62450
tes 1960

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

facultad de ingeniería

CALCULO Y RENDIMIENTO DEL RIO PUEBLO VIEJO

Esther Cerviño

Ofra Cohén

CARACAS, JULIO 1966

Con Cariño
Ofra.

Cariñosamente

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEP. ESTAMENTO D. HIDROLOGIA E HIDROLOGIA

TESIS
CC
66

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE HIDROMETEOROLOGIA

CALCULO Y RENDIMIENTO DEL RIO "PUEBLO VIEJO"

Trabajo Especial de grado presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de "HIDROMETEOROLOGISTA" Opción Hidrología por:

ESTHER CERVIÑO RUSS
OFRA COHEN COHEN

A mis padres, hermanos,
José Alberto y a todas
aquellas personas que
de una manera u otra hi
cieron posible la culmi
nación de mis estudios.

ESTHER

A mis padres y hermanos,
que con su abnegación
me hicieron llegar a la
cumbre de mis estudios.

OFRA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos altamente al Dr. Rafael Convit la ayuda prestada para la realización de este trabajo.

Dejando constancia de nuestro agradecimiento a Humberto Cartaya Di Lena y a Igal Cohén Cohén, que mediante su colaboración hicieron posible la realización del presente trabajo.

Aprovechamos la oportunidad para agradecer a todos nuestros profesores los conocimientos que de ellos hemos recibido y en particular al Profesor F. Alvarez Bernal por su apoyo moral prestado en todo momento.

Este agradecimiento lo hacemos extensivo al personal del M.C. en especial al Sr. Oscar Villegas Narvaez, así como al personal del M.O.P. y del INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (Servicio de Hidrología) en particular a A. Arístides Guerra, E. Romero Fabelo y J. Pérez Machado, que nos prestaron su ayuda en todos los momentos que lo requerimos, también al Sr. Félix Ríos y al personal de Publicaciones de la Facultad.

I N D I C E

	página
Introducción	1
Situación Geográfica	2
Aspectos Climatológicos	5
Información de precipitación e isoyetas	9
Distribución mensual de la - precipitación	12
Fluctuación de la precipi - tación	13
Balance Hídrico	17
Rendimiento	23
Curva de Masas	24
Embalse del Río Pueblo Viejo	31
Caracteristica de la obra	33

INTRODUCCION:

El objetivo de esté trabajo es llegar al cálculo del rendimiento del río Pueblo Viejo hasta Puente Burro Negro y el aprovechamiento máximo económico que se podría utilizar para una capacidad determinada, mediante el desarrollo de los puntos nombrados a continuación:

1- Aspectos hidrológicos y climatológicos de la cuenca para lo cuál fué necesario recopilar y elaborar las siguientes informaciones:

   a.- Información cartográfica.

   b.- Delineación de la cuenca y área planimetrada de la misma.

   c.- Información hidrológica de la zona.

   d.- Completación de los datos de precipitación y demás parámetros meteorológicos.

2- Trazado de isoyetas y de diferentes gráficas con el fin de observar las variaciones que ocurren en esta zona.

Mediante lo expuesto anteriormente se ha logrado llenar la finalidad de este trabajo, con lo cual se han hecho comparaciones, ya sean de regulación como de caracteristicas del embalse actual.

SITUACION GEOGRAFICA

La cuenca está situada aproximadamente dentro de las longitudes 70° 45' a 71° 15' y las latitudes 9° 55' y 10° 30'. Su altitud sobre el nivel del mar varía de aproximadamente 50 m. a 1400 m. (en Socopo).

HIDROGRAFIA

El río PUEBLO VIEJO nace en los límites de los Estados Zulia y Falcón, en el Cerro Socopo de la Sierra de Siruma, corre en sentido Nor-Este hacia el Sur-Oeste para ser tributario del Lago de Maracaibo mediante el canal V.O.C.

En verdad este río se forma por la confluencia del Río Grande que recoge las aguas del Sur-Este de la hoya y del Río Chiquito que recoge las aguas del Nor-Oeste de la hoya, se unen en las inmediaciones de Ballenato y de allí en adelante toma el nombre de PUEBLO VIEJO.

Es un río con una longitud de 70 Km. aproximadamente, es bastante caudaloso en tiempo de lluvia, pero en verano su caudal disminuye notablemente.

Un poco más arriba del sitio donde la carretera Lara-Zulia cruza el río se construyó una Estación Hidrológica con pozo para el limnígrafo, de concreto armado y donde se practican aforos periódicamente, tanto de vado como de puente, así mismo tiene instalado un limnígrafo para registrar las variaciones del nivel del río. Se instalaron también tres miras de a un metro cada una, situadas a la margen izquierda del río.

Por lo general este río trae en la estación seca del 15 % al 19 % del caudal de la estación de lluvia.

OROGRAFIA

Los terrenos de la parte baja de la cuenca, región no abarcada en este estudio, aparecen merced a los suelos aluvionales fluvial-lacustre y a la humedad, debido a la presencia de lagunas y ríos, zonas de cierta extensión con suelos muy fértiles.

A lo largo de PUEBLO VIEJO la fertilidad de los suelos es mucho mayor y las formaciones boscosas se muestran más espesas.

En la parte alta de la cuenca la región es más montañosa, estando cubierta por capa vegetal más extensa y constituída por lo tanto de zonas más boscosas.

AREA

La cuenca planimetrada en la carta geográfica proveniente de la Cartografía Nacional en escala 1:100.000 tiene una superficie aproximada de 853 Km2.

La cuenca se encuentra en su totalidad en el Estado Zulia; teniendo como divisoria política al Nor-Este el Estado Falcón.

INFORME PLUVIOMETRICO

Para llevar a cabo este estudio se recopilaron datos de precipitación en el Servicio de Hidrología del I.N.O.S. y en la División de Hidrometeorología del M.O.P. correspondientes a la cuenca del Río PUEBLO VIEJO y sus alrededores.

En el cuadro E se indican las estaciones utilizadas, con su situación geográfica: latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar; años de registro e indicativo del servicio al cual pertenecen.

Siendo las claves las siguientes:

SH=Shell

CR=Creole

PC=Pluviómetro

PR=Pluviógrafo

s=semanal

d=diario

m=mensual

CUADRO E

INDICATIVO	ESTACION	COORDENADAS		ALTURA s/n/m
		LATITUD	LONGITUD	
INOS R 1083	PLAN BONITO	10º 09'	71º 02'	52
INOS R 1084	CARRETERA N	10º 13'	71º 13'	95
INOS R 1169	EL VENADO	10º 03'	70º 55'	56
INOS R 1931	CANAL V.O.C	10º 02'	71º 12'	5
INOS R 2004	RAYA ARRIBA	09º 53'	70º 53'	40
OP PRm 1059	QUIROZ	10º 28'	71º 01'	100
SH PCd 2007	BACHAQUERO	09º 58'	71º 08'	3
SH PCd 2006	PUEBLO VIEJO	09º 58'	71º 11'	1
SH PCd 1085	LAGUNILLAS	10º 07'	71º 15'	0
SH PCd 1058	EL CONSEJO	10º 29'	71º 09'	150
SH PCd 2116	MENE GRANDE	09º 48'	70º 55'	18
SH PCd 2027	SAN LORENZO	09º 47'	71º 04'	2

ASPECTO CLIMATOLOGICO

El estudio de cada parámetro climatológico, comprende en general las diferentes y siguientes determinaciones:

1 - Valores medios anuales de los diferentes parámetros para el período en estudio.

2 - Fluctuación anual de la precipitación para el período.

3 - Distribución anual media con la indicación de los máximos y mínimos absolutos de precipitación registrados cada mes.

A falta de información climatológica dentro de la cuenca en estudio, fué necesario cubrir estos puntos con una sola estación (PLAN BONITO), que es representativa solamente de la parte baja de la cuenca, los puntos se cubrirán de - acuerdo al siguiente orden:

A - Temperatura

B - Humedad Relativa

C - Evaporación

D - Vientos

E - Precipitación

F - Evapotranspiración

TEMPERATURA:

Se han elaborado unos cuadros en los cuales se representan los valores: medios, máximo y mínimo y además se represen

taron los valores promedio mensuales, de los cuadros antes mencionados, en una gráfica donde se observan las fluctuaciones de dicho parámetro en la zona estudiada.

Las temperaturas mínimas varían: desde 16,6 °C a 20,3 °C; las máximas desde 35 °C a 37 °C y las medias entre 26,2 °C a 28,1 °C.

Se puede observar la gran diferencia que hay entre la mínima minimorum y la máxima maximorum, pero en general se ve que las temperaturas durante el período climático no varían grandemente, ya que siempre fluctúan dentro del mismo límite.

HUMEDAD RELATIVA:

La Humedad Relativa como es sabido, es la relación entre el volumen de agua existente en la atmósfera en un momento dado y el volumen que la saturaría a la misma temperatura, expresado en % de aquél respecto a éste. Este parámetro se toma por lecturas de un higrógrafo.

En los cuadros donde se agruparon los datos de Humedad Relativa (medio, máximo, mínimo) notamos gran variación entre los máximos y mínimos.

La Humedad Relativa mínima fluctúa entre 19,4% y 39,0%; la máxima entre 97,4% y 99,7% y la Humedad Relativa media en-

tre 65,1% y 80,1%, de lo que se deduce que los máximos no varían a lo largo del período, mientras que en los valores mínimos se nota gran variación.

