



INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES — CORFO

ANALISIS ESTADISTICO DE
SERIES PLUVIOMETRICAS PARA LA IV REGION

Z36 a
297
C.1



R. ZARATE C.

Z362

297

c.1

ANALISIS ESTADISTICO DE SERIES PLUVIOMETRICAS
PARA LA IV REGION

Ramón Zárate C.

00297

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente estudio quiere dejar expresa constancia de sus agradecimientos al DR. JOSE LUIS BORCOSQUE D. quién gracias a su dirección y ayuda, este estudio no habría sido posible efectuar.

Además quiero agradecer al Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN-CORPO) quién brindó al autor todas las posibilidades de llevar a cabo dicho estudio. En especial al Departamento de Climatología de cuyos archivos se obtuvieron los datos y estadísticas empleadas en este estudio.

Vaya también mi reconocimiento al Departamento de Cartografía y a la Sra. MARINA MECKLENBURG V. por la dactilografía del informe, y a todas las personas que de una u otra forma han colaborado en éste.

I N D I C E

	Página
1.- INTRODUCCION	1
2.- OBJETIVOS	1
3.- SITUACION Y LIMITES	2
4.- FUENTE DE INFORMACION	2
5.- SERIES DE DATOS	2
6.- APLICACION DE TECNICAS DE MUESTREO	6
7.- CONSTRUCCION DE LOS ESTRATOS	6
.1. Límites considerados	7
.2. Nomenclatura usada	7
.3. Distribución de las muestras	8
8.- PREPARACION DE LOS DATOS PARA EL PROCESAMIENTO	10
ESTADISTICO	
.1. Método de las razones para el relleno de datos	12
.1.1 Explicación de los parámetros que intervienen	12
.2. Método de los mínimos cuadrados para el relleno de da..	
tos	13
.2.1 Algoritmo del programa	13
.2.2. Test de significancia de correlación	14
.2.3. Ecuaciones de regresión para el relleno de datos ...	17
9.- ANALISIS DE HOMOGENEIDAD	19
.1. Método gráfico de homogeneización por curvas de doble	
masa	20
.1.1. Elección de los patrones	21
.2. Modelo paramétrico para el análisis de la varianza ...	26
.2.1 Descripción del método	26
.2.2 Aplicación a las estaciones pluviométricas	28
10.- DISTRIBUCION GAMMA INCOMPLETA	30

.1.	Principio de la ley Gamma incompleta	30
.2.	Representación gráfica	31
.3.	Test de calidad de ajuste para el año hidrológico	32
11.-	CONCLUSIONES	34
	Anexo	35

ANALISIS ESTADISTICO DE SERIES PLUVIOMETRICAS PARA LA IV REGION

1.- INTRODUCCION

El presente estudio se ha enmarcado dentro de los límites de la IV Región, a raíz de las sugerencias hechas por los directivos del Instituto de Investigación de Recursos Naturales, los que pretenden emplear dentro de un estudio más general de la zona, los resultados primarios que de aquí se desprendan. Dado que el ambiente reinante en esta región es de semiaridez muy marcada, las precipitaciones y la disponibilidad de aguas vienen a jugar un papel limitante tanto para la vida vegetal como animal y humana. Por estas razones, es de suma importancia el conocimiento acabado del régimen pluviométrico, incluyendo en él las variabilidades tanto espaciales como temporales. Sin embargo, el presente trabajo sólo está dirigido al recuento y procesamiento estadístico de los datos de lluvia, dejando para una etapa posterior, que estará incluida dentro del proyecto que para esa zona prepara IREN, el análisis y discusión del comportamiento de este parámetro.

2.- OBJETIVOS

Como ya se insinuó en el punto anterior, los objetivos pretendidos por este estudio, están condicionados por el carácter aleatorio de las precipitaciones, las que además presentan tendencias anuales y mensuales en torno a valores medios, así como también variaciones que dependen de factores orográficos y atmosféricos, los que finalmente condicionan el rango de la variabilidad, los cuales para esta región son significativos e importantes esencialmente para el desarrollo del sector agrícola.

Dada la importancia de la variabilidad pluviométrica, se hace necesario aplicar análisis estadísticos que cuantifiquen de la mejor manera los rangos en que se desplaza.

Con este fin se han aplicado:

- Técnicas de Muestreo
- Cálculos de Correlaciones
- Relleno de estadística mediante el empleo de los Mínimos Cuadrados
- Ajuste de series con la Ley Gamma Incompleta
- Aplicación de Test de Ajuste de curvas de Kolmogorov-Smirnov

Cabe señalar que todo el procesamiento de la información se llevó mediante la utilización de un computador IBM-360 trabajado con programas en lenguaje FORTRAN-IV

3.- SITUACION Y LIMITES

La zona que comprende este estudio se sitúa entre los paralelos $29^{\circ}54'$ y $31^{\circ}55'$ de latitud Sur. Esta superficie cubre sólo parte de la IV Región y específicamente el área en que se concentran las comunidades del Norte Chico.

4.- FUENTE DE INFORMACION

La fuente principal de información es La Oficina Meteorológica de Chile, de cuyos archivos ya había sido recopilada la información y traspasada a tarjetas perforadas. Estos antecedentes se encontraban perforados sólo hasta el año 1968, por lo cual, para el presente estudio, se llevó a cabo la actualización hasta el año 1974.

5.- SERIES DE DATOS

El recuento total de las series entregó 91 estaciones con registros, independientemente de si éstos eran continuos o no.

El cuadro siguiente entrega la lista de las estaciones existentes ,

<u>ESTACION</u>	<u>ALT.</u>	<u>LAT.</u>	<u>LONG.</u>	<u>TIPO</u>
PDO. LAGUNILLA ✓	10	3006	7124	PV
PTO. OSCURO ✓	10	3127	7136	PV
LOS VILOS ✓	10	3155	7132	PV
LA SERENA STA. ROSA	20	2955	7114	PV
HUENTELAUQUEN	20	3135	7132	PV
COQUIMBO PTA. TORTUGA ✓	25	2955	7122	HT
LA SERENA S.E.	32	2954	7115	PV
PTA. LENGUA DE VACA ✓	42	3013	7140	PV
TONGOY HDA. ALTO ✓	50	3016	7125	PV
MINCHA	50	3134	7127	PV
MOLLE RETEN	70	2957	7059	PV
HDA. CORAZON DE MARIA	70	3000	7115	PV
PDO. STA. ANA	75	3002	7118	PV
PDO. PACHINGO ✓	78	3027	7133	PV
EL TANGUE ✓	118	3018	7136	PV
LA TORRE	126	3036	7122	PV
LA SERENA CAMPEX	130	2954	7120	PV
LA SERENA ✓	132	2954	7115	HT
PUNITAQUI	138	3050	7116	PV
CERRILLO POBRE	150	3018	7123	PV
HDA. STA. CRISTINA	200	3034	7124	PV
OVALLE ✓	220	3036	7112	HT
SOTAQUI ✓	260	3038	7105	PV
BARRACA	260	3038	7126	PV
ALTAR ALTO MINERAL	280	3044	7111	PV
LINAHUIDA	293	3145	7110	PV
CERRILLO DE TAMAYA	300	3035	7120	PV
CANELA BAJA ✓	320	3126	7127	PV
TUQUI	324	3034	7112	PV
CHOAPA EN MAL PASO ✓	330	3145	7106	PV
EMBALSE LA PALOMA ✓	342	3042	7104	PV

<u>ESTACION</u>	<u>ALT.</u>	<u>LAT.</u>	<u>LONG.</u>	<u>TIPO</u>
EL TOME ✓	365	3047	7058	PV
EL PALQUI	385	3044	7059	PV
ELQUI EN ALMENDARL	400	2959	7053	PV
TRANQUE RECOLETA ✓	413	3029	7107	PV
CAIMANES	450	3155	7109	PV
EMBALSE PUCLARO	462	3001	7051	PV
SALAMANCA COLONIA ✓	479	3147	7101	PV
SAMO ALTO ✓	500	3024	7058	PV
PUNTILLA SAN JUAN	500	3042	7057	PV
CANELA ALTA	500	3125	7122	PV
EL TAMBO	500	3147	7102	PV
LAS JUNTAS DE RAPEL	505	3043	7053	PV
EL TAMBO RETEN	548	3000	7048	PV
GALIMENI RECOLETA	550	3045	7050	PV
MAITENCILLO	600	3006	7105	PV
VICUÑA ✓	610	3002	7044	PV
VICUÑA CAMPEX	650	3002	7044	PV
COCOTI DIECIOCHO ✓	650	3106	7048	PV
EMBALSE COCOTI ✓	656	3100	7107	PV
HRA. ILLAPEL HUINTIL ✓	692	3134	7058	PV
LAS CASAS HUINTIL	692	3146	7059	PV
DIAGUITAS RETEN	706	3000	7039	PV
COIRON ✓	800	3154	7041	PV
RIVADAVIA	818	2958	7035	PV
PAIKUANO ✓	900	3002	7030	PV
COMBARALA DOS ✓	904	3111	7102	PV
CAREN ✓	920	3051	7051	PV
RIVADAVIA	950	2958	7030	PV
HURTADO	1000	3015	7054	PV
LA CORTADERA	1000	3017	7047	PV
LAS BREALS	1000	3020	7038	PV
PICHASCA	1000	3025	7047	PV
SAN PEDRO DE QUILES ✓	1000	3056	7124	PV

<u>ESTACION</u>	<u>ALT.</u>	<u>LAT.</u>	<u>LONG.</u>	<u>TIPO</u>
STA. VIRGINIA O CAREN	1000	3133	7052	PV
HDA. SAN AGUSTIN	1020	3143	7050	PV
TULAHUEN ORIENTE	1095	3101	7044	PV
HDA. EL POZO	1150	3007	7030	PV
MONTA GRANDE	1152	3008	7031	PV
RAPEL CILLO	1160	3049	7038	PV
LA TRANQUILA	1160	3154	7041	PV
TULAHUEN	1180	3057	7040	PV
MOLINO DE YAGO	1200	2958	7012	PV
ANDACOLLO ✓	1200	3011	7105	PV
TASCADERO	1239	3110	7035	PV
PISCO DE ELQUI ✓	1280	3007	7032	PV
PDO. VALDIVIA	1300	3045	7042	PV
RAMADILLA	1300	3052	7040	PV
COMBARRALA SUB COM. ✓	1300	3110	7102	PV
PDO. LOS RICHOS ✓	1310	3009	7031	PV
CENTRAL MOLLES	1450	3045	7046	PV
EL MAITEN HIDESA	1500	3048	7037	PV
EL MAITEN	1500	3048	7040	PV
SAN MARCOS RETEN	1500	3056	7104	PV
SERON	1642	3019	7045	PV
CHAUARAL ALTO	1800	3052	7102	PV
MANQUEHUA	2000	3102	7110	PV
LAS RAMADAS	2056	3102	7038	MT
MOLLES EN BOCATOMA	2610	3045	7026	PV
EMBALSE LA LAGUNA	3100	3013	7013	PV

ordenadas según su altura sobre el nivel del mar. Se agrega además la ubicación y tipo de estación.

Dado el escaso tiempo que se dispone para el estudio, sería difícil trabajar con todas las series existentes, ya que entre ellas, por lo menos un 60% son estaciones que presentan anomalías en la recopilación de la información, ó períodos de registro demasiado cortos.

Por las características generales que presentan estas series, y por razones de tiempo, se ha aplicado técnica de muestreo a este universo de estaciones, el que, como veremos en el párrafo siguiente, nos permite reducir la información sin modificar sustancialmente las conclusiones que se obtendrían, si se tomara todo el universo.

6.- APLICACIÓN DE TÉCNICA DE MUESTREO

Dado que las precipitaciones tienen un carácter ampliamente variable, tanto a nivel local como regional, se aplicará lo que se denomina un Muestreo Estratificado Aleatorio. Esto significa dividir la zona en sectores más reducidos, en los que el comportamiento de las lluvias, se supone homogéneo. Una vez obtenidos los distintos estratos se toma una muestra pequeña dentro de ellos. Con esta muestra, se logran estimadores bastante precisos y representativos de todo el estrato en cuestión.

Con todos los estimadores parciales por estratos, se puede llegar a tener un estimador confiable para todo el universo de los datos (= para toda la región).

7.- CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTRATOS

Dada la relación directa que existe entre precipitación y altura, es lógico llevar a cabo una estratificación por altura de las estaciones.

Todo el conjunto de información existente para la zona, ha quedado dividido en tres sectores ó estratos, los que representan en forma aproximada la configuración orográfica del sector, es decir: región costera, región central y región de montaña.

7.1 Límites considerados

Primer estrato	:	entre	0	y	599 m.
Segundo estrato	:	entre	600	y	1499 m.
Tercer estrato	:	entre	1500	y	3100 m.

CUADRO DE FRECUENCIA POR ESTRATO

ESTRATOS	ALTURA	FRECUENCIA (N° de Est.)
1	0 - 599	46
2	600 - 1499	36
3	1500 - 3100	9
		91

7.2 Nomenclatura usada

Sea un estrato 'h' cualquiera y una estación 'i' comprendida dentro del estrato, se tiene entonces que:

N = Número total de unidades para la zona

N_h = Número total de unidades (estaciones) en el estrato h

n_h = Número de unidades (estaciones) que componen la muestra del estrato h

$V_h = N_h/N$ = Ponderación del estrato

$$\bar{x}_h = x_{hi} / N_h \text{ Media muestral}$$

$$s_h^2 = (x_{hi} - \bar{x}_h)^2 / N_h - 1 \text{ Varianza}$$

Se calcula para cada estrato su media, varianza y ponderación.*

N_h	$\bar{x}_h$	s_h^2	w_h
46	240.043	179.221	0.507
36	1001.222	290.000	0.395
9	1968.666	559.500	0.098

Por efecto de calidad y cantidad de la información, así como también por el corto tiempo disponible, se ha estimado tomar alrededor de 100 estaciones para toda la zona.

La definición del muestreo estratificado no especifica para la muestra un tamaño determinado, se puede seleccionar la muestra de modo que cada estrato tenga el mismo número de unidades, ó distribuirlos en alguna otra forma. Para determinar la distribución de la muestra entre los distintos estratos, existen dos criterios principales. El primero es la conveniencia, es decir, elegir un procedimiento que sea fácil de aplicar y simple para tabular. Este criterio conduce, por lo general, al muestreo proporcional.

El segundo es la exactitud, esto nos lleva a elegir un procedimiento que proporcione el error estándar más pequeño, para lo cual se usa la afijación óptima.

7.3 Distribución de las muestras

El número de estaciones a extraer para la muestra, no depende sólo de la cantidad de unidades que conformen el estrato, sino que también de la desviación estándar del estrato que se considere.

En el caso del estudio de la variabilidad de las precipitaciones, es de suma importancia, la exactitud de los estimadores estadísticos que se obtengan, más aún si se considera la irregularidad con que se presenta el fenómeno de lluvias en este sector. Es por esta razón que se ha elegido el uso de la afijación óptima.

Para esta técnica de muestreo, el número de estaciones que se seleccionan en un estrato, queda cuantificado por la siguiente fórmula:

$$n_h = n \times \frac{S_h \times W_h}{\sum S_h \times W_h}$$

Esta fórmula se denomina asignación de NEXMAN

Esta fórmula entrega el número de estaciones que se deben considerar en la muestra de cada estrato.

