

5674

5675

TESI: 2133

g. 2

ESTUDIO SOBRE LA RED DE ESTACIONES  
DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA

NELSON HERNANDEZ AMARAL

CARACAS, 1972

Tes  
0093  
Ej: 1

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO SOBRE LA RED DE ESTACIONES DE UNA  
CUENCA HIDROGRAFICA

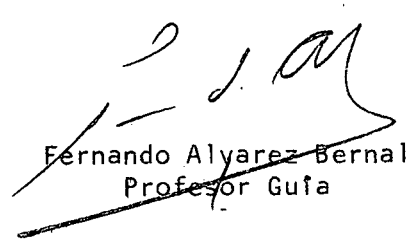
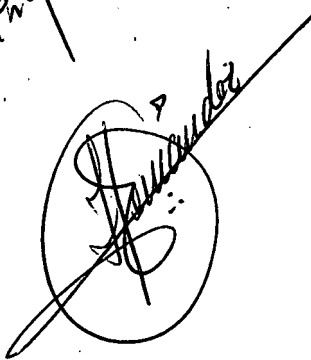
Trabajo Especial presentado  
ante la Ilustre Universidad  
Central de Venezuela para -  
optar al Título de

HIDROMETEOROLOGISTA

Nelson A. Hernández Amaral

Caracas, 1.972

Con  
todo respeto  
para el Prof. Felix Reyes.



Fernando Alvarez Bernal  
Profesor Guia

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

Al Profesor Guía de este Trabajo, Fernando Alvarez Bernal, quien sugirió esta investigación y siempre estuvo dispuesto a brindarme su colaboración.

Al Dr. Roberto J. Alvarez, por sus consejos aportados sobre los Análisis Isoyéticos. Al Prof. Félix Reyes, Jefe del Departamento de Meteorología e Hidrología.

También quiero expresar mi agradecimiento a mi esposa Ana, a los Profesores y Personal del Departamento de Meteorología e Hidrología, así como a todas aquellas personas que de una forma u otra, me ayudaron en el presente Trabajo.

# I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I	
Resumen.....	1
CAPITULO II	
Introducción.....	2
CAPITULO III	
Fundamentos Teóricos.....	3
CAPITULO IV	
Resultados Experimentales.....	7
Cuadro I (Parte a).....	7
Cuadro I (Parte b).....	8
Cuadro I (Parte c).....	9
Cuadro II.....	10
Cuadro III.....	11
Cuadro IV.....	12
Cuadro V.....	13
CAPITULO V	
Discusión de los Resultados.....	14
CAPITULO VI	
Conclusiones.....	18

CAPITULO VII

	Pág.
Apéndice.....	20
Area de Trabajo.....	21
Altura de las Estaciones.....	22
Mapas Isoyéticos.....	23
Lista de Estaciones Utilizadas.....	43
Bibliografía.....	47

CAPITULO I

## R E S U M E N

Se trató de encontrar el número mínimo óptimo de estaciones pluviométricas que nos permita calcular el valor de la precipitación media de una tormenta sin mayores errores.

En el capítulo II se hace una explicación más extensa acerca de la meta a alcanzar por este Trabajo.

En el capítulo III se hace una explicación de los conceptos teóricos empleados en el presente Trabajo y los conceptos teóricos desarrollados por Trabajos anteriores.

En el capítulo IV se dan los resultados experimentales.

En el capítulo V se discuten estos resultados y se comparan entre sí.

En el capítulo VI se dan las conclusiones a que nos llevaron los resultados experimentales y se dan recomendaciones para Trabajos posteriores.

CAPITULO II

## I N T R O D U C C I O N

En el presente Trabajo se trata de conseguir el número óptimo de estaciones pluviométricas para obtener un valor de precipitación media sin que este valor esté afectado de un gran error,

Para ello, fué necesario encontrar una cuenca con un número suficiente de estaciones pluviométricas, se hizo un estudio sobre toda Venezuela y se encontró que la cuenca del río Tuy, era la más densa de todas las cuencas sobre el Territorio Nacional. Luego, se escogieron 10 tormentas al azar, pero en vista de que los instrumentos en muchas de las estaciones no eran registradores se tomaron los valores diarios.

Es de hacer notar, que los valores diarios de precipitación fueron tomados al azar, de los años 1.964-1.965 por ser éstos los años en que se encontraba el mayor número de estaciones operando sobre la cuenca.

Con estos valores, se dividieron en grupos de cinco estaciones en forma progresiva de un modelo determinado y calculando por el método aritmético los valores de precipitación media para cada grupo acumulativo, luego se compararon los valores de cada uno de los grupos y cuyos resultados se observan en el capítulo IV. Después se utilizaron los mismos grupos y se calcularon los valores de precipitación media por el método isoyético y se compararon con los resultados obtenidos por el método aritmético, y así poder comparar los dos métodos y tratar de encontrar una relación para nuestro propósito principal (encontrar el número óptimo de estaciones).

Los resultados obtenidos se discuten en el capítulo V.

CAPITULO III

### FUNDAMENTOS TEORICOS

En la obtención de valores de precipitación media para una región determinada, siempre se pregunta que cantidad de pluviómetros o pluviógrafos se necesitan para calcular con bastante precisión este parámetro.

Trabajos previos de Nicks (1963) que concluyó que si la red existente es instalada en un espacio uniforme, pocos pluviógrafos darían mejor resultado. Sharp (1961) reporta solo una pequeña diferencia de valores medio de precipitación entre 39 y 10 registradores. Sin embargo, reduciendo a 5 registradores resultan diferencias significativas, el área usada en este estudio de densidad de red de estaciones en una región semiárida al sudeste de los Estados Unidos, encontraron que era necesario una red muy densa. Watts (1936) reporta que en un área tropical de 66 millas<sup>2</sup> un registrador indica la lluvia en un 47% de los días y que con 21 pluviógrafos los días registrados aumentan a un 58%.

En un Trabajo más reciente de P.S. Eagleson (1967) (Departamento de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge), emplea el análisis armónico y los conceptos de distribución de sistemas lineales para pronósticos de descarga instantáneos sobre un área determinada para tormentas convéctivas y ciclónicas. Con respecto al número de estaciones concluyó en su Trabajo que no más de dos estaciones debidamente colocadas se puede calcular la precipitación media para una cuenca; pero su Trabajo no incluye precipitaciones causadas por efectos orográficos.

Para Venezuela podemos mencionar el Trabajo del Profesor Gufa de esta Tesis, Fernando Alvarez Bernal, "A Study of the Observed Areal Distribution of Rainfall as a Function of the Density of Rain Gages".

(1969), en el cual concluye que el número requerido de pluviógrafos para una zona, depende de tres factores: Primero, del terreno, si es montañoso mayor número de registradores son necesarios. Segundo, el área climática, el espaciamiento depende del diámetro de las tormentas. Tercero, el tipo de datos requeridos, es decir, si los datos son diarios necesitamos una mayor densidad, que si los datos son mensuales.

El método principal utilizado por Eagleson en su Trabajo es el análisis armónico que se aplica a todos los fenómenos naturales que se repiten con cierta periodicidad. El método consiste en descomponer la onda irregular que ofrece el fenómeno natural en la suma de varias ondas regulares, tales como las que en geometría se llaman sinusoides.

El método es análogo al que se emplea para analizar el timbre de un sonido; se descomponen en fundamental y armónicos, de modo semejante, una curva irregular pero con cierta periodicidad, se descompone en una suma de sinusoides, cada una de las cuales tiene una longitud de onda, cuanta más exactitud se requiere para representar el fenómeno natural, habrá que descomponer en una suma de mayores números de sinusoides.

Por medio de las series de Fourier se puede encontrar la ecuación de las curvas y por medio de la transformada de Fourier todavía con más facilidad, tomando una serie de puntos sobre la curva y llevándolo al integral de la transformada de Fourier y de allí calcular la ecuación propiamente dicha.

Eagleson y Schack (1967, Water Resources Research, vol. 3, N° 4), encuentran la ecuación para el escurrimiento y para la densidad óptima de estaciones mediante la transformada de Fourier:

$$F(w) = \frac{1}{2} \pi \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

donde:  $j = (-1)^{1/2}$ ;  $w = 2\pi/T$ ;  $T =$  constituyente armónico.

Para la solución del integral depende de un factor:  $\beta = L_s/r_o$

$L_s =$  Distancia a lo largo de la corriente principal de la cuenca.

$r_o =$  Radio de la tormenta.

Al resolver el integral y encontrar la función, encuentra el máximo espaciamiento entre registradores.

$$X = L_g/2 = \pi (L_s/L_g) \quad L_g = K_g L_s = 2\pi (L_s/L_g)$$

$K =$  número de ondas =  $2/L$

$K_g =$  truncación del número de ondas.

$L =$  longitud de onda del constituyente armónico

El número de registradores será:

$$G_o = A/X^2 = 2L_g \lambda \pi^2 \quad \lambda = L_c/L_s$$

$L_c =$  longitud media del área de la cuenca y el mínimo valor de  $G$  es calculado por;

$$\left. \begin{aligned} G &= (A/A_s) G_o = (B/2) 2 L_g \lambda / \pi^2 \\ 2G/\lambda B &= 2 L_g / \pi^2 \end{aligned} \right\} \beta \geq 2$$

Para  $\beta \geq 2$  obtenemos el número óptimo de estaciones.

NOTA.- Para mayor información ver Eagleson and Shack 1967, Water Resources Research, Vol 3, N° 4.

#### Método de Trabajo

Para tratar de determinar el número óptimo de estaciones utilizamos los métodos isoyético y aritmético con datos diarios de precipitación y por comparación observar los resultados.

El método aritmético consiste en sumar todos los valores de precipitación y dividirlos por el número de estaciones.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

El método isoyético consiste en trazar isoyetas (o líneas de igual precipitación) medir el área entre éstas y tomar el valor de la isoyeta media, multiplicar ésta por el área entre éstas; obteniendo el volumen de precipitación y dividiendo éste por el área total de la cuenca, obtenemos el valor de la precipitación media.

Volumen de precipitación = área entre isoyetas consecutivas, por isoyeta media.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n \text{volumen de precipitación}}{\sum_{i=1}^n \text{áreas parciales} = \text{área total de la cuenca}}$$

Se parceló la red para cada tormenta de 5 en 5 estaciones hasta completar el total.

