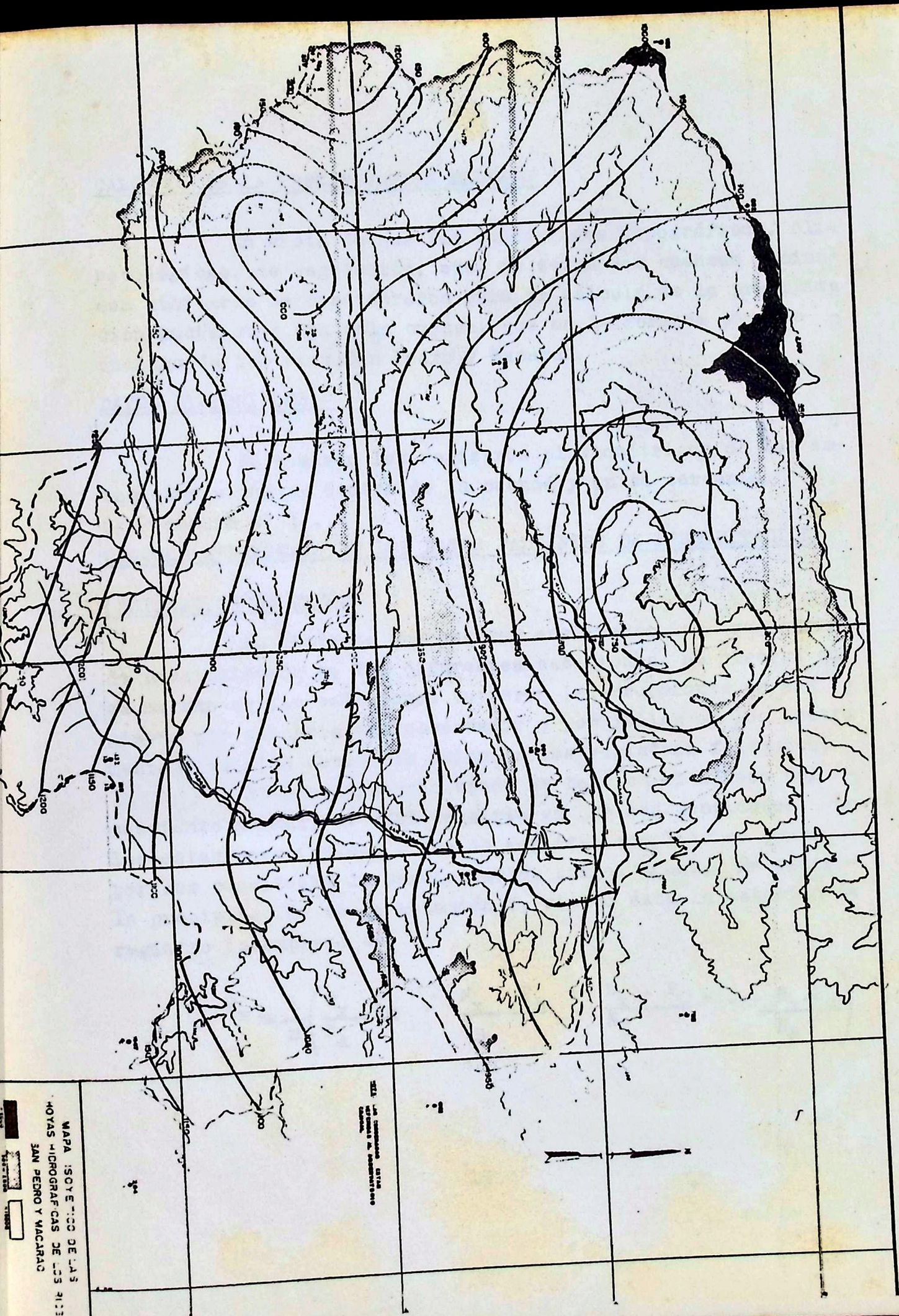
Los errores por las lecturas en las escalas, aunque grandes usualmente son esporádicos y se compensan. Los errores instrumentales pueden ser bastante grandes y además se acumulan. El agua desalojada por la varilla medidora aumenta la lectura en cerca de 1%. El borde del colector puede alterar el área de recepción. Se calcula que un 0.25 mm de cada lluvia medida con un pluviómetro inicialmente seco es necesario para humedecer el embudo y las paredes interiores. Esta pérdida llega fácilmente a 2.5 mm por año en algunas zonas. Otra pérdida resulta de las salpicaduras de las gotas contra el recolector, pero no se tienen cálculos sobre su magnitud.

En una lluvia de 12.5 a 15 mm en una hora el balde de un medidor oscilante, oscila cada 6 a 7 segundos. Alrededor de 0.3 segundos se necesita para completar la oscilación, y durante este tiempo parte del agua continúa cayendo sobre el balde ya lleno. La lluvia registrada puede llegar

a ser un 5% inferior a la verdadera. Sin embargo, el agua, que es toda recogida en el depósito del medidor, es medida in dependientemente de la cuenta del registrador y las diferencias se prorrotean a través del período de lluvia excesiva.

De todos los errores el más grave se debe a las deficiencias de las mediciones afectadas por el viento. La aceleración vertical del aire forzado hacia arriba sobre un medidor imparte una aceleración hacia arriba a la lluvia a punto de caer, lo que resulta una recogida deficiente. Deben evitarse la instalación de los instrumentos en los techos y laderas barridos por el viento. El mejor lugar es un terreno nivelado por árboles o arbustos que sirvan el rompavientos, siempre que los mismos no estén tan juntos que reduzcan la recogida. Si un medidor en terreno nivelado está inclinado ligeramente hacia el viento, recogerá más de la cantidad verdadera. Algunos investigadores creen que en las laderas los medidores deben estar perpendiculares a las mismas. Sin embargo, el área de un receptáculo es su proyección sobre un plano horizontal, y las mediciones de medidores inclinados deben ser reducidas multiplicando por el coseno del ángulo de inclinación.

Considerando la variabilidad de la tierra inclinada, aspectos y dirección del viento, es prácticamente imposible instalar una red de medidores inclinados para propósitos generales. Prácticamente hablando, no se ha diseñado ningún medidor que de mediciones dignas de confianza en laderas muy inclinadas y con altos vientos, por lo cual tales sitios deben ser evitados.



SELA
 DE LA COMANDANCIA MILITAR
 DE GUAYAS

MAPA ISOYETICO DE LAS
 HOYAS HIDROGRAFICAS DE LOS RIOS
 SAN PEDRO Y MACARAO

CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA.-

En vista de que las condiciones topográficas, climatológicas, de vegetación, etc. de estas dos cuencas vecinas son similares se consideraron para el cálculo de la precipitación media como una sola cuenca, que es la formada por las cuencas de los ríos San Pedro y Macarao.

DATOS DISPONIBLES.-

Se tomaron los registros pluviométricos de las estaciones situadas dentro de la cuenca y en su cercanía.

(Ver cuadro N° 1).

CALCULO APROXIMADO DE LOS DATOS FALTANTES DE PRECIPITACION.

(ESTIMACION DE DATOS)

En vista de que una vez analizados los registros de precipitación en las diferentes estaciones, se observó que en muchas de las estaciones tuvieron interrupciones en sus registro por ausencia del observador o por fallas en los instrumentos, se hizo necesario calcular los registros faltantes.

El procedimiento usado se basó en el método del cociente normal, el cual consiste en que las cantidades en las estaciones índices o sea de registro completo se pesan por los cocientes de precipitación normal anual. Es decir la precipitación en la estación X, siendo ésta la estación de registro incompleto es:

$$P_x = \frac{1}{n} \left(\frac{N_x \cdot P_A}{N_A} + \frac{N_x \cdot P_B}{N_B} + \frac{N_x \cdot P_C}{N_C} + \dots + \frac{N_x \cdot P_M}{N_M} \right)$$

P_X = Precipitación anual media buscada

N_X = Precipitación media de la estación incompleta

N_A , N_B , N_M = Precipitación media de la estación completa

P_A , P_B , P_M = Precipitación anual de cada estación completa

n = Número de estaciones completas

Este método se utilizó con la salvedad de que para utilizar cualquier método normal se tienen que disponer de por lo menos 30 años de registro, pero como no habiendo en la cuenca sino dos estaciones con más de 30 años de registro (Gran Ferrocarril de Venezuela y Los Teques INOS) se utilizó el método de cociente normal para 18 años de registros.

Por ser este método demasiado laborioso debido a la gran cantidad de operaciones aritméticas que presenta cuando se tienen una gran cantidad de estaciones y años de registros, hubo la necesidad de elaborar un programa que efectúa los cálculos necesarios con la ayuda del Procesador Electrónico.

DATOS Y DATOS NORMALIZADOS.-

(Ver cuadro N° 1 y N° 2)

AJUSTE DE LOS DATOS DISPONIBLES.-

Cuando se tengan que usar los datos de precipitación para cualquier propósito, estos datos deben ser ajustados, es decir; se tienen que comparar los valores individuales con la media y ajustar los datos que estén demasiado alejados de la media, de acuerdo con los métodos estadísticos usuales. Los efectos que determinan que los datos se aparten de esa media son:

Los cambios del sitio y la exposición del medidor, instrumentación o procedimientos de observación, instalaciones defectuosas, pueden ocasionar un cambio relativo en la recogida de precipitación.

X_2 = Pendiente que sigue la recta durante el período en que P_1 es observado.

P_2 = Es el dato observado o registrado de precipitación.

Para demostrar la eficiencia del método los valores ajustados pueden plotearse mediante este método y notaremos que dará líneas rectas sin quiebres. Gráficas N° 1 al 22.

Como este método al igual que el de cociente normales sumamente laborioso y tedioso, también hubo que proceder a realizar los cálculos por medio de un Programa con la ayuda del Procesador Electrónico.

DATOS SIN AJUSTAR Y AJUSTADOS.-

(Ver cuadro N° 1 y N° 3)

METODO UTILIZADO EN EL CALCULO DE LA PRECIPITACION MEDIA.-

En muchos tipos de problemas hidrológicos se requiere la precipitación media sobre una zona específica. En este trabajo utilizaremos el método Isoyético el cual es el que se adapta más a la zona y a la red de estaciones existente.

METODO ISOYETICO.-

El método más exacto de promediar la precipitación sobre un área es el Isoyético; consiste en plotear las estaciones pluviométricas en el área escogida interpolando si es que no se conoce el patrón de distribución de la lluvia entre estaciones para así determinar los puntos de igual precipitación entre dichas estaciones, una vez obtenidos estos puntos se trazan las curvas de igual precipitación (Isoyeta). Donde estas pasan por lugares montañosos pueden asimilarse las Isoyetas a las curvas de nivel del terreno.

El criterio para el trazado de estas curvas en regiones montañosas es que la precipitación aumenta con la altura, es decir, las curvas se irán cerrando a medida que se aproximan a la cima aunque también depende en gran parte de la

El procedimiento de ajuste de los datos usado en este trabajo se refiere al Doble Ploteo de Masas, es decir; el ajuste mediante la prueba de consistencia del registro - en una estación, comparando su precipitación anual con los valores acumulados concurrentes de precipitación media para un grupo de estaciones circunvecinas. Por experiencia se tiene que la precipitación media acumulada para un grupo de estaciones no se afecta mucho por el cambio que se sucede - en estaciones individuales, estas consideraciones son básicas para el planteamiento anterior.

Esto traducido a una gráfica debería dar una línea recta, se puede notar en los gráficos Ns° P1 al P5 que - no resulta una línea recta (Trazos Discontinuos), sino que ella sigue una pendiente determinada para un grupo de años, cambiando para otra pendiente para otro número de años y así sucesivamente. Como la hipótesis dice que debería resultar una línea recta sin quiebres, esto indica que la estación ha sufrido alteraciones en su período de observación, los años donde la pendiente cambia indica tales alteraciones. La pendiente seguida por la recta para el último período de observación es la que nos marca la pauta a seguir ya que hipótesis se supone que los datos más recientes en un registro de varios años son los de más peso en su precisión, luego la pendiente para el último período de observación es la que manda en el ajuste de los datos mediante la ecuación:

$$P_1 = \frac{X_1 \cdot P_2}{X_2}$$

P_1 = Precipitación ajustada

X_1 = Pendiente de la recta para el último período de observación

habilidad del Analista. Se usa la interpolación lineal entre las estaciones, los resultados serán esencialmente los mismos que los obtenidos con el método de Thiessen. Aún más, un análisis impropio puede llevar a un grave error.

La precipitación promedio para una zona se computa pesando la precipitación promedio entre Isoyetas sucesivas - (usualmente tomado como el promedio de dos valores Isoyeticos) por el área entre las Isoyetas, totalizando estos productos y dividiendo entre el área total.

(Ver cuadro N° 7)

ORDEN DE LAS ESTACIONES RESPECTO AL MAPA

Nº	SERIAL	CLASE DE LA ESTACION	PERIODO DE REGISTRO	ENTIDAD A LA CUAL PERTENECE	ALTURA
1	1436	CLIMAT. 1	42/pte.	INOS	946
2	1417	Pg	48/pte.	INOS	1063
3	1425	CLIMAT. 1	48/pte.	INOS	1065
4	0565	Pg	58/pte.	INOS	1171
5	5061	Pg	53/pte.	INOS	1189
6	0573	Pg	58/pte.	INOS	1200
7	5003	Pg	56/pte.	INOS	1276
8	1438	Pg	48/pte.	INOS	1278
9	1439	CLIMAT. 2	48/pte.	INOS	1350
10	9343	Pg	10/pte.	INOS	1350
11	1414	Pg	48/pte.	INOS	1390
12	1448	Pg	48/pte.	INOS	1472
13	1449	Pg	52/pte.	PARTICULAR	1548
14	1420	Pg	58/pte.	INOS	1621
15	1437	Pg	49/pte.	INOS	1671
16	1428	CLIMAT. 2	49/pte.	INOS	1679
17	1447	Pg	48/pte.	INOS	1728
18	1427	Pg	49/pte.	INOS	1743
19	0561	Pg	52/pte.	INOS	1717
20	1446	Pg	48/pte.	INOS	1800
21	1445	Pg	48/pte.	INOS	2102
22	0564	Pg	51/pte.	INOS	2113

CONSTRUCCION DE GRAFICOS PARA EL METODO DEL DOBLE PLOTEO

a) Curva de masas antes de ajustar los datos

Se plotearon los datos en orden cronológico inverso vs el promedio de los datos acumulados en orden cronológico inverso del grupo de estaciones (cuadros 3 y 6-A)

b) Curva de masas con los datos ajustados

Igual que en (a) pero con los datos ajustados (cuadros 4 y 6-C)

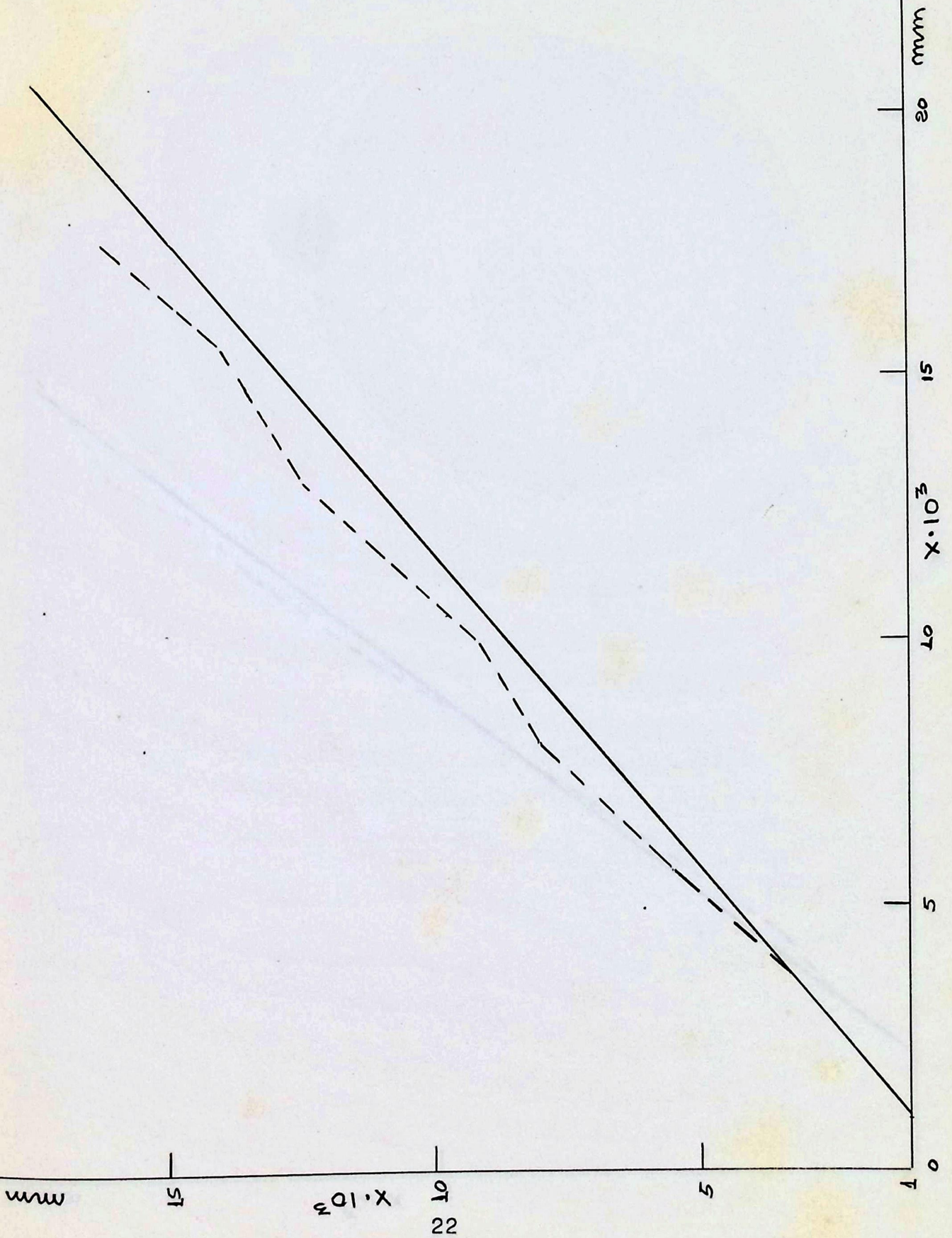
NOTA:

Se construyeron 22 gráficos, uno para cada estación pero por razones obvias no se publicaron sino cinco.