ASIGNACION DE ESTACIONES POR ESTRATOS

ESTRATO	N_h	S_h	W_h	$S_h \times W_h$	$S_h \times W_h / \sum S_h \times W_h$	n_h
1	46	179.221	0.507	90.865	0.350	3.5 = 4
2	36	290.000	0.395	114.550	0.440	4.4 = 4
3	9	599.500	0.098	54.831	0.210	2.1 = 2
	91			260.246		10

Del cuadro anterior se desprende que la muestra del primer estrato estará formada por cuatro estaciones, la del segundo también por 4 y la del tercero por 2 estaciones. En resumen, con la aplicación del muestreo estratificado aleatorio de afijación óptima, la población (el número total de estaciones) se ha reducido aproximadamente un 11%, quedando constituida la nueva población (muestra) por sólo 10 estaciones.

La selección de las estaciones se realizó basándose en la longitud y continuidad de los registros que presentaban las estaciones en los distintos estratos. El resultado de esta selección, es el siguiente:

PRIMER ESTRATO

Puerto Oscuro	10 m.
Cequimbo Pta. T.	25 m.
La Serena	132 m.
Ovalle	220 m.

SEGUNDO ESTRATO

Vicuña	650 m.
Combarbalá	904 m.
Sta. Virginia	1000 m.
Pisco Elqui	1280 m.

TERCER ESTRATO

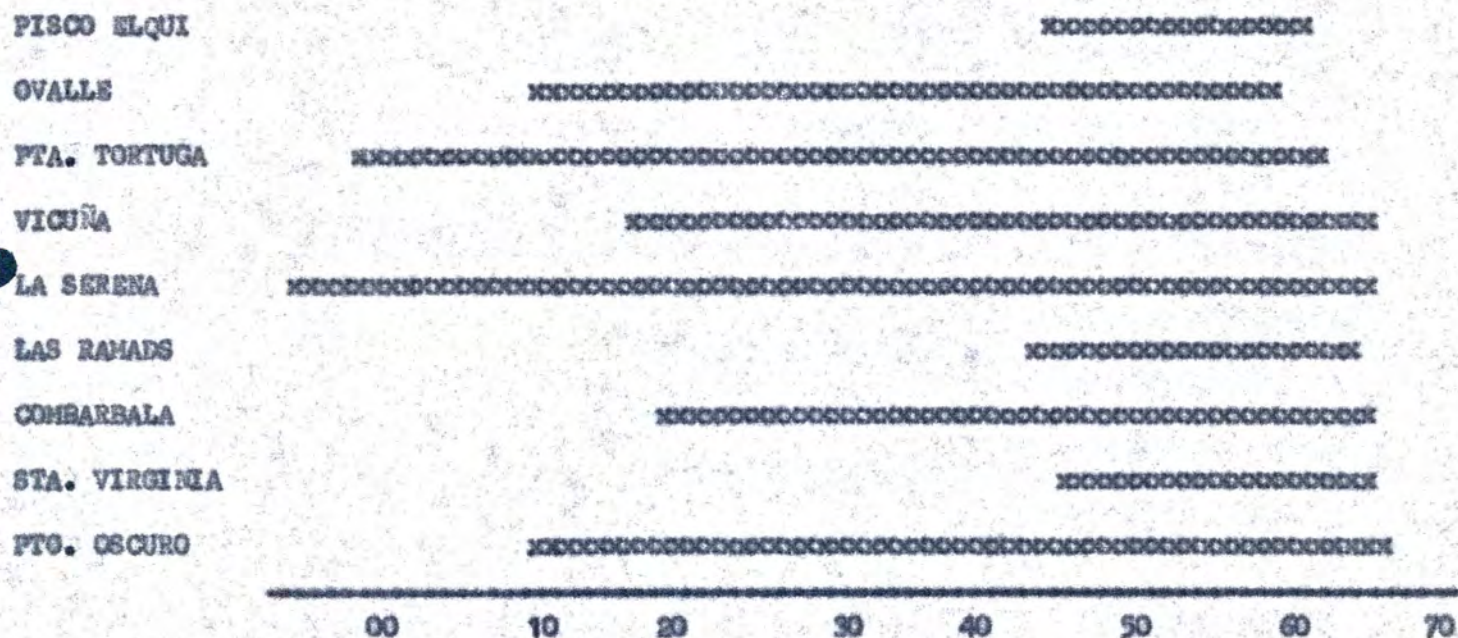
Serón	1642 m.
Las Ramadas	2056 m.

Una vez seleccionadas las estaciones componentes de las distintas muestras, se procede a la actualización, relleno y corrección de los datos inexistentes, incompletos ó erróneos.

3.- PREPARACION DE LOS DATOS PARA EL PROCESAMIENTO ESTADISTICO

Un breve análisis de la estadística existente refleja una gran discontinuidad en los registros, siendo necesario actualizar y rellenar los datos que en el cuadro siguiente se marcan como incompletos.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LAS ESTACIONES



La estación SERON, ubicada en el tercer estrato, no fué considerada por poseer esta
distica fuera del período estudiado, a causa de su desactivación. (Instalada en el
año 1944 y desactivada en el año 1958)

Como primera característica importante que se observa en las series escogidas, es el hecho de presentar a menudo años en los que por lo menos un mes no presente registro, por tal motivo y para obviar en parte la inexistencia de datos, se aplicará el método de las razones, para el relleno de totales mensuales de precipitación y el método de mínimos cuadrados para los totales anuales en caso que falte el año completo.

8.1 Método de las Razones para el Relleno de Datos

Este método requiere que las estaciones que vayan a completarse tengan como punto de comparación otra distinta, que presente una continuidad en sus datos para los meses que se deseen rellenar. Además de esto, exige que ambas estaciones (por rellenar y completa) estén afectas a condiciones similares de clima, así como también que presenten una cercanía tal que permita inferir los datos.

La efectividad de este Método se pierde cuando no existen estaciones que permitan el empleo de series completas y confiables para su aplicación.

8.1.1 Explicación de los Parámetros que intervienen

Sea una estación A con un período de registro de N años y una estación B con un período de datos de n años, donde n menor que N.

El primer paso es calcular los promedios para ambas estaciones y para ambos períodos.

- P (A,N) : Promedio de precipitación en A, durante N años.
- P (A,n) : Promedio de precipitación en A, durante n años.
- P (B,n) : Promedio de precipitaciones en B, durante n años.
- P (B,N) : Promedio de precipitaciones en B, durante N años.

A : Estación confiable

B : Estación a rellenar

La razón q entre los promedios será :

$$q = \frac{P(B,n)}{P(A,n)}$$

por tanto, $P(B,N) = q \times P(A,N)$

8.2 Método de los Mínimos cuadrados para el relleno de datos

Este método se aplicó mediante el empleo de un programa de computación que realiza todas las combinaciones posibles entre las estaciones, calculando además a cada combinación la recta de regresión y el coeficiente de correlación que le corresponde.

Para los objetivos de este trabajo se tomaron periodos de 25 años para 10 estaciones.

8.2.1 Algoritmo del programa

a) Realización de las combinaciones de 9 estaciones tomadas de 2 en 2.

$$9 \text{ 2} = \frac{9!}{2! (9-2)!} = \frac{9 \times 8}{2 \times 1} = \frac{72}{2} = 36$$

Número de combinaciones = 36

b) Cálculo de la ecuación de regresión,

$$y = ax + b$$

donde a y b se obtienen de las siguientes ecuaciones normales

$$y = a x + b n$$

$$xy = a x^2 + b x$$

c) Cálculo del coeficiente de correlación

$$r = \frac{(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{(x - \bar{x})^2 \cdot (y - \bar{y})^2}$$

En el cuadro que sigue se encontrará la matriz de correlaciones anuales calculadas por el programa de la forma antes expuesta.

Una vez obtenidos los coeficientes de correlación, se analizan para estimar su significancia, con este objeto a dichos coeficientes se les aplica una prueba estadística de correlación.

8.2.2 Test de significancia de correlación

Este procedimiento consiste en calcular un 't' observado que quedará dado por la expresión:

$$t_{ob} = r \cdot \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$$

En que n es el período considerado en el cálculo del coeficiente de correlación r.

Una vez obtenido el valor de 't observado' se compara en la tabla de Student con un t que posea un grado de libertad igual a n-2 y un nivel de confianza prefijado

Si el resultado de la comparación es negativo para el t observado, es decir:

$$t_{ob} - t_{tabla} < 0 \quad \text{si esta relación se cumple indicará que efectuar}$$

un relleno de la estadística faltante con los datos de la estación que se considera confiable no es recomendable, ya que la significancia del valor del coeficiente de correlación no entrega la seguridad necesaria para afirmar que dicho relleno, en caso que se realice, sea el más correcto.

COQUIMBO
LA SERENA
PUERTO OSCURO
OVALLE
VICUÑA
SANTA VIRGINIA
COMBARBALA
LAS RAMADAS
PISCO ELQUI

1.00	0.967	0.805	0.897	0.690	0.634	0.861	0.666	0.669
0.967	1.00	0.861	0.842	0.786	0.712	0.890	0.759	0.739
0.805	0.861	1.00	0.663	0.750	0.745	0.837	0.803	0.752
0.897	0.842	0.663	1.00	0.732	0.667	0.803	0.572	0.631
0.690	0.786	0.750	0.732	1.00	0.827	0.749	0.763	0.841
0.634	0.712	0.745	0.667	0.827	1.00	0.799	0.865	0.854
0.861	0.890	0.837	0.803	0.749	0.799	1.00	0.857	0.809
0.666	0.759	0.803	0.572	0.763	0.865	0.857	1.00	0.824
0.669	0.739	0.752	0.631	0.841	0.854	0.809	0.824	1.00

COQUIMBO
LA SERENA
PUERTO OSCURO
OVALLE
VICUÑA
SANTA VIRGINIA
COMBARBALA
LAS RAMADAS
PISCO ELQUI

Volviendo al análisis de las precipitaciones y apoyándonos en el cuadro de correlaciones obtenido para 36 parejas de estaciones, se han elegido las combinaciones que presentaban los mayores

Las parejas de estaciones seleccionadas resultaron las siguientes:

COQUIMBO	LA SERENA	0.967
OVALLE	COQUIMBO	0.897
COMBARBALA	LA SERENA	0.890
SANTA VIRGINIA	LAS RAMADAS	0.865
PUERTO OSCURO	LA SERENA	0.861
PISCO ELQUI	SANTA VIRGINIA	0.854
VICUÑA	PISCO ELQUI	0.841

Para visualizar mejor el test de significancia de los coeficientes de correlación, se verá un ejemplo con el valor de r correspondiente a Vicuña - Pisco Elqui.

$$n = 25 \text{ años,} \quad \alpha = 0.05, \quad r = 0.841$$

$$t = r \cdot \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$$

$$t = 0.841 \times 23 / \sqrt{1 - (0.841)^2}$$

$$t = \frac{0.841 \times 4.8}{0.54}$$

$t_{ob} = 7.5$, en la tabla de student con 23 grados de libertad y un $\alpha = 0.05$ de confianza, se obtiene el valor de

$$t_{tabla} = 2.069$$

por lo tanto $t_{ob} - t_{tabla} = 7.5 - 2.069 = 5.431$

$t = 0$, en consecuencia es válido rellenar la estadística inexistente con los resultados que arroje la recta de regresión.

En el ejemplo anterior se estimó la significancia que poseía el coeficiente de correlación más pequeño, éste fue aceptado y en consecuencia, dado que n y t_{tabla} permanecen constantes, 25 y 2.069 respectivamente; automáticamente se aceptan las demás correlaciones y se puede efectuar el relleno correspondiente.

8.2.3 Ecuaciones de Regresión para el relleno de datos

Con la aceptación de los coeficientes de correlación se pasa al cálculo de los parámetros a y b de la recta de regresión, la que finalmente permitirá completar la estadística que falte.

Sea la ecuación general de la recta de regresión

$$y = \frac{(x - \bar{x}) \cdot r \cdot (y - \bar{y})}{(x - \bar{x})^2} \cdot x + \bar{y} - \frac{(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{(x - \bar{x})^2} \cdot \bar{x}$$

El cálculo de los valores de a y b para las distintas parejas de estaciones que se desean rellenar fueron realizadas por computación y los resultados fueron los siguientes:

Ecuaciones de Regresión

COQUIMBO (x)	LA SERENA (y) $x = 0.98 y + - 1.94$
LA SERENA (y)	COQUIMBO (x) $y = 0.95 x + 7.84$
OVALLE (y)	COQUIMBO (x) $y = 0.89 x + 21.73$
COMBARBALA (y)	LA SERENA (x) $y = 1.56 x + 70.37$
SANTA VIRGINIA (x).	LAS RAMADAS (y) $x = 0.63 y + 47.99$
LAS RAMADAS (y).....	SANTA VIRGINIA (x)..... $y = 1.18 x + 2.22$

PUERTO OSCURO (y)	LA SERENA (x)	$y = 1.03 x + 79.06$
PISCO ELQUI (y)	SANTA VIRGINIA (x) ...	$y = 0.54 x + -6.61$
VICUÑA (x)	PISCO ELQUI (y)	$x = 0.67 y + 28.97$

Con los métodos de relleno aquí descritos se han obtenido 9 series con estadística continua entre los años 1946 y 1974., común para todas ellas. Sin embargo, esto no excluye el aprovechamiento de periodos más antiguos que en alguna de ellas existen, como es el caso de la Serena y Coquimbo, que poseen estadística desde el año 1885 y 1899 respectivamente.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS ACTUALIZADOS DE CADA ESTACION

<u>NOMENCLATURA</u>	<u>ESTACION</u>	<u>PERIODO</u>
304024	PISCO ELQUI	1930 - 1974
305014	OVALLE	1912 - 1974
116016	PUNTA TORTUGA	1899 - 1974
304020	VICUÑA	1920 - 1974
117002	LA SERENA	1895 - 1974
305056	LAS RAMADAS	1944 - 1974
305061	COMBARBALA	1919 - 1974
306004	SANTA VIRGINIA	1946 - 1974
117004	PUERTO OSCURO	1911 - 1974

- cambio de pluviómetro
- cambio de observador
- cambio de ubicación de la estación
- errores de lectura y codificación

Como consecuencia de lo anterior se hace, como ya anticipamos, necesaria la homogeneización de la estadística antes de su empleo cualquier sea el objetivo para el cual se requiera.

9.1 Método Gráfico de Homogeneización por curvas de doble masa

Este método se basa en la proporcionalidad que existe comparando los valores de las precipitaciones anuales acumuladas de una estación (Serie a controlar), con los valores acumulados de las precipitaciones anuales del promedio de un conjunto de estaciones (Serie supuesta homogénea, denominada Patrón).

Si la estación que se está controlando no presenta anomalías, el Gráfico estación vs el patrón debería ser una línea recta. Sin embargo, cuando la estación controlada presenta deficiencias en sus registros, el gráfico resultante puede estar conformado por una línea que presente tantos quiebres como irregularidades se detecten en la estación que se controla.