Por comparación se analizaron los métodos usados y las diferentes densidades con la mayor. (Ver cuadros capítulo IV)

CAPITULO IV

C U A D R O I (a)  
RESULTADOS EXPERIMENTALES

EST.	TORMENTAS (mm)							
	IY*	IA	IY	IIA	IIY	IIIA	IVY	IVA
5	11.12	13.04	24.45	23.52	11.81	12.24	12.40	5.94
10	13.12	12.44	26.89	29.97	15.50	16.69	11.88	6.27
15	12.56	10.36	29.58	24.91	17.42	15.66	11.60	4.32
20	12.43	9.38	24.28	19.64	16.89	14.26	12.22	5.98
25	14.66	12.97	26.69	20.00	17.56	15.45	12.30	5.63
30	15.98	14.97	23.82	18.96	19.00	17.06	11.34	6.15
35	11.29	14.96	23.06	16.75	21.32	22.39	10.72	5.35
40	14.18	12.72	18.32	15.08	23.05	22.06	10.51	4.99
45	14.72	13.47	17.42	14.09	22.79	20.91	10.72	5.56
50	14.39	13.40	19.67	13.64	21.52	20.67	10.60	5.41
55	14.30	13.05	16.80	12.81	22.29	22.58	10.98	5.78
60	14.30	12.20	17.82	12.40	22.12	21.27	10.85	5.31
65	14.30	12.23	18.42	13.44	21.53	20.68	10.92	5.01
70	14.08	11.94	19.60	13.31	19.49	19.46	10.61	4.65
75	14.56	11.81	18.36	12.58	19.52	18.54	10.68	4.48
80	11.52	11.72	-----	-----	19.08	18.60	10.60	4.31
85	14.80	11.48	-----	-----	18.10	18.45	10.53	4.20

Tormentas investigadas

C U A D R O I (b)

EST.	TORMENTAS (mm)							
	VY	VA	VIY	VIA	VIIY	VIIIA	VIIIIY	VIIIIA
5	14.72	12.68	5.76	3.88	10.00	4.46	5.00	0.18
10	11.23	10.46	5.51	2.60	10.00	4.61	5.00	0.69
15	11.49	14.92	5.46	1.87	10.00	3.38	5.58	2.93
20	14.49	18.20	5.84	1.53	12.02	4.64	5.42	2.53
25	14.40	19.31	6.84	2.53	13.11	4.85	5.59	2.20
30	14.38	17.76	5.87	2.20	11.41	4.84	5.53	1.98
35	13.62	17.08	5.77	2.19	11.21	4.30	5.87	2.53
40	13.37	16.69	5.43	1.92	11.32	4.49	5.47	2.55
45	14.62	16.42	5.34	1.72	11.58	4.56	5.37	2.43
50	15.62	15.59	5.36	1.58	11.63	5.46	5.37	2.68
55	14.72	15.13	5.25	1.48	11.52	5.29	5.26	2.62
60	14.12	14.83	5.38	1.36	11.48	4.81	5.37	2.53
65	13.69	14.24	5.23	1.36	11.60	4.56	5.39	2.83
70	10.63	13.86	5.53	1.67	11.59	4.33	5.46	2.87
75	13.11	13.85	6.68	2.35	12.00	4.48	----	----
80	14.49	13.75	6.64	2.29	12.02	4.28	----	----
85	13.73	13.66	6.01	2.20	13.87	5.97	----	----

C U A D R O I (c)

EST.	TORMENTAS (mm)			
	IXY	IXA	XY	XA
5	16.72	16.38	10.00	1.66
10	14.68	12.31	17.48	11.24
15	14.92	12.66	18.37	10.81
20	14.22	10.02	17.49	8.55
25	15.06	10.25	16.61	8.28
30	13.67	11.04	15.62	10.79
35	12.52	11.48	16.40	12.01
40	13.22	10.82	14.00	10.57
45	14.74	9.68	14.00	9.40
50	12.79	8.96	14.22	8.46
55	12.92	8.36	14.87	7.75
60	13.02	7.93	15.38	7.13
65	12.99	8.26	13.58	6.76
70	12.97	7.80	14.30	6.68
75	11.82	7.60	-----	-----

NOTA.- \*)

NY = Método isoyético

N = Número de la tormenta

NA = Método aritmético

C U A D R O II

DIFERENCIA ENTRE LOS DOS METODOS

DIF = MI - MA

MI = Precipitación por el método isoyético

MA = Precipitación por el método aritmético

EST	TORMENTAS									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
5	-1.92	+0.73	-0.43	+6.46	+2.04	+1.88	+5.54	+4.82	+0.34	+8.34
10	+0.68	-3.08	-1.19	+5.61	+0.77	+2.91	+5.39	+4.31	+2.37	+6.24
15	+2.20	+4.67	+1.76	+7.28	-3.43	+3.59	+6.62	+2.65	+2.26	+7.56
20	+3.05	-5.64	+2.03	+6.24	-3.71	+4.31	+7.38	+2.89	+4.20	+8.94
25	+1.69	+6.69	+2.11	+6.67	-4.91	+4.31	+8.26	+3.39	+4.71	+8.33
30	+1.01	+4.86	+1.94	+5.19	-3.38	+3.67	+6.57	+3.55	-2.63	+4.83
35	-3.67	+6.31	-1.07	+5.37	-3.46	+3.58	+6.91	+3.34	+1.04	+4.39
40	+1.36	+3.24	+0.99	+5.52	-3.32	+3.51	+6.83	-3.92	+2.40	+3.43
45	+1.25	+3.33	+1.88	+5.16	-1.80	+3.62	+7.02	+2.84	+5.06	+4.60
50	+0.99	+6.03	+0.85	+5.19	+0.03	+3.38	+6.17	+2.64	-3.83	+5.76
55	+1.25	+3.99	-0.33	+5.20	-0.41	+3.77	+6.23	+2.64	+3.56	+7.12
60	+2.10	+5.42	+0.95	+5.54	-0.71	+4.02	+6.67	+2.84	+5.09	+8.25
65	+2.07	+4.98	+0.85	+5.91	-0.55	+3.87	+7.04	+2.56	+4.73	+6.82
70	+2.14	+6.29	+0.03	+5.96	-3.23	+3.86	+7.14	+2.59	+5.17	+7.62
75	+2.75	+5.78	+0.98	+6.18	-0.76	+4.33	+7.52	-----	+4.22	-----
80	+2.80	-----	+0.38	+6.39	+0.74	+3.35	+7.74	-----	-----	-----
85	+3.32	-----	+0.35	+6.33	+0.06	+4.81	+7.90	-----	-----	-----

C U A D R O   I I I

DIFERENCIA ENTRE EL VALOR DE PRECIPITACION OBTENIDO CON  
EL MAXIMO NUMERO DE ESTACIONES Y EL VALOR OBTENIDO PARA  
CADA GRUPO DE CINCO ESTACIONES. (VALORES OBTENIDOS POR  
EL METODO ARITMETICO).

EST.	TORMENTAS									
	I	II	III	IV	V	IV	VII	VIII	IX	X
5	-1.56	-10.94	+6.21	-1.79	+0.98	-2.26	+1.51	+2.69	-8.78	+5.02
10	-0.96	-17.39	+1.76	-2.07	+3.20	-2.41	+1.36	+2.18	-4.71	-4.56
15	+1.12	-12.33	+2.79	-0.12	-1.26	-1.18	+2.59	-0.06	-4.06	-4.13
20	+2.10	- 7.06	+4.19	-1.78	-4.54	+0.67	+1.33	+0.34	-2.42	-1.87
25	-1.49	- 7.42	+3.00	-1.43	-5.65	-0.33	+1.12	+0.67	-2.65	-1.60
30	-3.49	- 6.38	+1.39	-1.95	-4.10	0.00	+1.13	+0.89	-3.44	-4.11
35	-3.48	- 4.17	-3.94	-1.15	-3.42	+0.01	+1.67	+0.34	-3.88	-5.33
40	-1.24	- 2.50	-3.61	-0.79	-3.03	+0.28	+1.48	+0.32	-3.22	-3.89
45	-1.99	- 1.51	-2.46	-1.36	-2.76	+0.48	+1.41	+0.44	-2.08	-1.72
50	-1.92	- 1.06	-2.22	-1.21	-1.93	+0.62	+0.51	+0.19	-1.36	-1.78
55	-1.57	- 0.23	-4.13	-1.58	-1.47	+0.72	+0.68	+0.25	-0.76	-1.07
60	-0.72	+ 0.18	-2.82	-1.11	-1.17	+0.84	+1.16	+0.34	-0.33	-0.45
65	-0.75	- 0.86	-2.23	-0.81	-0.58	+0.84	+1.41	+0.04	-0.66	-0.08
70	-0.46	- 0.73	-1.01	-0.45	-0.20	+0.53	+1.64	0.00	-0.20	0.00
75	-0.33	0.00	-0.09	-0.28	-0.19	-0.15	+1.59	----	0.00	----
80	-0.24	----	-0.15	-0.11	-0.09	-0.09	+1.69	----	----	----
85	0.00	----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	----	----	----

C U A D R O   I V

DIFERENCIA ENTRE EL MAYOR VALOR DE PRECIPITACION OBTENIDO CON EL MAXIMO NUMERO DE ESTACIONES Y EL VALOR OBTENIDO PARA CADA GRUPO DE CINCO ESTACIONES. (VALORES OBTENIDOS POR EL METODO ISOYETICO).

EST.	TORMENTAS									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
5	+3.68	-6.09	+6.29	-1.87	-0.99	+0.25	+3.87	+0.46	-4.90	+4.30
10	+1.68	-8.53	+2.60	-1.35	+2.50	+0.50	+3.87	+0.46	-2.86	-3.18
15	+2.24	-11.22	+0.68	-1.07	+1.24	+0.55	+3.87	-0.12	-3.10	-4.07
20	+2.37	-5.92	+1.21	-1.69	-0.76	+0.17	+1.85	+0.04	-2.40	-3.19
25	+0.22	-8.33	+0.44	-1.77	-0.67	-0.83	+0.76	-0.13	-3.24	-2.31
30	-1.18	-5.46	-0.90	-0.81	-0.65	+0.14	+2.46	-0.07	-1.85	-1.32
35	+3.51	-4.70	-3.22	-0.19	+0.11	+0.24	+2.66	-0.41	-0.70	-2.10
40	+0.62	+0.04	-4.85	+0.02	+0.36	+0.58	+2.55	-0.01	-1.40	+0.30
45	+0.08	+0.94	-4.69	-0.19	-0.89	+0.67	+2.29	+0.09	-2.92	+0.30
50	+0.41	-1.31	-3.42	-0.07	-1.89	+0.65	+2.24	+0.09	-0.97	+0.08
55	+0.50	+1.56	-4.19	-0.45	-0.99	+0.76	+2.35	+0.20	-1.10	-0.57
60	+0.50	+0.54	-4.02	-0.32	-0.39	+0.63	+2.39	+0.09	-1.20	-1.08
65	+0.50	-0.06	-3.43	-0.39	+0.04	+0.78	+2.27	+0.07	-1.17	-0.72
70	+0.72	-1.24	-1.32	-0.08	+0.10	+0.48	+2.28	0.00	-1.15	0.00
75	+0.24	0.00	-1.42	+0.13	+0.62	-0.67	+1.87	-----	0.00	-----
80	+0.28	-----	-0.98	-0.07	-0.76	-0.63	+1.85	-----	-----	-----
85	0.00	-----	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-----	-----	-----

C U A D R O V

VALORES DE PRECIPITACION MEDIA CORRESPONDIENTE A LA  
TORMENTA II OBTENIDOS POR EL METODO ISOYETICO. ANA-  
LIZADOS POR DOS ANALISTAS.

<u>Nº EST.</u>	<u>ANALISTA I</u>	<u>ANALISTA II</u>
5	23.80	24.45
10	30.87	26.89
15	29.60	29.58
20	24.12	24.28
25	24.40	26.69
30	20.30	23.82
35	20.08	23.06
40	20.00	18.32
45	19.80	17.42
50	21.65	19.67
55	20.18	16.80
60	20.80	17.82
65	21.34	18.42
70	21.86	19.60
75	21.42	18.36

NOTA.- El Analista I es el Dr. Roberto J. Alvarez, quien  
gentilmente colaboró en esta parte de la tesis.

CAPITULO V

### DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En los resultados obtenidos por los dos métodos (Isoyético y Aritmético), vemos una marcada tendencia de ser mayor el valor obtenido por el método isoyético; los valores negativos obtenidos (ver cuadro II, Resultados Experimentales) aislados pueden deberse a errores en el análisis, ya que el tamaño del mapa utilizado podría introducir errores con respecto al cálculo con el planímetro. En la tormenta V aparece hasta el grupo de 40 estaciones, una diferencia negativa casi constante, lo que podría tratarse de un error de planímetro o el análisis isoyético puede ser la explicación. Para tratar de comprobar esto, se analizaron nuevamente los mapas de la tormenta II y se calculó la precipitación media por el método isoyético, dando los resultados de la Tabla V del capítulo anterior, de aquí concluimos que los análisis difieren pero no en un grado tal que tengamos que cambiar nuestras conclusiones. Solo encontramos una mayor homogeneidad en los resultados del segundo análisis (Analista I, cuadro V, capítulo IV).

El Dr. Roberto J. Alvarez sugirió que se analizaran nuevamente los mapas de la tormenta II con datos de pluviosidad fuera de la cuenca, esto se hizo y como puede verse en los gráficos N° 1, 1-A, 7, 7-A, 7-B, 10, 10-A, 10-B, del capítulo VII, los primeros análisis dan una gran diferencia en cuanto a los detalles, pero no a los centros de precipitación. A medida que aumentamos el número de estaciones, las diferencias se hacen menores y después del análisis con 50 estaciones dentro de la cuenca no hay diferencias significativas.