GRAFICO

ESTACION: EL ARADO

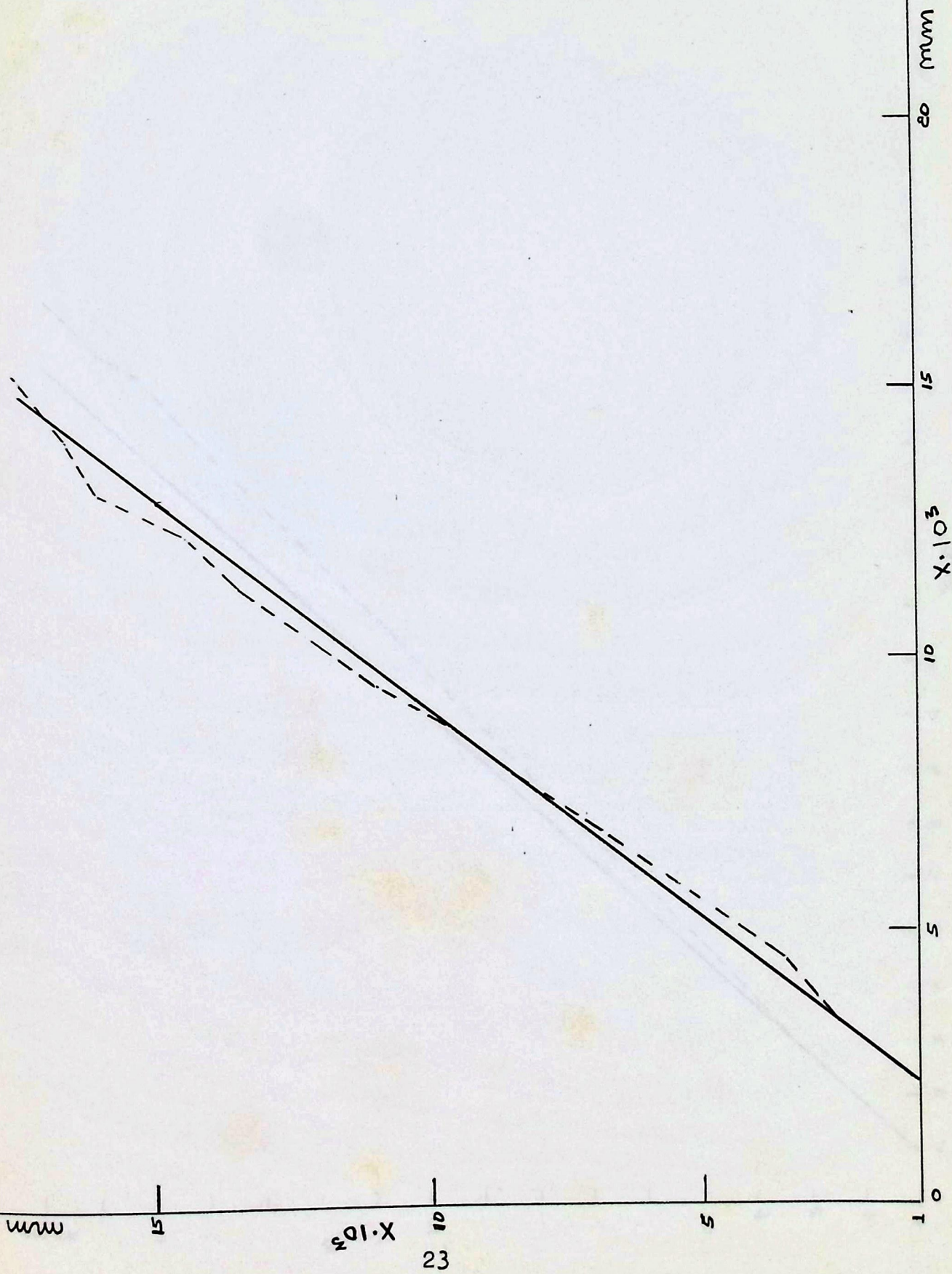
Nº P- 5



GRAFICO

ESTACION: CORRALITO

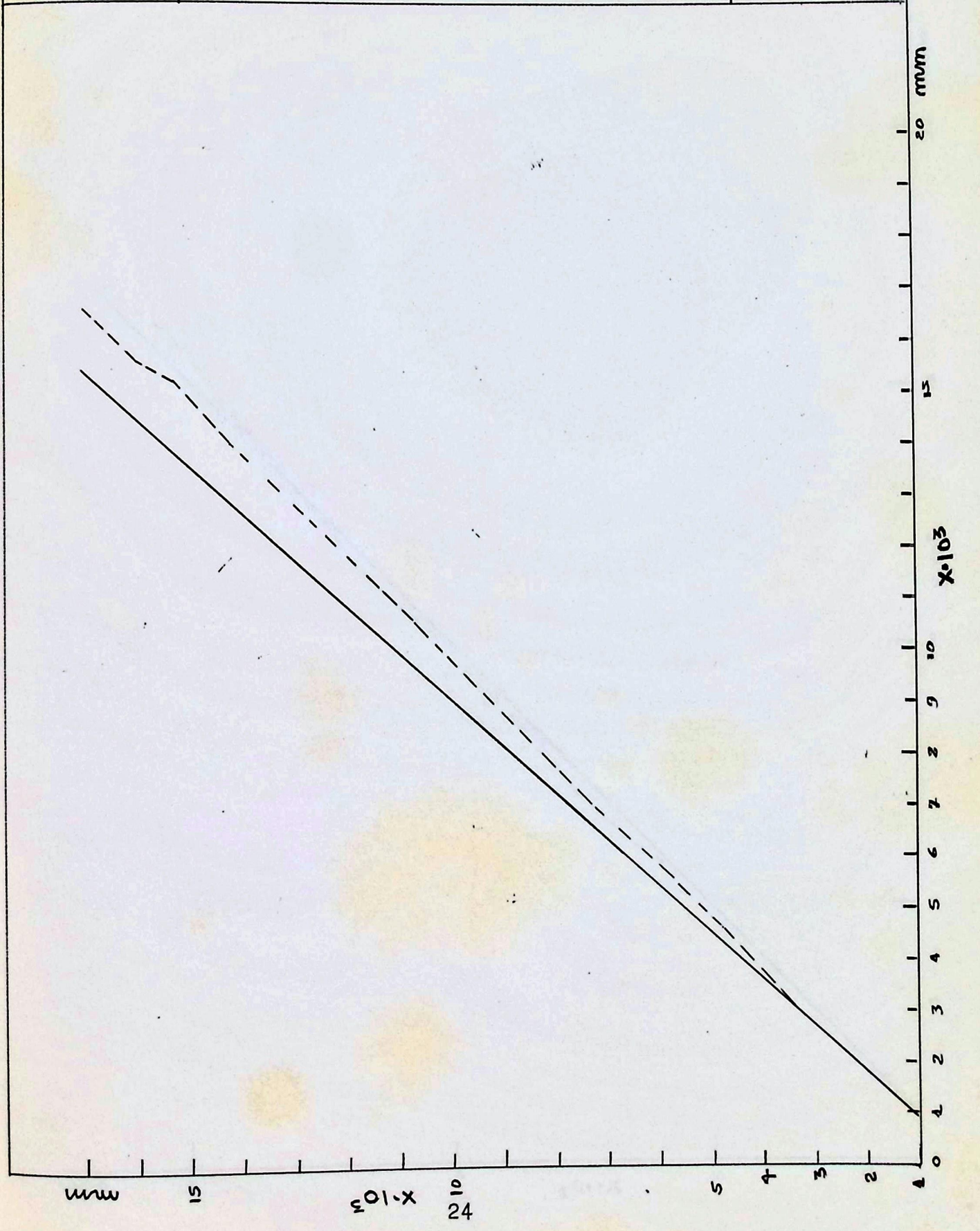
Nº P- 4



GRAFICO

ESTACION: ALTOS DE PIPE

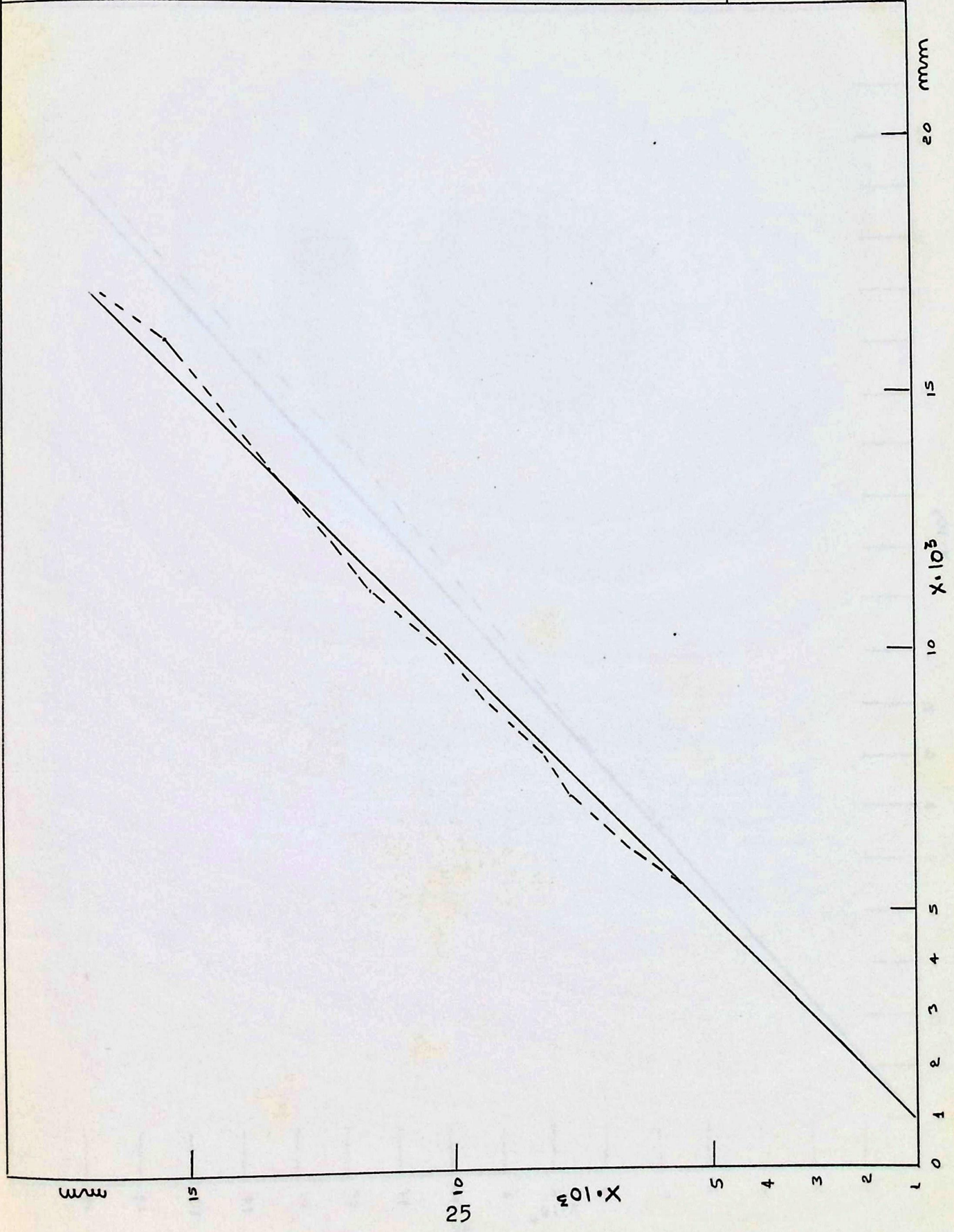
Nº P- 3



GRAFICO

ESTACION: ALTO DE ÑO LEON

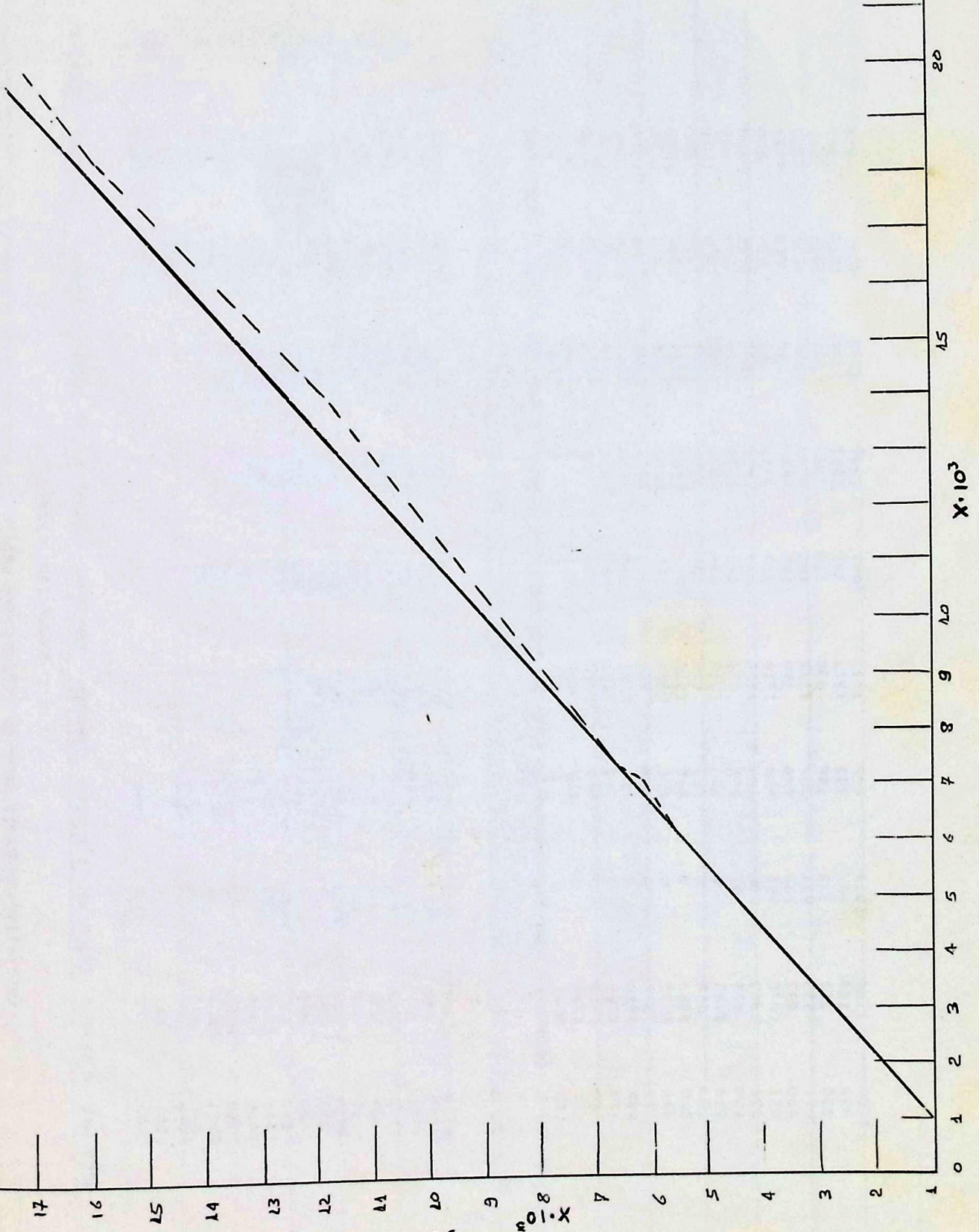
Nº P- 2



GRAFICO

ESTACION: ALTO DE IZCARAGUA

Nº P- 1



X · 10³

CUADRO Nº 1

HUYA DE LOS RIOS SAN PEDRO Y MACARAO

PRECIPITACION REGISTRADA EN ESTACIONES PLUVIOMETRICAS EN AÑOS CONSECUTIVOS

DATOS SIN NORMALIZAR

	AGUA FRI	A IZCARG	ALT PIPE	A N LEON	GARRIZAL	CARRICUAO	CORRALIT	EL ARADO	CARITE	ENCANTO	JARILLO	MERCEDES
802	818	0	1442	0	0	0	0	0	1033	1048	1001	0
1187	792	0	0	0	0	0	0	0	1001	1413	1711	1245
1225	800	0	962	0	0	0	0	0	1109	1470	1313	701
850	955	0	1171	0	0	0	0	0	1034	976	0	0
1047	1005	0	1277	0	785	0	0	0	910	1404	777	745
1289	1028	0	1302	0	793	0	0	0	1156	1158	339	855
1098	1006	0	1010	0	926	0	1163	810	810	899	1170	1258
1151	1148	1223	1214	0	0	782	1124	915	915	1315	1126	1493
940	912	1101	1072	0	700	821	1029	742	742	1048	1125	1192
969	815	0	898	0	700	624	1089	1078	1078	1189	1004	744
823	812	0	839	1151	587	634	1017	755	755	1127	920	964
1077	979	1145	1030	1251	935	835	1190	1057	1057	1282	1450	1354
950	771	869	814	1138	526	803	945	784	784	1061	1118	1257
784	736	939	876	927	776	657	745	764	764	931	990	1310
1164	1024	1401	1254	1544	1081	1106	1034	1004	1004	1412	1300	1400
1101	815	923	882	928	727	1089	1034	932	932	965	1058	1392
1268	969	1088	1075	1250	854	955	1325	994	994	1479	1311	1527
1250	1043	1172	1277	1277	962	1305	1293	1055	1055	1578	1457	1820

	LLANOS C	TEQUES I	LOMA CAE	MACARAO	POZO ROZ	SABANETA	S D ALTO	S OROPZA	T ESPEJO	IEOS GFV
715	1047	0	0	0	993	0	0	1144	1006	949
706	1272	0	977	856	856	1355	0	1442	1249	1437
740	1353	0	1017	1050	1050	1205	0	1410	1254	1463
716	1187	0	808	987	882	882	1447	924	965	1147
685	1270	0	550	1106	896	896	1519	1078	1076	1242
734	1356	0	686	1290	955	955	1617	1099	1004	1204
939	1031	0	1024	1033	952	952	1403	1068	913	1050
1050	1324	0	942	1274	1023	1023	1452	1171	1003	1199
739	925	0	673	906	758	758	1104	999	870	859
859	1192	0	787	1323	936	936	1067	1127	912	1275
700	925	501	583	745	745	745	1136	658	702	939
935	1403	809	798	1228	924	924	1010	1036	1036	1408
821	1010	625	630	1179	703	703	1314	873	892	970
690	833	595	689	766	781	781	1038	759	649	1255
1066	1222	837	906	1225	960	960	1508	1206	1111	1076
822	811	775	786	990	775	775	981	957	957	1261
938	771	775	825	1317	969	969	1391	1106	1083	1261
1106	1199	1073	846	1437	1081	1081	1568	1189	1172	847

PRECIPITACION NORMALIZADA

	AGUA FRI	A IZCARG	ALT PIPE	A N LEON	CARRIZAL	CARICUAD	CORRALIT	EL ARADO	CARITE	ENCANTO	JARILLO	MERCEDES
802	818	1009	1442	1090	733	805	1013	1033	1048	1001	1115	
1187	792	1186	1172	1281	862	946	1191	1001	1413	1001	1245	
1225	800	1240	962	1340	901	989	1245	1109	1470	1003	761	
850	955	1029	1171	1111	748	820	1033	1034	976	1072	1134	
1047	1005	1133	1277	1224	785	903	1137	910	1404	777	745	
1289	1028	1191	1302	1286	793	949	1195	1156	1158	839	855	
1098	1006	1047	1010	1130	926	835	1163	810	899	1170	1268	
1151	1148	1223	1214	1319	887	782	1124	915	1315	1126	1493	
940	912	1101	1072	1021	700	821	1029	742	1048	1168	1192	
969	815	1129	898	1219	700	624	1089	1078	1189	1004	744	
823	812	881	839	1151	587	634	1017	755	1127	920	964	
1077	979	1145	1030	1251	935	835	1190	1057	1282	1460	1354	
950	771	869	814	1138	526	803	945	784	1061	1118	1257	
784	736	939	876	927	776	657	745	764	931	990	1310	
1164	1024	1401	1254	1544	1081	1106	1245	1004	1412	1300	1400	
1101	815	923	882	928	727	1089	1034	932	965	1058	1392	
1268	969	1088	1075	1250	854	955	1325	954	1479	1311	1527	
1250	1043	1172	1277	1277	962	1305	1293	1055	1578	1457	1820	

SM 18975.	16428.	19706.	19567.	21487.	14483.	15858.	20013.	17133.	21755.	20485.	21574.
PM 1054.	912.	1094.	1087.	1193.	804.	881.	1111.	951.	1208.	1138.	1198.