En el gráfico puede observarse que en 1950 aparece un cambio de pendiente de la recta, lo cual puede indicar:

- Un cambio de ubicación de la estación, hecho que obligaría a tratar la serie como compuesta por dos más cortas
- También podría deberse a cambio de instrumento de medida, lo que al igual que en el punto anterior obliga a tomar 2 series

Debido a estas y otras causas probables, se hace necesario un rápido análisis histórico de la estación que se está controlando, (si a pesar de ello, no se encuentra la explicación al quiebre debe asumirse que es una variación debida a causas meteorológicas y se debe concluir que la serie es homogénea a pesar del quiebre).

9.1.1 Elección de los patrones

En la elección de los patrones se debe considerar los siguientes criterios:

- El patrón debe estar constituido por estaciones cercanas y representativas del área en que se encuentre la estación que se desea controlar.
- Las estaciones incluidas en el patrón deben ser a priori homogéneas y estar sometidas en la medida que sea posible a las mismas condiciones climáticas y a la misma exposición a los factores meteorológicos.

El resultado de la elección fué el siguiente:

PATRON 1 = VICUÑA + COMBARBALA para OVALLE

2

PATRON 2 = COQUIMBO + PUERTO OSCURO para LA SERENA

2

PATRON 3 = PISCO ELQUI + SANTA VIRGINIA para LAS RAMADAS

2

A continuación se presentan los valores anuales obtenidos para el patrón y la serie que corresponde controlar. Luego sobre la base de estos valores se dibujan las curvas místicas correspondientes.

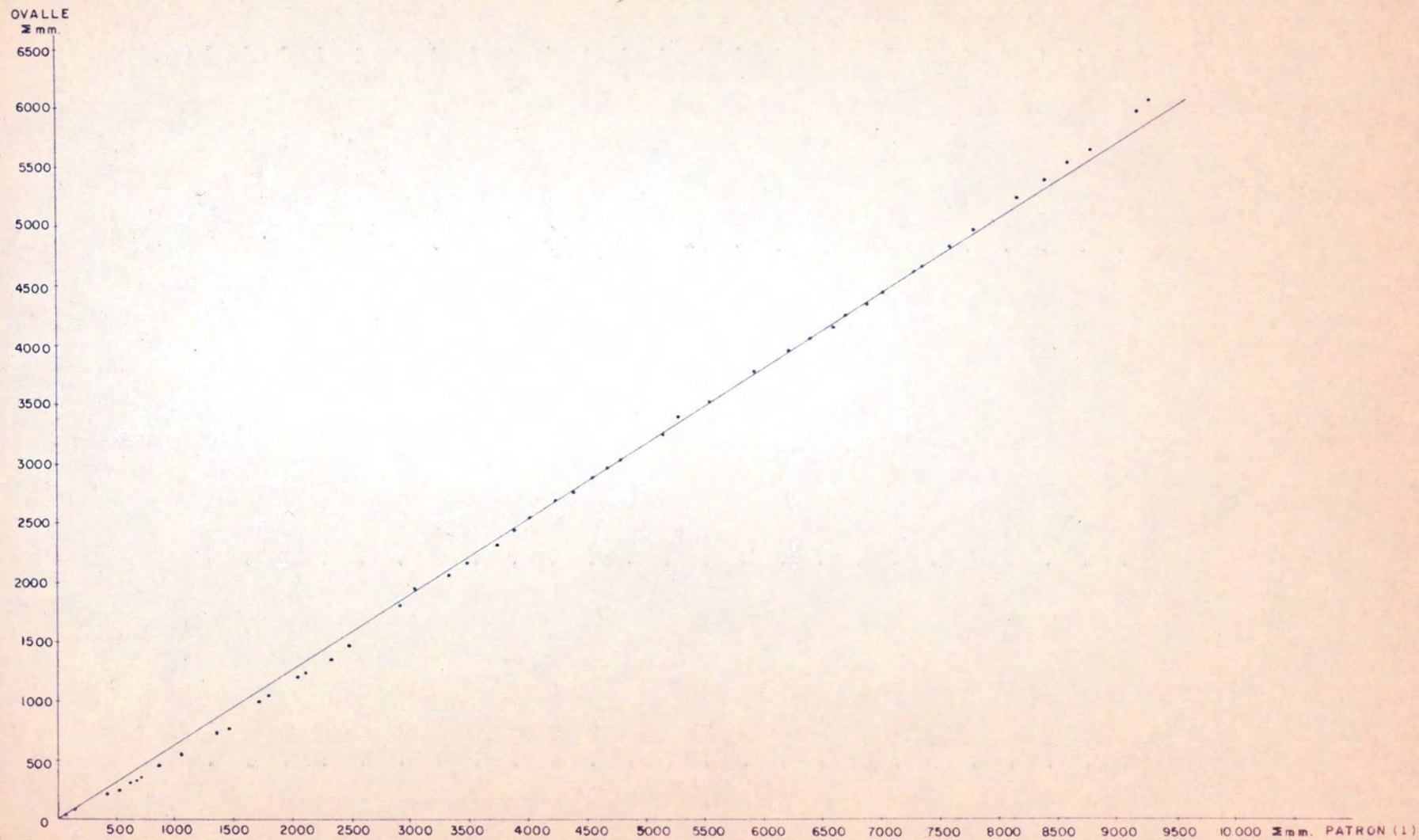
Para tal objeto se lleva sobre papel milimetrado y en un par de ejes ortogonales los pares ordenados (x, y) , en que x corresponde al valor acumulado de la serie patrón hasta el año i , e y es el valor acumulado de la estación a controlar hasta el mismo año i .

PATRON (1) Vs OVALLE

Precipitaciones acumuladas

<u>AÑO</u>	<u>PATRON</u>	<u>OVALLE</u>	<u>AÑO</u>	<u>PATRON</u>	<u>OVALLE</u>
74	77.85	42.7	49	4270.35	2699.5
73	160.25	105.6	48	4435.85	2776.5
72	428.45	176.7	47	4562.55	2823.5
71	530.85	253.8	46	4698.55	2947.5
70	625.35	294.8	45	484.80	3038.1
69	658.15	333.8	44	5133.80	3248.6
68	710.15	370.8	43	5314.40	3378.0
67	846.00	464.1	42	5588.35	3524.1
66	1048.00	572.1	41	5969.20	3759.4
65	1362.75	722.1	40	6275.65	3948.9
64	1442.75	775.0	39	6441.40	4065.8
63	1721.35	995.4	38	5622.55	4141.4
62	1810.50	1048.0	37	6768.95	4257.8
61	2050.55	1198.8	36	6934.45	4340.5
60	2131.25	1230.4	35	7055.05	4443.3
59	2310.90	1341.7	34	7330.15	4603.6
58	2517.90	1475.7	33	7427.05	4655.7
57	2936.90	1818.8	32	7645.65	4821.2
56	3059.15	1935.01	31	7847.50	4972.7
55	3153.40	1957.9	30	8232.40	5246.2
54	3320.15	2062.3	29	8436.70	5390.5
53	3520.30	2149.0	28	8640.75	5544.9
52	3751.50	2324.2	27	8862.50	5763.4
51	3884.45	2413.2	26	9270.35	6020.1
50	4031.85	2545.4	25	9333.35	6091.2

GRAFICO CURVA DOBLE MASICA
OVALLE ∇ /g. PATRON (1)



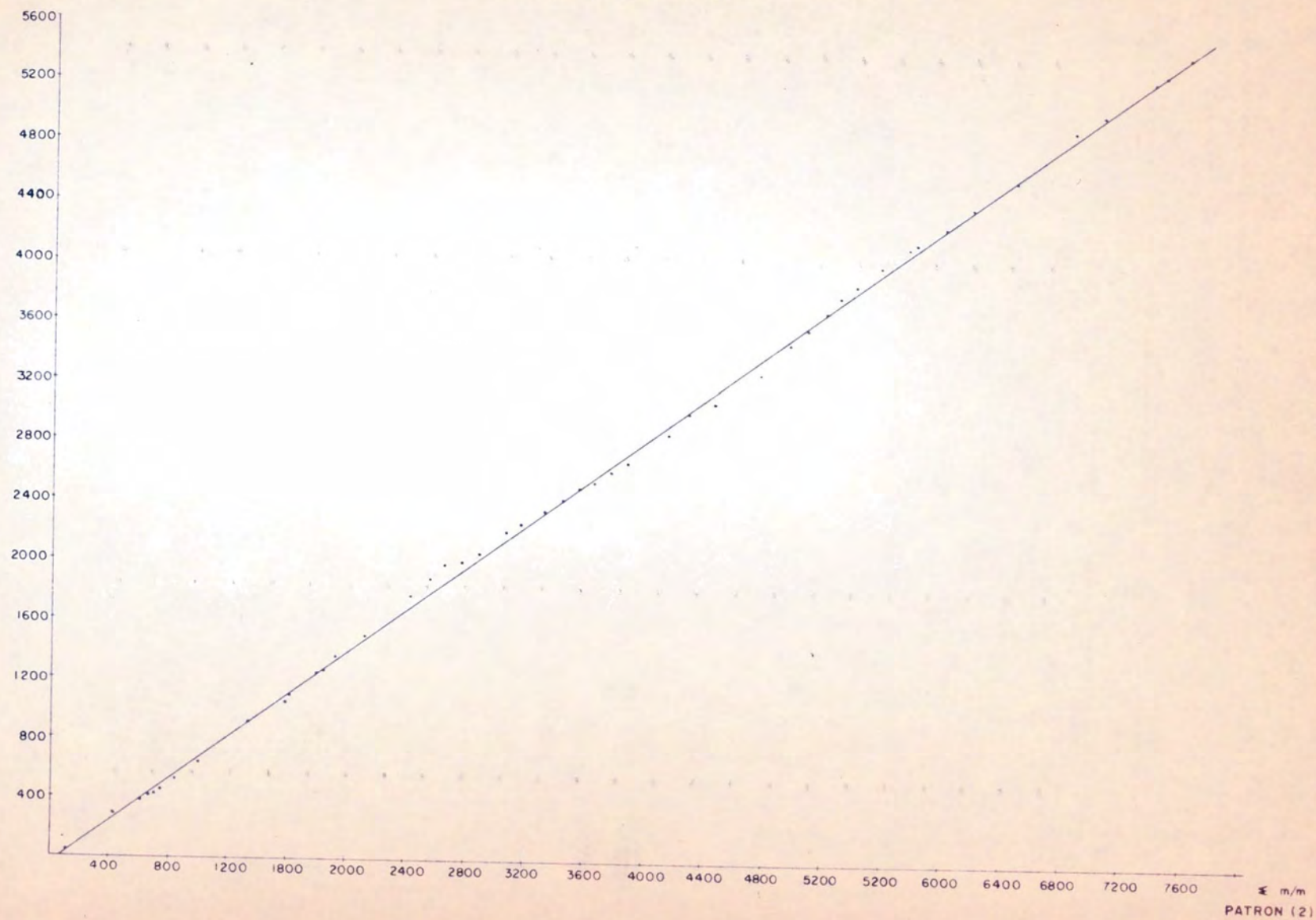
PATRON (2) Vs LA SERENA

<u>AÑO</u>	<u>PATRON (2)</u>	<u>LA SERENA</u>	<u>AÑO</u>	<u>PATRON (2)</u>	<u>LA SERENA</u>
74	106.75	49.7	49	3452.35	2430.0
73	220.85	107.0	48	3568.1	2502.3
72	464.9	300.6	47	3651.7	2536.1
71	615.95	380.7	46	3776.4	2610.8
70	678.55	411.7	45	3878.1	2692.8
69	704.55	420.2	44	4154.75	2840.0
68	749.95	454.4	43	4276.2	2924.4
67	849.4	534.0	42	4476.35	3067.2
66	1014.45	645.7	41	4770.5	3277.1
65	1278.15	868.3	40	4951.35	3455.8
64	1349.05	893.7	39	5076.55	3575.0
63	1583.75	1071.1	38	5192.05	3689.5
62	1637.65	1105.4	37	5284.9	3785.3
61	1791.9	1238.5	36	5427.2	3846.2
60	1837.5	1248.9	35	5549.7	3916.9
59	1924.3	1347.7	34	5735.35	4097.4
58	2118.25	1507.3	33	5791.05	4149.9
57	2424.65	1778.2	32	5984.35	4272.7
56	2555.75	1875.4	31	6163.3	4379.9
55	2633.05	1919.5	30	6472.05	4577.2
54	2763.3	2007.3	29	6642.2	4693.5
53	2890.15	2049.6	28	6827.6	4899.5
52	3079.35	2214.8	27	7022.35	5040.6
51	3179.95	2258.4	26	7377.55	5239.8
50	3320.9	2339.2	25	7440.6	5280.1

LA SERENA

± m/m

GRAFICO CURVA DOBLE MASICA
LA SERENA v/s PATRON (2)



PATRON (3) Vs LAS RAMADAS

AÑO	PATRON (3)	LAS RAMADAS
74	92.5	109.0
73	151.95	243.0
72	409.41	844.0
71	487.8	982.0
70	577.55	1104.9
69	613.05	1278.1
68	644.95	1346.1
67	768.7	1441.6
66	927.2	1784.1
65	1258.45	2344.1
64	1420.45	2482.6
63	1795.45	3011.6
62	1829.95	3177.1
61	2094.7	3625.1
60	2212.7	3718.6
59	2375.7	3935.6
58	2441.7	4075.1
57	2719.7	4483.1
56	2853.2	4561.1
55	2943.7	4646.6
54	3108.7	4881.6
53	3310.7	5205.1
52	3483.2	5484.1
51	3560.2	5603.1
50	3688.7	5842.1
49	3872.7	6047.1
48	4029.2	6353.1
47	4197.7	6536.1
46	4305.2	6680.6

GRAFICO CURVA DOBLE MASICA

PATRON(3) $\frac{1}{2}$ LAS RAMADAS

Pisco Elqui + Sta Virginia

2

PATRON(3)