### Tormenta I

Los valores obtenidos por los métodos no difieren en mayor grado y su diferencia mayor es de  $-3.67$  mm (el signo menos significa que el valor obtenido por el método aritmético, es mayor que el obtenido por el método isoyético). Vemos en la distribución de la precipitación una homogeneidad en los valores, es decir, el gradiente no varía en una forma violenta.

Con respecto a las diferencias entre los valores de precipitación, no difieren entre el obtenido con 25 estaciones y el obtenido con 85 estaciones, por cualquiera de los métodos empleados.

### Tormenta II

Los valores obtenidos por los dos métodos tienen una mayor diferencia que llega hasta  $+6.69$  mm. Observamos una menor homogeneidad en la precipitación presentando núcleos dispersos que hacen pensar en precipitaciones del tipo convectivo, lo que concuerda con las conclusiones obtenidas por el profesor Fernando Alvarez Bernal, en su tesis sobre el diámetro de las tormentas (ver capítulo III, Fundamentos Teóricos).

Con respecto a los valores obtenidos con 35 estaciones y el obtenido con 75 estaciones no hay gran diferencia.

### Tormenta III

Tenemos una distribución homogénea en la precipitación y vemos que los valores obtenidos por los dos métodos, difieren en muy pequeño grado, siendo apenas en su máximo de  $+ 2.11$  mm y vemos que los valores obtenidos con 85 estaciones no difieren en mayor grado con los valores obtenidos con 45 estaciones.

#### Tormenta IV

La precipitación en esta tormenta es muy escasa y los núcleos de las tormentas tienen un radio muy pequeño. lo que introduce grandes errores en los cálculos de precipitación media y vemos que efectivamente la diferencia entre los dos métodos son grandes hasta de +7.28 mm. Sin embargo, los valores obtenidos con 5 estaciones y con 85 estaciones no difieren en mayor cosa por cualquiera de los dos métodos empleados como puede verse en los cuadros III y IV del capítulo IV, Resultados Experimentales.

#### Tormenta V

En esta tormenta observamos núcleos dispersos pero de mayor tamaño y más homogéneos en la distribución de la precipitación sobre el área, vemos que las diferencias entre los dos métodos disminuye, alcanzando una máxima diferencia de apenas +4.91 mm, vemos también que los valores obtenidos con 85 y 45 estaciones no varían en mayor grado.

#### Tormenta VI

La diferencia entre los dos métodos son pequeñas teniendo una diferencia máxima de +4.81 mm, vemos núcleos dispersos pero con precipitación homogénea. La diferencia entre los valores obtenidos con 5 estaciones y 85 no difieren en mayor grado.

#### Tormenta VII

Observamos núcleos de tormentas aislados con gran contraste en los valores de precipitación, es decir, con muy poca homogeneidad y vemos que en esta tormenta se alcanzan las mayores diferencias entre los dos métodos hasta de +8.26 mm y un mínimo de +5.39 mm, lo que induce a

creer en precipitaciones del tipo orográfico, sin embargo, la diferencia entre el valor obtenido para 5 estaciones y el valor de 85 estaciones no difieren en mayor grado.

#### Tormenta VIII

Los valores de precipitación son pequeños y existen núcleos dispersos, pero de una regular homogeneidad lo que hace que la diferencia entre los dos métodos no sea excesivamente grande y alcance un máximo de apenas +4.82 mm. Los valores obtenidos con 5 estaciones no difieren en mucho con los obtenidos con 85 estaciones como puede verse en el cuadro III y el cuadro IV, del capítulo IV.

#### Tormenta IX

Los núcleos están situados en la parte baja de la cuenca pero hay una cierta deshomogeneidad en los valores, con lo que la diferencia entre los dos métodos alcanza hasta +5.09 mm, lo que hace prever posibles errores en el análisis. La diferencia de los valores obtenidos con 20 estaciones no difiere con el valor obtenido con 75 estaciones,

#### Tormenta X

Las diferencias entre los dos métodos son las mayores junto con la tormenta VI, alcanzando un máximo de 8.94 mm. núcleos de tormentas aisladas existiendo una deshomogeneidad en los valores. Los valores de precipitación obtenidos con 45 estaciones no difieren en mayor grado por los obtenidos con 70 estaciones.

CAPITULO VI

## C O N C L U S I O N E S

- 1°). Los valores obtenidos por el método isoyético tienen una tendencia a ser mayores que los valores obtenidos por el método aritmético.
- 2°). Cuando existe homogeneidad en los valores de precipitación puede utilizarse indistintamente cualquiera de los dos métodos empleados en este Trabajo. Al disminuir la homogeneidad de los datos de precipitación, o estar éstos formados por núcleos dispersos con poca precipitación, aumentan las diferencias entre los dos métodos, haciéndose más grande el error si utilizamos el método aritmético. También si utilizamos el método isoyético debemos tener cuidado al efectuar el análisis, ya que un análisis defectuoso podría introducir grandes errores en los resultados, y para ello es necesario conocer:
  - a) La topografía del terreno
  - b) La época del año, esto con el fin de situarnos meteorológicamente dentro del análisis, es decir, es indispensable conocer la meteorología de la cuenca.
  - c) Conocer datos de pluviosidad de estaciones situadas fuera de la cuenca.
  - d) Un análisis lógico de las isoyetas y no una simple interpolación.
- 3°). Utilizando cualquiera de los métodos vemos que las diferencias entre los valores obtenidos con 30 ó 40 estaciones, no difieren con los tomados con 75 y 85 estaciones; podemos tomar un grupo entre -

30 ó 40 y obtener el valor medio de la precipitación con bastante exactitud. Este resultado no se puede generalizar debido a las condiciones meteorológicas de la cuenca del río Tuy y se recomendó un estudio posterior sobre otras cuencas y sobre la misma, variando el modelo empleado y calculando para valores mensuales y anuales la precipitación media.

4°). Se recomienda hacer un futuro Trabajo sobre el trazado de isoyetas y encontrar hasta que punto pueda influenciar un mal análisis del mismo, en el cálculo de la precipitación media.

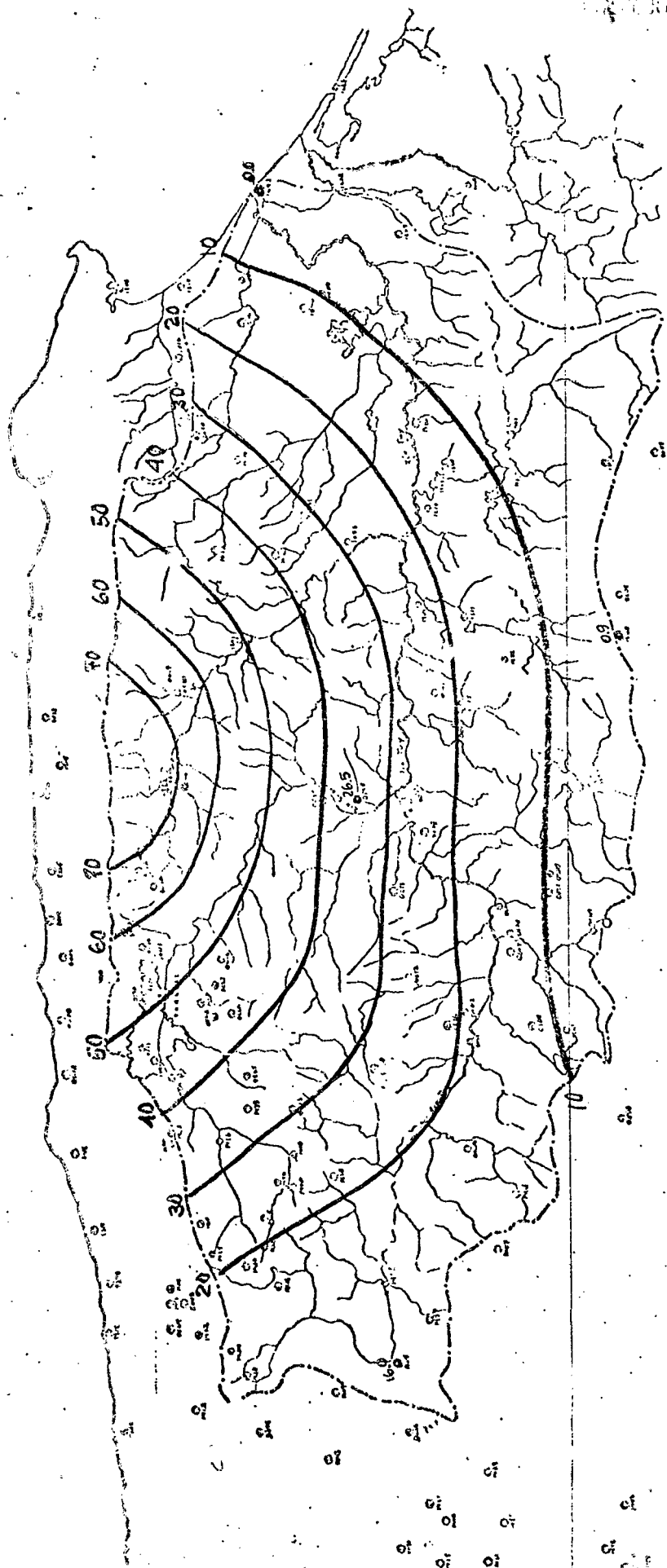
CAPITULO VII

A P E N D I C E

NOTA.- El Presente Trabajo no muestra todos los mapas  
isoyéticos, debido a su gran número