EVAPORACION:

Los datos recopilados en el cuadro de evaporación se toman del evaporímetro de tina "Clase A" y las lecturas se efectúan desde un nivel fijo en un cilindro de reposo, calculandose la Evaporación por reducción de nivel relacionado con la precipitación. La unidad de medida es el mm.

También se calculó el valor total del período seco, correspondiente a los meses de Diciembre a Abril, y de la temporada lluviosa que va de Mayo a Noviembre.

Siendo el valor medio anual Seco = 667 mm.

Y el valor medio anual lluvioso = 824 mm.

Se determinó el coeficiente evaporimétrico para el período: 1956-57 al 1964-65, según la fórmula obtenida por el Ingeniero A. Gabaldón en su trabajo titulado: "Variaciones mensuales de los coeficientes evaporimétricos en Venezuela y su relación con la evaporación anual"

$$C.E. = \frac{4,64 - \log Ea}{1,74}$$

En donde: C.E. = Coeficiente Evaporimétrico

Ea = Evaporación media anual en la tina

$$C.E. = \frac{4,64 - \log 1442,7}{1,74} = 0.83$$

C.E. = 0,83

Aplicando este coeficiente evaporimétrico a la evaporación media anual de la tina da una evaporación del embalse de 1198 mm. obtenido al multiplicar el C.E. (0.83) por 1442,7 que es la evaporación media anual.

VIENTOS:

Los vientos del Nor-Este cargados cuando no saturados de vapor de agua facilitan la condensación de grandes masas de dicho vapor al contacto de las elevaciones del Oeste, del Sur-Oeste y del Sur, de aquí que se presentan las grandes lluvias.

La velocidad del viento viene expresada en mts/seg. Los vientos de cierta violencia o brisas fuertes para el período de 1956-57 a 1964-65, suelen ocurrir en Febrero, Marzo y Abril con valores de: 0,58 - 0,61 - 0,60 respectivamente, y de menos intensidad en Noviembre y Diciembre con 0,30 y 0,33 respectivamente.

VALORES MEDIOS DE TEMPERATURA EN ºC

ESTACION: Plan Bonito **PERIODO:** 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	28.1	27.7	27.7	27.3	26.8	26.9	26.3	26.4	26.4	26.5	28.0	28.6
1.957-58	28.6	28.6	28.0	27.8	28.1	28.1	27.3	27.5	27.4	28.7	29.4	30.3
1.958-59	29.7	28.9	28.4	28.3	27.7	28.0	27.5	28.7	27.8	27.3	27.3	28.0
1.959-60	27.5	27.0	27.7	27.0	26.8	26.8	26.7	26.3	26.8	26.9	28.2	28.2
1.960-61	27.9	28.1	27.2	26.5	26.6	26.6	25.9	25.9	24.6	25.4	27.0	27.7
1.961-62	27.6	27.9	26.3	25.6	26.3	25.7	25.3	24.4	25.2	25.2	25.6	25.6
1.962-63	26.3	26.0	25.1	25.7	25.2	25.3	25.4	24.3	24.7	24.6	25.4	26.9
1.963-64	25.2	22.6	22.0	21.3	21.5	21.7	25.8	26.9	27.3	28.4	28.8	29.2
1.964-65	27.8	28.4	27.5	27.4	27.2	26.9	(26.5)	26.6	26.0	----	----	----
SUMA	248.7	245.2	239.9	236.9	236.2	236.0	236.7	237.0	236.2	213.0	219.7	224.5
PROMEDIO	27.6	27.2	26.7	26.3	26.2	26.2	26.3	26.3	26.2	26.6	27.5	28.1

VALORES MAXIMOS DE TEMPERATURA EN ºC

ESTACION: Plan Bonito PERIODO: 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	36.0	37.0	36.0	35.5	35.5	35.5	35.0	34.0	35.0	37.0	37.0	38.5
1.957-58	38.0	40.0	38.5	36.0	38.5	37.5	37.0	36.5	37.0	39.0	40.0	39.5
1.958-59	40.0	38.5	37.0	37.0	36.0	37.0	37.0	37.5	37.0	36.5	37.0	37.5
1.959-60	36.5	35.5	35.0	35.5	36.0	37.5	35.5	35.0	36.5	37.0	37.5	38.5
1.960-61	37.0	37.0	36.5	35.0	36.0	36.0	36.5	35.5	34.0	35.5	36.5	37.0
1.961-62	37.5	37.5	36.0	35.0	36.5	35.0	34.0	32.5	34.5	35.0	36.0	37.0
1.962-63	36.5	35.5	34.5	36.0	34.5	35.5	33.5	33.5	35.0	35.5	34.5	36.0
1.963-64	34.0	33.0	31.0	30.0	31.0	30.0	36.5	36.0	37.0	39.0	38.0	39.0
1.964-65	36.5	37.0	35.0	35.0	35.5	33.5	(34.0)	34.5	34.0	----	----	----
SUMA	332.0	331.0	319.5	315.0	319.5	317.5	319.0	315.0	320.0	294.5	296.5	303.0
PROMEDIO	36.9	36.8	35.5	35.0	35.5	35.3	35.4	35.0	35.6	36.8	37.1	37.9

VALORES MINIMOS DE TEMPERATURA EN ºC

ESTACION: Plan Bonito PERIODO: 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	20.5	19.0	21.0	20.5	20.5	21.5	21.0	20.0	18.0	17.0	18.0	20.5
1.957-58	19.5	21.0	22.0	21.0	21.0	22.0	21.0	20.0	19.0	20.0	19.5	22.5
1.958-59	21.0	20.5	22.0	22.0	21.0	21.0	21.0	21.5	19.0	15.0	16.0	17.5
1.959-60	21.0	21.0	21.0	20.0	20.5	21.0	21.5	19.0	19.5	18.0	19.0	18.5
1.960-61	21.5	22.5	20.0	20.5	19.5	20.0	21.0	18.0	16.5	15.0	17.0	17.5
1.961-62	18.5	20.5	20.0	19.5	20.0	20.5	20.5	18.5	18.0	15.0	16.0	17.5
1.962-63	18.0	20.0	19.0	18.0	19.5	19.0	19.5	18.5	15.0	14.0	15.5	18.5
1.963-64	19.0	16.0	15.5	15.0	16.0	15.0	15.0	21.5	19.5	19.0	19.5	19.5
1.964-65	21.0	22.0	21.5	21.0	21.5	22.0	19.0	(22.0)	18.1*	----	----	----
SUMA	180.0	182.5	182.0	177.5	179.5	182.0	179.5	179.0	162.6	133.0	140.5	152.0
PROMEDIO	20.0	20.3	20.2	19.7	19.9	20.2	19.9	19.8	18.1	16.6	17.6	19.0

VALORES MEDIOS DE LA HUMEDAD RELATIVA %

ESTACION: Plan Bonito PERIODO: 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	76	78	78	79	79	80	82	81	80	73	71	71
1.957-58	73	81	80	77	79	80	80	79	76	70	67	70
1.958-59	70	78	78	78	79	78	80	77	77	66	67	70
1.959-60	75	80	72	72	77	82	80	81	75	68	64	65
1.960-61	71	77	76	77	76	79	79	79	78	69	63	66
1.961-62	70	68	75	77	78	79	82	85	79	68	63	71
1.962-63	71	80	79	74	80	80	80	78	73	70	67	65
1.963-64	75	82	81	78	79	77	77	78	71	63	(59)	(87)
1.964-65	(73)	75	(81)	79	77	80	(81)	(80)	76*	--	--	--
SUMA	654	699	700	691	633	715	721	718	685	547	521	565
PROMEDIO	72.7	77.7	77.8	76.8	70.3	79.4	80.1	79.8	76.1	68.4	65.1	70.6

VALORES MAXIMOS DE LA HUMEDAD RELATIVA %

ESTACION: Plan Bonito PERIODO: 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	98	97	96	97	95	97	96	97	96	99	98	97
1.957-58	97	100	100	99	100	100	99	100	97	100	100	95
1.958-59	96	99	100	100	96	100	100	97	99	100	98	98
1.959-60	98	98	96	89	100	100	98	100	100	98	97	98
1.960-61	98	96	97	97	99	100	99	98	98	99	100	100
1.961-62	100	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100
1.962-63	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.963-64	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	100	(91)
1.964-65	100	100	100	100	100	100	100	100	98	---	---	---
SUMA	883	885	887	881	889	897	892	892	885	796	793	779
PROMEDIO	98.1	98.3	98.6	97.9	98.8	99.7	99.1	99.1	98.3	99.5	99.1	97.4