Σ mm

4800

4400

4000

3600

3200

2800

2400

2000

1600

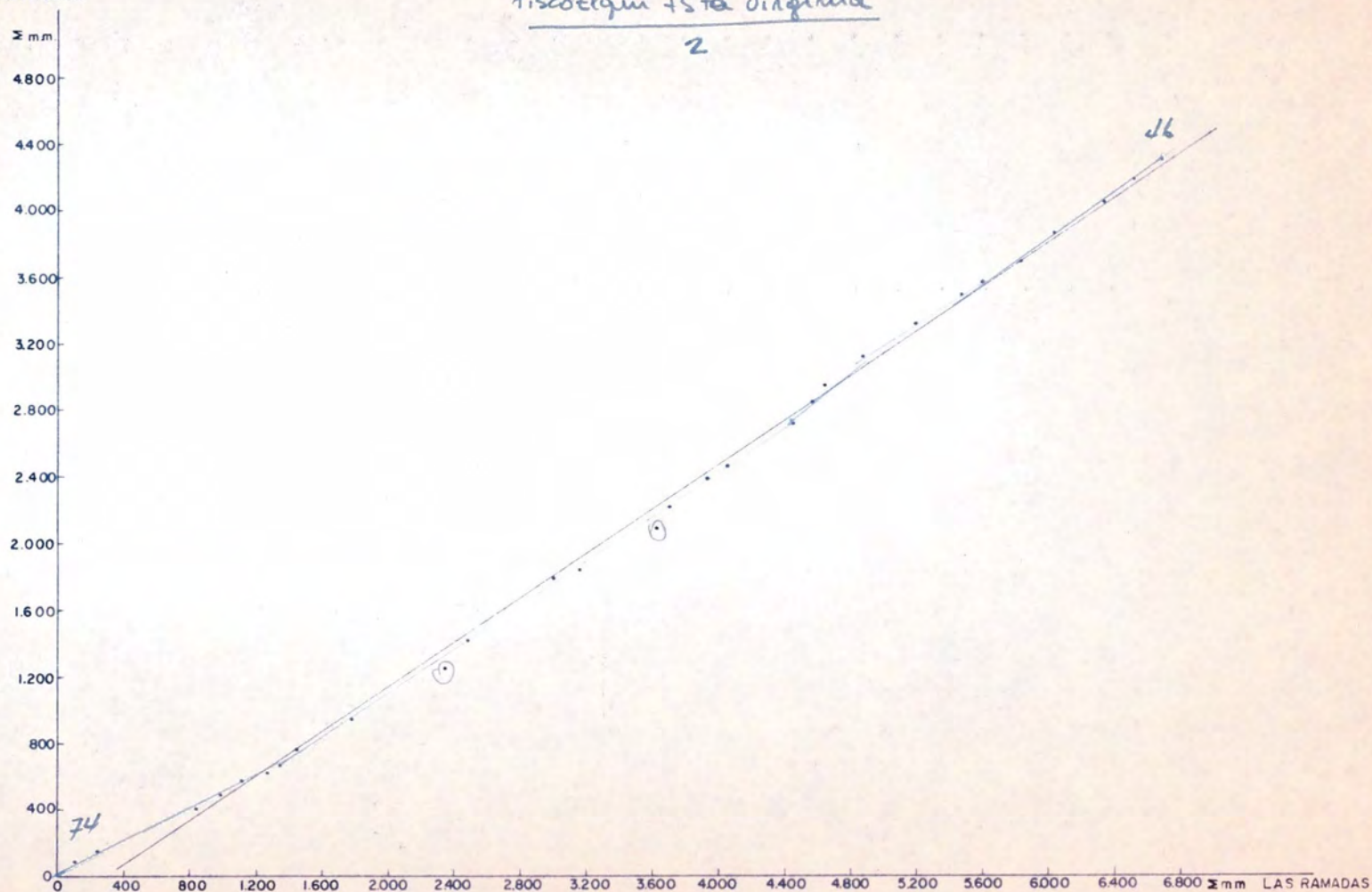
1200

800

400

0

0 400 800 1200 1600 2000 2400 2800 3200 3600 4000 4400 4800 5200 5600 6000 6400 6800 Σ mm LAS RAMADAS



9.2 MODELO PARAMETRICO PARA EL ANALISIS DE LA VARIANZA

El modelo se aplicará usando un sólo factor y como tal se considerarán los meses. Independientemente este método puede ser afinado con la introducción de otros factores que pueden ser elegidos de acuerdo a su mayor o menor grado de influencia en la homogeneidad de la serie.

9.2.1 Descripción del Método

Sea $X_{i,j}$ la i -ésima observación en la j -ésima estación

Sea n_j el número de observaciones de la j -ésima estación

Sea r el número de estaciones

Entonces la suma de las observaciones de la estación j desde el mes $i = 1$ a $i = n$, resulta:

$$T_{..j} = \sum_{i=1}^n X_{ij}$$

De donde la media de la estación j queda dada por,

$$\bar{X}_j = T_{..j} / n_j$$

Por su parte la suma total de las observaciones de las j estaciones durante los i meses es

$$T_{..} = \sum_{j=1}^r T_{..j}$$

ESTACIONES

ESTACIONES	1	2	3	4		r
MESES	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}		x_{1r}
	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}		x_{2r}
						
						
						
	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{n4}		x_{nr}
	$T_{.1}$	$T_{.2}$	$T_{.3}$	$T_{.4}$		$T_{.r}$ $T_{..}$

La hipótesis que se plantea en nuestro caso es la siguiente:

$-H_0$ = Implica que el comportamiento de las precipitaciones en cada estación está de acuerdo con una tendencia general de todas las estaciones consideradas.

$-H_a$ = Al menos una estación tiene un comportamiento diferente a las demás

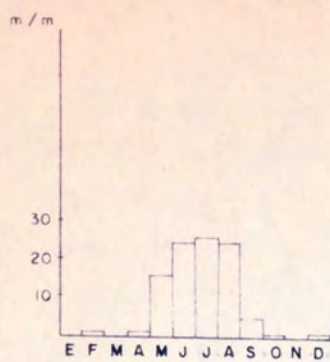
$SST = \sum x_{ij}^2 - T_{..}^2 / N$ fórmula de suma total de cuadrados, en que $N = n \times r$

$SSB = \sum T_{.j}^2 / n_j - T_{..}^2 / N$ Fórmula de la suma de los cuadrados dentro de las estaciones

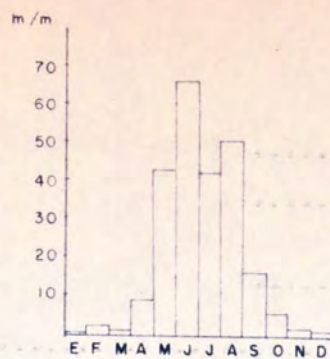
$SSE = SST - SSB$ Suma de cuadrados residuales.

HISTOGRAMA

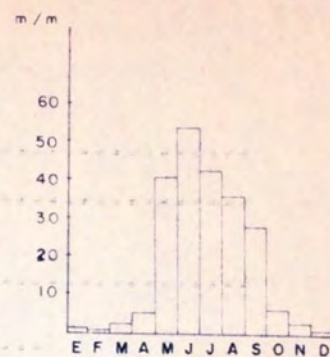
PROMEDIO DE PRECIPITACIONES MENSUALES EN UN PERIODO DE 25 AÑOS



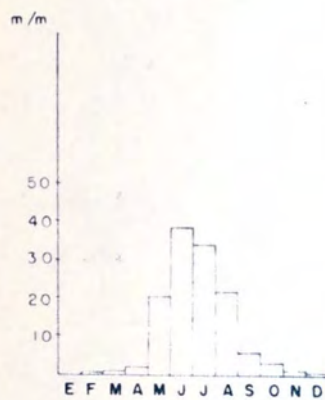
PISCO ELQUI



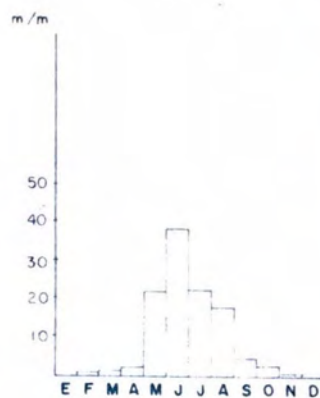
LAS RAMADAS



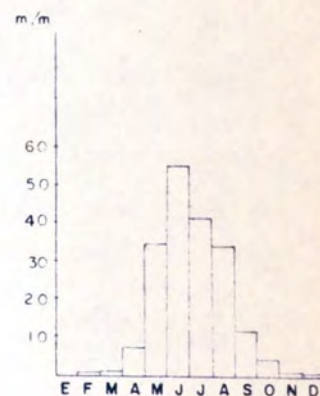
STA VIRGINIA



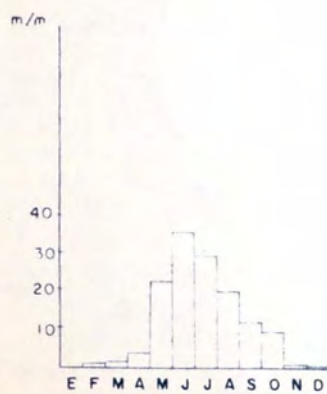
LA SERENA



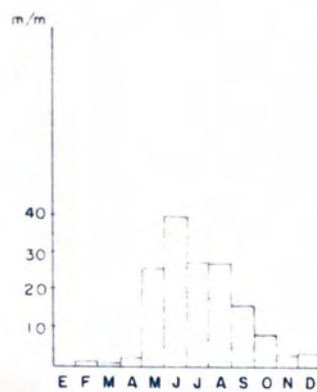
COQUIMBO



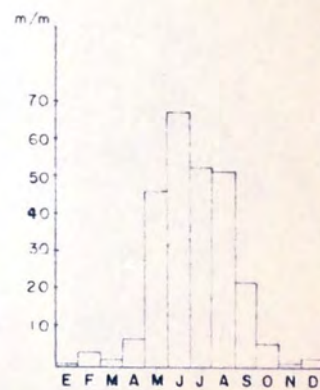
P. OSCURO



VICUÑA



OVALLE



COMBARBALA

9.2.2 Aplicación a las Estaciones Pluviométricas

El análisis se llevará sobre el promedio mensual de precipitaciones para 9 estaciones.

El cuadro siguiente entrega los valores de los promedios mensuales para todo el conjunto de estaciones seleccionadas.

LA SERENA	VICUÑA	OVALLE	LAS RAMAD.	COMB.DOS	S.VIRG.	COQUIMB.	P.OSCURO	P.ELQUI
0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.7	0.0	0.2	0.3
0.6	0.8	2.0	2.6	3.6	0.5	0.6	1.1	1.6
0.8	1.3	0.6	1.5	1.8	3.1	0.9	1.3	0.2
2.3	3.6	2.0	9.5	7.8	6.4	1.7	7.1	1.6
21.2	23.3	26.2	44.5	47.3	41.2	22.3	35.4	16.3
38.9	36.0	40.6	67.1	68.2	54.6	39.0	56.0	25.3
32.8	29.8	27.9	43.8	53.5	43.9	23.3	42.5	26.8
22.1	25.6	27.6	51.8	51.5	36.7	18.5	35.4	25.2
6.1	7.2	16.0	17.4	12.2	18.4	5.1	13.3	5.4
3.4	4.2	7.4	6.8	6.1	7.1	3.1	4.9	0.3
0.7	0.9	3.4	2.2	0.7	3.5	0.5	1.7	0.1
0.4	0.3	4.4	2.0	2.1	0.5	0.6	1.1	0.8
130.5	133.0	157.1	249.5	255.2	216.2	114.7	200.0	93.9 T.j
1419.185	1474.083	2056.70	5187.52	5427.25	3895.203	1096.34	3333.33	734.77 T.j ² /n _j

$$T_{..} = 1550.1 ; T_{..}^2 = 2402810.01 ; T_{..}^2 / N = 22248.24 ; T.j/n_j = 24624.386$$

$$N = 108 ; R = 9 ; X_{ij}^2 = 56886.91$$

Aplicando las fórmulas vistas en el punto 9.2.1 se tiene los siguientes resultados

$$SST = 34638.67$$

$$SSB = 2376.146$$

$$SSE = 32262.524$$

Con estos valores se construye entonces la ANDEVA ó ANOVA. (cuadro de análisis de varianza).

De esta ANOVA se obtiene un $F_{\text{observado}}$ cuya correspondencia se encuentra en la tabla de Fisher.

<u>ANOVA</u>				
<u>FUENTE</u>	<u>G.L.</u>	<u>SS</u>	<u>MS</u>	<u>F</u>
Entre Estaciones	(R-1) 8	2376.146	297.018	0.911
Residual	(N-R) 99	32262.524	325.884	
TOTAL	N-1 = 107	34638.67		

Luego comparando el $F_{\text{observado}}$ y el $F_{\text{de tabla}}$ obtenido este último con un nivel de confianza 0.05, y con los grados de libertad $r - 1 = 8$ y $N - r = 99$, se obtiene lo siguiente:

Si ... $F_{\text{tabla}} < F_{\text{observado}}$ se acepta la hipótesis H_0

En el caso analizado se tiene que F toma los siguientes valores:

$$F_{\text{tabla}} = 2.03, \quad F_{\text{observado}} = 0.911$$

Por lo tanto esto nos permite la aceptación de la hipótesis de que el comportamiento de las precipitaciones en cada estación sigue una tendencia general del conjunto de ellas.

10.- DISTRIBUCION GAMMA INCOMPLETA

Dado el caracter discontinuo del parámetro precipitación, éste se vé afectado por una gran variabilidad, la que es preciso cuantificar de alguna manera para obtener los rangos aproximados de estas variaciones. La fluctuación de los totales anuales de un año cualquiera respecto al siguiente ó al precedente, puede ser muy significativa, en especial se nos situamos en la IV Región, ya que de un año sin precipitaciones se puede pasar a uno con total anual del orden de 300 mm.

La función de repartición Gamma Incompleta, entrega los mados necesarios para la estimación en probabilidades de los rangos de variación pluviométrica. Como se verá más adelante este ajuste funciona bastante bien para las series de esta región, ya que realizada su comprobación todos los ajustes fueron aceptados.

El empleo de función Gamma se efectuó sin saber que los ajustes serían aceptables. No obstante, es reconocida la representatividad de esta función en el fenómeno físico de las lluvias.

10.1 Principios de la Ley Gamma Incompleta

La función densidad de esta distribución es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} e^{-\frac{x}{\beta}} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}$$

donde $\int_0^{\infty} e^{-x} x^{\alpha-1} dx$ es la función Gamma

se demuestra que:

$$= \frac{1}{(cv)^2} = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

Si i es decir, $CV = 1$ (en este caso las precipitaciones de Chile a partir de la latitud 27° hacia el Sur), la curva de densidad tiene un comportamiento algebraico cerca del origen y exponencia al infinito, esto se debe a que hay numerosos valores pequeños y algunos muy grandes, lo que representa muy bien el fenómeno físico estudiado.