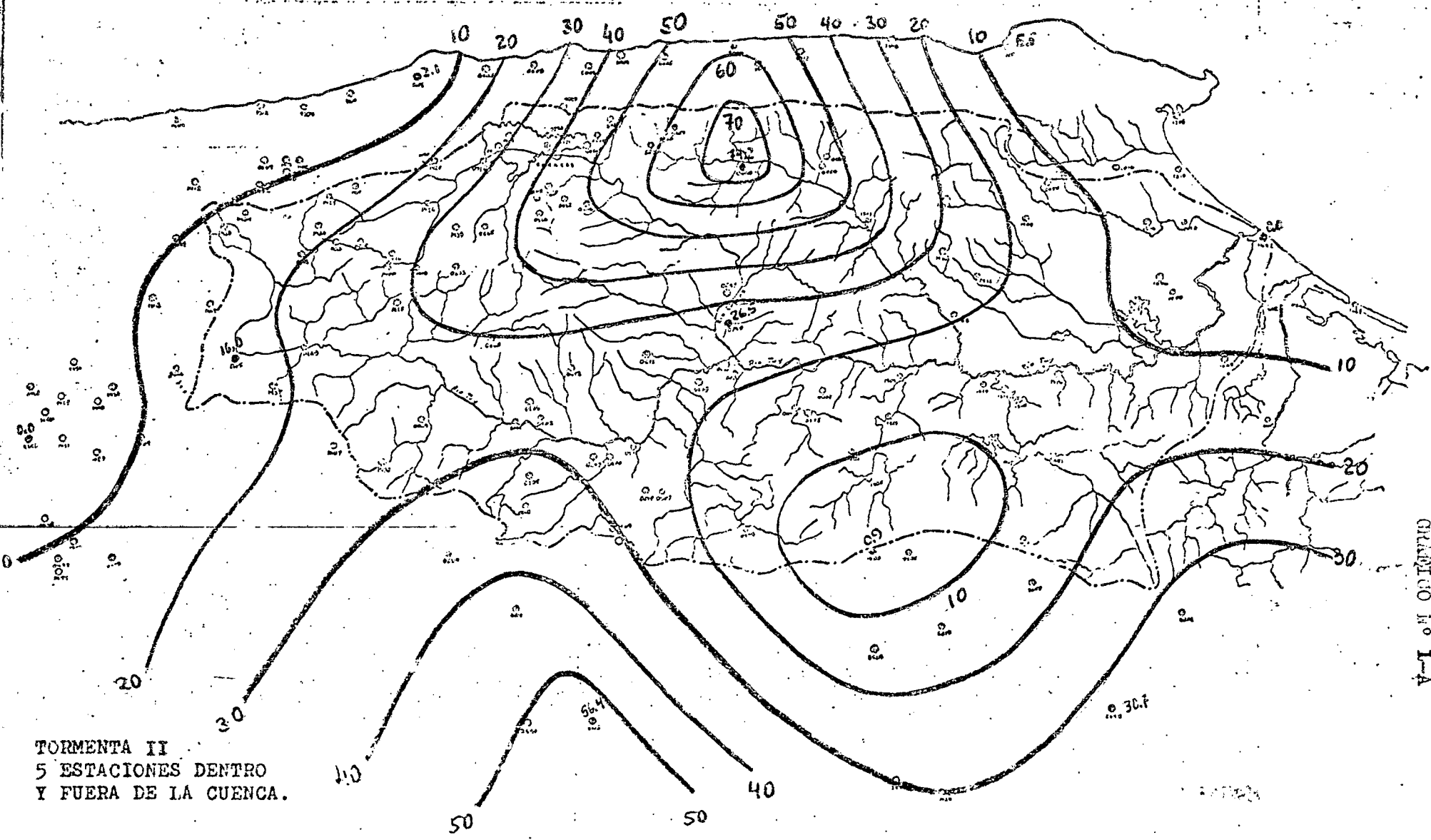






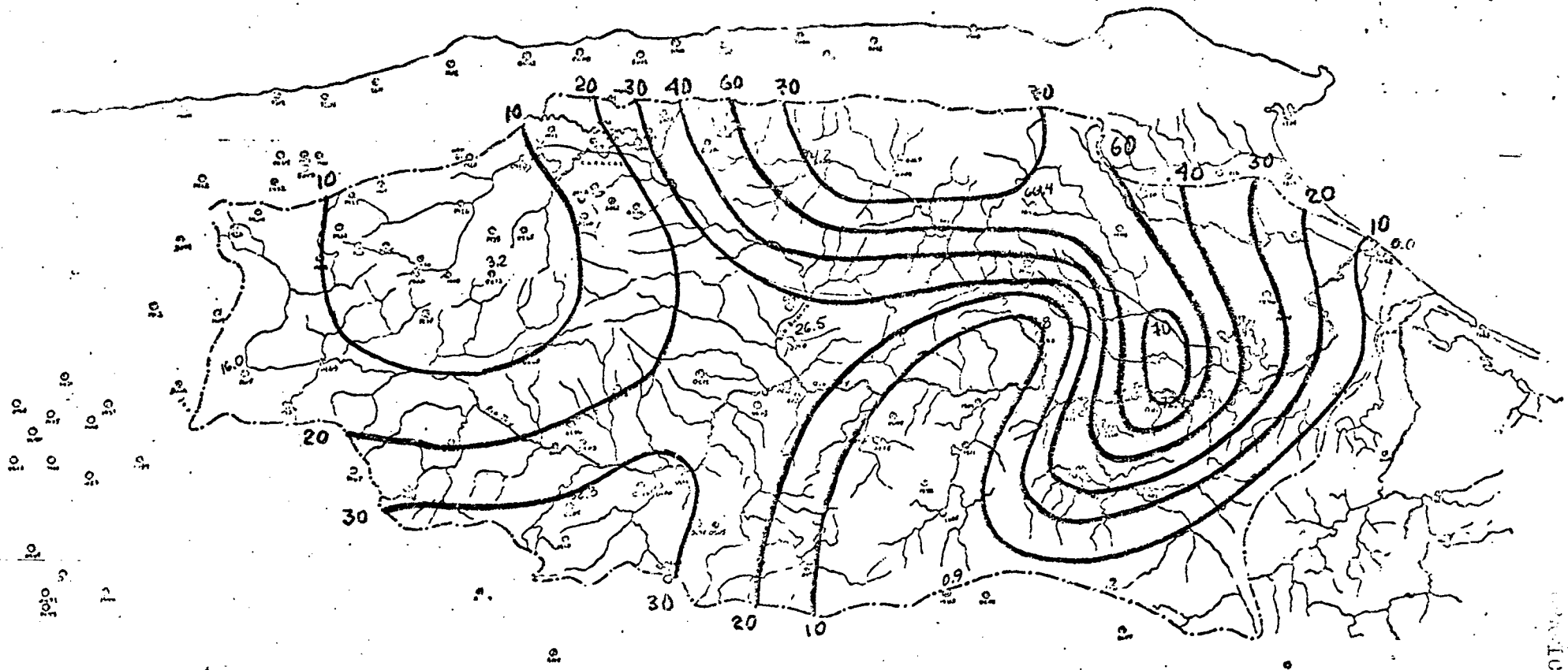
TORRENTA II 19-8-65  
5 ESTACIONES

Estaciones  
dentro de la  
(Cuenca)



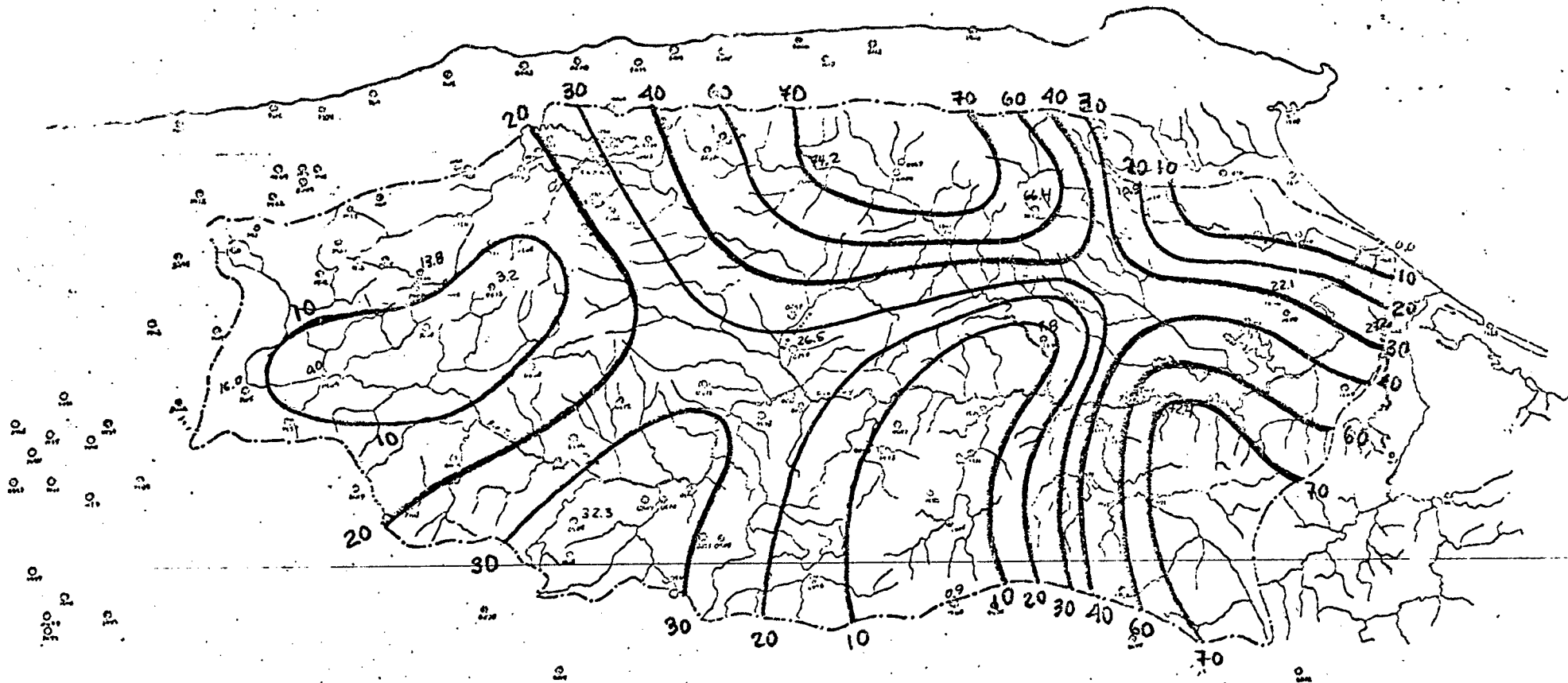
TORMENTA II  
5 ESTACIONES DENTRO  
Y FUERA DE LA CUENCA.

GRANICO No 1-A



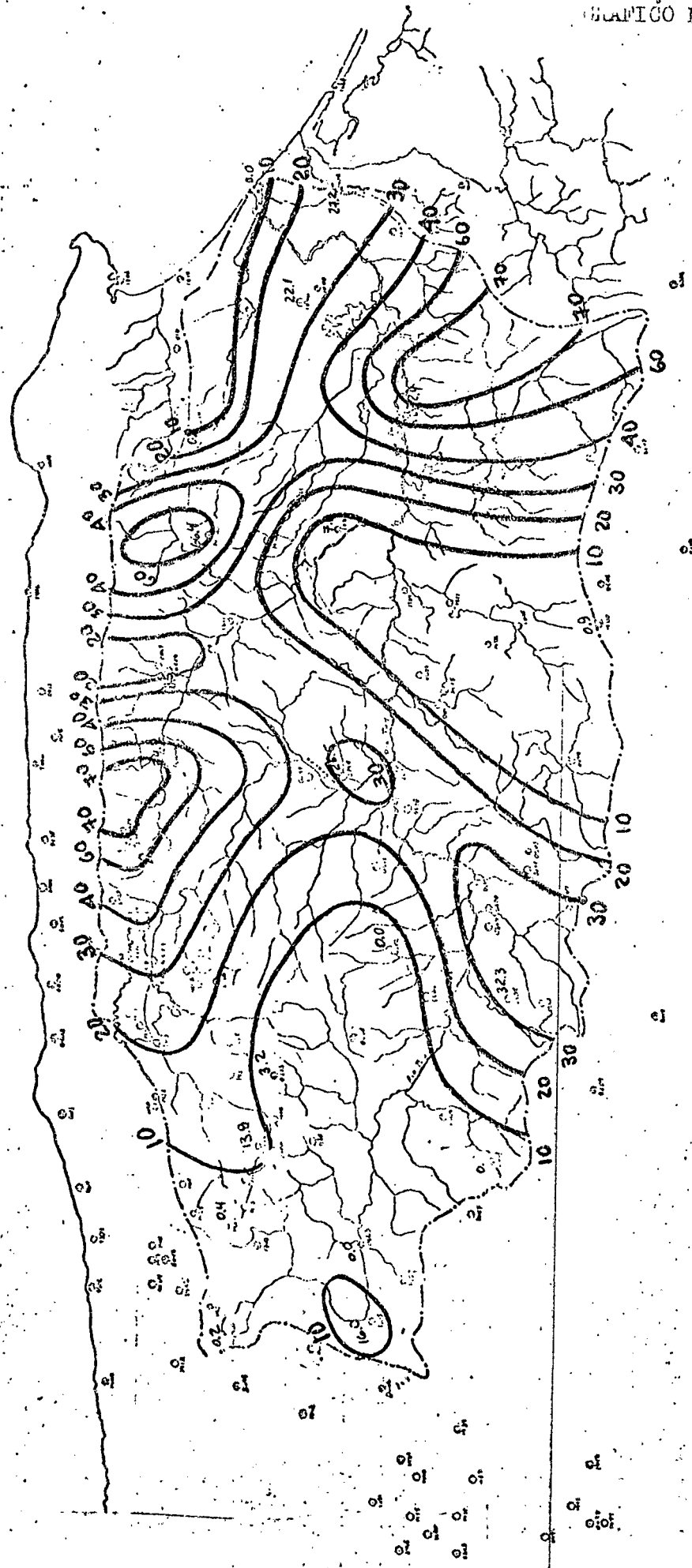
TORRENTA II 19-8-65  
10 ESTACIONES.