VALORES MINIMOS DE LA HUMEDAD RELATIVA %

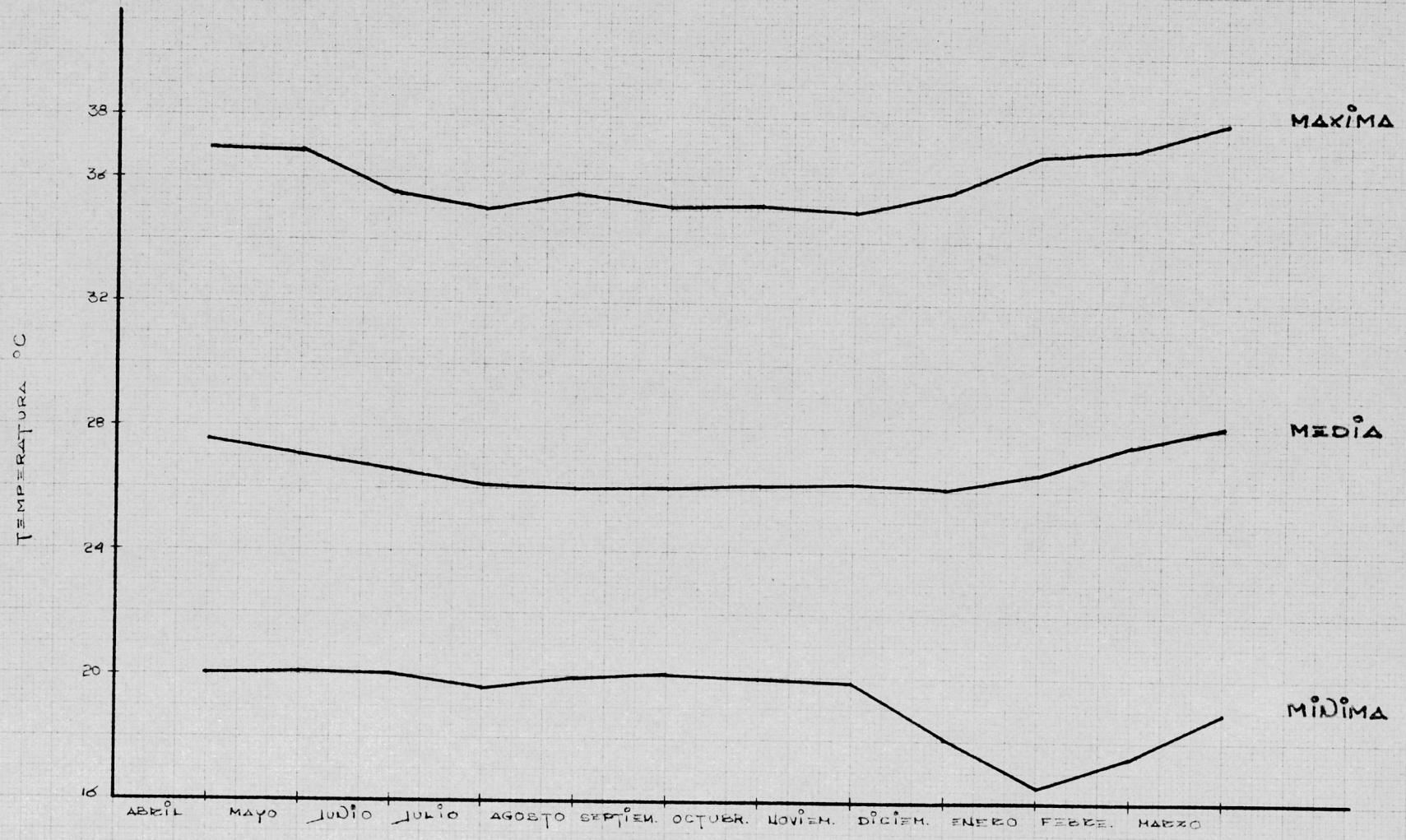
ESTACION: Plan Bonito PERIODO: 1.956-57 al 1.964-65

AÑO CLIMATICO	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.
1.956-57	42	42	36	41	46	48	48	45	42	29	30	36
1.957-58	41	39	41	40	42	43	46	46	37	25	34	37
1.958-59	34	45	46	44	48	45	46	45	31	10	26	30
1.959-60	36	44	36	34	37	33	43	39	32	22	20	23
1.960-61	31	37	40	34	33	36	37	33	29	18	15	24
1.961-62	27	22	34	34	32	40	37	43	24	24	16	20
1.962-63	21	37	36	30	38	26	33	31	19	12	6	14
1.963-64	30	37	38	36	36	35	37	31	19	16	(08)	(05)
1.964-65	(24)	32	(34)	40	39	43	(45)	(32)	29*	--	--	--
SUMA	286	335	331	333	351	349	372	345	262	156	155	189
PROMEDIO	31.8	37.2	36.8	37.0	39.0	38.8	41.3	38.3	29.1	19.5	19.4	23.6

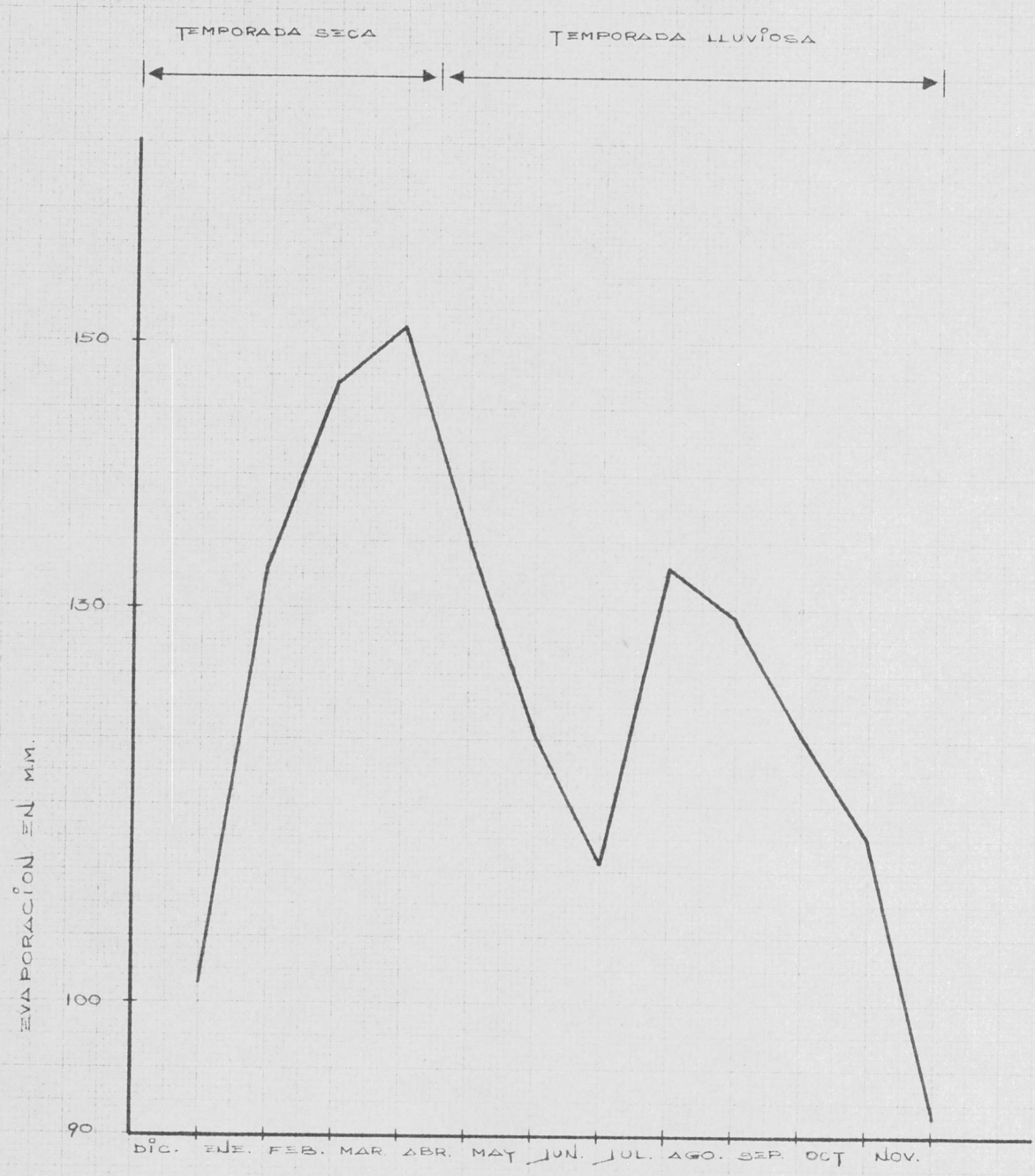
EVAPORACION TOTAL POR MES EN MM

ESTACION: Plan Bonito

AÑO CLIMAT.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	Total de período seco Dic-Abr	Total del período lluvioso May-Jun
1956-57	125.0	131.2	114.1	123.1	116.9	114.4	81.2	95.0	92.6	130.9	145.5	142.6		775.9
1957-58	137.8	97.0	113.0	142.2	142.5	126.3	112.2	91.2	100.3	126.7	145.3	152.1	649.4	824.4
1958-59	141.4	117.4	121.2	134.5	125.4	142.7	133.0	111.0	117.1	150.4	131.1	157.0	665.8	885.2
1959-60	126.0	108.4	123.5	152.2	132.6	117.0	147.6	86.1	108.8	120.4	143.6	143.5	681.6	867.4
1960-61	124.8	128.8	(104.0)	118.1	127.7	95.1	88.9	93.1	90.9	126.3	143.1	150.0	641.1	755.7
1961-62	137.2	138.3	122.1	117.8	121.2	132.6	98.2	57.6	(79.4)	128.4	156.9	91.7	647.5	787.8
1962-63	143.7	109.7	113.0	132.5	130.5	107.6	117.3	98.3	105.2	124.3	134.1	165.9	600.1	808.9
1963-64	121.6	111.9	128.9	145.9	132.2	126.6	127.2	100.0	119.1	159.2	176.2	198.2	651.1	872.7
1964-65	146.8	140.7	118.9	131.3	134.0	118.6	105.7	91.5*	104.9*	-----	-----	-----	799.5	840.7
SUMA	1204.3	1083.4	1058.7	1197.6	1163.0	1080.9	1011.3	823.8	918.3	1066.6	1175.8	1201.0		
PROMEDIO	133.8	120.4	117.6	133.0	129.2	120.1	112.4	91.5	102.1	133.3	147.0	150.1		