La aplicación práctica de esta distribución teórica se realizó por computación y con un programa que efectúa los cálculos de la media, la desviación estándar y parámetro para los totales mensuales y para el año hidrológico. Además entrega los valores de los cuartiles extremos y mediana calculados a partir de la ley Gamma Incompleta

10.2 Representación Gráfica

La representación gráfica se lleva de la siguiente manera :

- Se emplea papel probabilístico normal
 - Se establece una curva de frecuencia acumulada. En este caso esta acumulación se efectúa de los valores débiles hacia los fuertes.
 - Se calcula la frecuencia de aparición de cada suceso dentro de la serie.
- En esta parte se realiza un primer alisamiento de la curva por el empleo de la expresión siguiente, la que no permite llegar a valores 100%

$$P = \frac{2i - 1}{2N}$$

En que $N =$ N° de años de la Serie

$i =$ N° de orden dentro de la serie acumulada

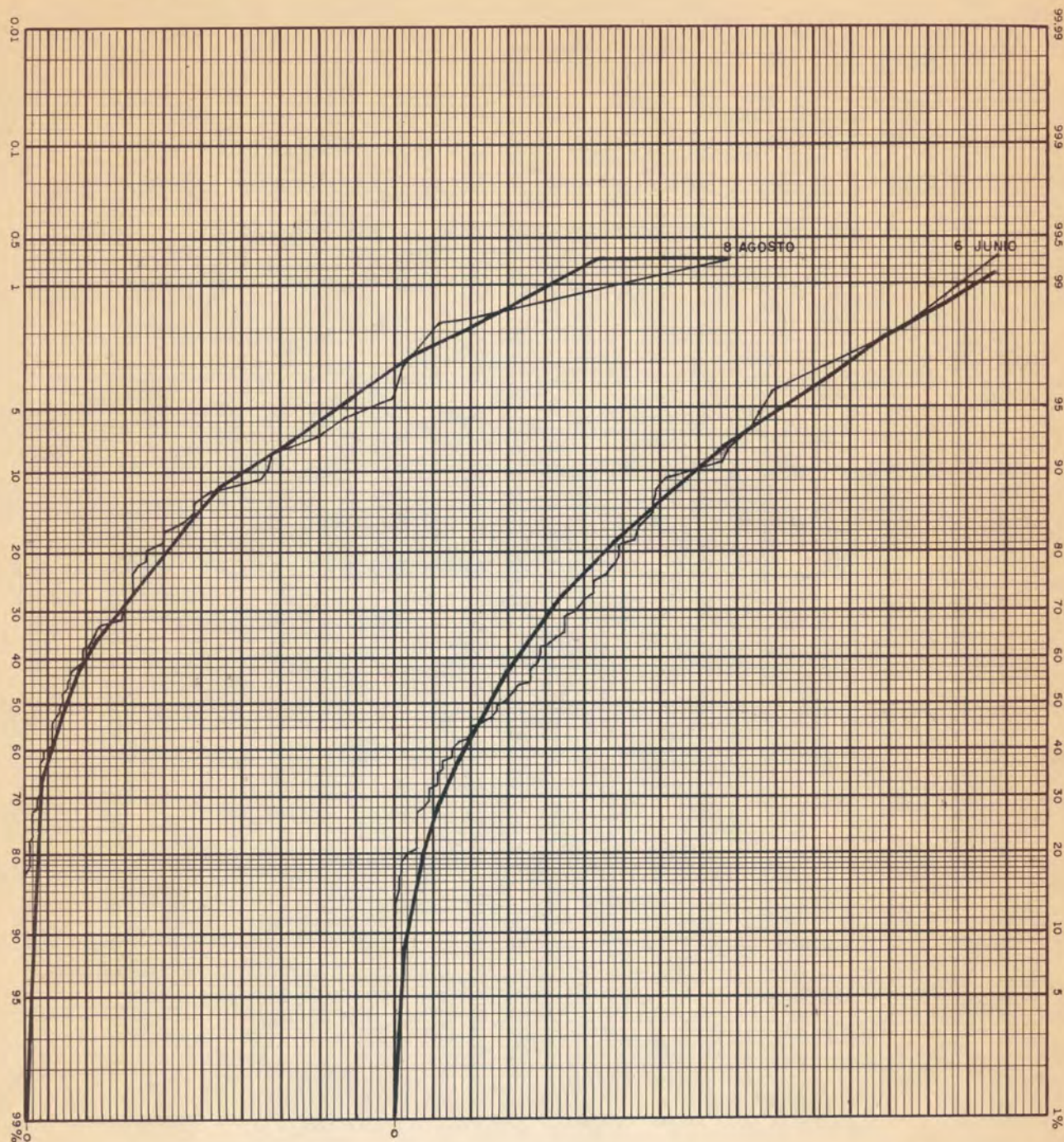
- Luego el ajuste se hace con los parámetros de la serie (x la media, y la desviación estándar).

En la ordenada (y) se ubica la probabilidad de que un valor cualquiera de precipitación sea sobrepasado un número dado de veces en un período de n años.

En la abscisa (x) se ubican las precipitaciones acumuladas en milímetros.

En las páginas siguientes se muestran los ajustes de las curvas de las frecuencias acumuladas a la distribución de la ley Gamma Incompleta.

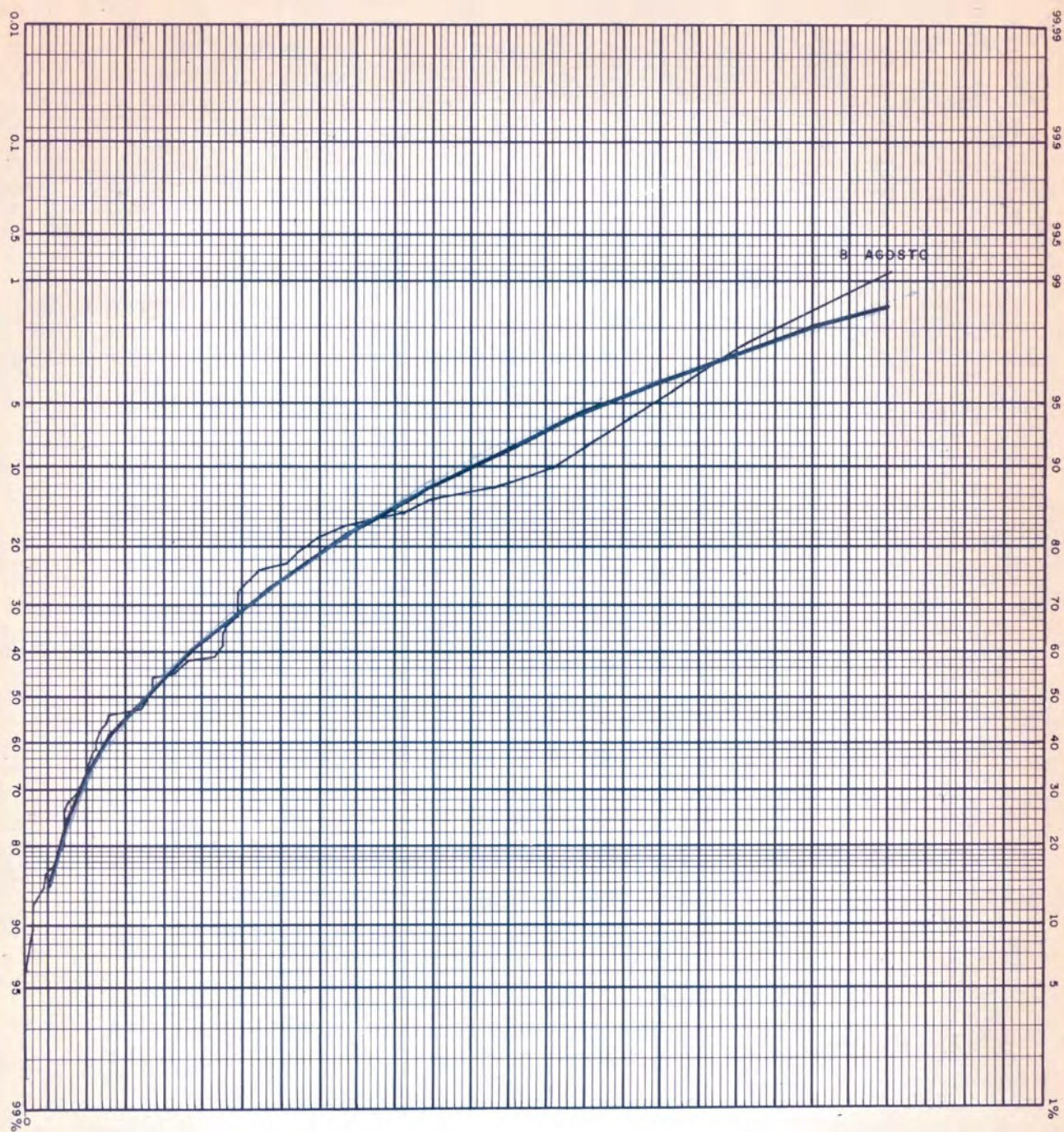
LA SERENA



Espacio entre líneas corresponde a 2mm.

— PRECIPITACION ACUMULADA
— FUNCION GAMMA INCOMPLETA

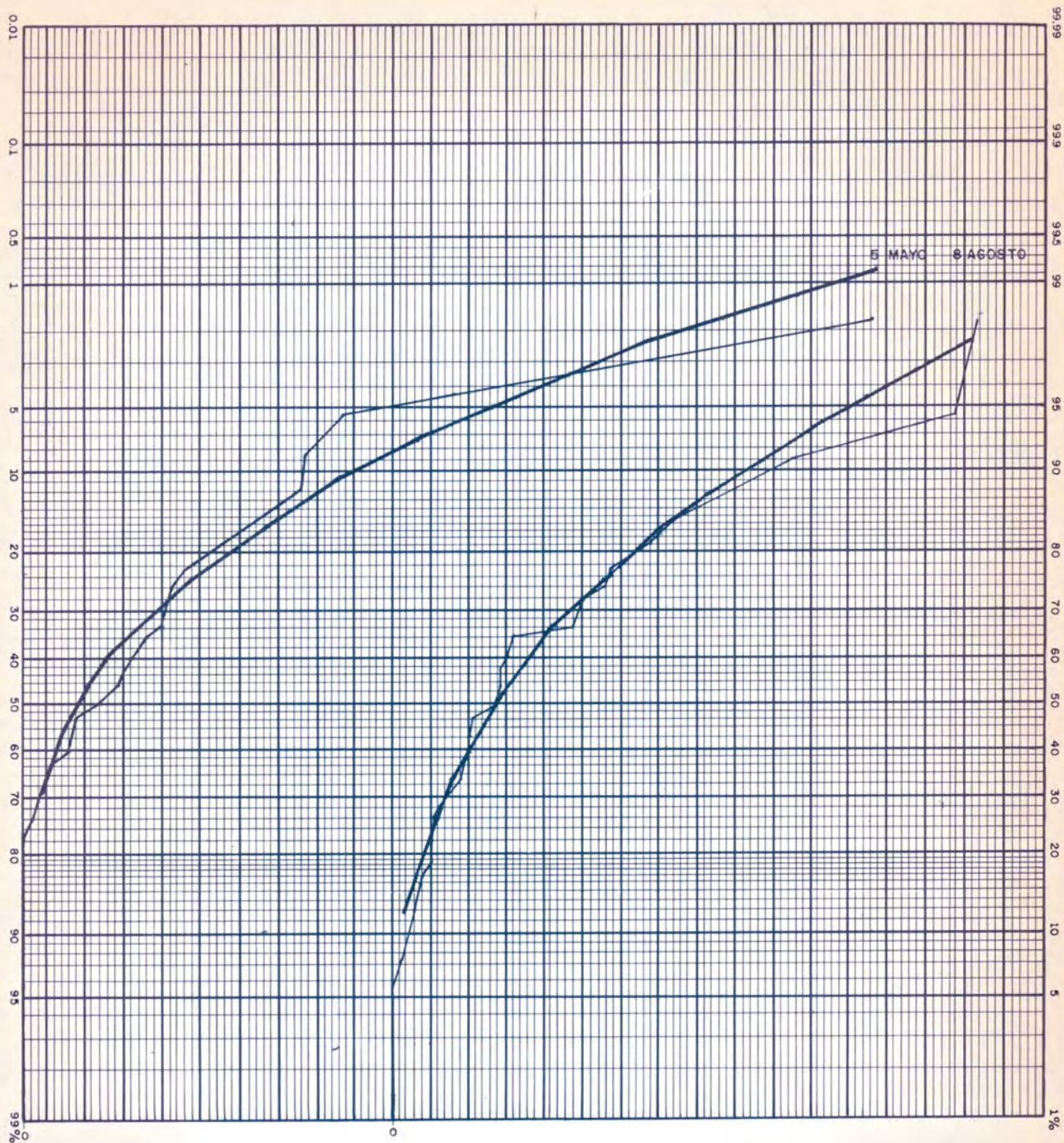
COMBARBALA



Espacio entre líneas corresponde a 2mm.