	LLANOS-C	TEQUES-I	LOMA CAE	MACARAD	POZO ROZ	SABANETA	S D ALID	S OROPZA	I ESPEJO	IEQS	GEV
715	1047	704	733	993	861	1226	1144	1006	949		
706	1272	828	977	856	1355	1441	1442	1249	1437		
740	1355	865	1017	1050	1205	1507	1410	1254	1463		
716	1187	718	808	987	882	1447	924	965	1147		
685	1270	790	550	1106	896	1519	1078	1076	1242		
734	1356	831	686	1290	955	1617	1099	1004	1204		
939	1031	730	1024	1033	952	1403	1068	915	1050		
1050	1324	852	942	1274	1023	1452	1171	1003	1199		
739	525	659	673	906	758	1104	999	870	859		
859	1192	787	787	1323	936	1067	1127	912	1275		
700	932	501	583	925	745	1136	658	702	939		
935	1403	809	798	1228	524	1418	1010	1036	1408		
821	1010	625	630	1179	703	1314	873	892	970		
690	833	595	689	766	781	1038	759	649	1255		
1066	1222	837	906	1225	1508	1508	1204	1111	1076		
822	811	775	786	990	775	861	861	957	1261		
938	771	901	825	1317	969	1391	1106	1083	1261		
1106	1199	1073	846	1437	1081	1568	1189	1172	847		

SM 14961.	20136.	13880.	14260.	19885.	16761.	24137.	19124.	17854.	20842.
PM 831.	1116.	771.	792.	1104.	931.	1340.	1062.	991.	1157.

	AGUA FRI	A IZCARG	ALI PIPE	A N LEON	CARRIZAL	CARICUAD	CORRALIT	EL ARADO	CARITE	ENCANTO	JARILLO	MERCEDES
18975	16428	19710	19567	21491	14486	15861	20016	17133	21755	20485	21575	
18173	15610	18700	18125	20400	13752	15056	19003	16100	20707	19484	20461	
16986	14818	17513	16953	19119	12889	14110	17811	15099	19294	17773	19216	
15761	14018	16273	15991	17779	11987	13120	16565	13990	17824	16770	18455	
14911	13063	15243	14820	16667	11239	12299	15532	12956	16848	15698	17321	
13864	12058	14110	13543	15443	10454	11395	14394	12048	15444	14921	16576	
12575	11030	12919	12241	14156	9661	10446	13199	10890	14286	14082	15721	
11477	10024	11871	11231	13026	8735	9611	12036	10080	13387	12912	14453	
10326	8876	10648	10017	11706	7848	8829	10912	9165	12072	11786	12960	
9386	7964	9547	8945	10685	7148	8008	9883	8423	11024	10618	11768	
8417	7149	8418	8047	9466	6448	7384	8794	7345	9835	9614	11024	
7594	6337	7537	7208	8315	5861	6750	7777	6590	8708	8694	10060	
6517	5358	6392	6178	7064	4926	5915	6587	5533	7426	7234	8706	
5567	4587	5523	5364	5926	4400	5112	5642	4749	6365	6116	7449	
4783	3851	4584	4488	4999	3624	4455	4897	3985	5434	5126	6139	
3619	2827	3183	3234	3455	2543	3349	3652	2981	4022	3826	4739	
2518	2012	2260	2352	2527	1816	2260	2618	2049	3057	2768	3347	
1250	1043	1172	1277	1277	962	1305	1293	1055	1578	1457	1820	
SM 82699.	57053.	85603.	79581.	3501.	38779.	55265.	90611.	60169.	9066.	99364.	21790.	
PM 4594.	3169.	4755.	4421.	194.	2154.	3070.	5033.	3342.	503.	5520.	1210.	

	LLANOS C	TEQUES I	LOMA CAF	MACARAO	POZO ROZ	SABANEIA	S D ALTO	S DROPZA	T ESPEJO	TEOS GFV
14961	20138	13885	14260	19885	16761	24138	19124	17854	20842	
14246	19091	13181	13527	18892	15900	22911	17980	16848	19893	
13540	17819	12352	12550	18036	14545	21470	16538	15599	18456	
12800	16466	11487	11533	16986	13340	19963	15128	14345	16993	
12084	15279	10768	10725	15999	12458	18516	14204	13380	15846	
11399	14809	9977	10175	14893	11562	16997	13126	12304	14604	
10665	12653	9146	9489	13603	10607	15380	12027	14300	13400	
9726	11622	8416	8465	12570	9655	13977	10959	10387	12350	
8676	10298	7563	7523	11296	8632	12525	9788	9384	11151	
7937	9373	6903	6850	10390	8514	11421	8789	8514	10292	
7078	8181	6116	6063	9067	6938	10354	7662	7602	9017	
6378	7249	5615	5480	8142	6193	9218	7004	6900	8078	
5443	5846	4806	4682	6914	5269	7800	5994	5864	6670	
4622	4836	4181	4052	5735	4566	6486	5121	4972	5700	
3932	4003	3586	3363	4969	3785	5448	4362	4323	4445	
2866	2781	2749	2457	3744	2825	3940	3156	3212	3369	
2044	1970	1974	1671	2754	2050	2959	2295	2255	2108	
1106	1199	1073	846	1437	1081	1568	1189	1172	847	
SM 49503.	82813.	33778.	33711.	95312.	54041.	25071.	74446.	66215.	94061.	
PM 2750.	4600.	1876.	1872.	5295.	3002.	1392.	4135.	3678.	5225.	

DATOS DE PRECIPITACION AJUSTADOS

CUADRO No 4

AGUA FRI A IZCARG ALT PIPE A N LEON CARRIZAL CARICUAD CORRALIT EL ARADO CARITE ENCANTO JARILLO MERCEDES

1094	836	939	928	1079	737	824	1144	852	1277	1131	1318
1314	1004	1127	1114	1295	885	989	1373	1030	1532	1358	1582
1281	979	1099	1086	1262	862	964	1338	1004	1494	1324	1542
1116	853	958	946	1101	752	841	1167	875	1302	1154	1345
1160	886	995	983	1143	781	873	1212	909	1353	1199	1397
1224	936	1051	1038	1207	824	922	1279	960	1428	1266	1475
1157	884	993	981	1140	779	871	1209	907	1350	1196	1393
1285	982	1102	1089	1266	865	967	1342	1007	1498	1328	1547
1040	795	893	882	1026	700	783	1087	815	1214	1076	1253
1117	853	958	947	1101	752	841	1167	875	1303	1155	1345
942	720	808	799	929	634	710	985	739	1099	974	1135
1263	965	1083	1070	1245	850	951	1320	990	1473	1306	1521
1031	788	884	874	1016	694	776	1077	802	1202	1066	1241
950	726	815	806	937	640	716	993	745	1109	983	1145
1339	1023	1149	1135	1320	902	1009	1399	1050	1562	1385	1613
1072	819	920	909	1057	722	841	1121	841	1251	1109	1292
1268	969	1088	1075	1250	854	955	1325	994	1479	1311	1527
1250	1043	1172	1277	1277	962	1305	1293	1055	1578	1457	1820

SM 20903. 16061. 18034. 17939. 20651. 14195. 16105. 21831. 16462. 24504. 21778. 25491.

PM 1161. 892. 1001. 996. 1147. 788. 894. 1212. 914. 1361. 1209. 1416.

LLANOS C TEQUES I LOMA CAE MACARAO PDZO ROZ SABANETA S D ALTO S OROPZA T ESPEJO TEOS GFV

809	665	777	712	1137	836	1201	954	935	1088
972	799	933	855	1364	1004	1441	1146	1122	1306
947	779	910	833	1330	979	1405	1117	1094	1274
826	679	793	726	1160	853	1225	974	953	1110
858	705	824	754	1205	886	1272	1012	990	1153
906	744	870	796	1272	956	1343	1068	1046	1218
856	703	822	753	1202	884	1269	1009	988	1151
950	781	913	836	1334	982	1409	1120	1097	1277
769	632	739	677	1081	795	1141	907	885	1035
826	679	793	726	1160	853	1225	974	954	1111
697	573	669	613	979	720	1034	822	805	937
934	768	897	821	1312	965	1385	1101	1078	1256
762	627	732	670	1071	788	1131	899	880	1025
703	578	675	618	987	726	1043	829	945	1032
991	814	951	871	1391	1023	1469	1168	1144	1332
793	652	762	698	1114	819	1177	935	916	1067
938	771	901	825	1317	969	1391	1106	1083	1261
1106	1199	1073	846	1437	1081	1568	1189	1172	847

SM 15643. 13148. 15034. 13630. 21853. 16099. 23129. 18330. 17957. 20393.

PM 869. 730. 835. 757. 1214. 894. 1284. 1018. 997. 1132.

PRECIPITACION ACUMULADA DE LOS DATOS AJUSTADOS

	AGUA FRI	A IZCARG	ALI PIPE	A N LEON	CARRIZAL	CARICUAD	CORRALIT	EL ARADO	CARITE	ENCANTO	JARILLO	MERCEDES
20903	16061	18034	17539	20651	14195	16105	21831	16462	24504	21778	25491	
19809	15225	17095	17011	19572	13458	15281	20687	15604	23227	20647	24173	
18495	14221	15968	15897	18277	14292	19314	19314	14574	21695	19289	22591	
17214	13242	14869	14811	17015	11711	13328	17976	13570	20201	17965	21049	
16098	12589	13911	13865	15914	10959	12487	16809	12695	18899	16811	19704	
14938	11503	12916	12882	14771	10178	11614	15597	11786	17546	15612	18307	
13714	10567	11865	11844	13564	9354	10692	14318	10826	16118	14346	16832	
12557	9683	10872	10863	12424	8575	9821	13109	9919	14768	13150	15439	
11272	8701	9770	9774	11158	7710	8854	11767	8912	13270	11822	13892	
10232	7906	8877	8892	10132	7010	8071	10680	8097	12056	10746	12639	
9115	7053	7919	7945	9031	6258	7230	9513	7222	10753	9591	11294	
8173	6333	7111	7146	8102	5624	6520	8528	6483	9654	8617	10159	
6910	5368	6028	6076	6857	4774	5569	7208	5493	8181	7311	8638	
5879	4580	5144	5202	5841	4080	4793	6131	4685	6979	6245	7397	
4929	3854	4329	4396	4904	3440	4077	5138	3940	5870	5262	6252	
3590	2831	3180	3261	3584	2538	3068	3739	2890	4308	3877	4639	
2518	2012	2260	2352	2527	1816	2260	2618	2049	3057	2768	3347	
1250	1043	1172	1277	1277	962	1305	1293	1055	1578	1457	1820	
SM 97596.	52572.	71320.	71433.	95601.	35215.	55367.	62556.	56262.	32664.	7294.	43663.	
PH 5422.	2920.	3962.	3968.	5311.	1956.	3075.	347.	3125.	1814.	405.	2425.	

	LLANOS-G	TEQUES-I	LOMA-CAF	MACARAO	POZO-ROZ	SABANEIA	S. D. ALTO	S. OROPZA	I. ESPEJO	TEQS. GEV
15643	13148	15034	13630	21853	16099	23129	18330	17957	20393	
14834	12483	14257	12918	20716	15263	21928	17376	17022	19305	
13862	11684	13324	12063	19352	14259	20487	16230	15900	17999	
12915	10905	12414	11230	18022	13280	19082	15113	14806	16725	
12089	10226	11621	10504	16862	12427	17857	14139	13853	15615	
11231	9521	10797	9750	15657	11541	16585	13127	12863	14462	
10325	8777	9927	8954	14385	10605	15242	12059	11617	13244	
9469	8074	9105	8201	13183	9721	13973	11050	10829	12093	
8519	7293	6192	7365	11849	8739	12564	9930	5732	10816	
7750	6661	7453	6688	10768	7944	11423	9023	8844	9781	
6924	5982	6660	5962	9608	7091	10198	8049	7890	8670	
6227	5409	5991	5349	8629	6371	9164	7227	7085	7733	
5293	4641	5094	4528	7317	5406	7779	6126	6007	6477	
4531	4014	4362	3858	6246	4618	6648	5227	5127	5452	
3828	3450	3687	3240	5259	3892	5605	4393	4315	4507	
2837	2622	2736	2369	3868	2869	4136	3230	3171	3175	
2044	1970	1974	1671	2754	2050	2959	2255	2255	2108	
1106	1159	1073	846	1457	1081	1568	1189	1172	847	
SM 49427.	28045.	43701.	29126.	7765.	53256.	20327.	74118.	70645.	89402.	
PH 2745.	1555.	2427.	1618.	431.	2958.	1129.	4117.	3924.	4966.	

CUADRO N° 6

6-a) SUMA Y PROMEDIO DE LOS DATOS ACUMULADOS EN ORDEN DECRECIEN
TE ANTES DE AJUSTAR.

<u>SUMA</u>	<u>PROMEDIO</u>
409.335,7	18.606,2
388.046,2	17.638,5
362.491,4	16.476,9
337.578,5	15.344,5
315.859,7	14.357,2
293.297,7	13.331,7
269.478,6	12.249,0
246.971,8	11.225,9
221.983,8	10.090,2
201.744,3	9.170,2
180.019,6	8.182,7
161.688,0	7.349,5
137.124,0	6.232,9
117.071,0	5.321,4
98.581,0	4.480,9
72.529,0	3.296,8
51.664,0	2.348,4
27.007,0	1.227,6

6-b) PENDIENTES DEL ULTIMO PERIODO DE OBSERVACION PARA LAS
22 ESTACIONES EN ESTUDIO (64/65 - 65/66)

1,131	0,864	0,970	0,959	1,115	0,761	0,852
1,182	0,886	1,319	1,169	1,362	0,836	0,687
0,803	0,736	1,175	0,864	1,241	0,986	0,966
1,125						

6-c) SUMA Y PROMEDIO DE LOS DATOS ACUMULADOS EN ORDEN DECRECIEN
TE DESPUES DE HABER SIDO AJUSTADOS.

<u>SUMA</u>	<u>PROMEDIO</u>
409.170,0	18.598,6
387.891,0	17.631,5
326.346,0	16.470,3
337.443,0	15.338,3
315.734,0	14.351,5
293.184,0	13.326,5
269.375,0	12.244,3
246.878,0	11.221,7
221.901,0	10.086,4
201.673,0	9.166,9
179.958,0	8.179,9
161.635,0	7.347,0
137.081,0	6.230,9
117.039,0	5.319,9
98.558,0	4.479,9
72.518,0	3.296,3
51.664,0	2.348,4
27.007,0	1.227,6

CUADRO N° 7

ISOYETAS	AREA (Km. ²)	PRECIPITACION (mm)	VOLUMEN DE PRECIPITACION
750	4.8	750	3600.0
750 - 800	12.5	775	9687.5
800 - 850	30.6	825	25245.0
850 - 900	35.5	875	31062.5
900 - 950	30.0	925	26342.5
950 - 1000	26.0	975	25350.0
997 - 1000	2.9	998	2894.2
1000 - 1050	30.8	1025	31570.0
1050 - 1100	27.5	1075	29562.5
1100 - 1150	21.0	1125	23625.0
1150 - 1200	10.8	1175	12690.0
1200 - 1250	8.0	1225	9800.0
1200 - 1203	1.8	1201	2161.8
1250 - 1305	3.8	1275	4845.0
SUMA	236.0	-----	238436.0

$$\text{PRECIPITACION MEDIA} = \frac{\sum \text{VOL. DE PRECIP.}}{\text{AREA TOTAL}} = 1010.3$$

TERCERA PARTE

=====

E S C U R R I M I E N T O

=====

ESCORRENTIA O RENDIMIENTO DE UN RIO.-

Es el volúmen de agua que ha escurrido superficialmente una cuenca en un tiempo determinado.