TEMPERATURA °C
38
36
32
28
24
20
16
MAXIMA
MEDIA
MINIMA
ABRIL
MAYO
JUNIO
JULIO
AGOSTO
SEPTIEM.
OCTUBR.
NOVIEM.
DICIEM.
ENERO
FEBRE.
MARZO

CURVA DE EVAPORACIÓN



INFORMACION DE PRECIPITACIONES E ISOYETAS

Los datos de precipitación correspondientes al Río PUEBLO VIEJO, son muy escasos e irregulares, ya que todas las estaciones presentan deficiencias en los registros de años - observados correspondientes a períodos de lluvias, en unos casos excedentes y en otros casos deficitarios; además dentro de la cuenca hay una sola estación, estando las otras estaciones consideradas fuera de la cuenca y algunas alejadas de ella. Esto hizo que fuera necesario e indispensable compensar, haciendo más homogéneo los registros disponibles, obteniendo las precipitaciones medias correspondientes para efectuar la formación del plano de curvas de isoyetas medias, en un período determinado, que se escogió de 15 años para nuestro estudio.

Existen varios lugares faltos de información pluviométrica, particularmente en las partes altas de la cuenca, en estos casos se completaron interpretativamente las curvas isoyetas, utilizando los conceptos meteorológicos acerca del proceso de formación de la lluvia y las deducciones generales que sobre el proceso de formación de las masas de aire húmedo se tienen en conocimiento. Estos conceptos son principalmente:

1 - Que las cadenas de montaña al obligar a elevarse a las masas de aire húmedo provocan la precipitación

que va siendo mayor con la altura hasta el nivel de condensación óptima (que en esta región parece estar alrededor de los 5 mts. s.n.m.) a partir del cual la precipitación decrece.

2 - Que las masas de aire húmedo provenientes principalmente del lago que llegan a la cuenca según la dirección Nor-Este. Esto trae como consecuencia una mayor precipitación en las faldas de barlovento.

Los cálculos hechos se basaron en datos estimados, para lo cual utilizamos el Método de Completación por simple interpolación.

Este método tiene sus variantes, a saber:

a - Para mes o meses faltantes: se determina el valor probable relacionado, en varias estaciones vecinas, por medio de exámen comparativo de dicho período.

b - Para año o años faltantes: se determina su valor probable por relación media, para los períodos comúnes, entre la precipitación de la estación considerada y las estaciones vecinas.

Este método consiste en lo siguiente:

Suponiendo M y N son los valores de lluvia media, para un cierto período simultáneo, de las estaciones A y B respectivamente. Si designamos con X la lluvia para el año o mes

que falta en la estación A, y P la lluvia para el mismo año o mes en la estación B, podemos hacer la siguiente proporción:

$$\frac{X}{P} = \frac{M}{N} \quad \text{de donde } X = P \frac{M}{N}$$

Si se tienen dos o más estaciones vecinas de A, entonces se puede aplicar el mismo procedimiento, obteniendose diversos valores estimados de X y la media puede ser tomada como el valor más probable.

Una vez obtenidas las precipitaciones medias con las estimaciones hechas para el período climático 1950-1951 al 1964-1965, se construyó el mapa de isoyetas medias de dicho período (Mapa N° 1) de toda la cuenca del río PUBLO VIEJO. Este se elaboró ploteando todas las estaciones geográficamente con sus valores promedios para el período en cuestión, después, mediante una interpolación interpretativa de los factores orográficos y meteorológicos se fueron trazando las curvas isoyetas o de igual precipitación.

Los sucesivos mapas se refieren a isoyetas correspondientes a cada año climático según están indicadas en los mapas. En estos mapas se calculó la precipitación media para cada año cubriéndose un período de 10 años. (1956-1957 al 1964-1965). Para cada uno de los mapas se calculó la precipitación media de la hoya del Río PUEBLO VIEJO hasta Puente Bu

rro Negro, según los cuadros del 1 al 11.

Empleándose para estos cálculos la fórmula siguiente:

$$\text{Precipitación Media (Pm)} = \frac{\Sigma(\text{Area X Isoyeta Media})}{\text{Area de la Hoya}}$$

Siendo el Area de la hoya igual a la suma del área neta.

El mapa de isoyetas medias 1950-51 a 1964-65 nos presenta algunas características interesantes de la precipitación:

1 - Que la precipitación media para toda la cuenca es de 1381 mm. anuales.

2 - Existencia de una zona de precipitación baja por debajo de los 900 mm. anuales en la parte de Lagunillas.

3 - Existencia de una gran zona que abarca la parte alta de la cuenca entre los 1000 y los 1600 mm. anuales.

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION

Se ha calculado la distribución media mensual de la precipitación en un conjunto de estaciones, que fueron seleccionadas, según su ubicación, su altitud y su volumen de precipitación anual, en tal forma que puedan ser consideradas en conjunto como representativas de la precipitación en la cuenca. Para la realización de estos cálculos se tomó el período comprendido entre los años climáticos 1956-1957 al 1964-1965.

C U A D R O Nº 12

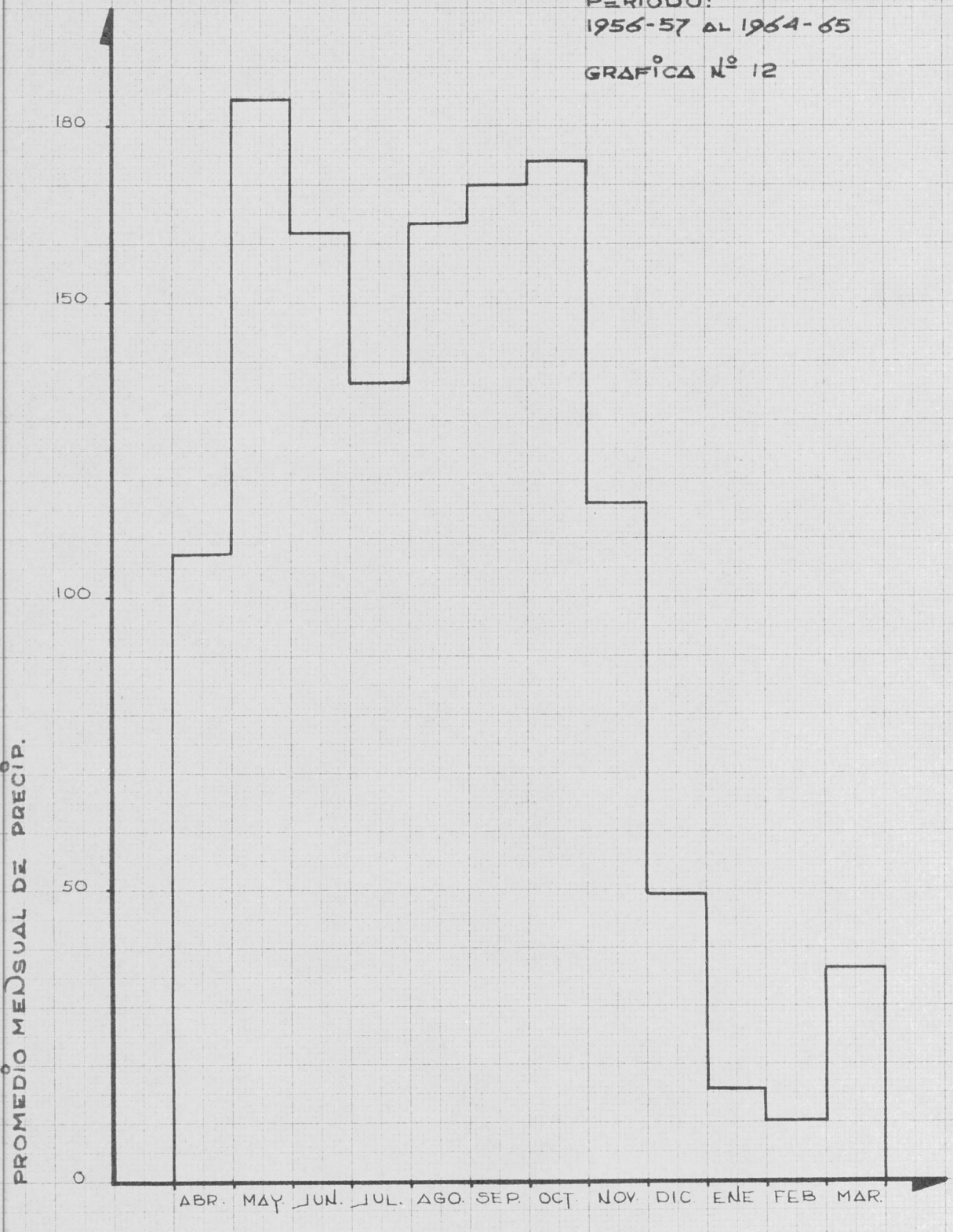
DISTRIBUCION MEDIA MENSUAL DE LA PRECIPITACION EN TODA LA CUENCA

PERIODO CONSIDERADO: 1.956-57 - 1.964-65

ESTACION:	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ANUAL
PLAN BONITO	67	122	118	125	132	152	147	91	42	15	11	20	1042
CARRETERA N	48	117	96	104	122	151	150	83	32	8	9	26	946
EL VENADO	114	162	143	136	138	180	157	101	59	29	16	27	1262
RAYA ARRIBA	127	225	171	140	138	192	205	149	90	30	14	56	1537
PUEBLO VIEJO	111	188	124	94	155	120	215	82	24	5	1	17	1136
QUIROZ	104	258	139	133	181	207	199	107	55	13	14	45	1455
EL CONSEJO	181	222	343	224	280	188	145	161	43	10	6	63	1866
SUMA	752	1294	1134	956	114,6	1190	1218	774	345	110	71	254	9244
PROMEDIO	107,4	184,9	162,0	136,6	163,7	170,0	174,0	110,6	49,3	15,7	10,1	36,3	1321
%	8,13	14,0	12,27	10,34	12,40	12,87	13,18	8,38	3,73	1,19	0,77	2,75	100