ENCUENTRO NO 2

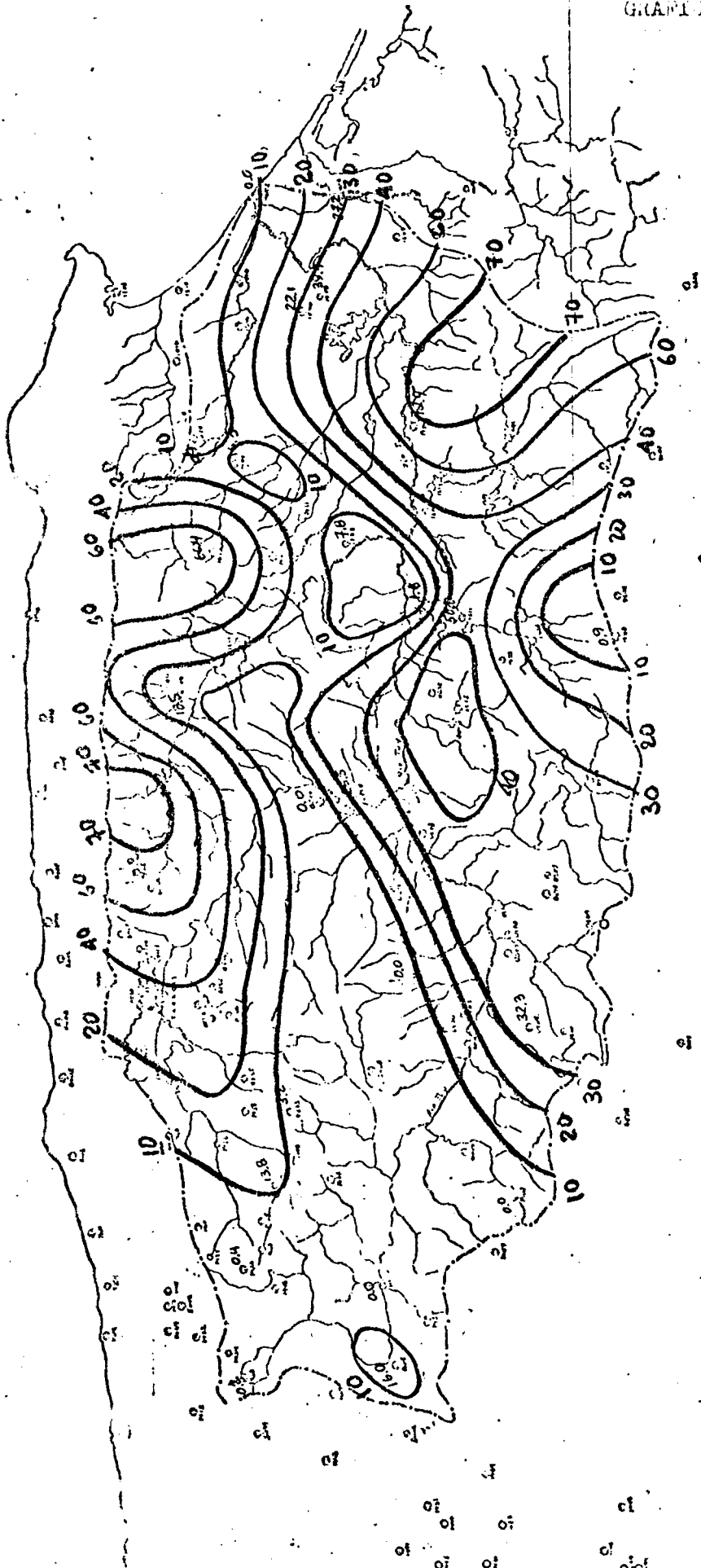


TOPIENTA II 19-8-65  
15 ESTACIONES.

STACIONES



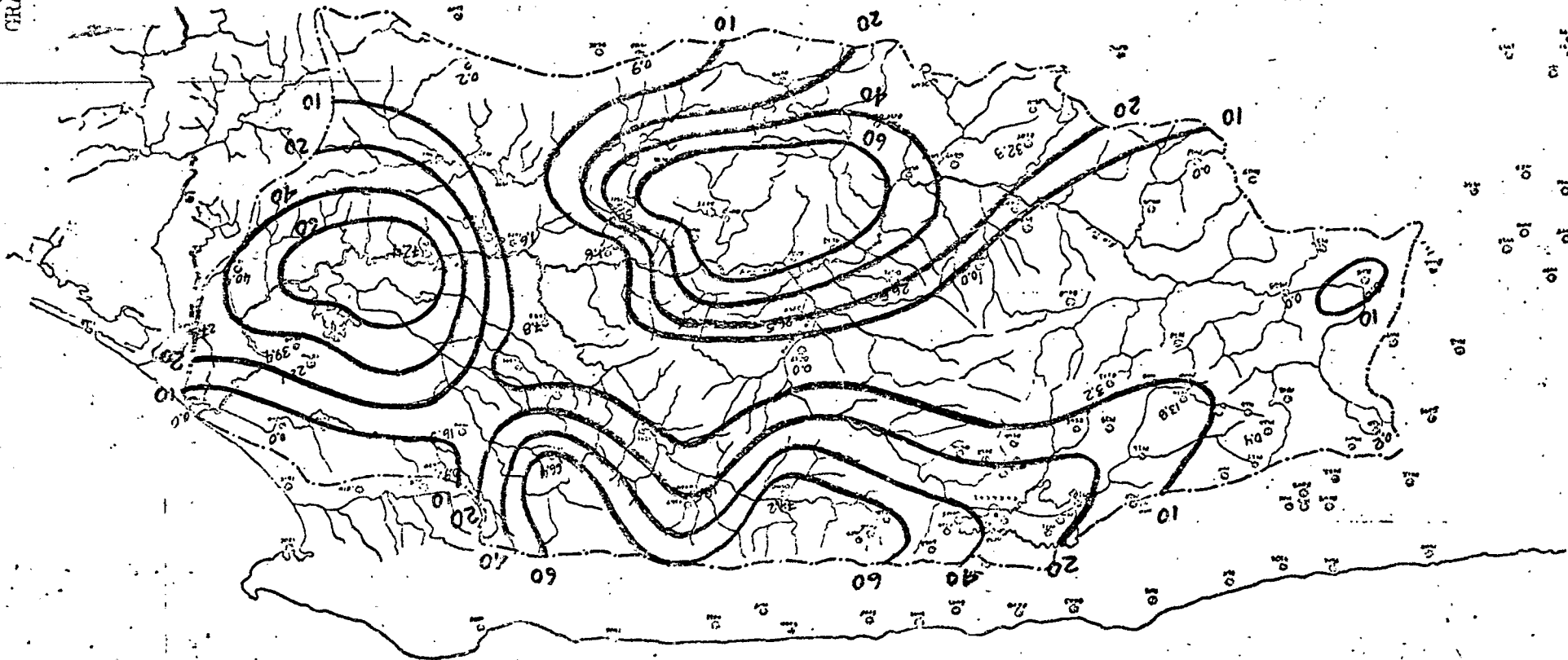
TORRENTA II 19-8-65  
20 ESTACIONES.



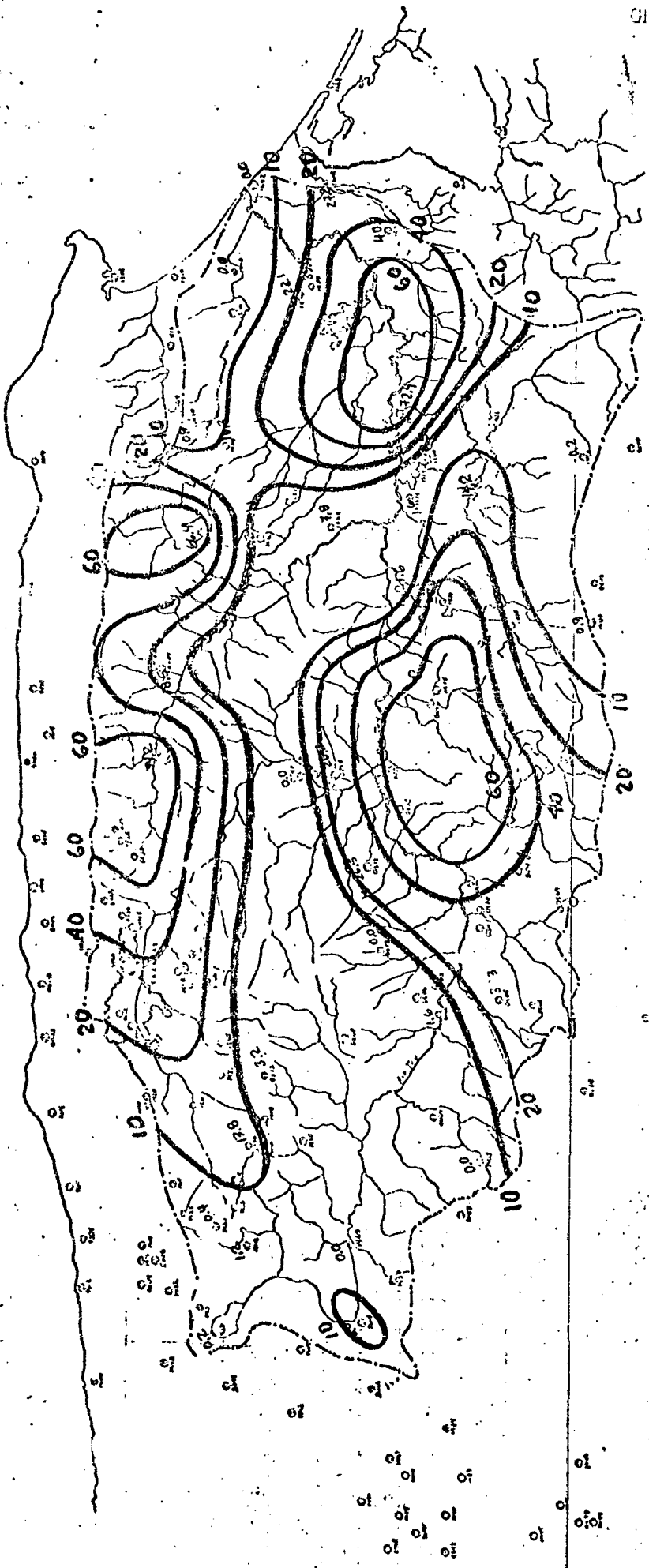
COMENTARIO II 19-8-65

25 ESTACIONES.

30 ESTACIONES.  
TORMENTA II 19-8-65



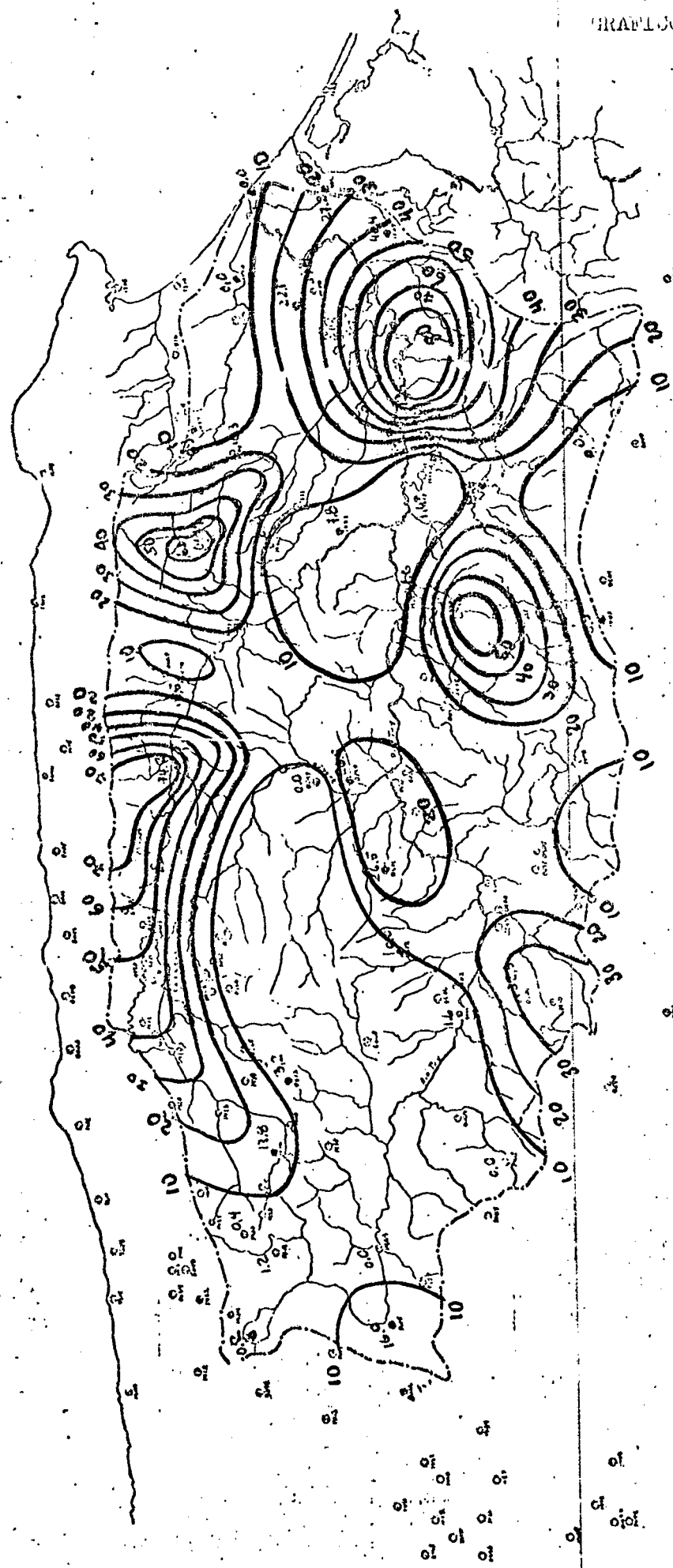
ESTACIONES



TORRENTA II 19-8-65  
 35 ESTACIONES.