El agua que constituye la corriente de flujo puede llegar al canal de corriente por cualquiera de varios caminos desde el punto en que primero toca la tierra como precipitación. Parte del agua fluye sobre la superficie del suelo como escurrimiento superficial y llega al curso de agua poco después de su ocurrencia como precipitación. Otra parte se filtra a través de la superficie del suelo y fluye debajo de la superficie hasta llegar a la corriente. Esta agua avanza más lentamente que el escurrimiento superficial y contribuye al flujo sostenido de la corriente durante períodos de sequía. En los estudios hidrológicos que incluyen la rata de flujo en las corrientes usualmente es necesario hacer distinción entre estos dos componentes del flujo total. El primer paso en tales estudios es a menudo la división de los hidrógrafos observados de flujo de corriente entre sus componentes antes de hacer el análisis de la relación entre precipitación y escurrimiento.

COMPONENTES DEL ESCURRIMIENTO.-

La ruta exacta que sigue una gota de agua específica desde el momento en que llega al suelo hasta que entra al canal de corriente es intrincada. Es conveniente tener en mente tres rutas de viajes principales: flujo terrestre, interflujo y flujo subterráneo.

FLUJO TERRESTRE.-

El flujo terrestre o escurrimiento superficial es el agua que viaja sobre la superficie del terreno hasta un canal, entendiéndose como canal cualquiera de las expresiones que pueden llevar pequeños riachuelos de agua en flujo turbulento durante y por un corto momento después de la lluvia.

INTERFLUJO.-

Parte del agua que se filtra por la superficie del suelo puede moverse lateralmente por las capas superiores del terreno hasta llegar a un canal de corriente. Esta agua, llamada interflujo o flujo de subsuelo avanza más lentamente que el escurrimiento superficial y llega a las corrientes algo más tarde.

FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA.-

Parte de la precipitación puede filtrarse hasta - llegar a la mesa de agua. Esta acrecencia al agua subterránea puede eventualmente descargarse en las corrientes como - flujo de agua subterránea si la mesa de agua cruza los canales de corriente de la cuenca.

UNIDADES EN LAS CUALES SE PUEDE EXPRESAR LA ESCORRENTIA.-

- 1) En unidades de volúmen. El volúmen que puede producirse - en un determinado tiempo:
Millón de metros cúbicos
Hectárea metro
- 2) En unidades de longitud. Profundidad de una lámina de a-
gua de cierta área
Milímetros
- 3) En unidades de gasto

Litros
Segundos

Metros cúbicos
Segundo

CAPACIDAD DE CAMPO-

El contenido de humedad que existe en el suelo después de la eliminación del agua, se denomina Capacidad de Campo. La Capacidad de Campo no puede ser determinada con precisión debido a que no existe en el tiempo discontinuidad en la curva de humedad. No obstante, el concepto de Capacidad de Campo es de gran utilidad para la estimación de la cantidad de agua, contenida en el suelo, de que puede disponer la planta.

La mayor parte del agua gravitacional o de gravedad drena del suelo antes de que pueda ser consumida por los vegetales.

La determinación práctica de la Capacidad de Campo se suele efectuar dos días después del riego. En consecuencia, la Capacidad de Campo determina un punto específico de la curva de contenido de humedad con relación al tiempo. El hecho específico de intervenir el tiempo de medición permite igualmente calcular el agua utilizada por las plantas durante el período en el cual el agua está drenando. Un terreno en el que esté sembrado un cultivo en período de gran actividad, alcanzará la Capacidad de Campo mucho antes que en el caso de que no haya raíces que extraigan agua del terreno, - por ello no hay que desprestigiar el agua utilizada por el cultivo entre el riego y el momento de medición de la C. Campo.

La Capacidad de Campo puede ser medida mediante la determinación del contenido de humedad de un terreno después de un riego que sea suficientemente intenso para que el suelo sobre el cual se opera se humedezca completamente. Las determinaciones de la disminución de humedad, en diferentes momentos después del riego, sirven para comprender e interpretar con propiedad las características de la capacidad del terreno. Pero hay que tener en cuenta que para las determinaciones de la Capacidad de Campo realizadas por este método tengan un grado de confianza aceptable, es preciso que el terreno drene adecuadamente. En el caso de que hayan capas de limo y arcilla que restrinjan la capacidad de filtraciones, - así como la existencia de un manto freático, las determinaciones de la capacidad de campo serán erróneas, por considerarse interferidas por las anteriores condiciones.

A pesar de que la capacidad de campo, por definición es función directa del tiempo, no hay que sobrestimar este factor. Por ejemplo, si se estima la capacidad de campo - dos días después de un riego, el dato no puede ser utilizado sin hacérsele una corrección en el caso del que el riego se halla realizado en épocas de verano o de invierno.

COEFICIENTE DE MARCHITAMIENTO-

Al contenido de humedad de los suelos, cuando las plantas se marchitan permanentemente, se denomina punto o coeficiente de marchitamiento, que corresponde al límite inferior de la humedad aprovechable por los vegetales.

Se considera que una planta está marchita permanentemente cuando no se recupera después de haber sido colocada en una atmósfera saturada en la que no se produce consumo aparente alguno.

Las estimaciones de campo del punto de marchitamiento se realizan mediante el cálculo de contenido de humedad del terreno en el cual las plantas se han marchitado permanentemente. Este método está sujeto a más error y requiere una gran experiencia, mayor que el de determinación de la capacidad de campo sobre el terreno. Hay que tener en cuenta también la profundidad y naturaleza de enraizamiento.

El tanto por ciento de marchitamiento permanente puede ser estimado aproximadamente dividiendo la capacidad de campo por un factor cuyo valor oscila entre 20 y 24 y que es función de la proporción del limo del suelo; en el caso de que ésta sea alta se debe utilizar el número 24.

Nota: Los cálculos de campo para la determinación de la Capacidad de campo y Coeficiente de Marchitamiento no fueron realizados por carecer de los instrumentos y datos.

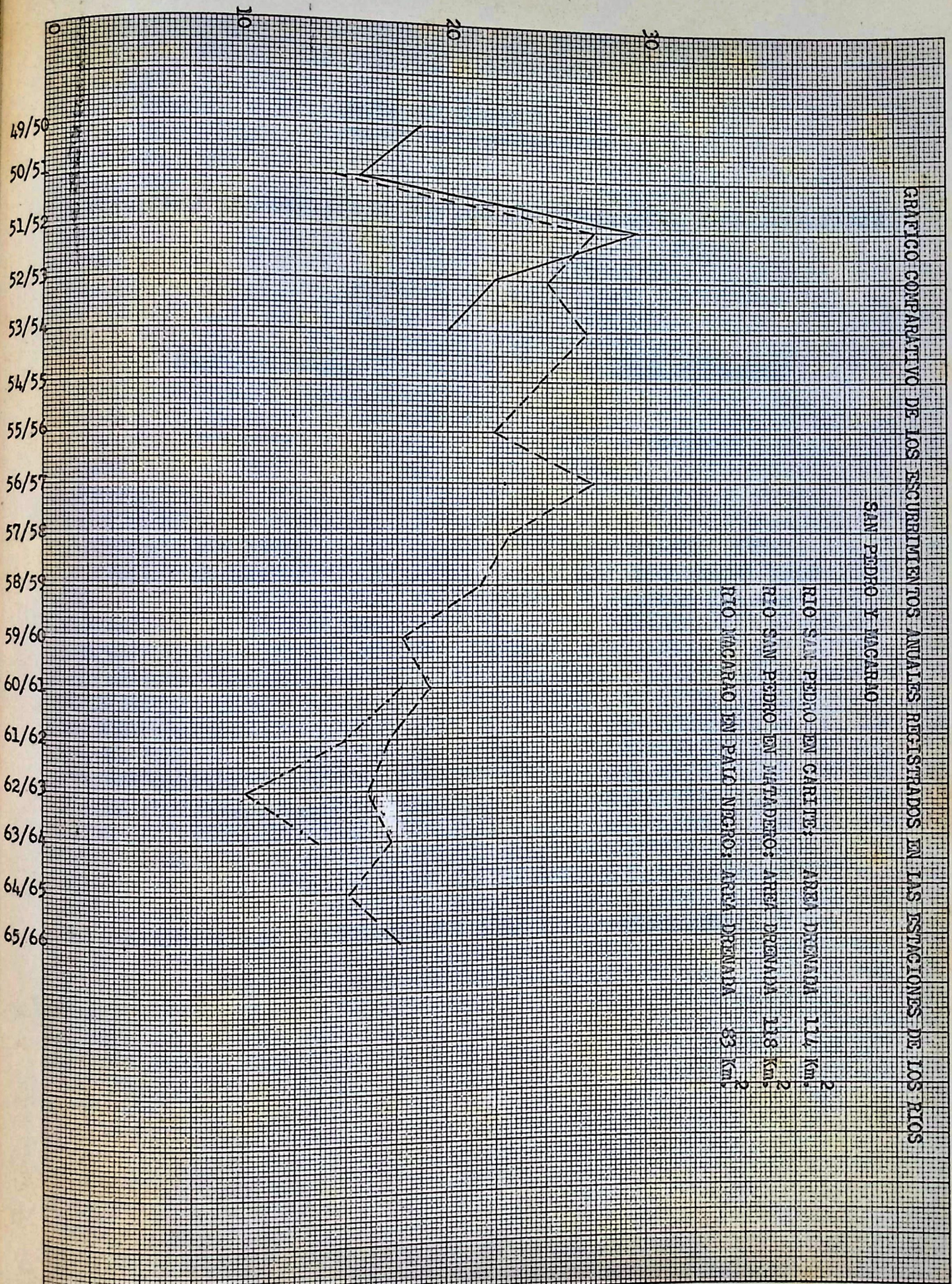


GRAFICO COMPARATIVO DE LOS ESCURRIMIENTOS ANUALES REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE LOS RIOS

SAN PEDRO Y MACARIO

RIO SAN PEDRO EN CARITES: AREA DRENALIA 114 Km.²
 RIO SAN PEDRO EN MIRAFLORES: AREA DRENALIA 258 Km.²
 RIO MACARIO EN PALO NEGRO: AREA DRENALIA 83 Km.²

GRUPO DE GRAFICOS N° 1

=====

ESTACIONES HIDROMETRICAS CON LAS PLUVIOMETRICAS REPRESENTATIVAS

HIDROMETRICAS

MACARAO

SAN PEDRO
EN CARITE

PLUVIOMETRICAS

MACARAO

TEQUES GFV
ALTO DE ÑO LEON
SITIO OROPEZA

a) PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

GRAFICOS (7),(8),(9)

b) PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

GRAFICOS (10),(11),(12)

AÑO CLIMATICO	MACARAO EN PALO NEGRO AREA = 83 Km. ²								
	1	2	3	4		5			
	PRECIPITACION EN mm. (E _M)	ESCORRENTIA MEDIDA EN mm.	COEF. DE ESC. COL (2)/COL(1)	ESC. ESTIMADO S/REL 1 EN mm. (E _E)	ESC. ESTIMADO S/REL 2 EN mm.	RELACION EN % $= 100 [E_E - E_M] / E_M$			
						S/REL 1	S/REL 2		
49-50	1.108								
50-51	1.101	174,18	0,1582	256		+46.97			
51-52	878	328,71	0,3744	252		-23.34			
52-53	837	301,53	0,3603	252		-16.43			
53-54	458	325,28	0,7102	246.5		-24.22			
54-55	730	296,35	0,4060	250		-15.64			
55-56	1.099	267,88	0,2437	256		- 4.43			
56-57	798	330,05	0,4136	251		-23.95			
57-58	672	279,49	0,4159	250	NO SE CALCULO	-10.55	NO SE CALCULO		
58-59	776	260,96	0,3363	251		- 3.82			
59-60	587	213,57	0,3638	248		+16.12			
60-61	799	231,04	0,2892	252		+ 9.07			
61-62	657	206,20	0,3139	249.5		+21.00			
62-63	684	193,98	0,2836	250		+28.88			
63-64	878	207,83	0,2367	252.5		+21.49			
64-65	882	182,31	0,2067	253		+38.77			
65-66	756	212,35	0,2809	251		+18.20			
MEDIA	787	250.73	0,3371	251.28				+ 0.22	
MED. SUP.	909	252.94	0,2853						
MED. INF.	665	248.52	0,3880						

SAN PEDRO EN CARITE
 AREA = 114 Km.²

AÑO CLIMATICO	SAN PEDRO EN CARITE AREA = 114 Km. ²						
	1	2	3	4		5	
	PRECIPITACION EN mm.	ESCORRENTIA MEDIDA (E _M) EN mm.	COEF. DE ESC. COL(2)/COL(1)	ESC. ESTIMADO S/ REL 1 EN mm. (E _E)	ESC. ESTIMADO S/ REL 2	RELACION EN % $= 100 [E_E - E_M] / E_M$	
					S/REL 1	S/REL 2	
49-50	1.302	163,33	0,1254	161			
50-51	1.300	137,53	0,1058	161		- 1,43	
51-52	1.038	260,05	0,2505	194		+17,07	
52-53	1.196	195,45	0,1634	174		-25,40	
53-54	1.103	174,94	0,1586	185		-10,97	
54-55	1.254					+ 5,75	
55-56	1.120						
56-57	1.041	199,97	0,1921	193		- 3,45	
57-58	951				NO SE CALCULO		
58-59	1.095						
59-60	816	157,98	0,1936	241		+52,55	
60-61	1.162						
61-62	973						
62-63	859						
63-64	1.175						
64-65	1.046						
65-66	1.097						
MEDIA	1.114	184,18	0,1695	187,00			+ 0,01
MED. SUP.	1.266	165,44	0,1315				
MED. INF.	1.000	198,24	0,1987				

GRAFICO Nº 7

PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

MACARAO EN PALO NEGRO

CON
MACARAO

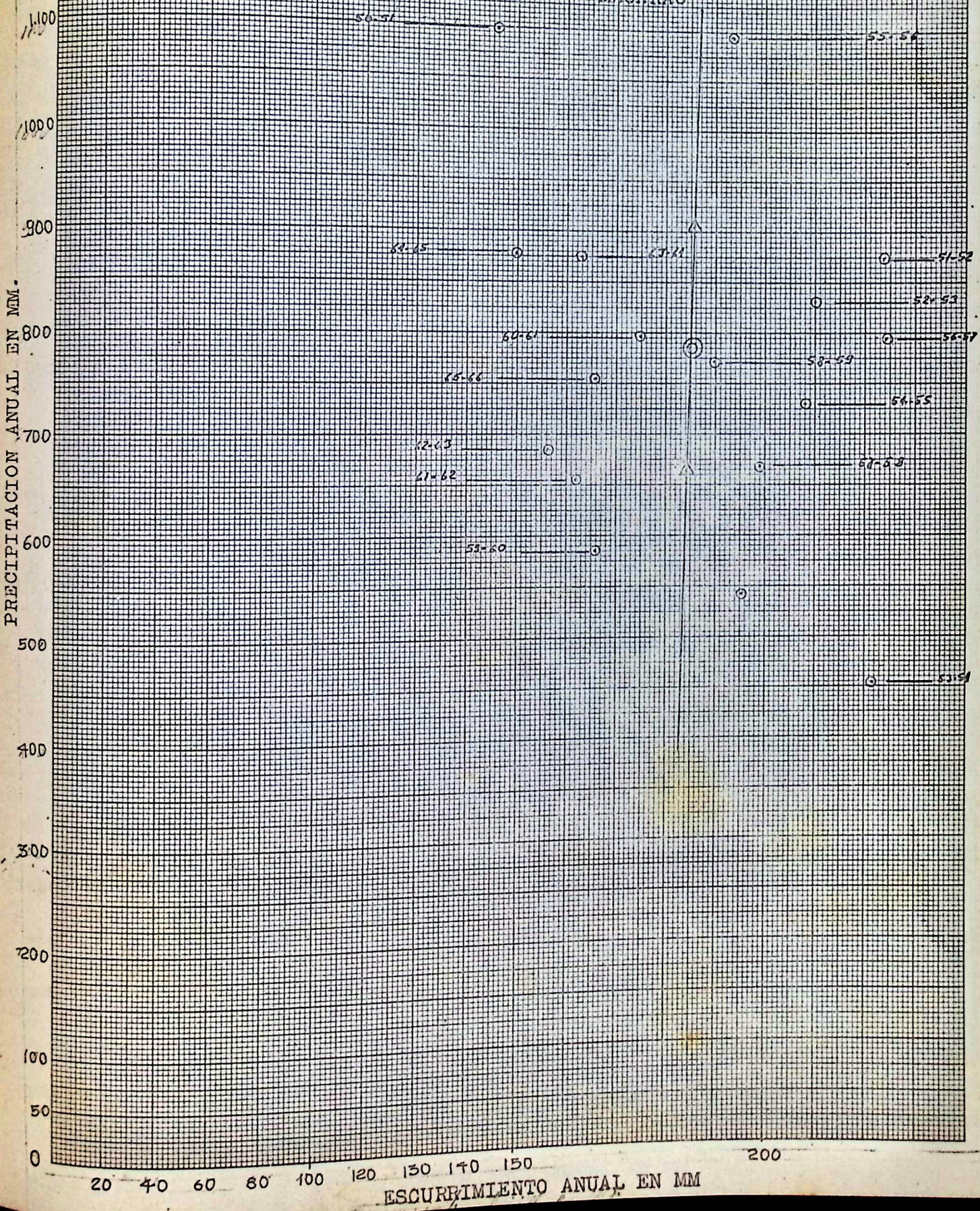
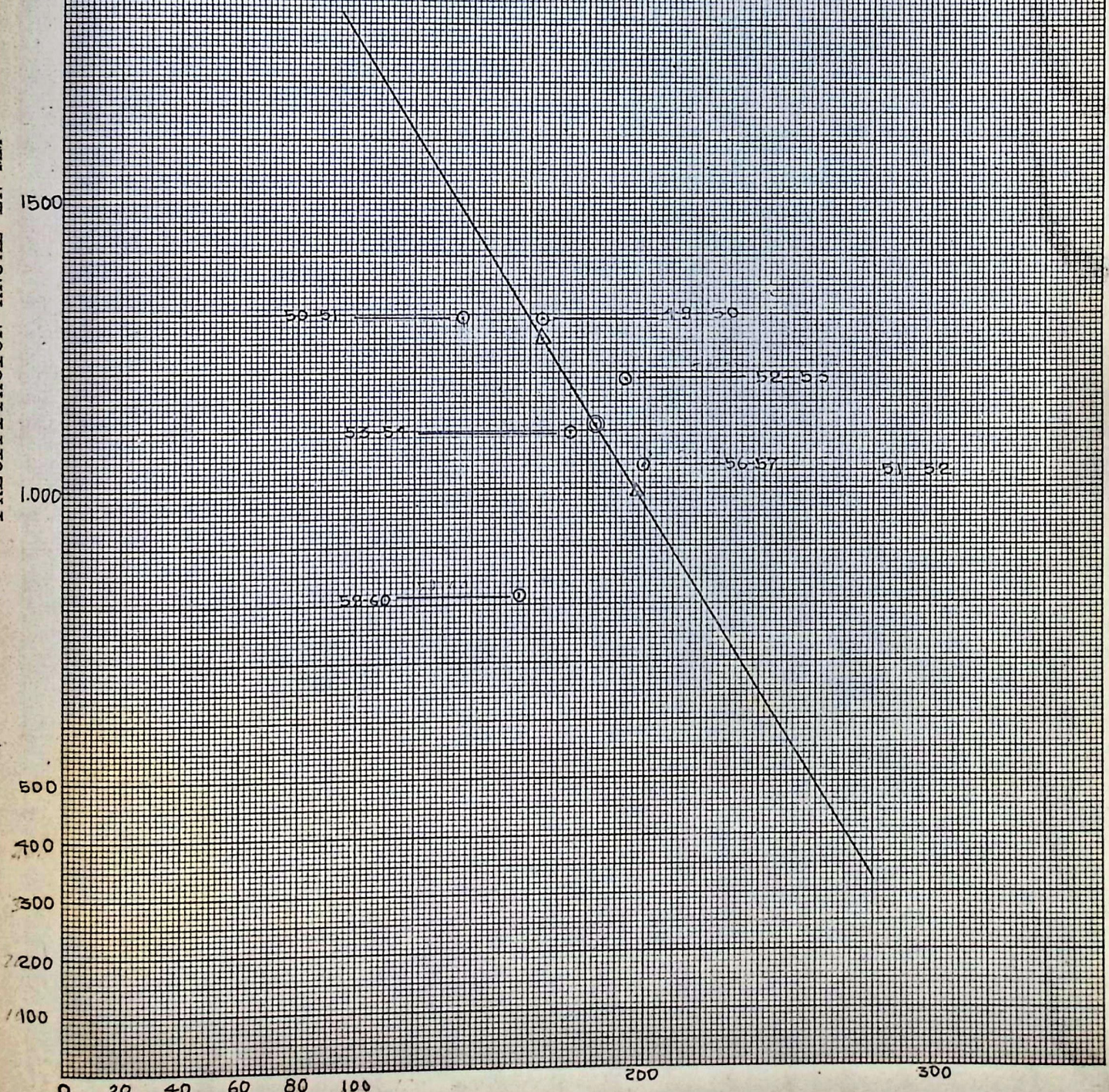