DISTRIB. MEDIA MENSUAL
PARA TODA LA CUENCA
PERIODO:
1956-57 AL 1964-65

GRAFICA Nº 12



Para tal efecto se ha presentado el cuadro N° 12, en el cual podemos observar, que el promedio de la precipitación en estas estaciones es de 1321 mm. no muy alejado de la precipitación media de la cuenca, calculada con las isoyetas y que es de 1381 mm. (Cuadro N° 1).

Los resultados de este cuadro son representados en la Gráfica N° 1 en donde se puede apreciar que la lluvia en la cuenca está concentrada principalmente en los meses de Mayo a Octubre, en los cuales cae en general un 75% de la precipitación anual, y se observa además, que en toda la cuenca los meses de máximo son aparentemente Mayo y Octubre y los meses de mínimo son Enero, Febrero y Marzo.

FLUCTUACION ANUAL DE LA PRECIPITACION EN LA CUENCA

La fluctuación media anual de la precipitación nos la da el exámen de los diagramas diferenciales de masas que se hizo para cada una de las estaciones representativas de la cuenca, llamadas "Estación Piloto", que son las de registro más homogéneo y similares a su grupo vecino. Se hizo un diagrama diferencial de masas para PLAN BONITO como representativo de la parte baja de la cuenca, y otro para QUIROZ como representativo de la parte alta de la cuenca. Estos diagramas junto con los cuadros N° A-1 y A-2 de cálculos nos permiten apreciar la fluctuación anual de la precipitación a

través de largos períodos de lluvia excedente o deficitaria.

Se observa que en Plan Bonito la media anual fué de - 1107 mm. y que presenta variaciones anuales que van desde un mínimo en el año 1964-65 de 459 mm. en un 58,54% inferior a la media, a un máximo que se presenta en el año 1950-51 con 1388 mm. y un porcentaje de 25,37% superior a la media.

Se puede observar, además, que el período de deficiencia en Plan Bonito está comprendido en el lapso 1958-1965 a pesar de presentarse pequeña fluctuación en el año comprendido entre 1962-63 y 1963-64.

El lapso de excedencia se observa que ocurre entre los años 1950-1958 a pesar de ocurrir pequeña fluctuación en el año comprendido entre 1953-1954 al 1954-1955.

Se observa que en Quiroz la media anual es de 1462 mm. presentando un mínimo de 1107 mm. en el año 1958-59 con un porcentaje de 24,32 y un máximo de 1747 mm. en el año 1954-55 con un porcentaje de 19,43. Se observa que el período de deficiencia en Quiroz está en el lapso comprendido entre - 1950-1951 al 1953-1954 y 1956-1957 al 1958-1959. El lapso de excedencia se observa entre los años 1953-1954 al 1956-1957 y también entre 1958-1959 al 1964-1965, aunque se presenta cierta variación en el año 61-62 al 62-63.

Al compararse los diagramas diferenciales de masas de las dos estaciones representativas de la cuenca en estudio, se observa que aunque las dos se comportan completamente diferentes tienen o pueden observarse algunos lapsos comunes, a saber: Un lapso común de excedencia en el período comprendido entre los años 1953-1954 al 1956-1957; y como período común de deficiencia el comprendido entre 1958-1959 al 1959-1960.

La experiencia ha demostrado que este análisis de situaciones extremas tanto deficitarias como de excedencia, deben ser tomadas en cuenta para el diseño de obras de aprovechamiento hidráulico dentro de la cuenca y para el cálculo de su eficiencia en períodos cortos o largos de déficit o excedencia pluvial.

ESTIMACION DEL VOLUMEN LLOVIDO ANUAL MEDIO MAXIMO Y MINIMO

La precipitación mínima para la cuenca del río Pueblo Viejo hasta Puente Burro Negro, calculado en el mapa de isoyetas, es de 1381 mm. anuales, y el área planimetrada hallada es de 852,9 $Km.^2$, de donde tenemos que el volumen llovido es:

$$\text{Vol. LL} = 852{,}9\ Km^2 \times 1381 \times 10^3$$
$$= 1177854.9 \times 10^3\ m^3/año$$
$$= 1177.86\ Mm^3/año$$

Según los cuadros A-1 y A-2 de déficit y excedencia con relación al promedio general 1950-51 al 1964-65 de la precipitación, los años de máximo y mínimo tuvieron en las zonas: alta (estación representativa Quiroz) y baja (estación representativa Plan Bonito) el siguiente significado con relación a la media:

Zona	Año	Máximo	Año	Mínimo
alta	1954-55	19,43%	1958-59	-24,32%
baja	1950-51	25,37%	1964-65	-58,54%
	T O T A L	44,80%		-82,86%
	PROMEDIO	22,40%		-41,43%

Los valores promedios darán los volúmenes máximo y mínimo, respectivamente, como sigue:

$$\frac{1177.86 \times 22,40}{100} = 263.84$$

$1177.86 + 263.84 = \underline{1441.70\ Mm^3}$ que es el volumen máximo llovido; y el volumen mínimo llovido será:

$$\frac{1177.86 \times 41.43}{100} = 487.99$$

$$1177.86 - 487.99 = \underline{689.87\ Mm^3}$$

C U A D R O Nº A-1

FLUCTUACION ANUAL DE LA PRECIPITACION PARA
EL PERIODO 1.950-1.951 - 1.964-1.965
SEGUN LA ESTACION PILOTO PLAN BONITO

Año Climático	Lluvia anual (mm)	% de la media	Diferencias +	Diferencias -	Diferencias acumuladas
1.950-51	1388	125,37	25,37		+ 25,37
1.951-52	1267	114,44	14,44		+ 39,81
1.952-53	1275	115,17	15,17		+ 54,98
1.953-54	1113	100,53	0,53		+ 55,51
1.954-55	1042	94,12		5,88	+ 49,63
1.955-56	1145	103,42	3,42		+ 53,05
1.956-57	1225	110,65	10,65		+ 63,70
1.957-58	1119	101,08	1,08		+ 64,78
1.958-59	1177	106,31	6,31		+ 71,09
1.959-60	855	77,23		22,77	+ 48,32
1.960-61	1088	98,27		1,73	+ 46,59
1.961-62	1106	99,90		0,10	+ 46,49
1.962-63	1082	97,73		2,27	+ 44,22
1.963-64	1265	114,26	14,26		+ 58,48
1.964-65	459	41,46		58,54	- 0,06