— PRECIPITACION ACUMULADA
— FUNCION GAMMA INCOMPLETA

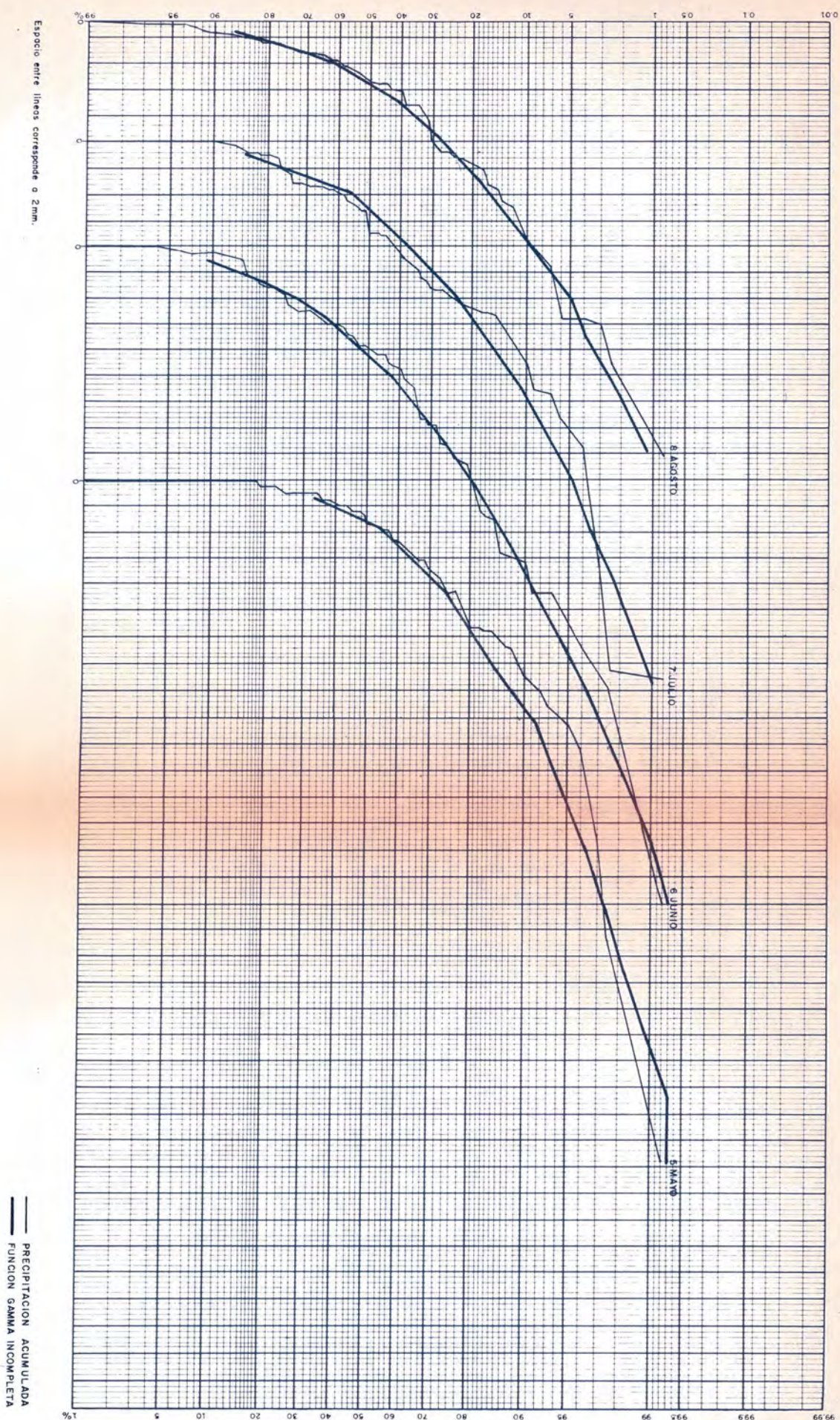
SANTA VIRGINIA



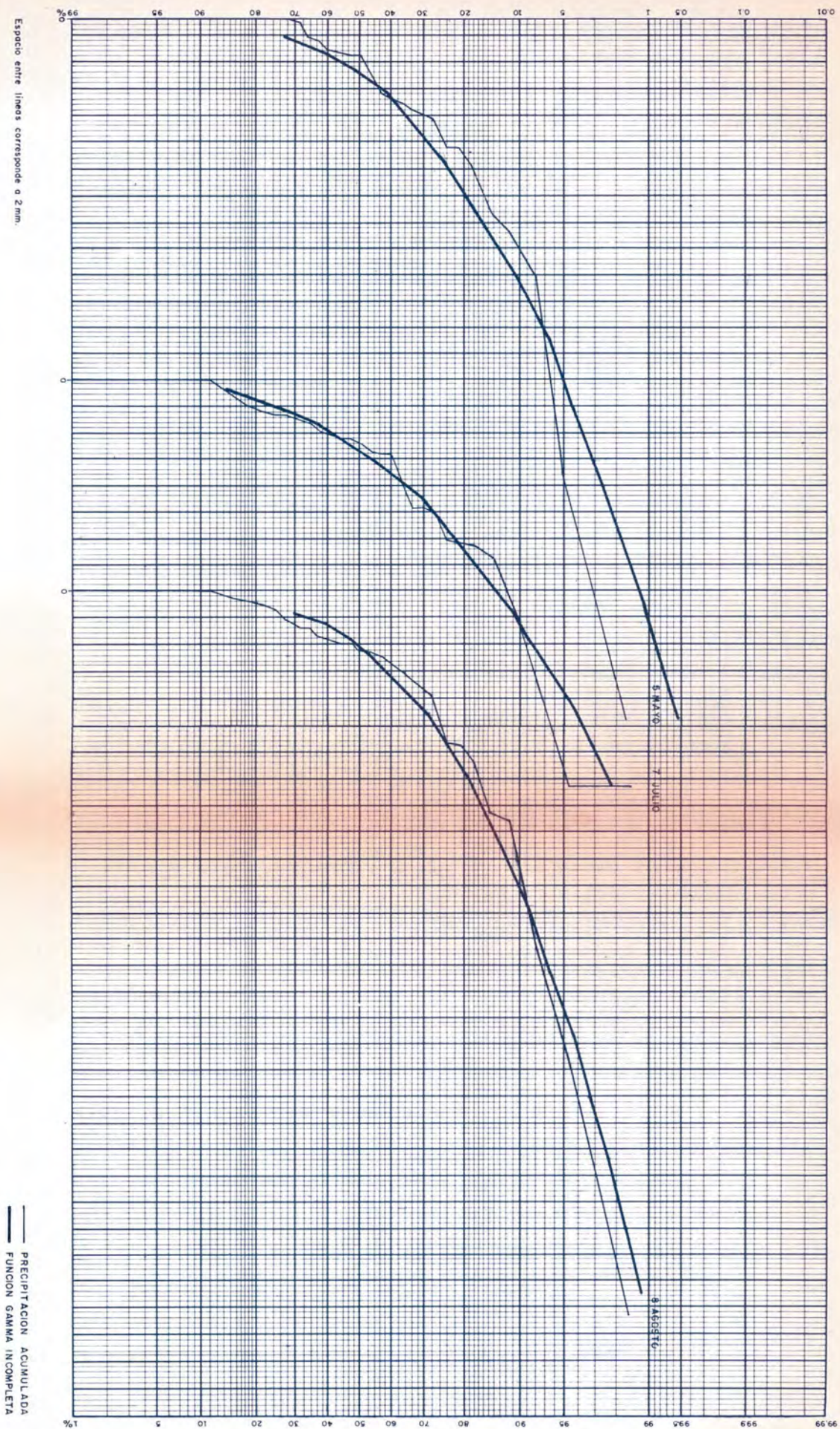
Espacio entre líneas corresponde a 2mm.

— PRECIPITACION ACUMULADA
 - - - FUNCION GAMMA INCOMPLETA

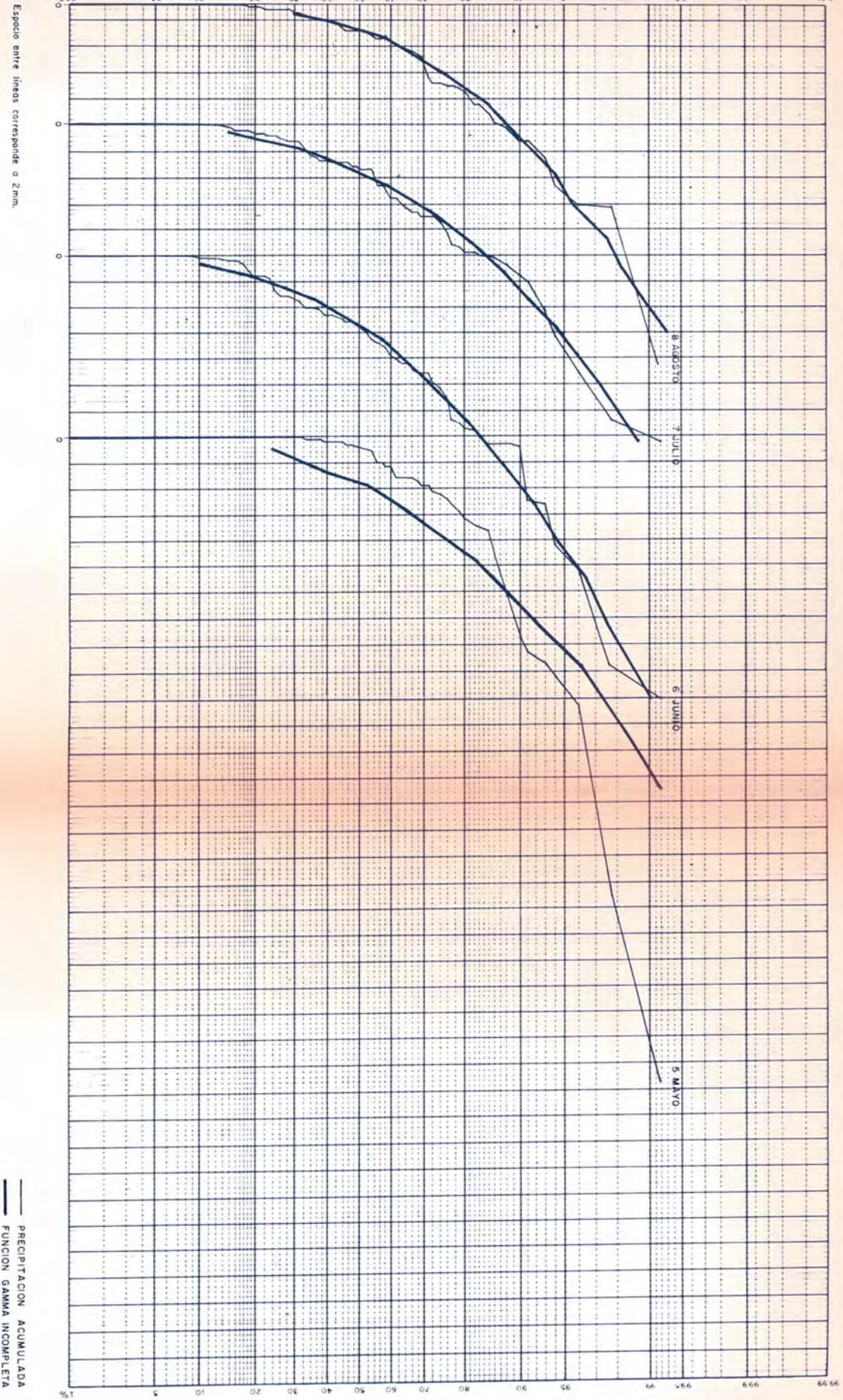
PUERTO OSCURO



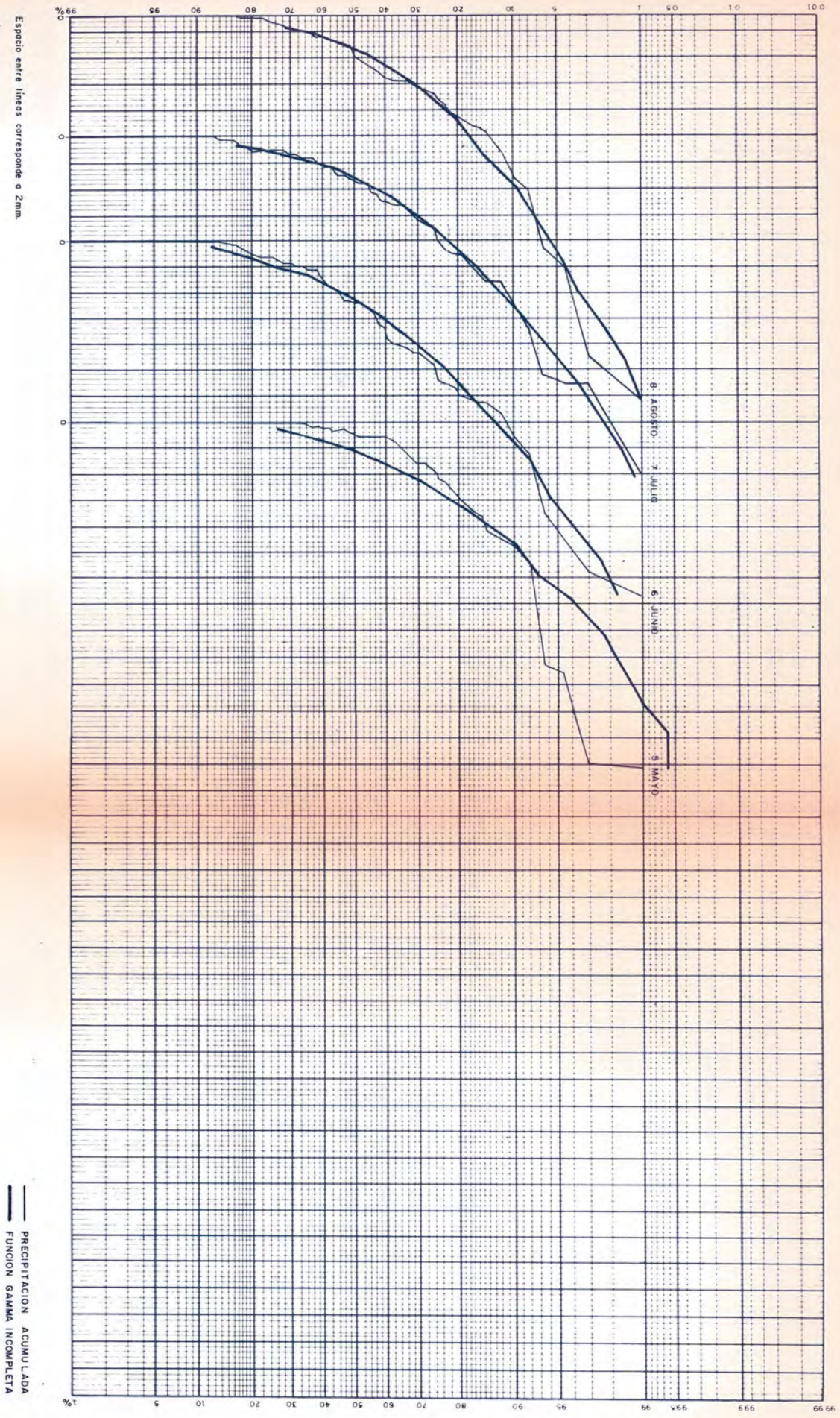
LAS RAMADAS



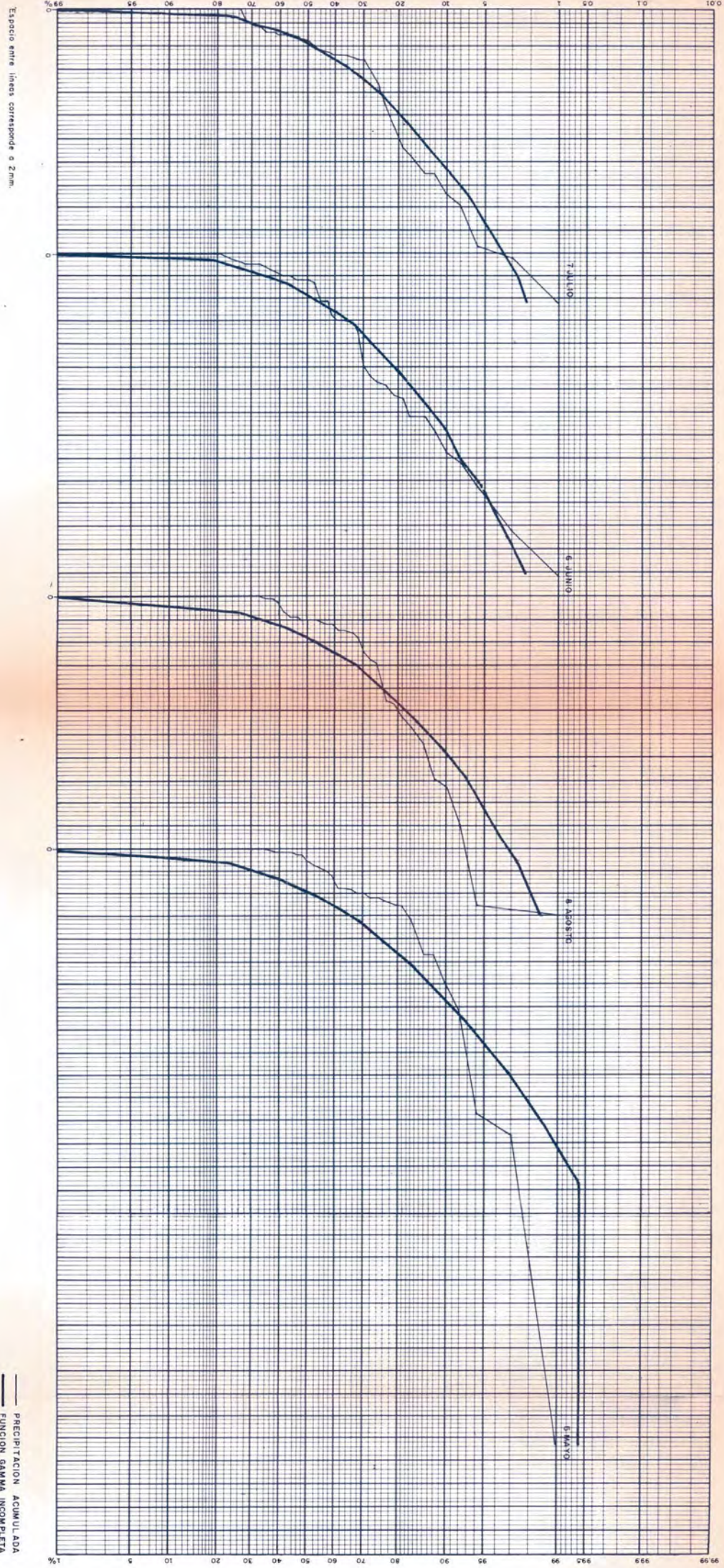
OVALLE



VICUÑA



PISCO ELQUI



10.3 Test de Calidad de Ajuste de para el año hidrológico

Para tener una mayor confiabilidad del ajuste según la , en el caso del año hidrológico, se analizarán las diferencias entre la curva de frecuencia acumulada (empírica) y la curva de la función ó distribución de referencia. El análisis de la diferenciación está dado por el test de calidad de ajuste probado por KOLMOGOROV-SMIRNOV.