GRAFICO N° 8

PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

SAN PEDRO EN CARIDE
CON
TENULS CIV, ALTO NO LEON,
SITIO OROPEZA

PRECIPITACION ANUAL EN MM.



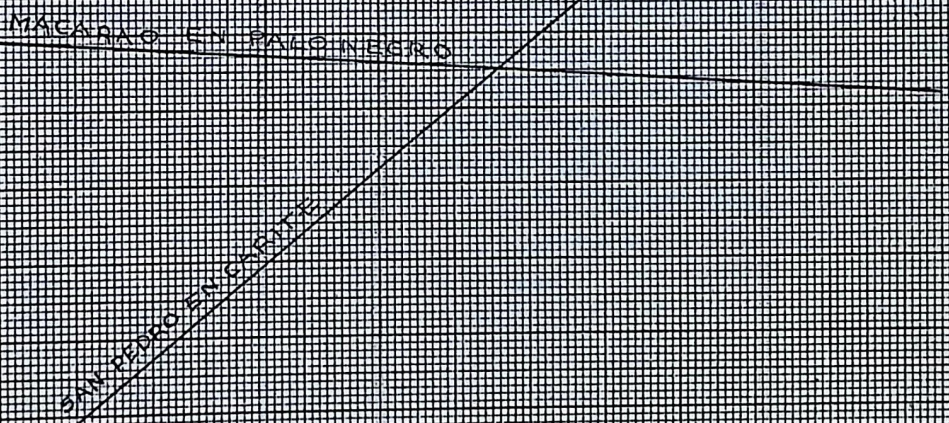
ESCURRIMIENTO ANUAL EN MM

GRUPO N° 1

GRAFICO N° 19

PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS: MACASAO, TRUJES CIV, ALTO MOJON, SANTA GEOFIZIA



PRECIPITACION ANUAL EN MM

ESCURRIMIENTO ANUAL EN MM

1500

1000

0500

000

000

000

000

000

000

000

000

0

20

40

60

80

100

200

300

400

500

500

PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

MACARAO EN PALO NEGRO

CON
MACARAO

PRECIPITACION ANUAL EN MM

1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0

0 10 20 30 40 50 60 70 80

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513 MADE IN U.S.A.

KEUFFEL & ESSER CO.

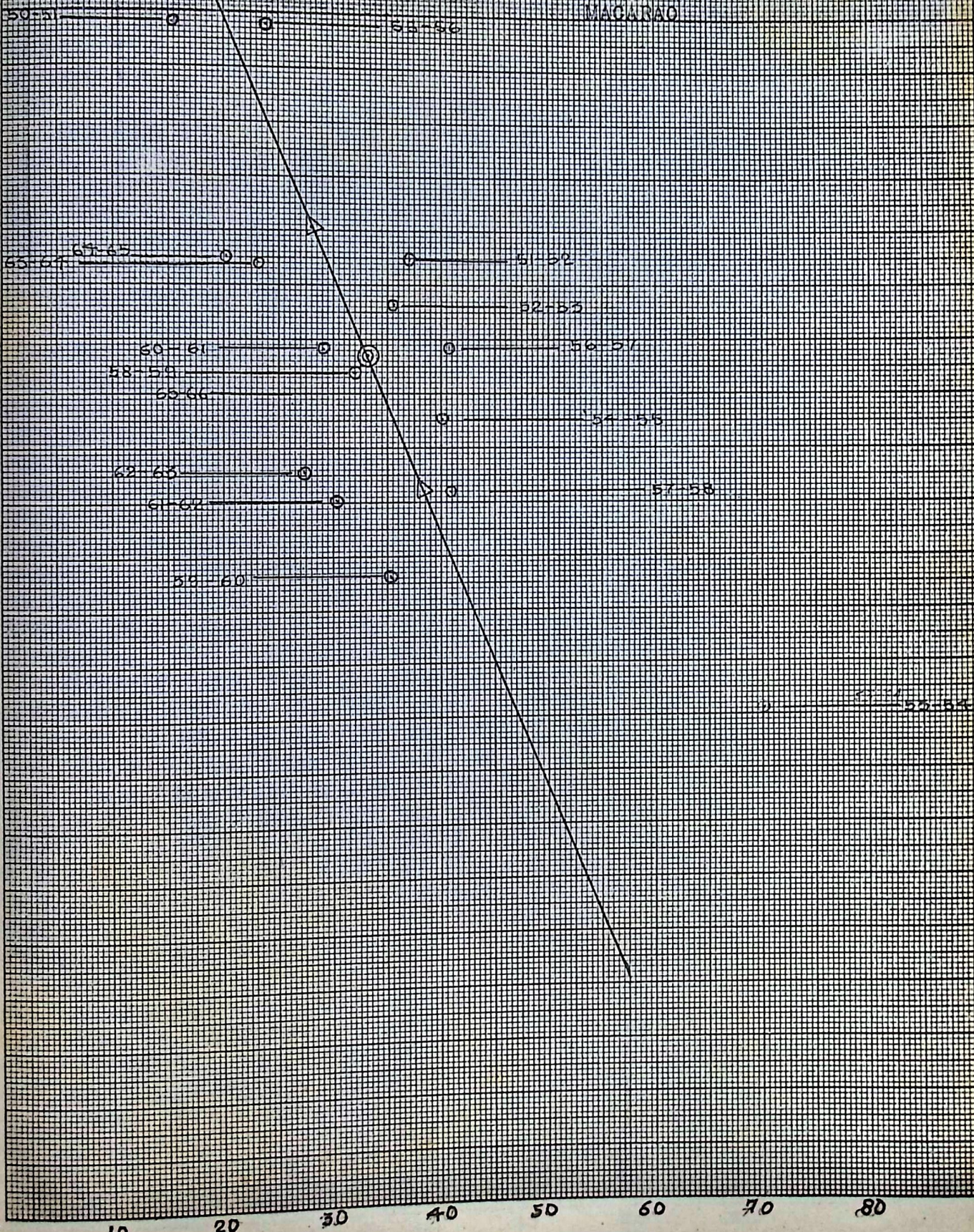


GRAFICO N° 11

PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

SAN PEDRO EN CARTA

CON

LEYES CIV. ALTO ACO LEON,

SITIO DE OROPEZA

AREA 114 Km²

PRECIPITACION ANUAL EN MM

KEUFFEL & ESSER CO.

1400
1300
200
1100
1000
300
800
700
600
500

0

4

8

12

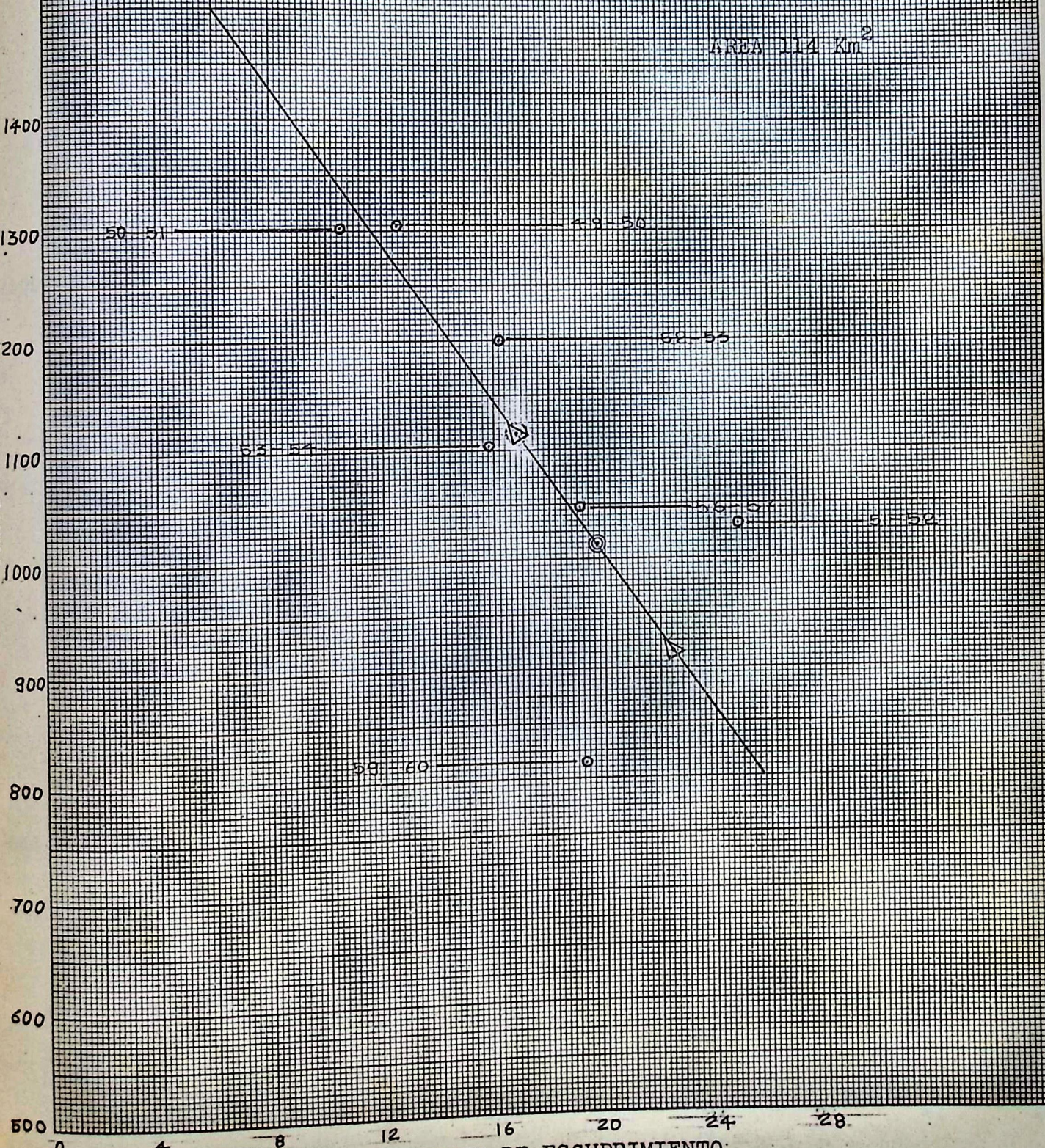
16

20

24

28

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO



GRUPO N° 1

GRAFICO N° 12

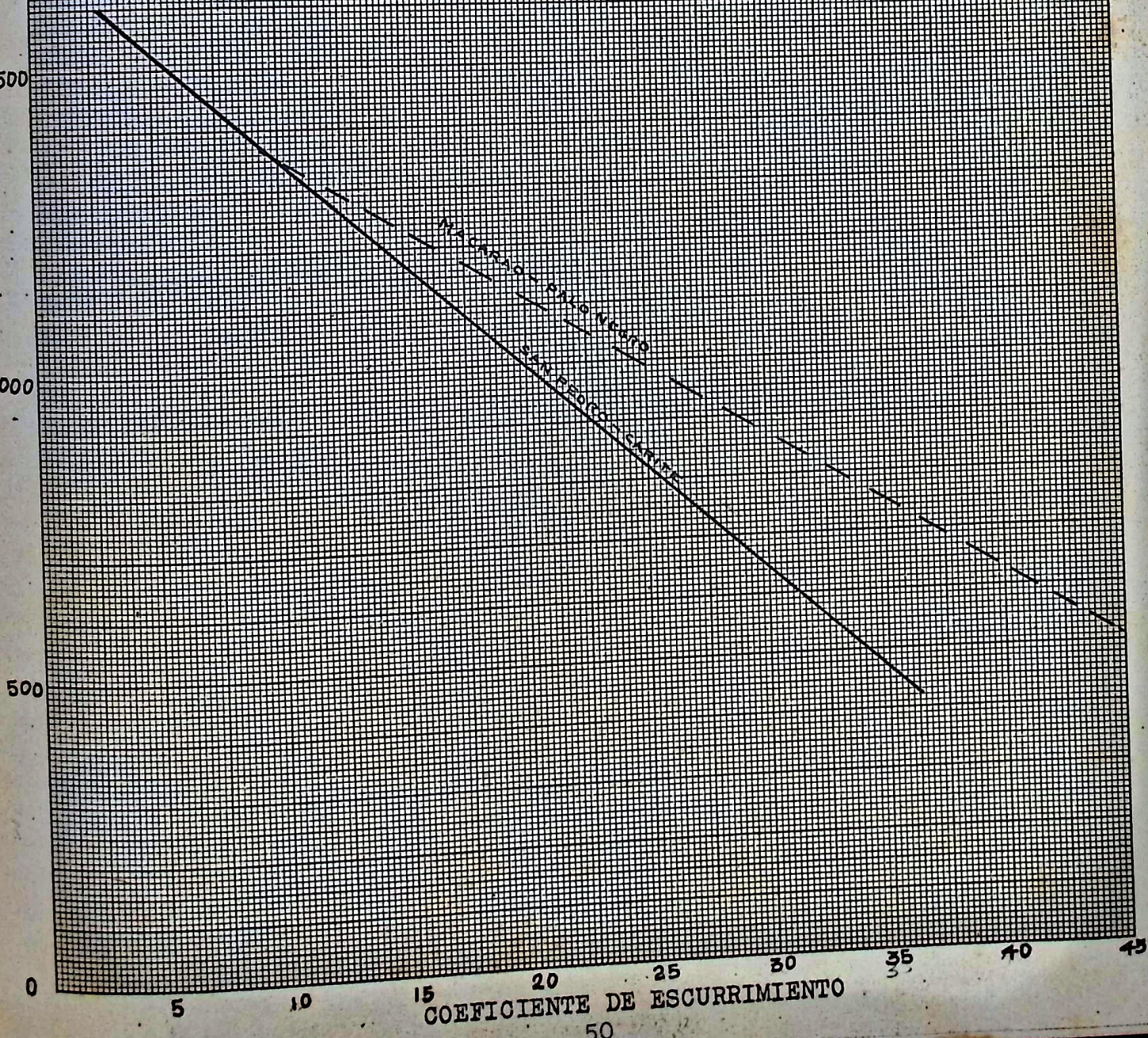
PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS: MICHAEL, TORRES STV, ALIO NO LEON
SITIO DE OROPEZA.