Suma 16.606

Promedio 1107,066 ≈ 1107,1

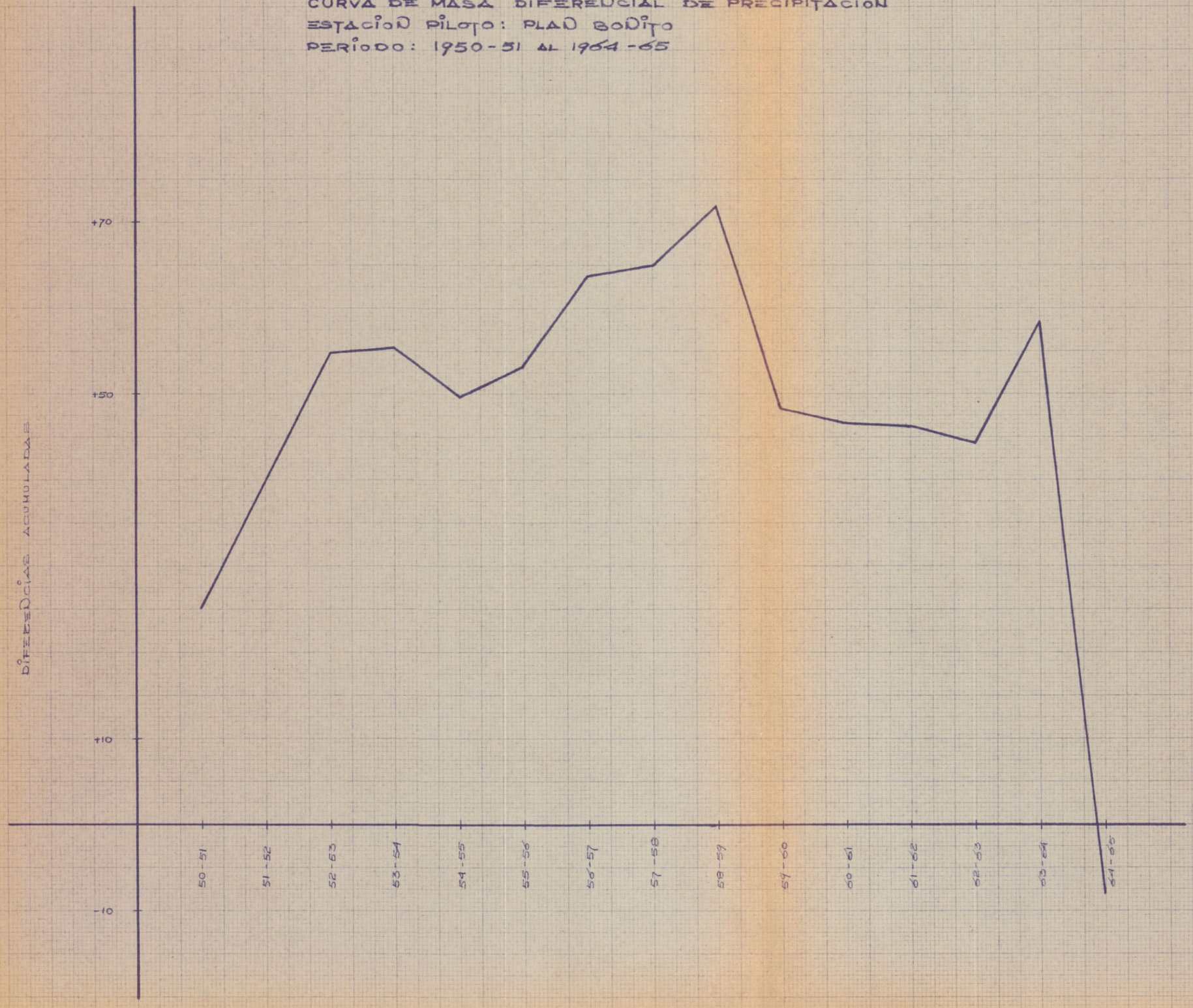
C U A D R O Nº A-2

FLUCTUACION ANUAL DE LA PRECIPITACION PARA
EL PERIODO 1.950-1.951 - 1.964-1.965
SEGUN LA ESTACION PILOTO QUIROZ

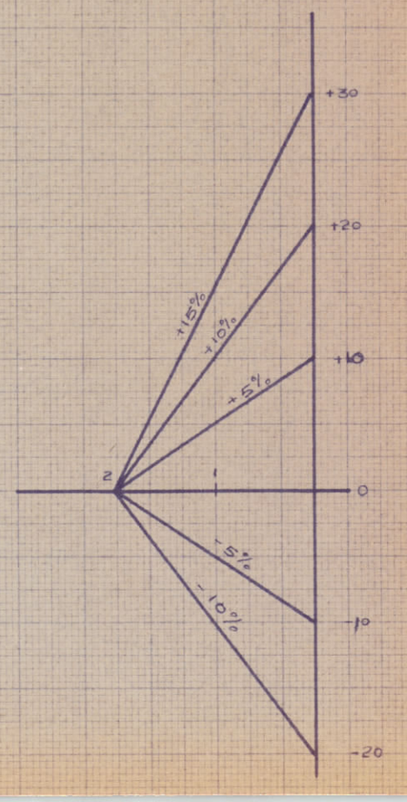
Año Climático	Lluvia anual (mm)	% de la	Diferencias +	Diferencias -	Diferencias acumuladas
1.950-51	1513	103,44	3,44		+ 3,44
1.951-52	1222	83,54		15,46	- 12,02
1.952-53	1457	99,61		0,39	- 12,41
1.953-54	1195	81,69		18,31	- 30,72
1.954-55	1747	119,43	19,43		- 11,29
1.955-56	1699	116,15	16,15		+ 4,86
1.956-57	1575	107,68	7,68		+ 12,54
1.957-58	1163	79,51		20,49	- 7,95
1.958-59	1107	75,68		24,32	- 32,27
1.959-60	1643	112,34	12,34		- 19,93
1.960-61	1536	105,01	5,01		- 14,92
1.961-62	1503	102,76	2,76		- 12,16
1.962-63	1258	86,61		13,99	- 26.15
1.963-64	1614	110,35	10,35		- 15,80
1.964-65	1709	116,91	16,91		+ 1.11

Suma	21.941
Media	1462,7

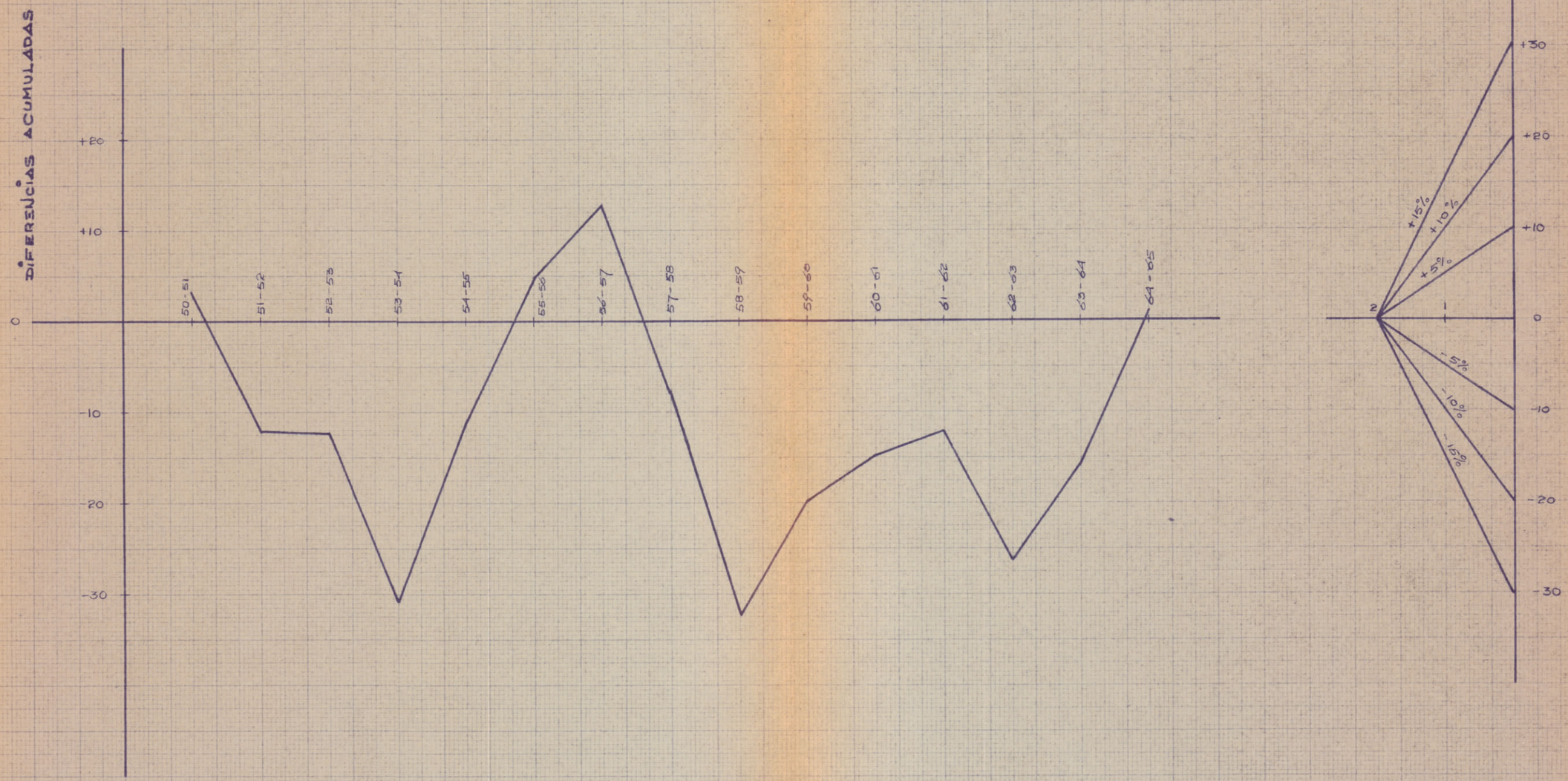
CURVA DE MASA DIFEREDCIAL DE PRECIPITACION
ESTACION PILOTO: PLAD BODITO
PERIODO: 1950-51 AL 1964-65

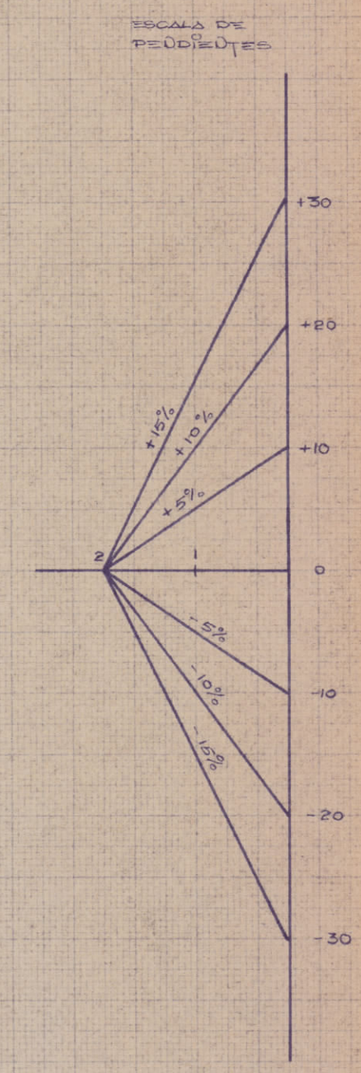


ESCALA DE PENDIENTES



CURVA DE MASA DIFERENCIAL DE PRECIPITACION
ESTACION PILOTO: QUIROZ
PERIODO: 1950-51 AL 1964-65





BALANCE HIDRICO

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION:

La Evapotranspiración o consumo de agua, que involucra los fenómenos de transpiración y evaporación de manera conjunta, representa la cantidad de agua que las plantas consumen en su proceso fisiológico de transpiración y de formación de tejidos y a la vez de humedad que se evapora desde las capas superiores del suelo.