tormenta II - 10-8-65  
35 Est. 20.25 -

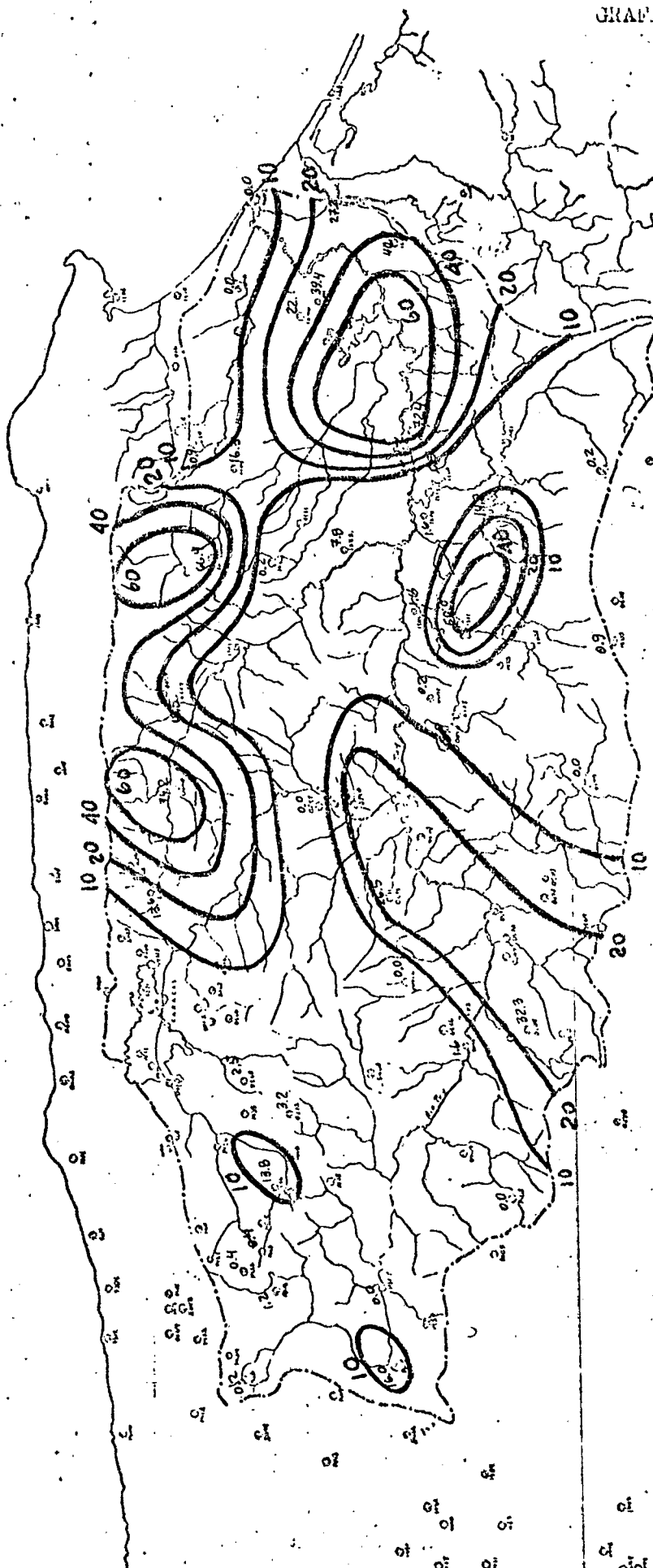
GRABADO 7-A



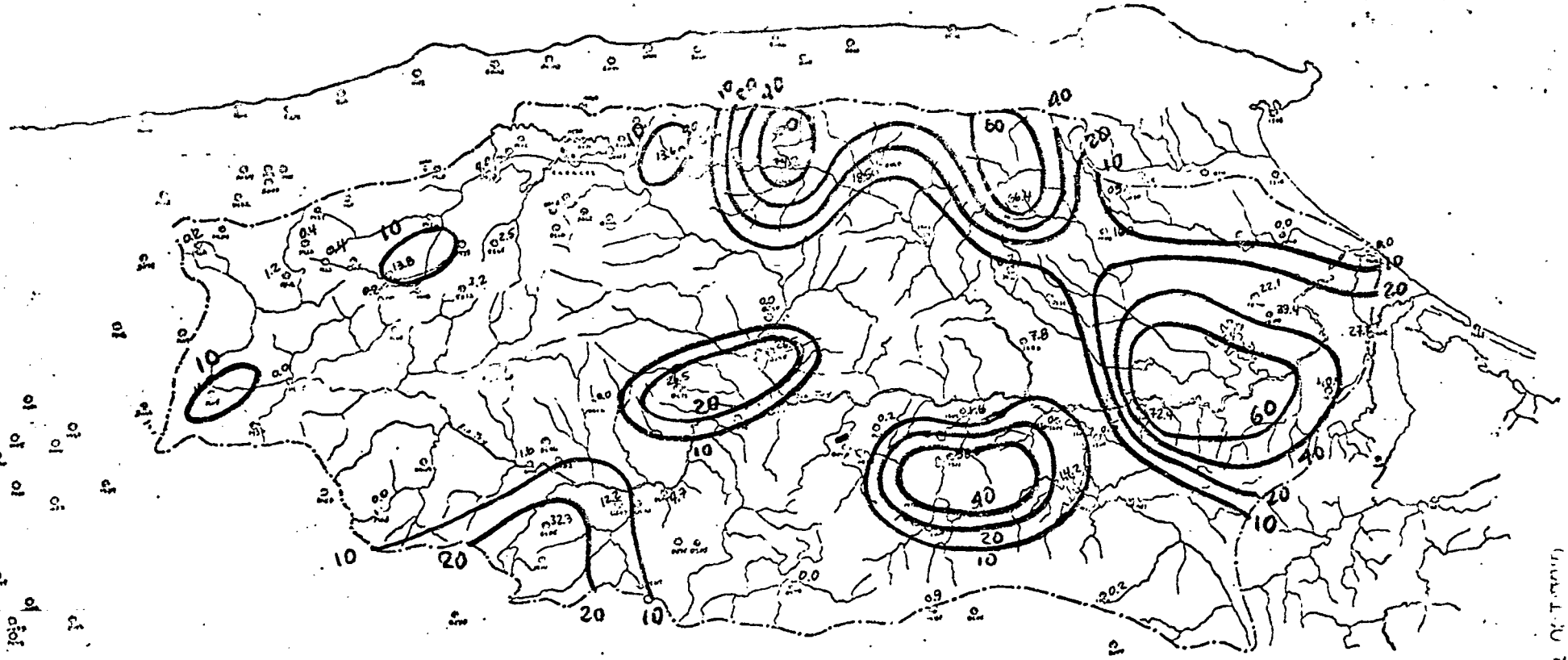
TORMENTA II 19-8-65  
35 ESTACIONES.

PRE-ANALIZADA POR EL DR/ ROBERTO ALVAREZ/



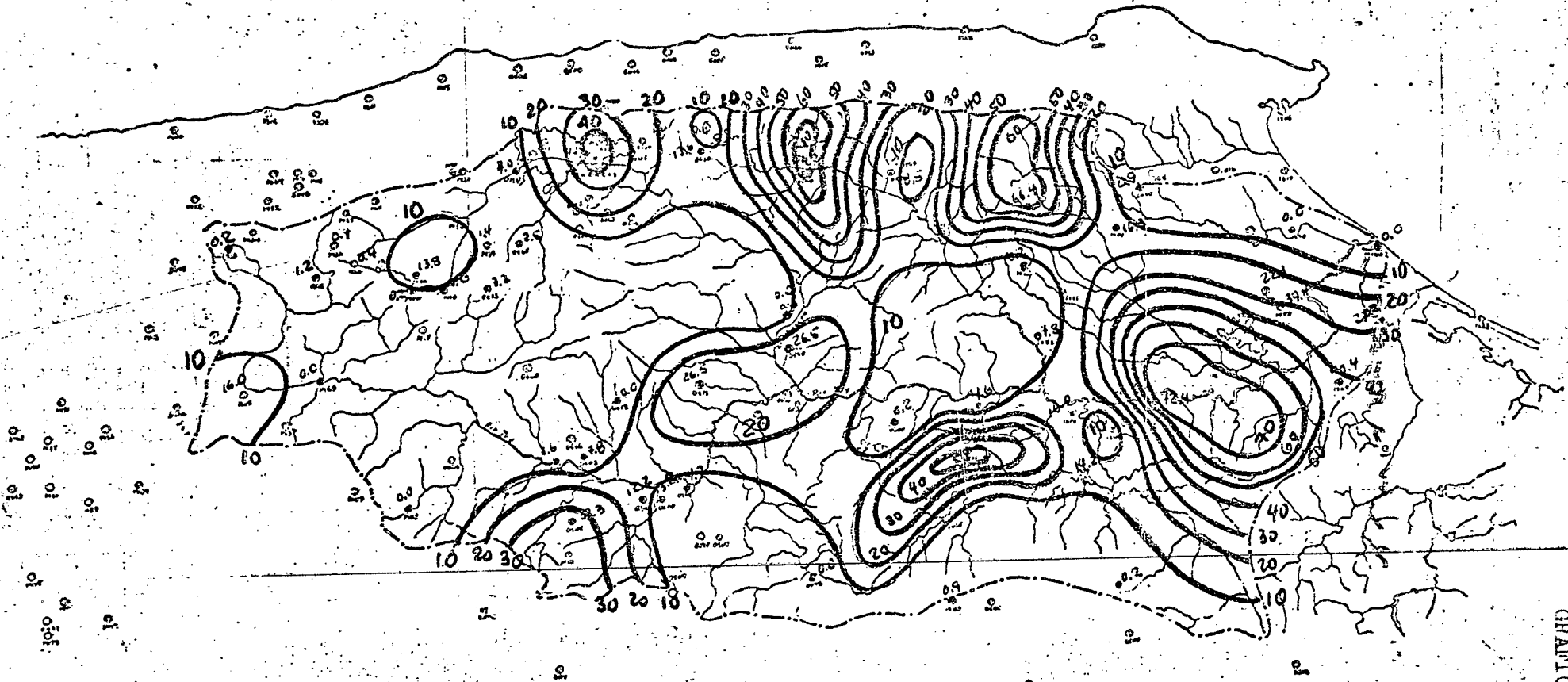


TORRENTA II 19-8-65  
40 ESTACIONES.