Aplicación del Test

Sea F_n función empírica de una muestra

Sea F_0 función distribución teórica de referencia

Sea n el N° de datos de la muestra

Sea el estadígrafo base observado $D_n = \sup_x |F_n(x) - F_0(x)| / D_n$ tiene una cierta distribución probabilística bajo la hipótesis nula, H_0 : La distribución de la muestra corresponde a F_0 .

Esta distribución va a depender del tamaño de la muestra (n) y es en general independiente de F_0 .

Los valores críticos de D_n se pueden determinar y tabular en función de (n) para los diferentes niveles de significancia.

Si el valor observado D_n es menor que el valor de tabla $D_{crítico}$ entonces podemos aceptar la hipótesis nula H_0 .

En este trabajo se verá para cada estación la calidad del ajuste realizado por rechazando aquellos en que la diferencia $D_n - D_{crítico}$ mayor que cero.

En el siguiente cuadro se entregan los valores de las diferencias D_n y $D_{crítico}$ para las distintas series:

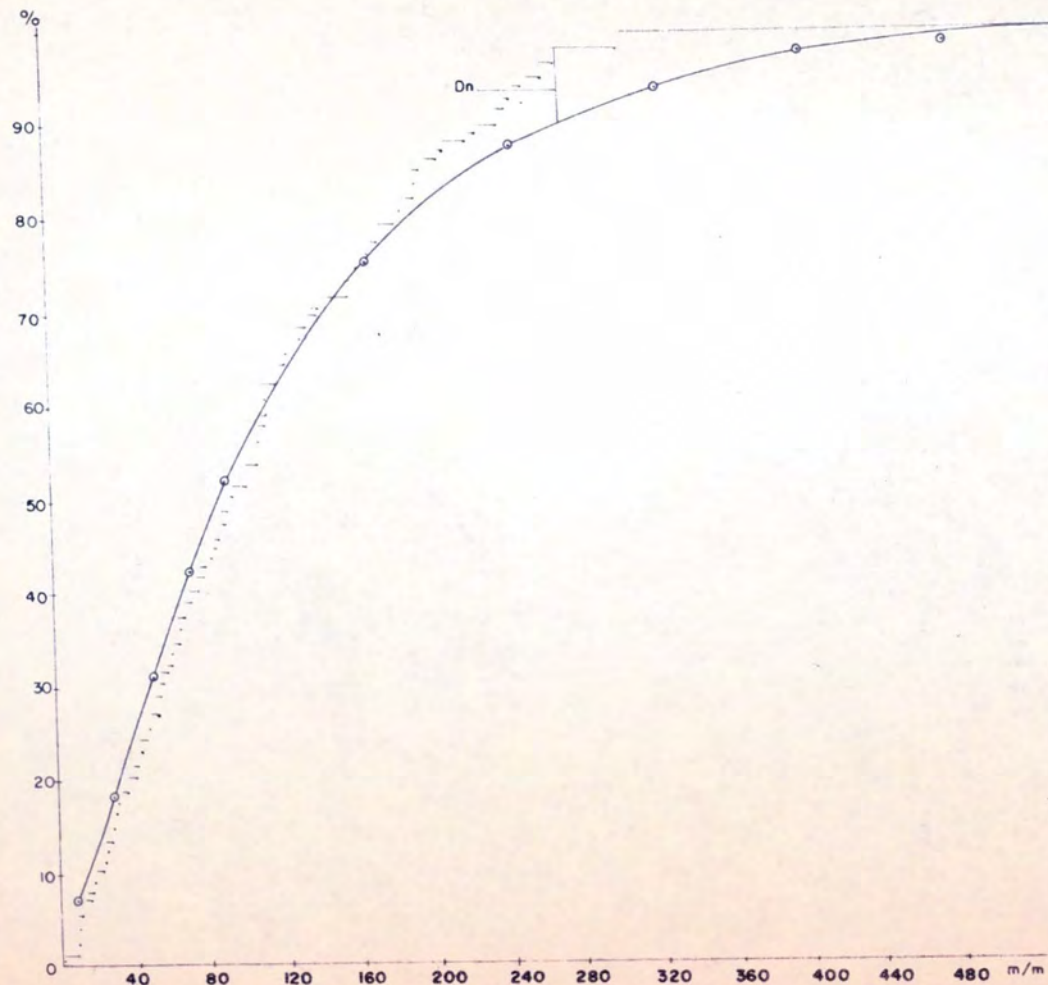
ESTACION	Nº DE AÑOS	D_n	$D_{crítico}$
OVALLE 305.14	63	0.088	0.16823
PUNTA TORTUGA	76	0.068	0.15342
PUERTO OSCURO	64	0.059	0.16693
PISCO ELQUI	45	0.060	0.19837
VICUÑA	55	0.070	0.17981
SANTA VIRGINIA	29	0.126	0.24571
LA SERENA 304.04	80	0.082	0.14960
LAS RAMADAS	31	0.137	0.23788
COMBARBALA	56	0.073	0.17823

En resumen del cuadro se deduce que todos los ajustes son aceptables ya que los D_n son menores que los $D_{críticos}$.