Este término ha sido introducido débido a la dificultad de separar en una forma precisa los dos valores, y por la conveniencia de usar este concepto que representa la cantidad de agua que debe ser consumida para producir una cosecha en condiciones óptimas.

Para una cierta temperatura, habría una evapotranspiración determinada, si el suelo estuviese saturado de agua, ésta es la evapotranspiración potencial, a la que se le da importancia fundamental. Pero, como el suelo no siempre está saturado de agua, en cada momento habrá una determinada evapotranspiración.

THORNTHWAITE hace intervenir junto con la temperatura un índice de calor para meses de 30 días y 12 horas de brillo del sol obteniendo la evapotranspiración sin corregir. Este valor se corregirá según el índice de iluminación mensual por latitud, y por la duración real del mes que se trate. Este es

el método empleado para la determinación de las necesidades de la evapotranspiración para el cultivo ya que se adapta para su uso a los datos meteorológicos actualmente disponibles; se obtendrá una serie de datos que puedan servir de comparación entre consumo de agua de las diversas zonas y contrarestar deficiencias en los sistemas de riego que se emplean en ellas.

Con la fórmula del Climatólogo y Agrónomo, norteamericano, antes nombrado, Thornthwaite se determina la Evapotranspiración Potencial, los cálculos están basados en función de la latitud y de la temperatura media.

El expone que la relación entre la temperatura media mensual y el potencial de evapotranspiración ajustado a meses de 30 días y 12 horas de luz por día, puede expresarse por la fórmula:

$$e = ct^a \quad \text{en donde} \begin{cases} e = \text{evapotranspiración mensual} \\ t = \text{temperatura media mensual} \end{cases}$$

Con los ensayos realizados por él, teniendo en cuenta las variaciones de iluminación según latitud, la fórmula anterior es:

$$e = 1.6 \left(\frac{10\ t}{I} \right)^a$$

En donde:

e = evapotranspiración en cm. para el mes considerado.

t = temperatura media mensual, en grados centígrados.

I = índice anual de calor o sea suma de los 12 valores mensuales del índice de calor (i)

i = índice mensual de calor $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$

a = exponente que varía con el i de la localidad y que tiene la siguiente expresión:

$$a = 0.0000006751\ I^3 + 0.0000771\ I^2 + 0.01792\ I + 0.49239$$

Débido a la naturaleza compleja de estas fórmulas se han elaborado tablas y nomogramas que facilitan su aplicación.

De la fórmula expuesta anteriormente Thornthwaite da las siguientes tablas para su cálculo:

Tabla a: Según temperatura en grados centígrados da los valores de índice de calor mensual.

Tabla b: Según temperaturas y valor de I= i, se calcula la evapotranspiración diaria tomando como unidad días de 12 horas de luz.

Tabla c: Según la latitud y mes, el índice de iluminación mensual.

BALANCE HIDRICO DE THORNTHWAITE

Se hicieron los cálculos para la Estación PLAN BONITO, los cuales están expuestos en las tablas del 1 al 10, correspondientes al período de 1956 al 1965 respectivamente.

Estas tablas se denominan balances o fichas hídricas, de las cuales se reconocen las necesidades de riego, con el fin de que la tierra se mantenga en grado óptimo de humedad propicia para las plantas.

Se utilizó dicha Estación para tales cálculos, por ser ésta la única dentro de la Hoya del Río PUEBLO VIEJO y además porque tiene varios años climáticos de registros contínuos de temperatura y de precipitación.

Como ejemplo: Analizamos la ficha correspondiente al año 1962 (Tabla N° 7):

El método consiste en que a partir de datos meteorológicos (pluviosidad y evaporación) se calcula la evapotranspiración real, los almacenamientos y los déficit o excesos que tiene el suelo, considerando una capacidad dada, fija, de 100 mm.

Comenzamos en Septiembre, donde la reserva o almacenamiento llega a la capacidad máxima considerada, pues se supone que el suelo no se encuentra saturado mientras no pasan de 100 mm. de agua por metro cuadrado que haya de reserva.

En octubre hubo mayor evapotranspiración que precipitación, y para satisfacer la evaporación hay que tomar parte del almacenamiento del mes anterior que fué de 100 mm., por lo tanto dicho almacenamiento se reduce en una cantidad igual a : 100 - (124,2 - 111) quedando 86.8 de reserva, como se expresa

en la ficha, y la Evapotranspiración Real será tanto como exija la potencial, es decir, 124,2 mm. y no habrá déficit gracias al almacenamiento que había, pero tampoco habrá excedente. Se calcula el déficit total y el total de excedente, si el déficit es mayor que el excedente, entonces, habrá que suplir el déficit, este es generalmente lo que nos ocurre en caso de riego; y si es excedente hay que determinar si fué por evaporación, infiltración, escurrimiento, etc.

En Noviembre y Diciembre ocurren efectos análogos a los de Octubre.

En Enero por no llover más que 8 mm., habrá que disponer de toda la reserva del mes de Diciembre, y aún nos queda un déficit de 132.4 mm. y naturalmente la reserva será 0.0 mm.

Ocurre igualmente este fenómeno en los meses siguientes hasta Julio, en los cuales siempre habrá déficit, que se cubre como se dijo anteriormente, por medio de riego.

En Agosto la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial por lo tanto se tendrá cierta cantidad de reserva que es: 187 - 126.3 = 60.7 y una evapotranspiración real de 126.3 mm. sin originarse déficit ni excedente.

Existe un método para comprobar la veracidad de los resultados de las fichas o balances hídricos, dicho método consiste en que se deben cumplir las siguientes expresiones:

$$\Sigma ETPR + \Sigma Def = \Sigma ETP$$

$$\Sigma ETPR + \Sigma Exc = \Sigma P$$

Sustituyendo los valores tenemos:

$$1082,3 + 450,9 = 1533,2$$

$$1082,3 + 0,7 = 1083$$

El análisis anteriormente expuesto se ha seguido en cada una de las fichas, comenzando siempre con el mes de capacidad máxima fijada (100 mm.).

Existen otros métodos y algunos que son modificaciones del método de Thornthwaite que conducen a resultados más favorables y aceptables pero por la falta de otras informaciones, no se pudieron aplicar dichos métodos en este estudio, por lo tanto se aplicó el método expuesto anteriormente para lo cual contamos con los datos necesarios.