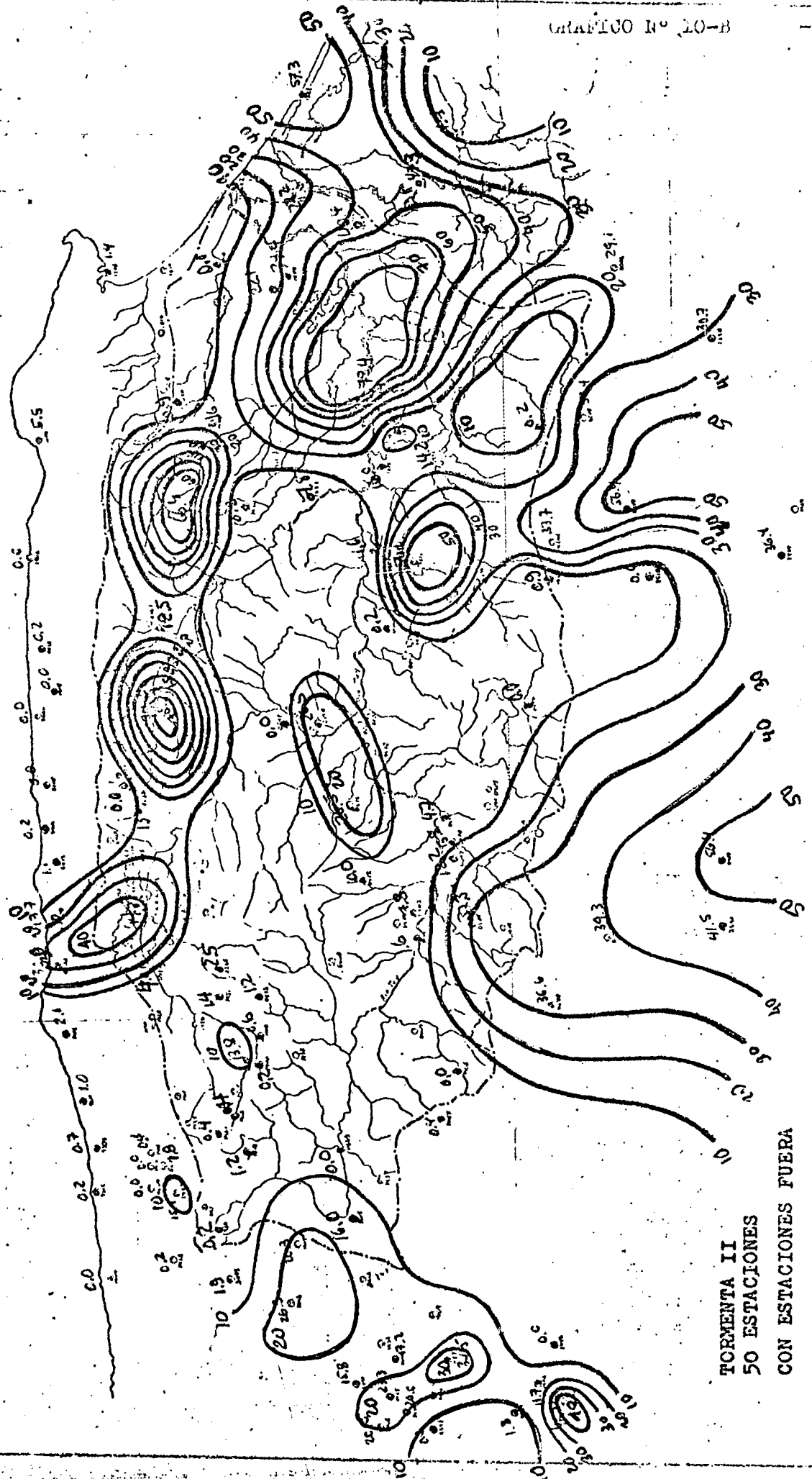
TORRENTA II 19-8-65  
 15 ESTACIONES.





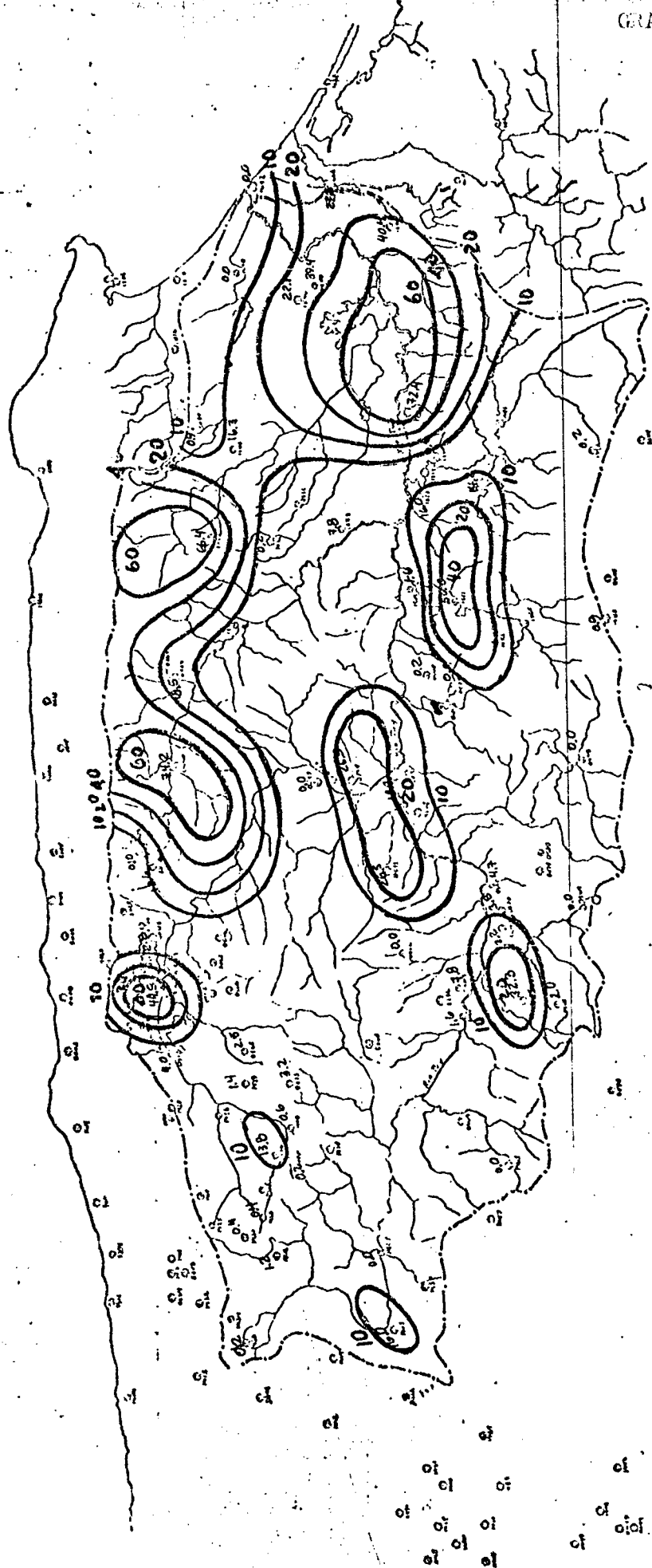
TORMENTA II  
50 ESTACIONES.

PRE-ANALIZADA POR EL DR. ROBERTO ALVAREZ.



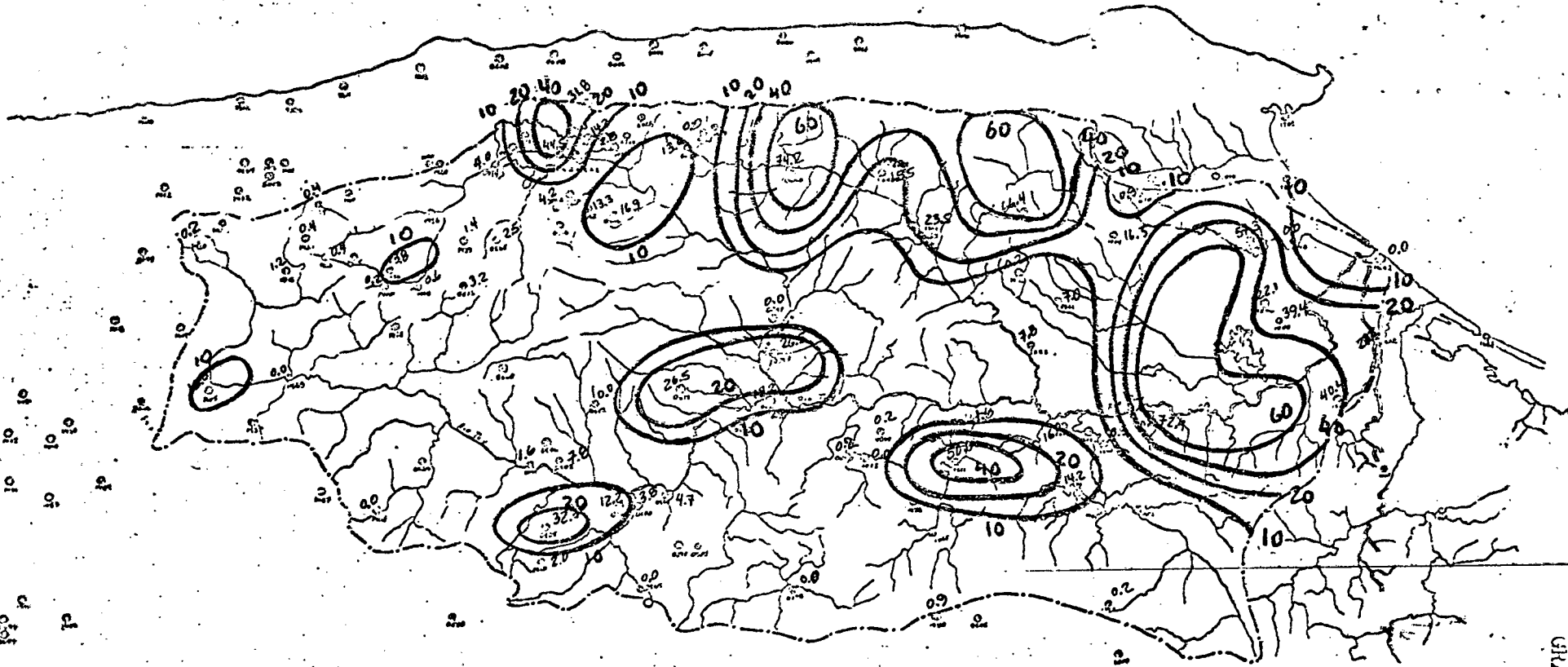
TORRENTA II  
50 ESTACIONES  
CON ESTACIONES FUERA  
DE LA CUENCA.