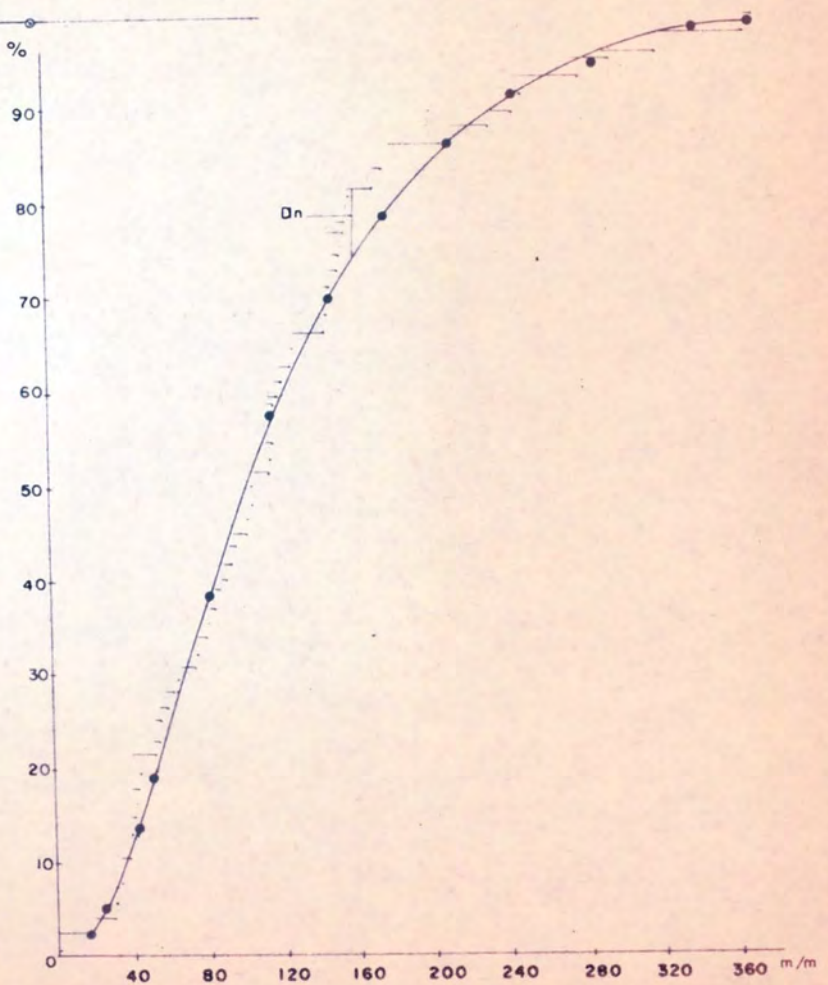


AJUSTE DE LAS PRECIPITACIONES ACUMULADAS
 A LA LEY GAMMA INCOMPLETA
 DISTRIBUCION TEORICA

Est.
 LA SERENA



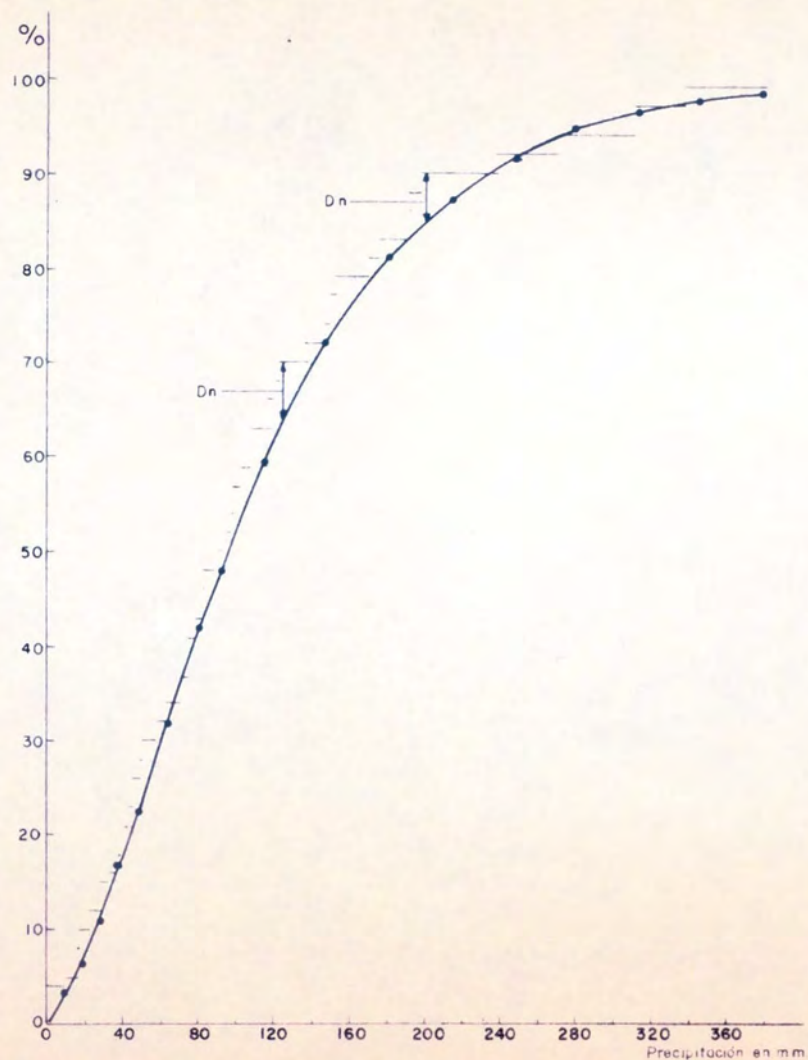
Est.
 OVALLE



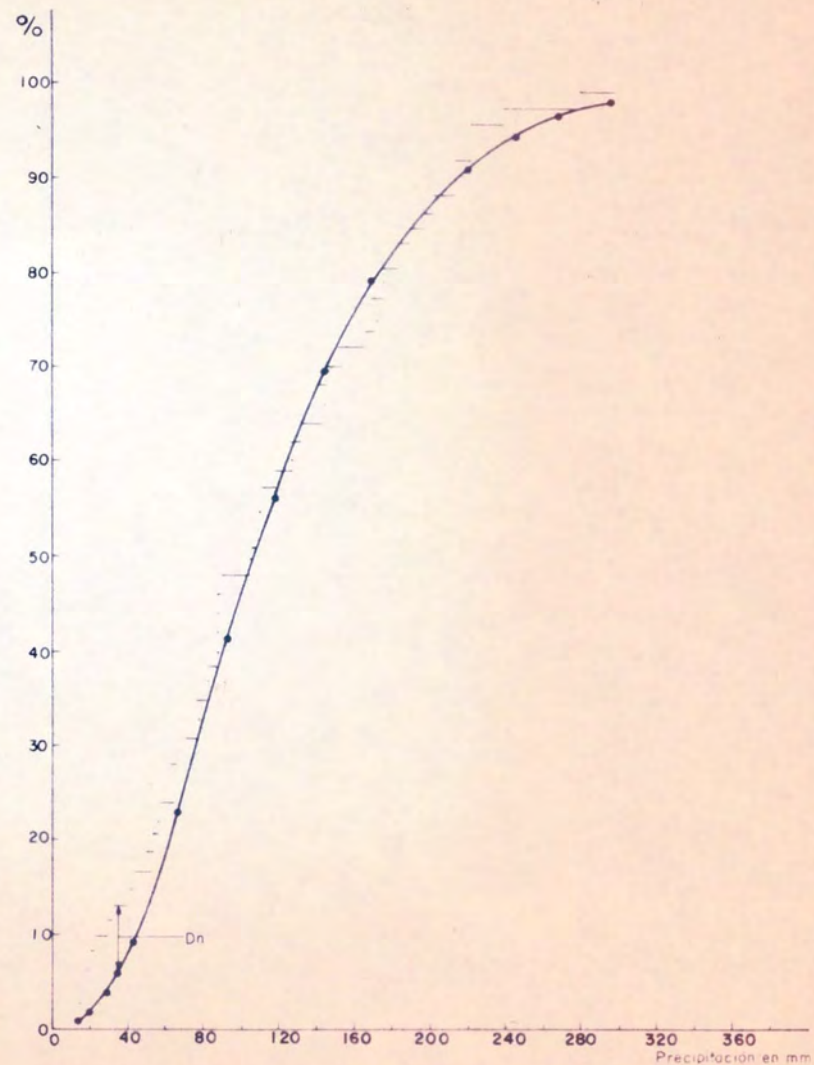
AJUSTE DE LAS PRECIPITACIONES ACUMULADAS A LA LEY GAMMA INCOMPLETA

DISTRIBUCION TEORICA

Est.
PISCO DE ELQUI

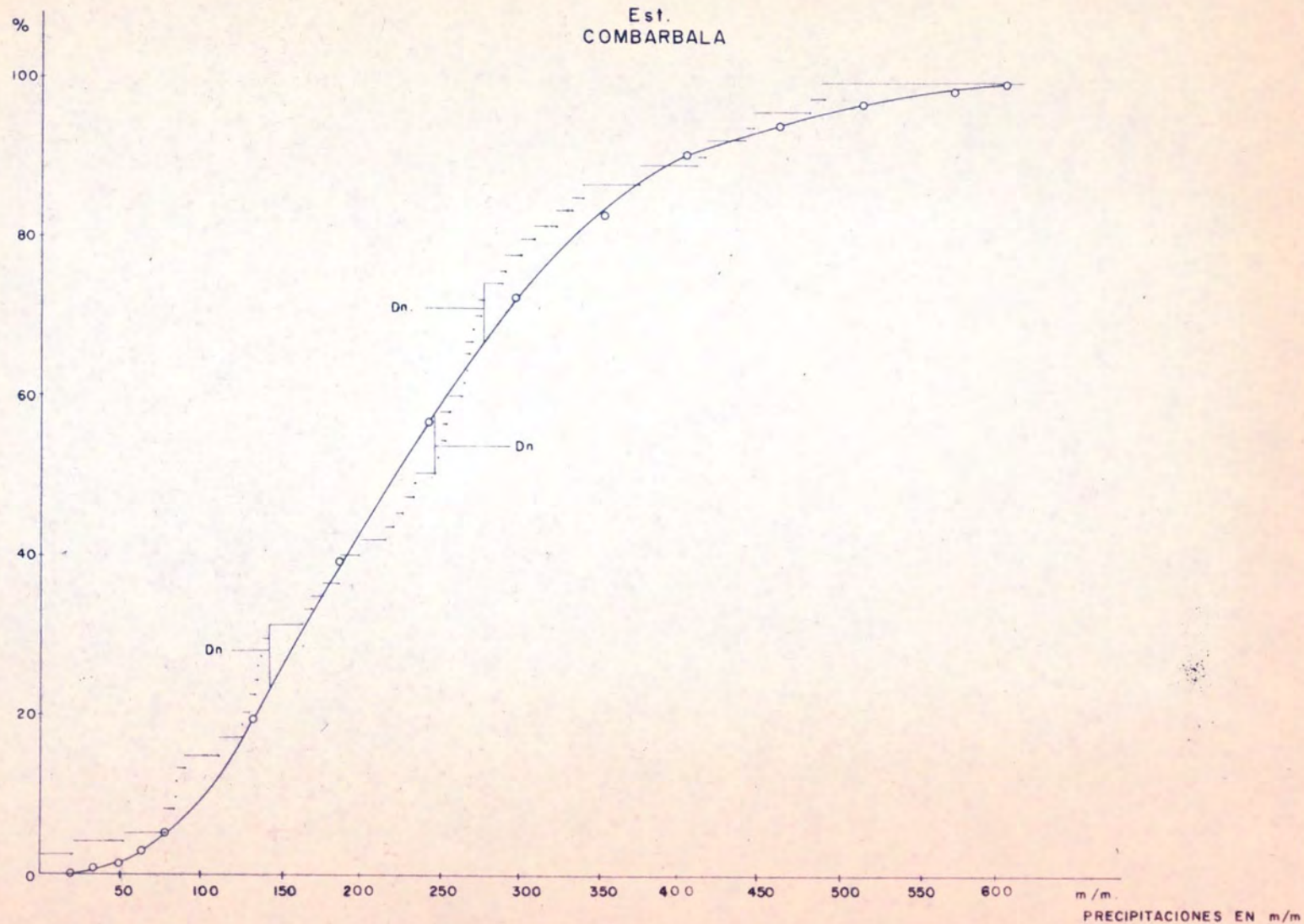


Est.
VICUÑA



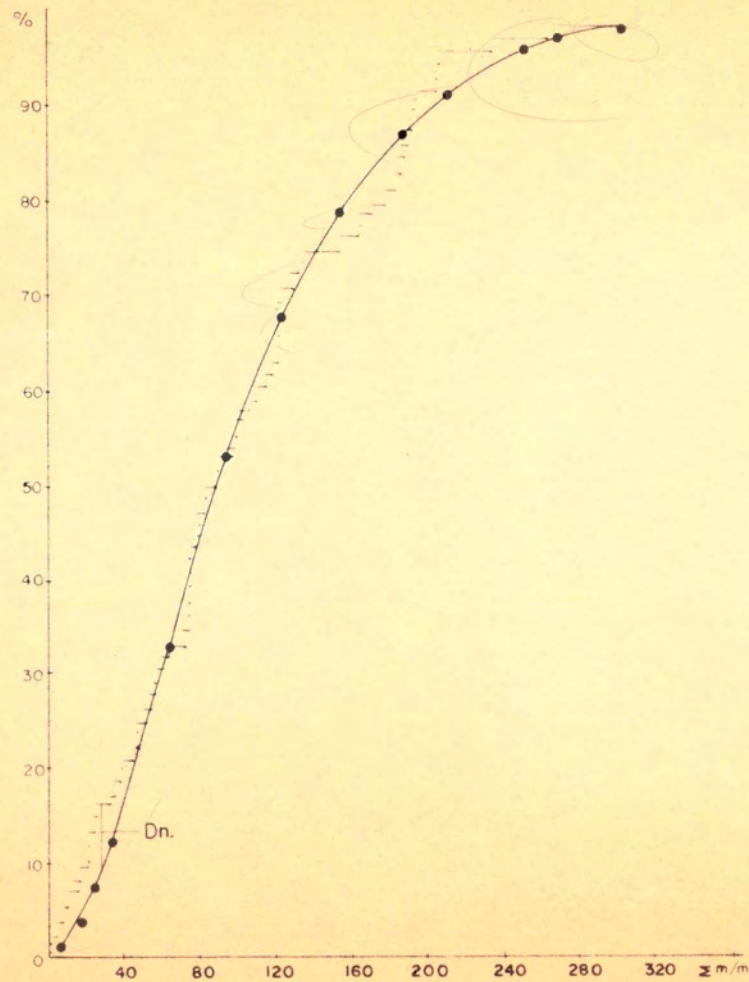
AJUSTE DE LAS PRECIPITACIONES ACUMULADAS
A LA LEY GAMMA INCOMPLETA
DISTRIBUCION TEORICA

Est.
COMBARBALA

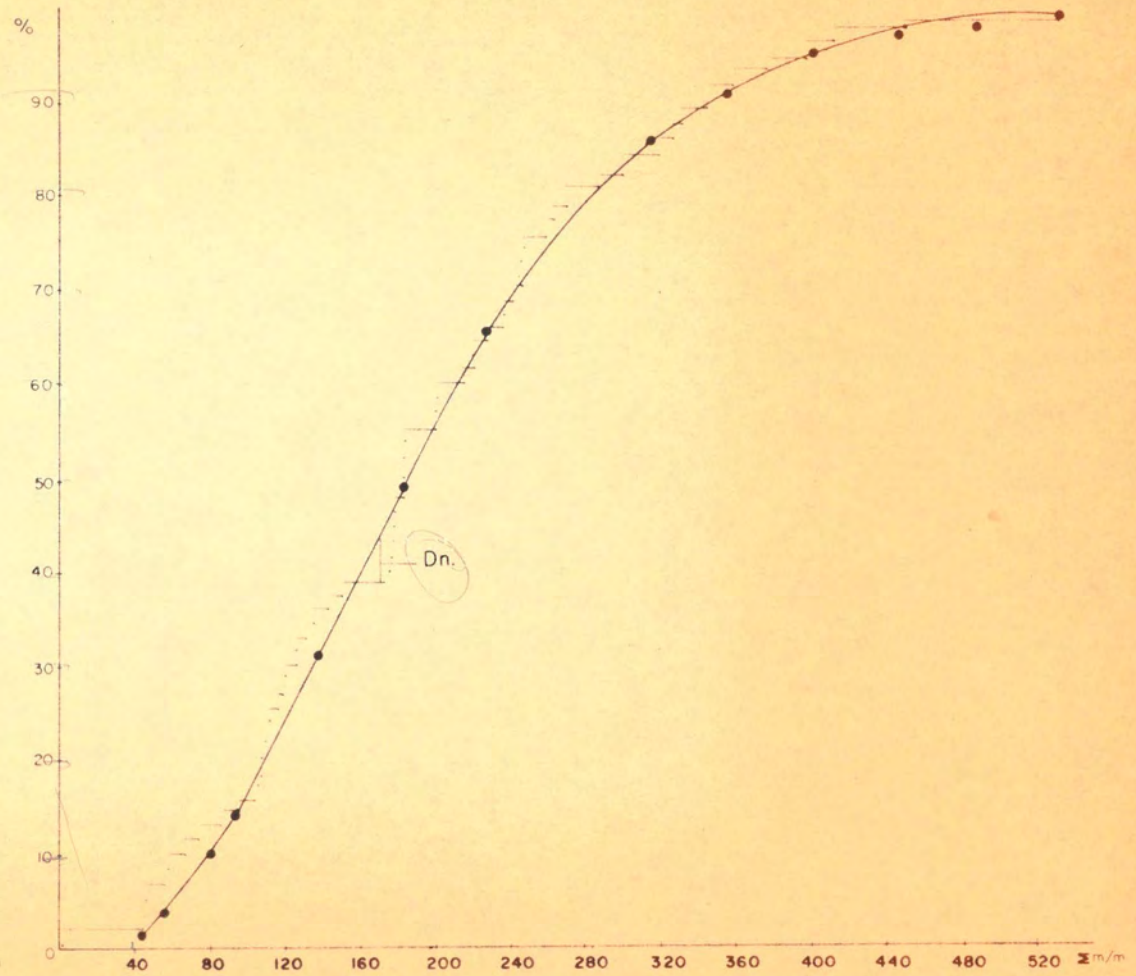


AJUSTE DE LA PRECIPITACIONES ACUMULADAS
 A LA LEY GAMMA INCOMPLETA
 DISTRIBUCION TEORICA

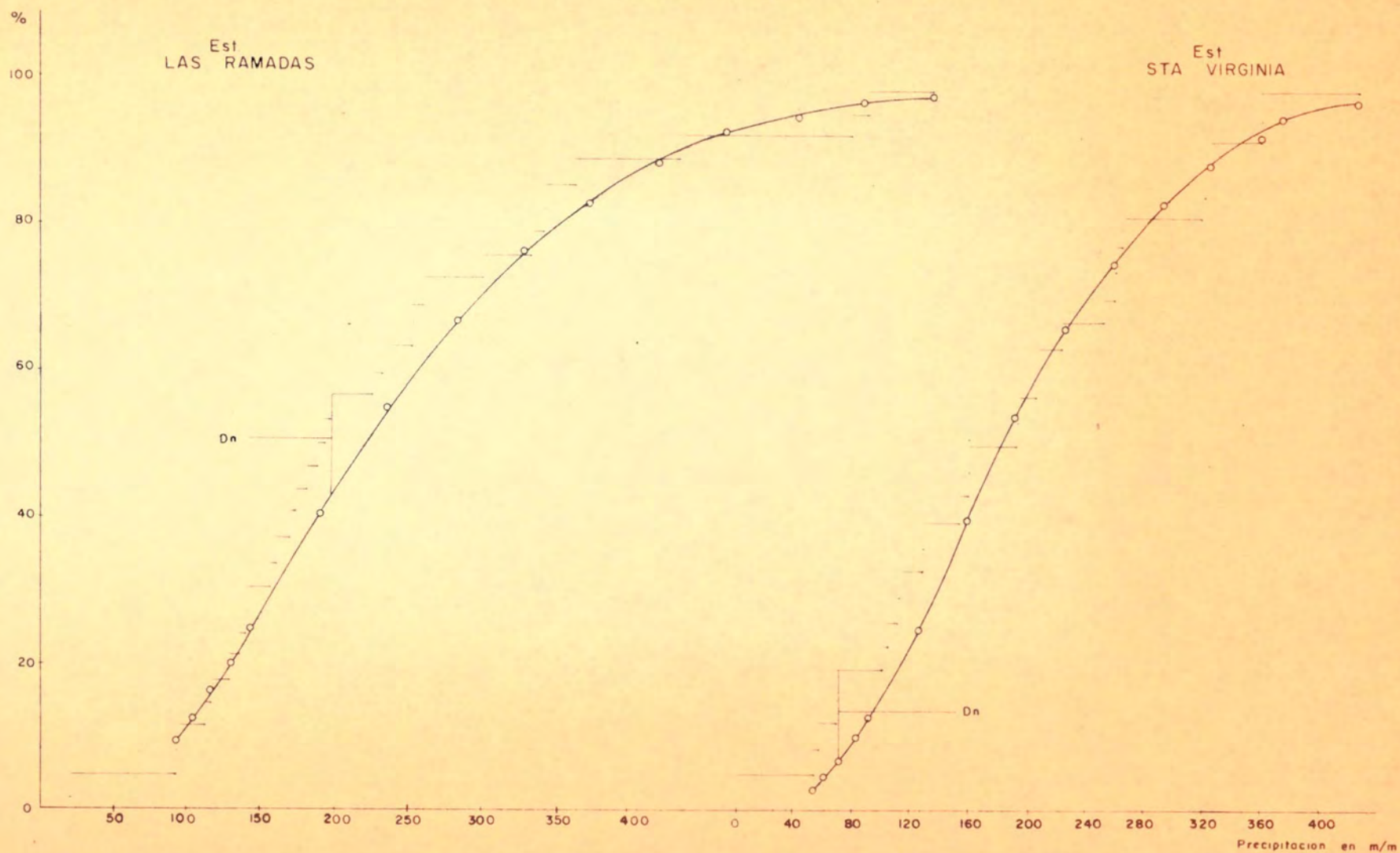
Est
PTA. TORTUGA



Est
PRTO OSCURO



AJUSTE DE LAS PRECIPITACION ACUMULADAS
A LA LEY GAMMA INCOMPLETA
DISTRIBUCION TEORICA



CONCLUSIONES

El presente estudio estaba dirigido al recuento y procesamiento de la información pluviométrica, además a la aplicación de técnicas estadísticas que permitieran el manejo y utilización de estos datos, este objetivo se logró con la utilización de técnicas de muestreo, cálculo de correlaciones, rellenos de datos mediante el empleo de los mínimos cuadrados, ajuste de curvas, análisis de varianza y test de ajuste de curvas. Con lo cual, se obtuvo una descripción general del régimen pluviométrico de la zona. Del análisis efectuado se desprende que para las series pluviométricas, la distribución Gamma incompleta resultó ser un buen ajuste para el año hidrológico. No obstante esto no significa que los meses tengan la misma distribución, como podemos apreciar en la representación gráfica del ajuste de ellos. Se puede ver que solamente los meses más lluviosos como Junio, Julio y Agosto poseen un buen ajuste, sin embargo los meses restantes no presentan un ajuste confiable como es el caso de Mayo, e incluso los meses de verano, no poseen ajuste según incompleta, hecho debido al gran N^o de valores nulos que poseen las series mensuales. Quedando, indudablemente para una tarea posterior el análisis de los meses no ajustados, y la búsqueda de otra Ley de distribución probabilística que permita caracterizar en forma clara los mencionados "meses secos".

A manera de conclusión final se puede decir que si todas las estaciones del área tuvieran estadística continuada por períodos más ó menos largos, la tendencia general de homogeneidad con la distribución debería mantenerse.

A N E X O

BIBLIOGRAFIA

- Antonioletti R. Rodrigo et al : Características Climáticas del NORTE CHICO
- Bois Philippe : Las Lluvias Anuales en Chile.
Análisis Estadístico
- Borcosque José Luis : Les Precipitations dans les Bouches du
Rhône et au CHILI Central : Methodologie
et Contrastes Regionaux.
- C I E N E S : Conferencias sobre muestreo
- Cochran William G. : Técnica de muestreo
- Groxton F. E
Gorden D.J. : Estadística general aplicada
- Ludovic Lebart : Statistique et Informatique Appliquées
- Parada Marta Gloria : Pluviometría de CHILE
Isoyetas Valdivia - Puerto Montt