PRECIPITACION ANUAL EN MM

MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

K&E



COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

GRUPO DE GRAFICOS N° 2
=====

ESTACIONES HIDROMETICAS CON LAS PLUVIOMETRICAS REPRESENTATIVAS

HIDROMETRICAS

PLUVIOMETRICAS

MACARAO

TEQUES GFV

SAN PEDRO
EN CARITE

TEQUES GFV

SAN PEDRO
EN MATADERO

TEQUES GFV

a) PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

GRAFICOS (1),(2),(3)

b) PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

GRAFICOS (4),(5),(6)

MACARAO EN PALO NEGRO (83 Km.²)

AÑO	PRECIPIIT. EN mm.	ESCURRT. EN mm.	COEF. ESCURRT.	VOL.PREC. MILLON DEM ³	VOL.ESC. MILLON DEM ³
42-43	1.819			150,98	
43-44	1.004			83,33	
44-45	1.500			124,50	
45-46	1.142			94,79	
46-47	1.297			107,65	
47-48	787			65,32	
48-49	998			82,83	
49-50	1.044			86,65	
50-51	1.494	174,18	0,1166	124,00	14,46
51-52	1.322	328,71	0,2486	109,73	27,28
52-53	1.233	301,53	0,2445	102,34	25,03
53-54	1.165	325,28	0,2792	96,70	27,00
54-55	1.236	296,35	0,2398	102,59	24,60
55-56	1.082	267,88	0,2476	89,81	22,23
56-57	1.131	330,05	0,2918	93,87	27,39
57-58	844	279,49	0,3311	70,05	23,20
58-59	1.276	260,96	0,2045	105,91	21,66
59-60	932	213,57	0,2292	77,36	17,73
60-61	1.429	231,04	0,1617	118,61	19,18
61-62	1.144	206,20	0,1802	94,95	17,12
62-63	876	193,98	0,2214	95,83	16,10
63-64	1.238	207,83	0,1620	106,49	17,25
64-65	1.208	182,31	0,1509	100,26	15,13
65-66	1.202	212,35	0,1762	99,77	17,63
MEDIA	1.178	250,73	0,2178		
MED. SUP.	1.298	243,91	0,1894		
MED. INF.	1.024	259,49	0,2543		

SAN PEDRO EN CARITE (114 Km.²)

AÑO	PRECIPIT. EN mm.	ESCURRT. EN mm.	COEF. ... ESCURRT.	VOL. PREC. Millón de m ³	VOL. ESC. Millón de m ³
42-43	1.819			207,37	
43-44	1.004			114,46	
44-45	1.500			171,00	
45-46	1.142			130,19	
46-47	1.297			147,86	
47-48	787			89,72	
48-49	998			113,77	
49-50	1.044	163,33	0,1564	119,02	18,62
50-51	1.494	137,53	0,0921	170,32	15,68
51-52	1.322	260,05	0,1967	150,71	29,65
52-53	1.233	195,45	0,1585	140,56	22,28
53-54	1.165	174,94	0,1502	132,81	19,94
54-55	1.236			140,90	
55-56	1.082			123,35	
56-57	1.131	199,97	0,1768	128,93	22,80
57-58	844			962,16	
58-59	1.276			145,46	
59-60	932	157,98	0,1695	106,25	18,01
60-61	1.429			162,91	
61-62	1.144			130,42	
62-63	876			99,86	
63-64	1.238			146,26	
64-65	1.208			137,71	
65-66	1.202			137,03	
MEDIA	1.178	184,17	0,1571		
MED. SUP.	1.298	197,67	0,1491		
MED. INF.	1.024	174,05	0,1632		

GRATICA Nº 1
 PRECIPITACION VS ESCURRIMIENTO
 MACARAO EN PALO NEGRO
 CON
 TROQUES CIV
 AREA 83Km²

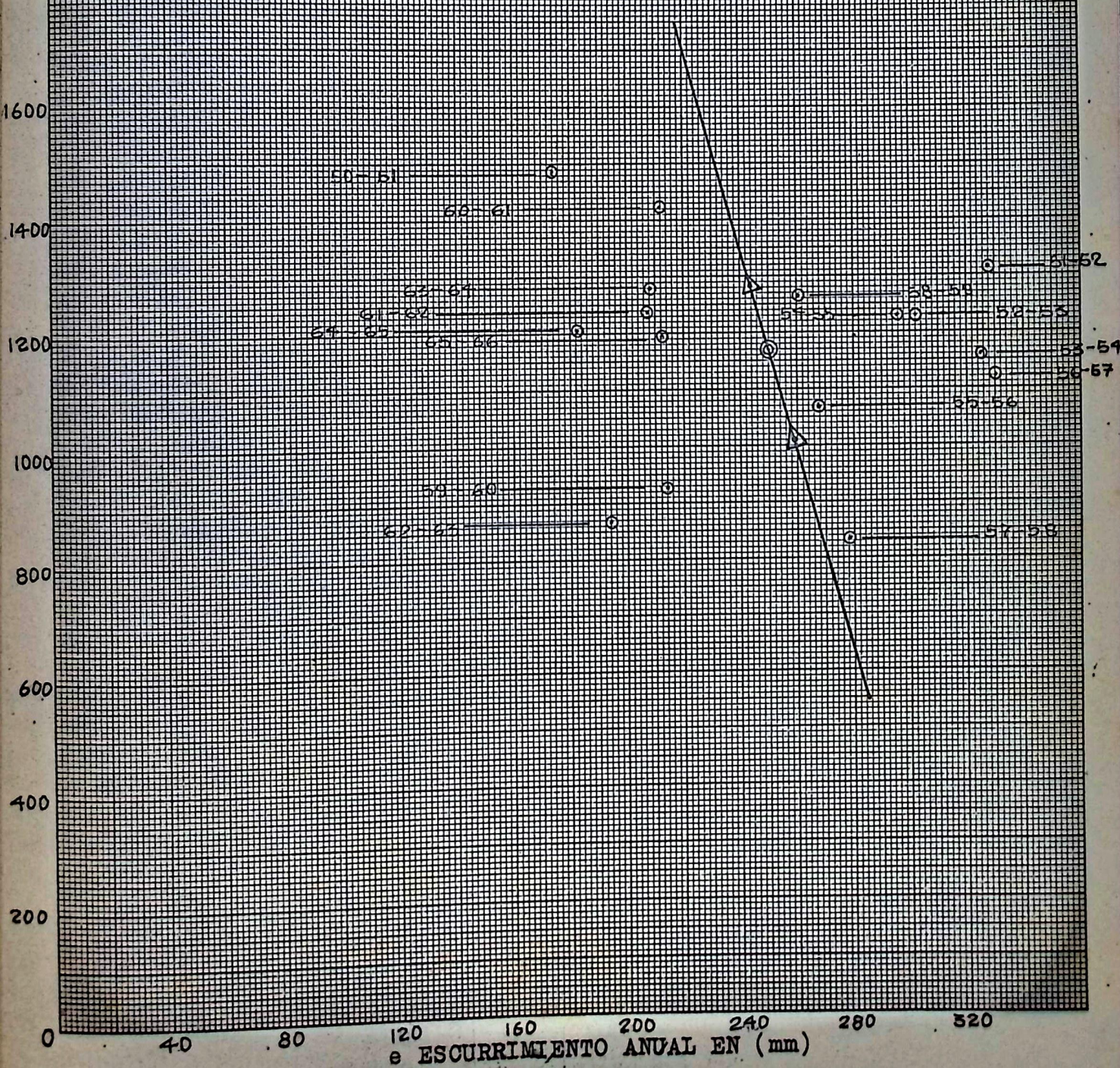
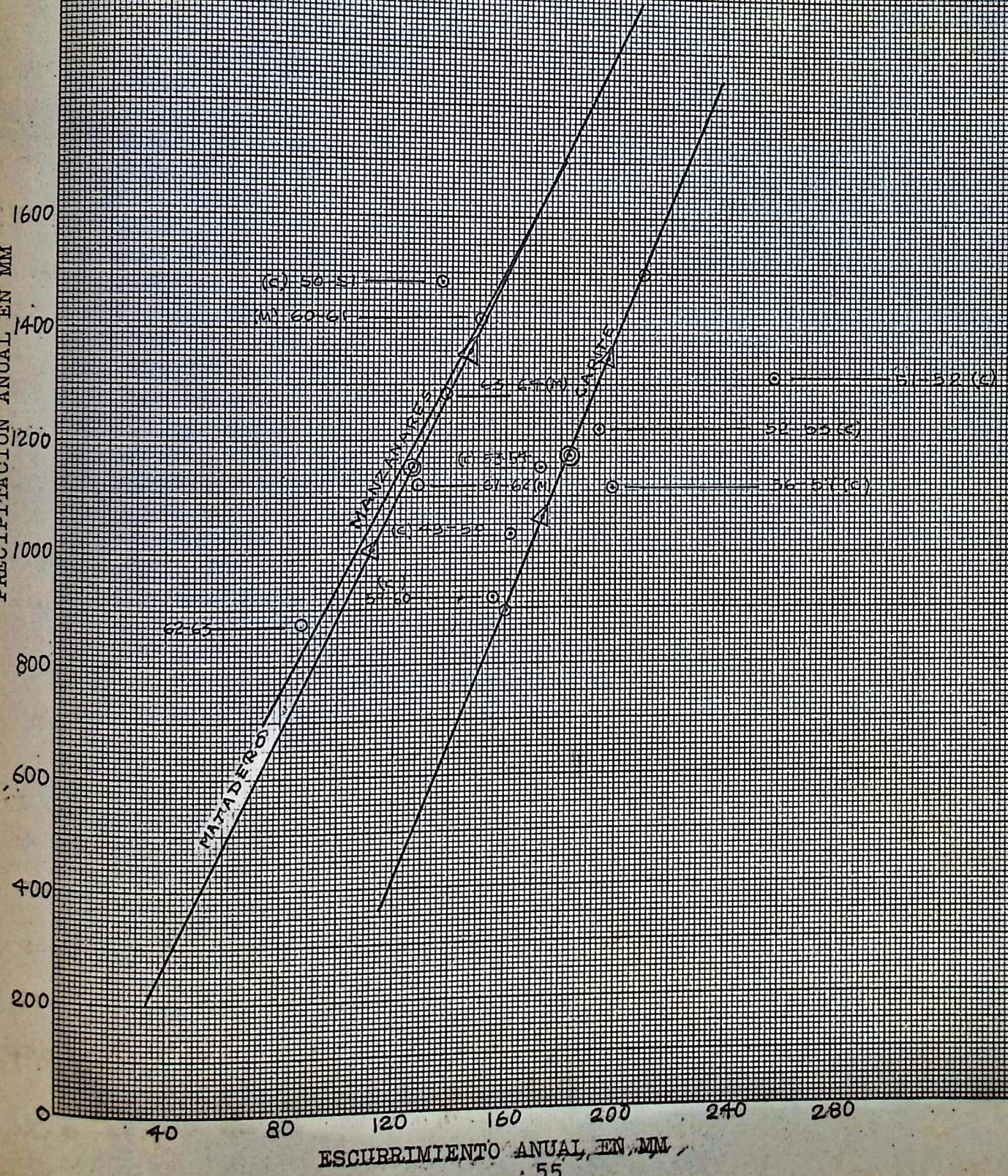


GRÁFICO N.º 2

PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

SAN PEDRO EN CARLIS
 SAN PEDRO EN NATADERO
 CON
 DEJULIO 1971

KEUFFEL & ESSER
 MADE IN U.S.A.



GRUPO N° 2

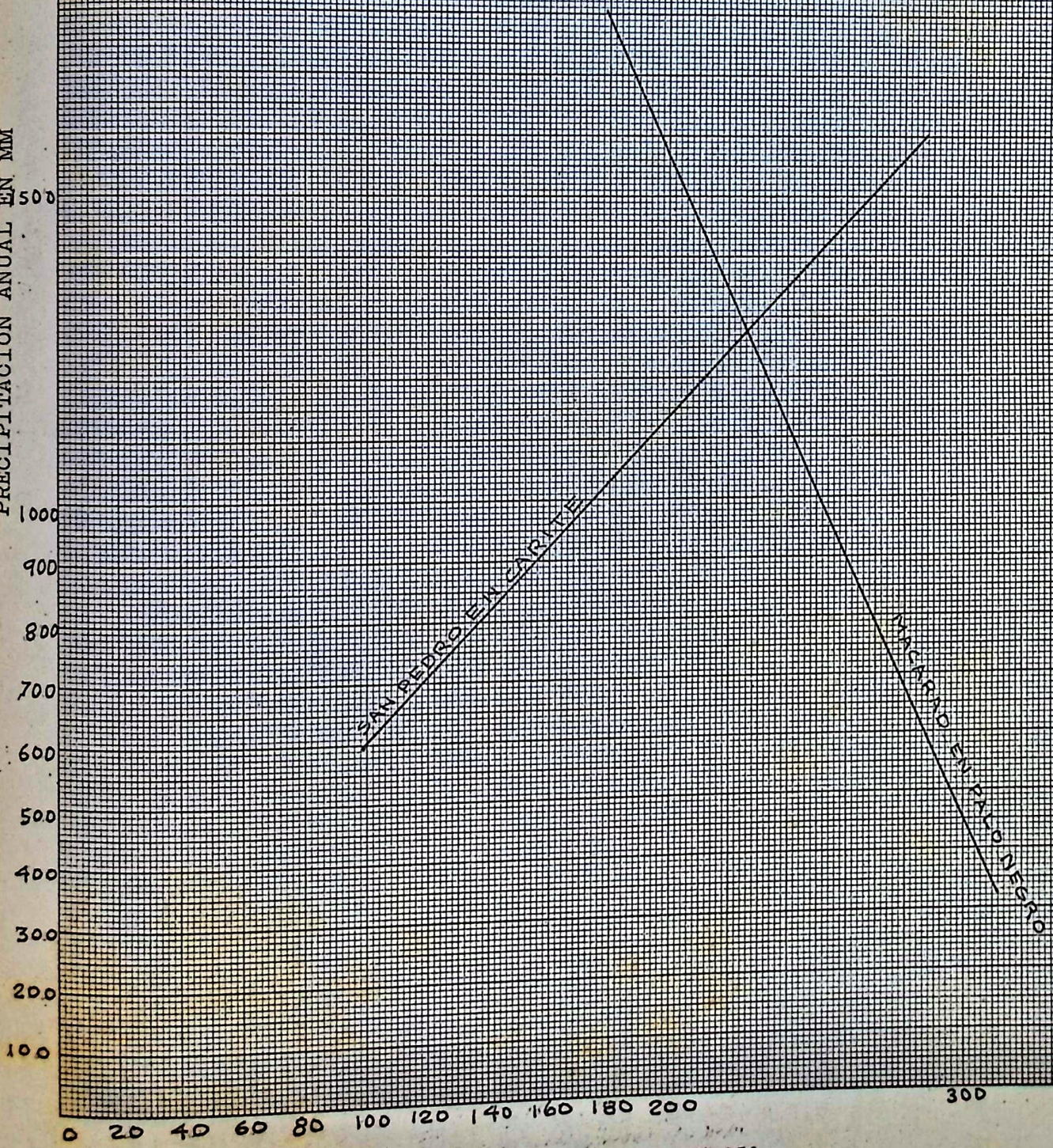
GRAFICO N° 3

PRECIPITACION CONTRA ESCURRIMIENTO

ESTACION PLUVIOMETRICA: TUNES QTV

PRECIPITACION ANUAL EN MM

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.



ESCURRIMIENTO ANUAL EN MM

PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

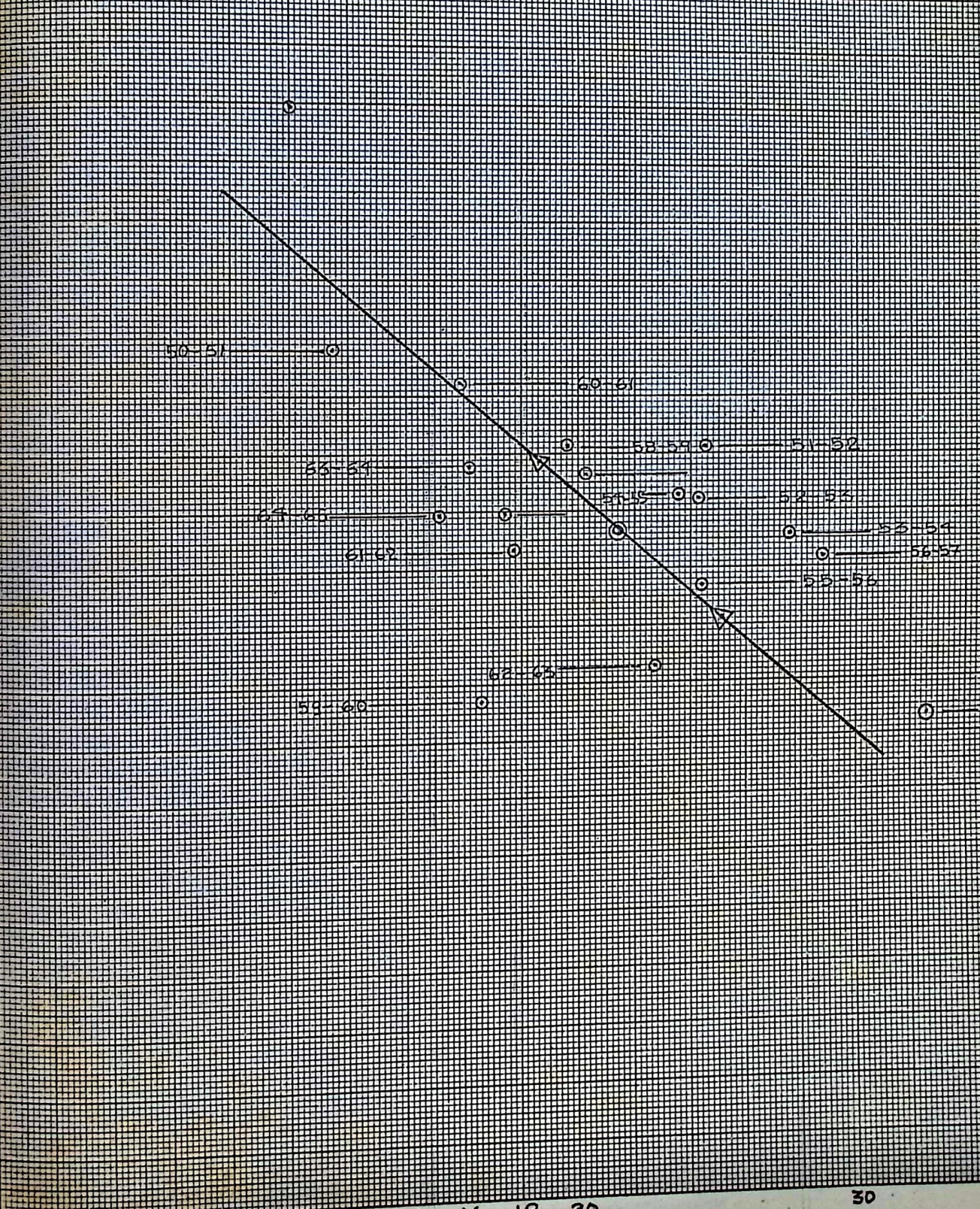
MAGARAO EN PALO NEGRO
CON
TRUJES CITY

PRECIPITACION ANUAL EN MM

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

2000
1500
1000
500
400
300
200
100
0

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 30
COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO



PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

SAN PEDRO EN CARIDE

SAN PEDRO EN MATADERO

CON

TIQUES DEY

2000

1500

1000

500

400

300

200

100

PRECIPITACION ANUAL EN MM

K&E 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

(C) 50-51

60-61 (N)

(C) 51-52

62-63 (M)

(C) 53-54

62-63 (S)

(C) 54-55

61-62 (N)

(C) 52-53

62-63

CARIDE

MATADERO

0 2 4 6 8 10

20

30

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

GRUPO N° 2

GRAFICO N° 6

PRECIPITACION CONTRA COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

ESTACION PLUVIOMETRICA TUCUES-CRV

PRECIPITACION ANUAL EN MM

KE 10 X 10 TO THE CENTIMETER 46 1513
MADE IN U.S.A.
KEUFFEL & ESSER CO.