Comentarios T 19-8-65



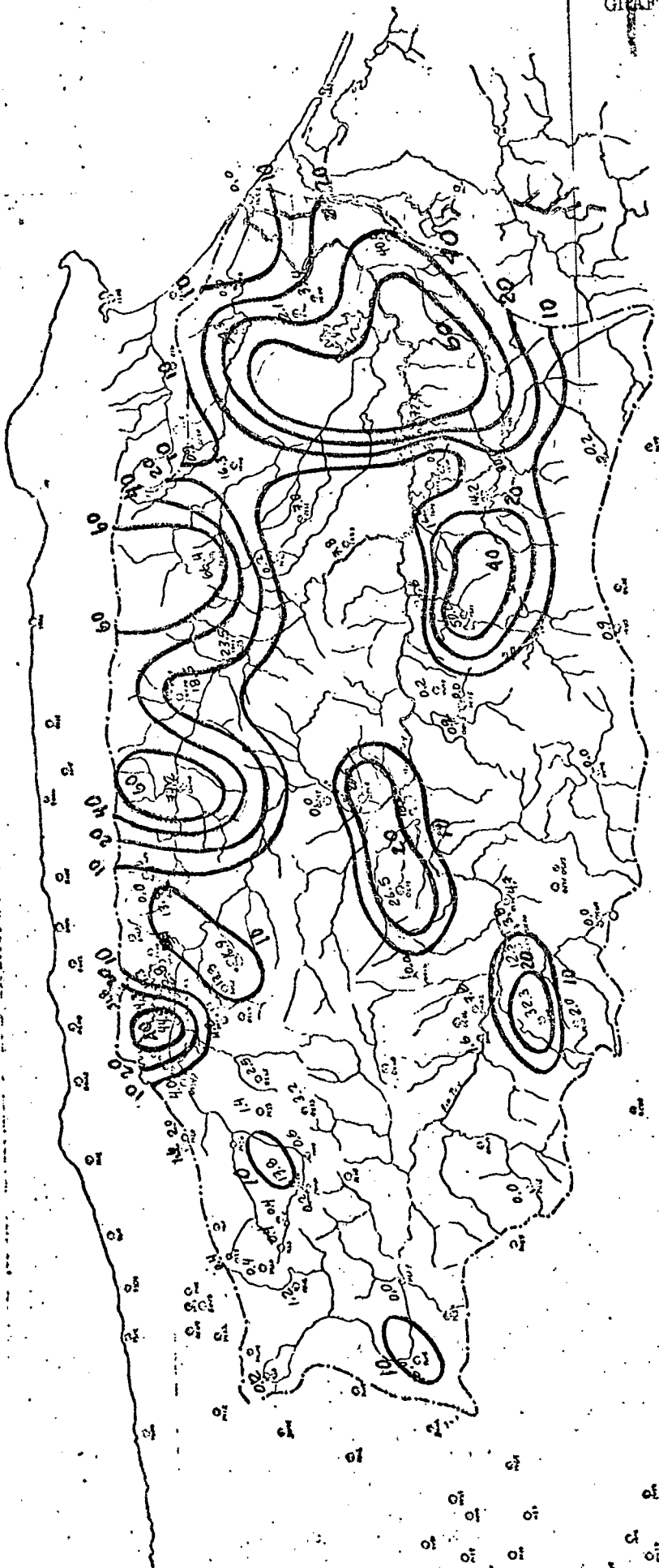
TORMENTA II 19-8-65  
55 ESTACIONES.



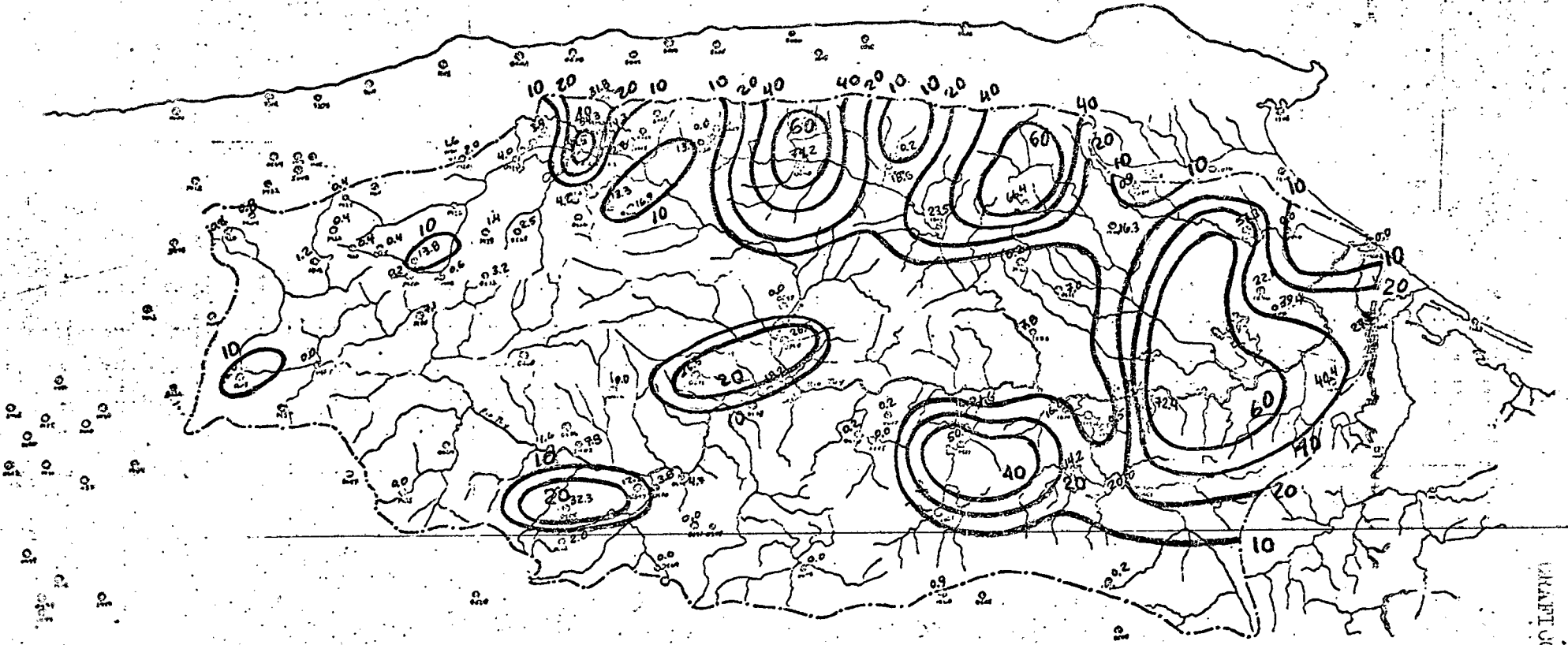


TOPOGRAFIA II 19-8-65  
65 ESTACIONES.

GRATICO II 13



TORmenta II 19-8-65  
70 ESTACIONES.



TORRENTA II 19-8-65  
 75 ESTACIONES.

ESTACIONES UTILIZADAS

<u>NOMBRE:</u>	<u>SERIAL</u>	<u>LATITUD</u>	<u>LONGITUD</u>
Paparo	1652	10° 32'	65° 59'
Guarenas	0548	10° 28'	66° 37'
Sta. Epifania	0549	10° 17'	66° 39'
La Corona	1588	10° 10'	66° 28'
El Consejo	1465	10° 15'	67° 16'
Caña Amarga	0585	10° 06'	66° 54'
Carrizalez	0573	10° 21'	67° 00'
Salogacho	1542	10° 26'	66° 23'
Caucagua	1553	10° 17'	66° 22'
Panaquire	1586	10° 13'	66° 14'
Las Tejerías	1469	10° 15'	67° 10'
Sitio Oropeza	1446	10° 22'	67° 05'
El Tigre	1546	10° 20'	66° 07'
San José de Rfo Chico	1662	10° 18'	65° 59'
La Guairita	0550	10° 27'	66° 15'
Colonia Tovar	1433	10° 24'	67° 17'
Agua Fría	1436	10° 24'	67° 10'
Hacienda La Emilia	1488	10° 07'	67° 05'
Guatire, M.O.P.	0559	10° 28'	66° 32'
Charallave	0572	10° 14'	66° 51'
Araguita	1571	10° 10'	66° 27'
El Cerro	1505	10° 12'	66° 25'
Libertad	1559	10° 19'	66° 06'

<u>NOMBRE:</u>	<u>SERIAL</u>	<u>LATITUD</u>	<u>LONGITUD</u>
Café	1534	10° 24'	66° 17'
Santa Lucia	0547	10° 19'	66° 39'
Tumuza	0571	10° 15'	66° 45'
El Oro	1579	10° 12'	66° 19'
Hacienda Valparaiso	1590	10° 02'	66° 17'
Pueblo Nuevo	1569	10° 14'	66° 02'
Pto. Sotillo	1548	10° 23'	66° 05'
El Roble	1442	10° 22'	67° 11'
Hacienda Tazón	5055	10° 10'	66° 53'
Casupito	1580	10° 11'	66° 17'
Portachuelo	1432	10° 22'	66° 23'
Apa	1587	10° 08'	66° 09'
El Arado	1438	10° 23'	67° 09'
Altos de Pipe	0565	10° 24'	66° 58'
Hacienda Ayala	5038	10° 30'	66° 45'
Río de Piedras	0598	10° 01'	66° 37'
Buena Vista	0587	10° 12'	66° 32'
Hacienda Montalbán	0540	10° 29'	66° 58'
Pozo de Rosas	1447	10° 21'	67° 05'
Colonia Mendoza	0594	10° 07'	66° 49'
Aponte	0595	10° 08'	66° 46'
Macanillal	5028	10° 31'	66° 44'
El Carite	1439	10° 24'	67° 00'
Los Teques	1448	10° 21'	67° 02'

<u>NOMBRE:</u>	<u>SERIAL</u>	<u>LATITUD</u>	<u>LONGITUD</u>
Caracas (C. Universitaria)	0539	10° 30'	66° 53'
Macaguita	0570	10° 07'	66° 48'
Cúa (Tovar)	0582	10° 09'	66° 53'
Petare	0555	10° 30'	66° 50'
Honza	0588	10° 03'	66° 53'
Taguacita	0575	10° 11'	66° 33'
Sta. Teresa del Tuy	0577	10° 14'	66° 39'
Los Palomas	0569	10° 01'	66° 47'
La Mariposa	0563	10° 24'	66° 56'
Baruta	5052	10° 26'	66° 52'
Chacafto	5021	10° 31'	66° 52'
Altos Ño León	1425	10° 26'	67° 09'
San Diego de Los Aitos	0561	10° 20'	66° 20'
Teleférico	0519	10° 33'	66° 52'
El Hatillo	0546	10° 26'	66° 49'
Tacarigua de Manporal	1536	10° 24'	66° 08'
Loma del Medio	0599	10° 11'	66° 34'
Altos de Luisa	1541	10° 24'	66° 30'
Caracas (La Salle)	0520	10° 31'	66° 53'
Topo de los Espejos	1445	10° 23'	67° 07'
Loma del Cafetal	1420	10° 29'	66° 01'
El Jobito	1589	10° 07'	66° 17'
Sabaneta	1427	10° 29'	67° 02'
Buena Vista	1434	10° 12'	66° 32'

<u>NOMBRE:</u>	<u>SERIAL</u>	<u>LATITUD</u>	<u>LONGITUD</u>
Quiripital	0597	10° 05'	66° 45'
Caracas	0522	10° 31'	66° 53'
Guatiré	0567	10° 23'	66° 32'
El Encanto	1458	10° 19'	67° 04'
Paraparo	0586	10° 11'	66° 54'
Macarao (Dique)	1426	10° 26'	67° 02'
Tacamahaca	5029	10° 31'	66° 43'
Sta. Teresa del Tuy	0578	10° 13'	66° 41'
Tepipa	1574	10° 13'	66° 18'
Altos de Izcaragua	1417	10° 27'	67° 07'
Río Arriba	0589	10° 07'	67° 03'
Paracotos	0560	10° 16'	66° 57'
El Almendro	0566	10° 25'	66° 54'
Caracas (Sub. El Avila)	5024	10° 31'	66° 49'

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

- |   |   |
|---|---|
| Anuario Pluviométrico, 1.964  | Instituto Nacional de -<br>Obras Sanitarias. Serv.<br>de Hidrología.                          |
| Anuario Pluviométrico, 1.965  | Instituto Nacional de -<br>Obras Sanitarias. Serv.<br>de Hidrología.                          |
| Anuario Climatológico, 1.964  | Ministerio de Obras Pú-<br>blicas. Hidrometeorolo-<br>gía. Dirección de Obras<br>Hidráulicas. |
| Anuario Climatológico, 1.965  | Ministerio de Obras Pú-<br>blicas. Hidrometeorolo-<br>gía. Dirección de Obras<br>Hidráulicas. |
| A Study of The Observed Area-<br>Distribution of Rainfall as a<br>Function of The Density of -<br>Rain Gages, 1.969 | Fernando Alvarez Bernal<br>Texas A&M University   |
| Optimum Density of Rainfall -<br>Networks, 1.967. Vol. 3, N° 4  | P. S. Eagleson<br>Water Resources<br>Research. Fourth<br>Quarter. 1021-1033.                  |
| Hidrología para Ingenieros, -<br>1.967  | Linsley-Kohler-Paulhus  |
| Mathematics of Physics and -<br>Modern Engineering, 1.958   | Sokolnikoff-Redheffer   |