1500

1000

500

400

300

200

100

0

4

6

8

10

12

14

16

18

20

COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

PROLONGACION DE LA CURVA DE GASTOS DEL RIO MACARAO.-

Para prolongar la curva de gastos del río Macarao - con el fin de obtener los gastos a las alturas a las cuales no es posible medirlas, se ha apelado a el método logarítmico, el cual consiste en plotear los aforos en coordenadas logarítmicas lo cual debe dar por resultado una línea recta, haciendo la aproximación de que la curva se comporta como una parábola, esta puede representarse por la ecuación:

$$Q = C(H - a)^n$$

en donde:

Q = gasto en metros cubicos por segundo

H = altura del pluviómetro en metros

C, a, n son constantes.

Si a, tiene un valor tal que $(H - a) = 0$ cuando $Q = 0$, y los logarítmos de Q y $(H - a)$ para diversos valores del gasto se plotea en papel cuadrículado, los puntos deberían formar una recta.

Si la ecuación anterior se cumpliera estrictamente - para todas las alturas de la corriente, entonces se tendría que el valor de a representaría la altura del pluviómetro para gastos cero; sin embargo para gastos mínimos la curva se aparta de la forma de una línea recta, existiendo algún gasto muy pequeño cuya altura estaría por debajo del valor a.

Por consiguiente, es necesario considerar a a como - el valor que debe usarse para que los logarítmos de Q y $(H - a)$ - al plotearlos den una línea recta.

Los valores obtenidos para nuestro estudio fueron:

$$C = 12.5$$

$$a = 0.017$$

$$n = 4.3314$$

Luego, la ecuación estará representada por la forma siguiente: $Q = 12.5(H + 0.017)^{4.3314}$

RIO MACARAO EN PALO NEGRO

Nº AFORO	FECHA	HORA	ALTURA DE MIRA	GASTO $\frac{m^3}{seg}$	AREA	VELOCIDAD
8	12/7/49	11.50 am.	0.390	0.305	1.257	0.306
9	15/7/49	3.55 pm.	0.400	0.418	1.232	0.339
12	22/7/49	11.37 am.	0.410	0.483	1.374	0.352
18	30/8/49	12.48 pm.	0.420	0.690	1.540	0.430
24	2/11/49	9.53 am.	0.420	0.505	1.313	0.335
26	13/12/49	2.53 pm.	0.385	0.744	1.411	0.527
32	9/6/50	1.31 pm.	0.560	0.918	1.181	0.777
33	20/6/50	1.40 pm.	0.515	0.792	1.345	0.589
47	23/2/51	12.10 pm.	0.585	1.154	1.921	0.601
48	15/3/51	12.00 m.	0.550	0.917	1.612	0.569
49	28/3/51	11.25 am.	0.525	0.879	1.582	0.556
57	18/5/51	12.00 m.	0.580	1.165	2.043	0.570
69	2/11/51	12.40 pm.	0.580	1.185	1.874	0.632
98	17/7/52	11.55 am.	0.535	0.787	2.089	0.377
119	19/1/53	1.50 pm.	0.555	0.964	3.063	0.315
116	15/3/54	1.00 pm.	0.530	0.723	2.490	0.290
192	21/3/55	1.35 pm.	0.520	0.689	1.998	0.345
211	12/12/55	12.54 pm.	0.520	0.708	2.355	0.301
222	4/6/56	1.30 pm.	0.560	1.138	2.710	0.420
231	8/10/56	3.10 pm.	0.560	1.067	2.705	0.394
261	24/12/57	1.15 pm.	0.535	0.756	2.093	0.361
270	21/7/58	1.00 pm.	0.745	2.223	2.955	0.752
271	21/7/58	2.10 pm.	0.710	2.032	3.038	0.669
292	22/5/59	1.00 pm.	0.665	6.319	4.710	1.342
320	21/4/60	11.20 am.	0.465	0.346	1.395	0.248
328	12/8/60	8.12 pm.	0.567	1.265	1.643	0.770
329	12/8/60	9.40 pm.	0.605	1.471	1.847	0.796
331	13/8/60	12.27 am.	0.641	2.329	2.544	0.915
343	5/12/60	8.13 am.	0.649	2.460	2.326	1.058
344	5/12/60	9.11 am.	0.690	2.766	3.030	0.916
346	5/12/60	11.50 am.	0.615	1.677	2.380	0.705
350	11/12/60	2.26 pm.	0.832	5.575	4.128	1.351

CONTINUA...

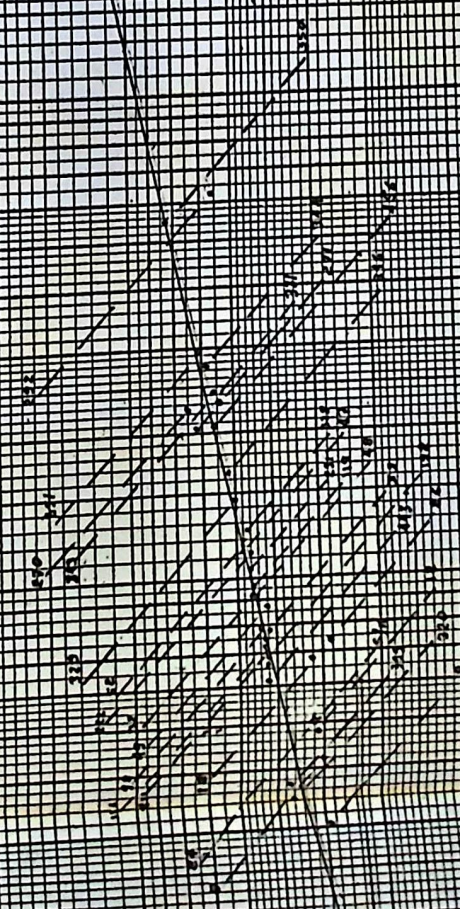
RIO MACARAO EN PALO NEGRO

N° AFORO	FECHA	HORA	ALTURA DE MIRA	GASTO $\frac{m^3}{seg}$	AREA	VELOCIDAD
351	11/12/60	4.30 pm	0.706	2.933	3.348	0.876
369	19/8/61	5.17 pm	0.525	0.750	1.338	0.561
399	20/9/62	10.58 am	0.475	0.375	0.984	0.381
419	7/12/63	1.15 pm	0.525	0.751	1.357	0.553
443	18/12/64	11.00 am	0.525	0.613	1.414	0.434
456	17/7/65	12.20 pm	0.660	2.085	2.159	0.966
S/N	28/6/66	10.50 am	0.525	0.674	1.443	0.467
S/N	12/2/67	9.50 am	0.510	0.510	1.140	0.447

CURVA SIN CASO PARA EL MODELO SIN PUNTO NEGRO

PERIODO (57767)

Rotación de la curva 2. UNITS (FFC) (0.17) 4.1314



Arturo de Miró (Mts)

K&E 3 X 3 CYCLES
KEUFFEL & ESSER CO.
MADE IN U.S.A.

100

METODO DE GUMBEL

Permite trabajar con mayor sujetividad para el cálculo de períodos de retornos que son extrapolados por cualquier otro método.

El método en sí, se basa en la distribución de los valores extremos de una serie.

Para las crecientes máximas analizadas del río Macarao se tabularon sus gastos de acuerdo a las alturas de miras registradas. Entrando con la altura de mira a la curva de aforo (gráfico N°), de ecuación $Q = 12.5(H + 0.017)^{4.3314}$.. Los períodos de retorno para las máximas crecientes aplicando el Gráfico de Gumbel fueron.

<u>GASTOS MAXIMOS</u>		<u>PERIODO DE RETORNO</u>
m ³ /seg		Años
218.3		8
650.0	Mayor	200
385.0		70
8.6	Menor	1
50.0	Menor	1
51.5	Menor	1
56.4	Menor	1
10.8	Menor	1
37.2	Menor	1
473.0		180
776.0 (Dudoso)		1.8
143.8		

Nota: El gasto de 776.0 m³/seg debido a que el registro de mira fué la marca marina de creciente, la cual pudo haber sido afectada por la producción de una curva de remanso producida aguas abajo de la estación de aforo.

CRECIENTES ANUALES MAXIMAS DEL RIO MACARAO

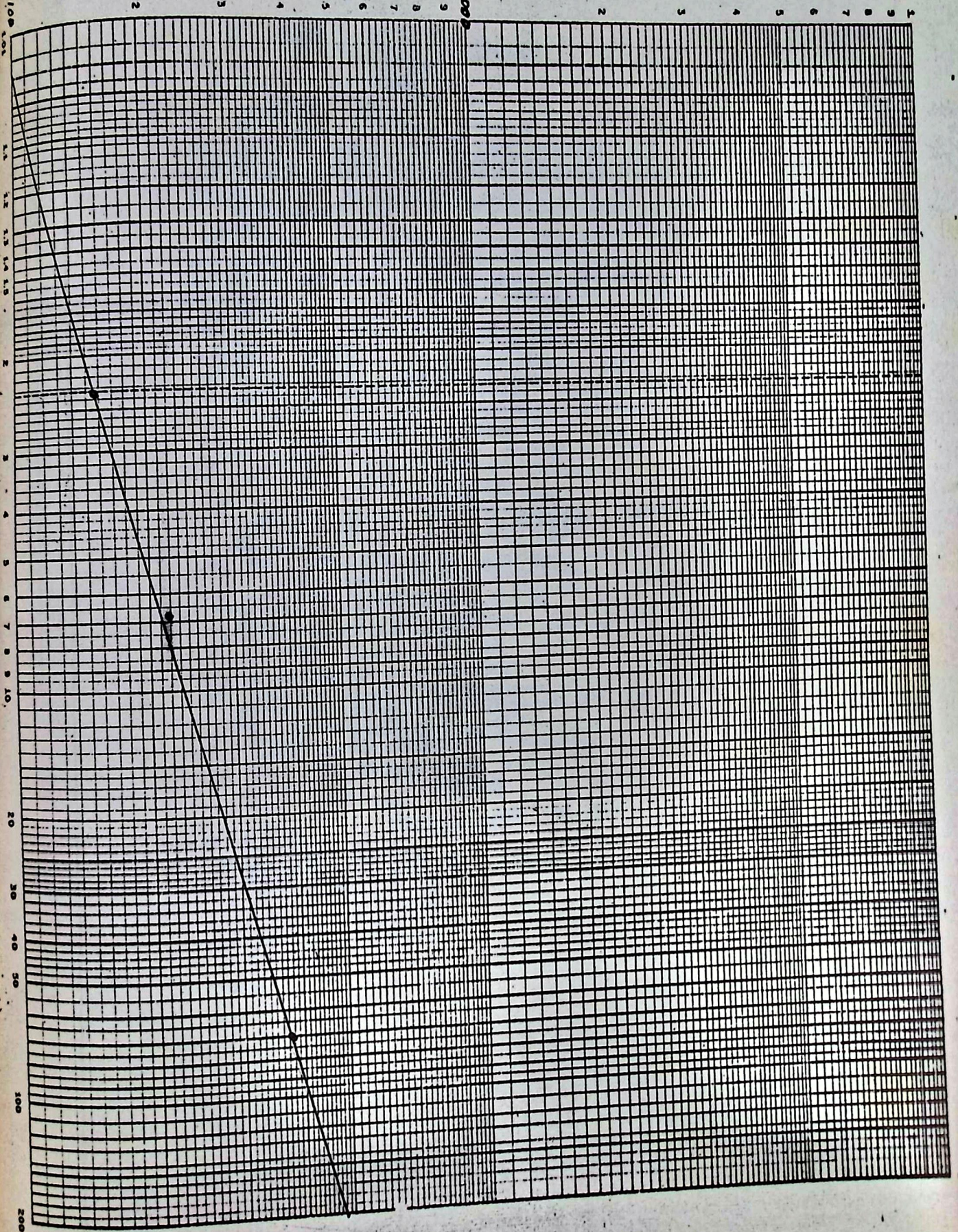
FECHA	HORA	ALTURA DE MIRA.	GASTO x	(x-x)	(x-x) ²
9/8/47	20.00	1.920	218.3	+ 61.24	3688,1
10/8/48	19.00	2.470	650.0	+492.94	242487,3
4/11/49		2.190	385.0	+227.94	51724,4
6/6/50	15.80	0.500	8.6	-148.46	22192,0
19/6/51	00.75	1.360	50.0	-107.06	11571,3
28/9/52	17.50	1.370	51.5	-105.56	11250,8
4/10/53	17.25	1.400	56.4	-100.66	10235,4
15/10/54	15.20	0.950	10.8	-146.26	21541,4
24/10/55	17.50	1.270	37.2	-119.86	14488,9
5/12/56	02.25	2.300	473.0	+315.94	99496,1
23/11/57	06.00	1.085	19.1	-137.96	19173,9
10/6/58	02.00	2.580	776.0	+618.94	382455,6
22/5/59	13.00	1.030	15.25	-141.81	20240,7
20/11/60	04.00	1.490	73.75	- 83.31	7017,4
20/7/61	21.00	1.240	33.65	-123.41	15343,7
26/8/62	14.75	0.650	2.16	-154.90	24139,8
17/5/63	03.00	1.270	37.25	-119.81	14464,9
12/9/64	18.00	1.520	80.05	- 77.01	6017,1
4/8/65	05.00	1.200	29.3	-127.76	16453,2
25/6/66	17.00	1.740	143.9	- 13.16	186,9

Media Aritmética $\bar{x} = 157,57$

Desv. Standard $\sigma_x = 228,75$

59

Q M³/SEC



NOTA: SI EL VALOR DE σ_x CAE FUERA DEL RANGO INDICADO, SE MULTIPLICAN TANTO σ_x COMO $X - \bar{X}$ POR UN FACTOR APROPIADO

FACTOR DE FRECUENCIA, K

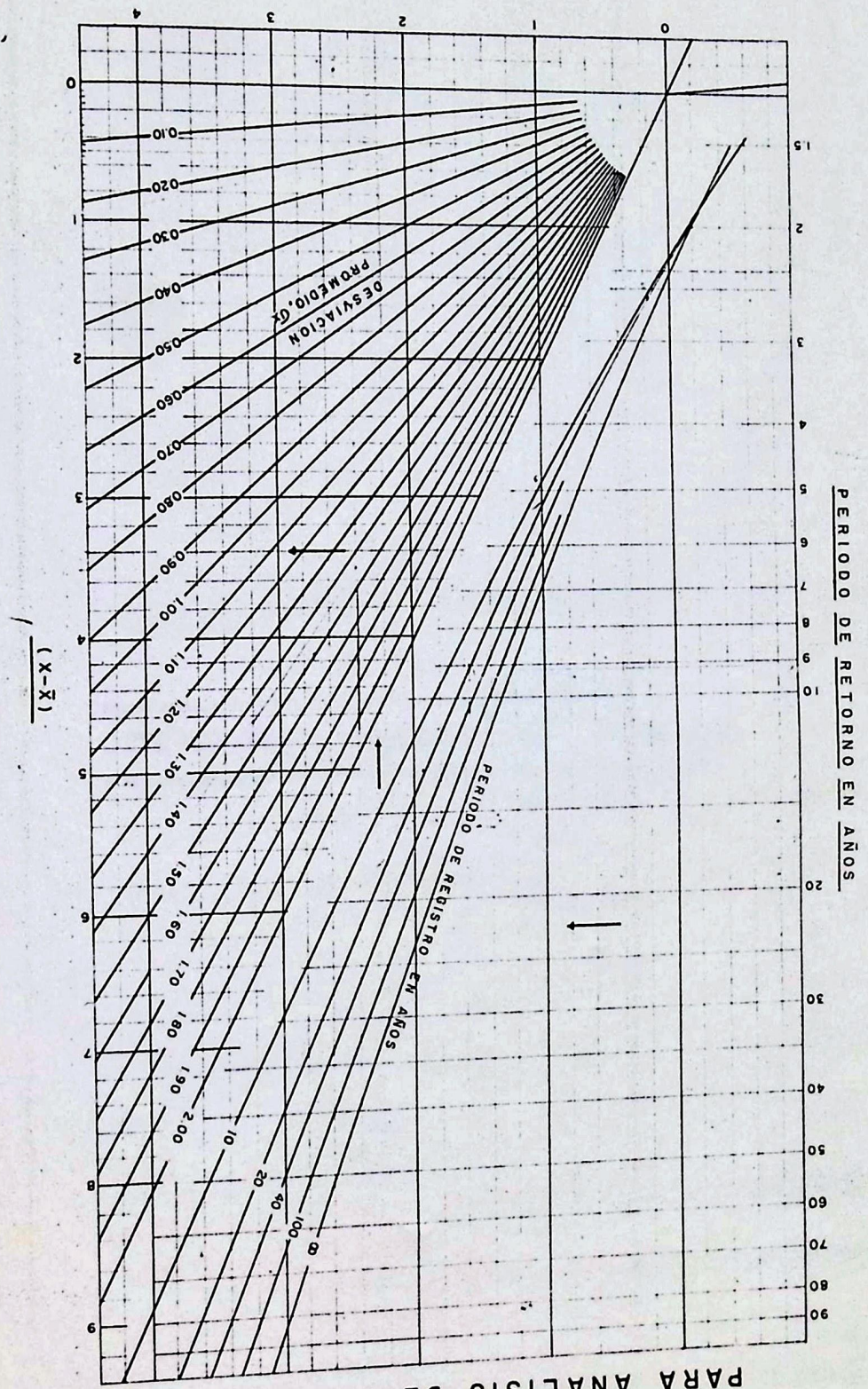


GRAFICO DE GUMBEL PARA ANALISIS DE FRECUENCIA

C U A R T A P A R T E

=====

PROGRAMAS ELABORADOS EN ESTE TRABAJO

=====

*LDISKISCR
*FANDK0805

```
C SUBPROGRAMA PARA IMPRIMIR
SUBROUTINE ISCRT
DIMENSION LP(30,30),A(30),B(30),PP(30,30),H(30,30),P1(30),O1(30)
DIMENSION P2(30),O2(30),D(30,30)
COMMON N,M,LP,PP,H,P1,O,A,B,D,J1
DO 20 I=1,N
  LF=0
  DO 30 J=1,M
30 LF=LF+LP(I,J)
  P2(I)=LF
  XM=M
20 O2(I)=P2(I)/XM
  NR=N/12
  IP=0
15 NA=12*IP+1
  IQ=IP+1
  NB=12*IQ
  IF(N-12)2,3,4
  3 IP=IP+1
  2 WRITE(3,10) (A(I),B(I),I=NA,N)
  DO 50 J=1,M
50 WRITE(3,14) (LP(I,J),I=NA,N)
19 WRITE(3,51)(P2(I),I=NA,N)
  WRITE(3,52) (O2(I),I=NA,N)
  GO TO 1
  4 IF(N-NB)5,6,7
  6 IP=IP+1
  5 WRITE(3,12) (A(I),B(I),I=NA,N)
  DO 60 J=1,M
60 WRITE(3,14) (LP(I,J),I=NA,N)
  GO TO 19
  7 WRITE(3,10) (A(I),B(I),I=NA,NB)
  DO 70 J=1,M
70 WRITE(3,14) (LP(I,J),I=NA,NB)
  WRITE(3,51)(P2(I),I=NA,NB)
  WRITE(3,52) (O2(I),I=NA,NB)
  1 IF(NR-IP)17,16,17
17 IP=IP+1
  GO TO 15
10 FORMAT(1H0,12(2X,2A4) //)
14 FORMAT(1H ,12I10)
12 FORMAT(1H1/1H0,12(2X,2A4) //)
51 FORMAT(//1H0,2HSM,F8.0,11F10.0)
52 FORMAT(1H0,2HPM,F8.0,11F10.0)
16 RETURN
END
```

*LDISKAJUST
*FANDK0805

```
C   AJUSTE DE DATOS DE PRECIPITACION
C   PROGRAMA PRINCIPAL NUMERO -2-
DIMENSION PP(30,30), LH(30,30), P(30), O(30), B(30), R(30,30), KR(30,30),
1, H(30,30), A1(30), B1(30), D(30,30), R1(30,30)
COMMON M, N, LH, PP, H, P, O, A1, B1, D, J1
EQUIVALENCE (PP, R, R1), (LH, KR)
CALL ESACLD
WRITE(3, 150)
150 FORMAT(1H1, 40X, 44HPRECIPITACION ACUMULADA EN ORDEN DECRECIENTE)
CALL ISCRT
CALL ESSMP
K=N-1
DO 40 J=1, M
40 B(J)=(H(K, J)-H(N, J))/(O(K)-O(N))
WRITE(3, 52) (B(J), J=1, M)
L=N-1
DO 50 J=1, M
DO 50 I=1, L
K=I+1
T=(H(I, J)-H(K, J))/(O(I)-O(K))
R(I, J)=D(I, J)*(B(J)/T)
50 KR(J, I)=R(I, J)
DO 60 J=1, M
R(N, J)=D(N, J)
60 KR(J, N)=D(N, J)
C   PRECIPITACION AJUSTADA Y CAMBIO DE VARIABLES (ENTERAS A REAL)
WRITE(3, 53)
CALL ISCRT
DO 70 J=1, M
DO 70 I=1, N
70 R1(J, I)=KR(J, I)
CALL ESACLD
WRITE(3, 54)
52 FORMAT(1H1, 1H0, 30X, 66HPENDIENTES DEL ULTIMO PERIODO DE OBSERVACION
1 DE LAS -N- ESTACIONES, /1H0, (12F10.3))
53 FORMAT(1H1, 1H0, 40X, 32H DATOS DE PRECIPITACION AJUSTADOS)
54 FORMAT(1H1, 1H0, 40X, 46HPRECIPITACION ACUMULADA DE LOS DATOS AJUST
10S)
CALL ISCRT
CALL ESSMP
CALL EXIT
END
```

*LDISKESMP
*FANDK0805

```
C SUBPROGRAMA PARA EL CALCULO DE SUMATORIA Y MEDIA
SUBROUTINE ESSMP
DIMENSION H(30,30),P(30),O(30),PP(30,30),LH(30,30)
COMMON M,N,LH,PP,H,P,O
DO 20 I=1,N
F=0.0
DO 30 J=1,M
30 F=F+H(I,J)
P(I)=F
XM=M
20 O(I)=P(I)/XM
WRITE(3,51) (P(I),O(I),I=1,N)
51 FORMAT(1H1/1H0,33X,4HSUMA,34X,8HPROMEDIO//(1H ,30X,F15.3,30X,F15.3,30X,
1))
RETURN
END
```

*LDISKESACLD
*FANDK0805

```
C SUBPROGRAMA PARA LA ACUMULACION DE DATOS EN ORDEN DECRECIENTE
SUBROUTINE ESACLD
DIMENSION PP(30,30),H(30,30),LH(30,30),P1(30),O(30),
A(30),B(30),D(30,30)
COMMON M,N,LH,PP,H,P1,O,A,B,D,J1
DO 10 J=1,M
S=0.0
K=M+1-J
DO 10 I=1,N
L=N+1-I
S=S+PP(K,L)
D(L,K)=PP(K,L)
H(L,K)=S
10 LH(K,L)=S
RETURN
END
```

```

C METODO NORMAL PARA LA ESTIMACION DE DATOS NO REGISTRADOS
C PROGRAMA PRINCIPAL NUMERO -1-
DIMENSION PMI(30),PMC(30),EP(30,30),PE(30,30),PT(30,30),PX(30,30)
DIMENSION PP(30,30),LP(30,30),LD(30,30),H(30,30),P1(30),O(30)
DIMENSION A1(30),B1(30),D5(30)
COMMON N,M,LP,PP,H,P1,O,A1,B1,D5,J1
EQUIVALENCE (ES,P),(PT,PX),(EP,PE,PP),(LP,LD)
WRITE(3,100)
READ(1,500) N,M
READ(1,1000) (A1(I),B1(I),I=1,N)
1000 FORMAT(2A4)
TN=0.
C ENTRADA AL PRIMER CICLO DE ITERACION
DO 1 I=1,N
READ(1,101) MA
LA=I
K=LA
L=I
IF(M-MA)20,20,21
C CALCULO PARA LAS ESTACIONES COMPLETAS
20 ES=0
TN=TN+1.
READ(1,102) (EP(I,L1),L1=1,M)
DO 2 J=1,M
LK=J
PE(K,J)=EP(I,J)
LP(I,J)=EP(I,J)
PT(L,LK)=EP(I,J)
2 ES=ES+EP(I,J)
A=MA
GO TO 10
C CALCULO PARA LAS ESTACIONES INCOMPLETAS
21 ES=0
READ(1,102) (EP(I,L1),L1=1,M)
DO 3 J=1,M
LK=J
QL=EP(I,J)
IF(QL)22,22,23
22 PT(L,LK)=99999.
PE(K,J)=EP(I,J)
LP(I,J)=EP(I,J)
GO TO 3
23 ES=ES+EP(I,J)
PT(L,LK)=EP(I,J)
PE(K,J)=EP(I,J)
LP(I,J)=EP(I,J)
3 CONTINUE
A=MA
GO TO 11
C CALCULO DE LA MEDIA PARA ESTACIONES COMPLETAS
10 PMI(LA)=88888.
PMC(K)=ES/A
GO TO 1
C CALCULO DE LA MEDIA PARA ESTACIONES INCOMPLETAS
11 PMC(K)=77777.

```

```

IF(A)35,36,35
36 PMI(LA)=1.
GO TO 1
35 PMI(LA)=ES/A
1 CONTINUE
C ENTRADA AL SEGUNDO CILO DE ITERACION
DO 4 L=1,N
LA=L
DO 5 LK=1,M
IF(PT(L,LK)-99999.)24,25,24
25 J=LK
P=0.
DO 6 K=1,N
IF(PMC(K)-77777.)26,6,26
26 P=P+PE(K,J)/PMC(K)
6 CONTINUE
C CALCULO DE LA PRECIPITACION NORMALIZADA
PX(L,LK)=PMI(LA)*P/TN
GO TO 5
24 IF(PMI(LA)-88888.)5,4,5
5 CONTINUE
4 CONTINUE
C DATOS DE ENTRADA
WRITE(3,103)
CALL ISCRT
DO 7 I=1,N
DO 8 J=1,M
QM=EP(I,J)
IF(QM)27,28,27
28 L=I
LK=J
PP(I,J)=PX(L,LK)
LD(I,J)=PX(L,LK)
GO TO 8
27 PP(I,J)=EP(I,J)
8 CONTINUE
7 CONTINUE
C DATOS NORMALIZADOS
WRITE(3,104)
100 FORMAT(1H1,101H
1 I O S S A N P E D R O Y M A C A R A O /1H0,19X,27HP
1CIPITACION REGISTRADA EN,1X,29H ESTACIONES PLUVIOMETRICAS EN,1X,1
1H ANOS CONSECUTIVOS)
500 FORMAT(2I4)
101 FORMAT(I4)
102 FORMAT(14F5.0)
103 FORMAT(1H0,50X,21H DATOS SIN NORMALIZAR)
104 FORMAT(1H1,/1H0,50X,26H PRECIPITACION NORMALIZADA)
CALL ISCRT
CALL LINK (AJUST)
END

```

```

C TRANSFORMACION DE COORDENADAS CON RESPECTO A ESTACION BASE
C GRADOS(GR,XM,S)=GR+(XM+S/60.)/60.
DIMENSION XLTG(30),XLTM(30),XLTS(30),XLGG(30),XLGM(30),XLGS(30),
1DKLTG(30),DKLGG(30),DELT(30),DELG(30)
N= 24
WRITE(3,9)
DO 1 I=1,N
READ(1,10) XLTG(I),XLTM(I),XLTS(I),XLGG(I),XLGM(I),XLGS(I)
DLTGS=GRADOS(XLTG(I),XLTM(I),XLTS(I))
DLGGS=GRADOS(XLGG(I),XLGM(I),XLGS(I))
DKLTG(I)=DLTGS*111.137
1 DKLGG(I)=DLGGS*111.137
C CALCULO DE LAT.Y LONG. CON RESPECTO AL OBSERVATORIO CAGIGAL
C SI LAT (-)=SUR, LAT(+)=NORTE
C SI LONG (-)=OESTE, LONG(+)= ESTE
I=1
DKLTC=DKLTG(I)
DKLGC=DKLGG(I)
DELT(I)=0.
DELG(I)=0.
MI=1
READ(1,18)
WRITE(3,18)
WRITE(3,5)(XLTG(I),XLTM(I),XLTS(I),XLGG(I),XLGM(I),XLGS(I),DKLTC
1),DKLGG(I),DELT(I),DELG(I),I=1,MI)
DO 2 I=2,N
DELT(I)=- (DKLTC-DKLTG(I))
DELG(I)=DKLGC-DKLGG(I)
READ(1,18)
WRITE(3,18)
2 WRITE(3,6) XLTG(I),XLTM(I),XLTS(I),XLGG(I),XLGM(I),XLGS(I),DKLTC
1),DKLGG(I),DELT(I),DELG(I)
9 FORMAT(1H1)
10 FORMAT(6F4.0)
18 FORMAT(1H0,30H
5 FORMAT(1H ,7X,8H LATITUD,12X,9H LONGITUD/1H0,3(2X,F4.0),2X,3(2X,
1.0),34H COORDENADAS RESPECTO A GW /1H ,2(2X,F13.5,5H KMS.
128H COORDENADAS EN KMS RSPCT GW/1H ,2(2X,F13.5,5H KMS.),28H COOR
1NADAS EN KMS RPCT CCG///)
6 FORMAT(1H ,7X,8H LATITUD,12X,9H LONGITUD/1H0,3(2X,F4.0),2X,3(2X,
1.0),34H COORDENADAS RESPECTO A GW /1H ,2(2X,F13.5,5H KMS.
128H COORDENADAS EN KMS RSPCT GW/1H ,2(2X,F13.5,5H KMS.),28H COOR
1NADAS EN KMS RPCT CCG///)
CALL EXIT
END

```

OBSERVATORIO CAGIGAL

LATITUD

LONGITUD

10.	30.	24.	66.	55.	39.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1167.67930	KMS.		7438.12150	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
0.00000	KMS.		0.00000	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

AGUA FRIA

LATITUD

LONGITUD

10.	23.	46.	67.	10.	44.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1155.39250	KMS.		7466.06000	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-12.28680	KMS.		-27.93850	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

A
ALTOS IZCARIGUA

LATITUD

LONGITUD

10.	27.	28.	67.	7.	36.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1162.24590	KMS.		7460.25620	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-5.43340	KMS.		-22.13470	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

ALTOS DE PIPE (IVIC)

LATITUD

LONGITUD

10.	23.	48.	66.	58.	26.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1155.45420	KMS.		7443.27690	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-12.22510	KMS.		-5.15540	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

ALTOS NO LEON

LATITUD

LONGITUD

10.	26.	36.	67.	9.	22.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1160.64060	KMS.		7463.52870	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-7.03870	KMS.		-25.40720	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

CARRIZAL

LATITUD

LONGITUD

10.	20.	42.	66.	59.	17.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1149.71220	KMS.		7444.85140	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-17.96710	KMS.		-6.72990	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

CARICUAO

LATITUD

LONGITUD

10.	26.	27.	66.	59.	15.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1160.36280	KMS.		7444.78970	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT GW

-7.31650 KMS.

-6.66820 KMS. COORDENADAS EN KMS RPCT CO

CORRALITO

LATITUD

LONGITUD

10.	30.	3.	67.	8.	35.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1167.03100			7462.07770			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			-23.95620			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

EL ARADO

LATITUD

LONGITUD

10.	23.	0.	67.	9.	0.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1153.97240			7462.84950			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			-24.72800			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

NARANJAL

LATITUD

LONGITUD

10.	22.	0.	66.	50.	0.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1152.12010			7427.65610			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			10.46540			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

EL CARITE

LATITUD

LONGITUD

10.	24.	14.	67.	0.	49.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1156.25690			7447.69160			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			-9.57010			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

EL ENCANTO

LATITUD

LONGITUD

10.	19.	12.	67.	4.	41.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1146.93380			7454.85370			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			-16.73220			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

EL JARILLO

LATITUD

LONGITUD

10.	23.	0.	67.	9.	17.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1153.97240			7463.37430			COORDENADAS EN KMS RSPCT CO
			-25.25280			COORDENADAS EN KMS RPCT CO

LAS MERCEDES

SABANETA

LATITUD			LONGITUD			
10.	25.	0.	67.	2.	5.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1157.67700 KMS.			7450.03780 KMS.			COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-10.00230 KMS.			-11.91630 KMS.			COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

SAN DIEGO DE LOS ALTOS

LATITUD			LONGITUD			
10.	20.	40.	66.	58.	0.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1149.65040 KMS.			7442.47430 KMS.			COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-18.02890 KMS.			-4.35280 KMS.			COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

SITIO DE OROPEZA

LATITUD			LONGITUD			
10.	22.	49.	67.	6.	38.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1153.63280 KMS.			7458.46570 KMS.			COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-14.04650 KMS.			-20.34420 KMS.			COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

TOPO DE LOS ESPEJOS

LATITUD			LONGITUD			
10.	22.	19.	67.	7.	48.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1152.70670 KMS.			7460.62680 KMS.			COORDENADAS EN KMS RSPCT GW
-14.97260 KMS.			-22.50530 KMS.			COORDENADAS EN KMS RPCT CCG

LATITUD

LONGITUD

10.	28.	0.	67.	11.	0.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1163.23380	KMS.		7466.55400	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT
-4.44550	KMS.		-28.43250	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CC

LLANOS DE CURA
LATITUD

LONGITUD

10.	24.	47.	67.	6.	5.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1157.27560	KMS.		7457.44690	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT G
-10.40370	KMS.		-19.32540	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CC

LOS TEQUES (INOS)
LATITUD

LONGITUD

10.	20.	39.	67.	1.	54.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1149.61950	KMS.		7449.69820	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT C
-18.05980	KMS.		-11.57670	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CC

LOS TEQUES (GFV)
LATITUD

LONGITUD

10.	20.	39.	67.	2.	11.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1149.61950	KMS.		7450.22300	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT
-18.05980	KMS.		-12.10150	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT C

LOMA CAFETAL
LATITUD

LONGITUD

10.	28.	54.	67.	1.	17.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1164.90090	KMS.		7448.55590	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT C
-2.77840	KMS.		-10.43440	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CC

MACARAO (DIQUE PALO NEGRO)
LATITUD

LONGITUD

10.	25.	39.	67.	3.	10.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1158.88100	KMS.		7452.04440	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT G
-8.79830	KMS.		-13.92290	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT CC

POZO DE ROSA
LATITUD

LONGITUD

10.	21.	15.	67.	6.	0.	COORDENADAS RESPECTO A GW
1150.73090	KMS.		7457.29270	KMS.		COORDENADAS EN KMS RSPCT
-16.94840	KMS.		-19.17120	KMS.		COORDENADAS EN KMS RPCT C

=====
BIBLIOGRAFIA
=====

LINSLEY, KOHLER AND PAULHUS. "HIDROLOGY FOR ENGINEERS."

LINSLEY. "INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS."

WISLER AND BRATER. "HIDROLOGY"

BUTLER. "ENGINEERING HIDROLOGY"

ISRAELSEN, HANSEN. "PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE RIEGO."

Dr. CONVIT, RAFAEL. "PUBLICACIONES DE HIDROLOGIA"

Dr. GABALDON. "ANOTACIONES"

=====
I N D I C E
=====

PRIMERA PARTE:

CARACTERISTICAS FISICAS DE LA HOYA.

SEGUNDA PARTE:

PRECIPITACION.

TERCERA PARTE:

ESCURRIMIENTO.

CUARTA PARTE:

PROGRAMAS UTILIZADOS EN EL TRABAJO.