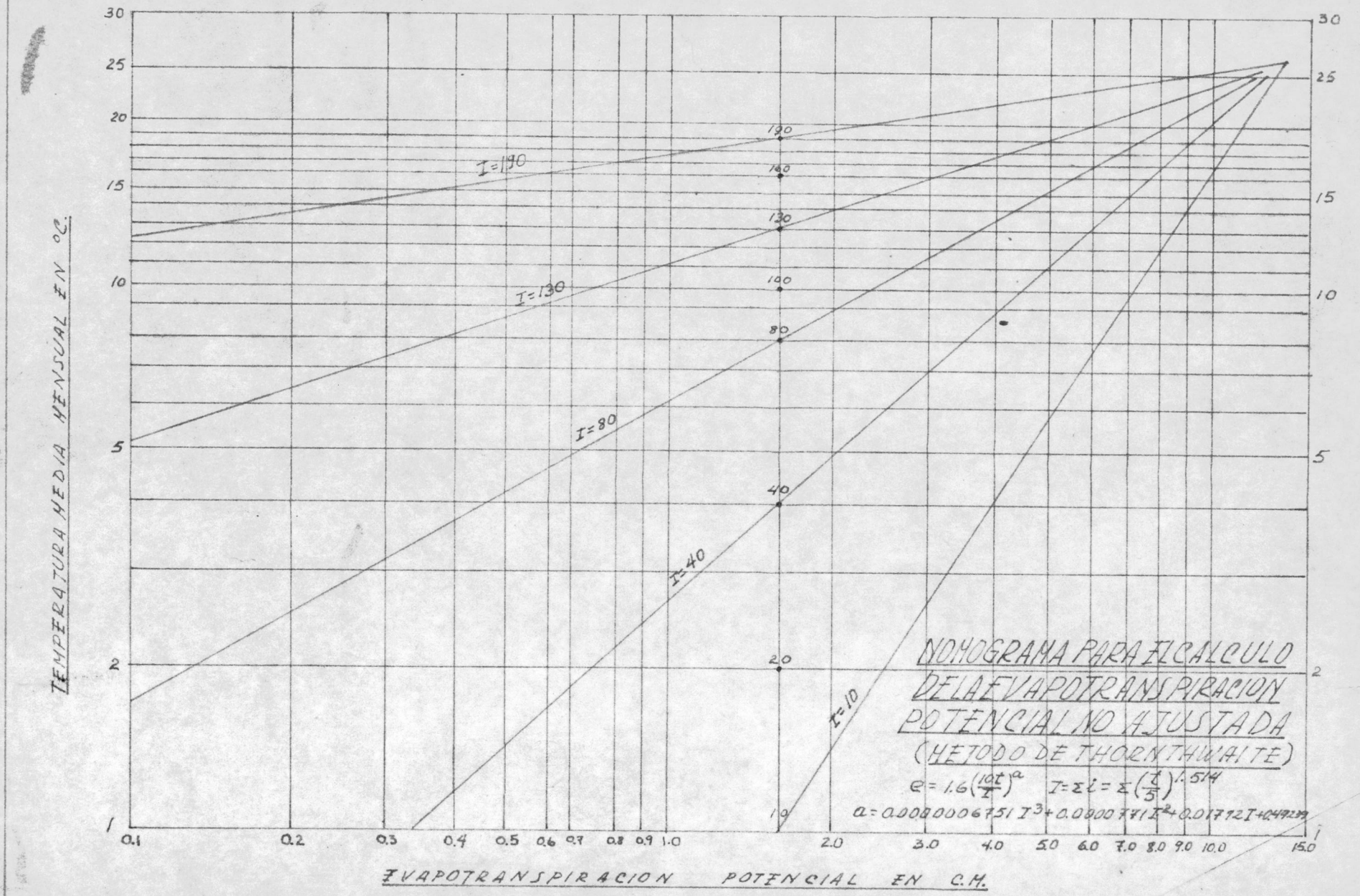
T A B L A a

INDICE MENSUAL DE CALOR (i) PARA DISTINTAS TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES (T)

t	i	t	i	t	i	t	i
1	0.09	11	3.30	21	8.78	31	15.84
2	0.25	12	3.76	22	9.42	32	16.62
3	0.46	13	4.25	23	10.08	33	17.41
4	0.71	14	4.75	24	10.75	34	18.22
5	1.00	15	5.28	25	11.44	35	19.03
6	1.32	16	5.82	26	12.13	36	19.86
7	1.66	17	6.38	27	12.85	37	20.70
8	2.04	18	6.95	28	13.58	38	21.56
9	2.44	19	7.55	29	14.32	39	22.42
10	2.86	20	8.16	30	15.07	40	23.30

T A B L A b

t	e	t	e
26.50	13.50	31.50	17.07
27.00	13.95	32.00	17.31
28.00	14.37	32.50	17.53
28.50	14.78	33.00	17.72
29.00	15.17	33.50	17.90
29.50	15.54	34.00	18.05
30.00	15.80	34.50	18.18
30.50	16.52	35.00	18.29
31.00	16.80	35.50	18.43


TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C.
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN C.M.
I=190
I=130
I=80
I=40
I=10
NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL NO AJUSTADA
(METODO DE THORNTHWAITE)
e = 1.6 (10t/I)^a
I = Σi = Σ (t/5)^1.514
a = 0.000000675I^3 + 0.0000771I^2 + 0.01792I + 0.49239

T A B L A Nº 1

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.956

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	25,5	11.79	12.10	0.98	118.6	108	12.4	118.6	0	0
FEB	27.0	12.85	13.95	0.91	126.9	56	0	68.4	58.5	0
MAR	27.7	13.36	14.24	1.03	146.7	73	0	73.0	73.7	0
ABR	28.1	13.65	14.41	1.03	148.4	48	0	48.0	100.4	0
MAY	27.7	13.36	14.24	1.08	153.8	157	3.2	153.8	0	0
JUN	27.7	13.36	14.24	1.06	150.9	67	0	70.2	80.7	0
JUL	27.3	13.07	14.08	1.08	152.1	197	44.9	152.1	0	0
AGO	26.8	12.71	13.77	1.07	147.3	161	58.6	147.3	0	0
SEP	26.9	12.78	13.86	1.02	141.4	167	84.2	141.4	0	0
OCT	26.3	12.35	13.36	1.02	136.3	206	100	136.3	0	53.9
NOV	26.4	12.42	13.43	0.98	132.1	104	71.9	132.1	0	0
DIC	26.4	12.42	13.43	0.99	132.9	84	23.0	132.9	0	0
SUMA		154.12			1.687.4	1.428.0		1.374.1	313.3	53.9

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$ . . 1.374.1 + 313.3 = 1.687.4

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$ . . 1.374.1 + 53.9 = 1.428.0

T A B L A Nº 2

CALCULO DELA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.957

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	26.5	12.36	13.50	0.98	132.3	8	0	8.0	124.3	0
FEB	28.0	13.56	14.37	0.91	130.8	14	0	14.0	116.8	0
MAR	28.6	14.02	14.62	1.03	150.6	12	0	12.0	138.6	0
ABR	28.6	14.02	14.62	1.03	150.6	110	0	110.0	40.6	0
MAY	28.6	14.02	14.62	1.08	157.9	198	40.1	157.9	0	0
JUN	28.0	13.56	14.37	1.06	152.3	79	0	119.1	33.2	0
JUL	27.0	13.43	14.29	1.08	154.3	166	11.7	154.3	0	0
AGO	28.1	13.65	14.41	1.07	154.2	100	0	111.7	42.5	0
SEP	28.1	13.65	14.41	1.02	146.9	134	0	134.0	12.9	0
OCT	27.3	13.07	14.08	1.02	143.6	126	0	126.0	17.6	0
NOV	27.5	13.22	14.16	0.98	138.8	105	0	105.0	33.8	0
DIC	27.4	13.14	14.12	0.99	139.8	32	0	32.0	107.8	0
SUMA		161.70			1,752.1	1,084.0		1,084.0	668.1	0

Comprobacion final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP \quad \therefore \quad 1{,}084.0 + 668.1 = 1{,}752.1$

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip \quad \therefore \quad 1{,}084.0 + 00.0 = 1{,}084.0$

T A B L A Nº 3

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.958

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	28,7	14,10	14,66	0,98	143,7	3	0	3,0	140,7	0
FEB	29,4	14,62	15,45	0,91	140,6	25	0	25,0	115,16	0
MAR	30,3	15,30	16,38	1,03	168,7	41	0	41,0	127,7	0
ABR	29,7	14,85	15,69	1,03	161,6	44	0	44,0	117,6	0
MAY	28,9	14,25	15,09	1,08	162,9	98	0	98,0	64,9	0
JUN	28,4	13,88	14,74	1,06	156,2	278	100,0	156,2	0	21,8
JUL	28,3	13,88	14,70	1,08	158,8	174	100,0	158,8	0	15,2
AGO	27,7	13,36	14,24	1,07	152,4	123	70,6	152,4	0	0
SEP	28,0	13,56	14,37	1,02	146,6	129	53,0	146,6	0	0
OCT	27,5	13,22	14,16	1,02	144,4	222	100,0	144,4	0	30,6
NOV	28,7	14,10	14,66	0,98	143,6	35	0	135,0	8,6	0
DIC	27,8	13,43	14,29	0,99	141,5	28	0	28,0	113,5	0
SUMA		168,47			1.821,0	1.200,0		1.132,4	686,6	67,7

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.˙. 1.132,4 + 688,6 = 1.821

$\Sigma ETP_r + \Sigma EXced = \Sigma Precip$.˙. 1.132,4 + 67,7 = 1.200

T A B L A Nº 4

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.959

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	27.3	13.07	14.08	0.98	137.9	0	0	0	137.9	0
FEB	27.3	13.07	14.08	0.91	128.1	0	0	0	128.1	0
MAR	28.0	13.56	14.37	1.03	148.0	46	0	46.0	102.0	0
ABR	27.5	13.22	14.16	1.03	145.8	47	0	47.0	98.8	0
MAY	27.0	12.85	13.95	1.08	15o.7	74	0	74.0	76.7	0
JUN	27.7	13.36	14.24	1.06	150.9	60	0	60.0	90.9	0
JUL	27.0	12.85	13.95	1.08	150.7	120	0	120.0	30.7	0
AGO	26.8	12.71	13.77	1.07	147.3	101	0	101.0	46.3	0
SEP	26.8	12.71	13.77	1.02	140.5	247	100	140.5	0	6.5
OCT	26.7	12.63	13.63	1.02	139.0	45	6	139.0	0	0
NOV	26.3	12.35	13.36	0.98	130.9	63	0	69.0	61.9	0
DIC	26.8	12.71	13.77	0.99	136.3	22	0	22.0	114.3	0
SUMA					1,706.1	825		818.5	887.6	6.5

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$ $\therefore$ 818.5 + 887.6 = 1,706.1

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$ $\therefore$ 818.5 + 6.5 = 825

T A B L A Nº 5

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.960

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	26,9	12,78	13,82	0,98	133,5	21	0	21,0	112,5	0
FEB	28,2	13,73	14,62	0,91	133,1	29	0	29,0	104,1	0
MAR	28,2	13,73	14,62	1,03	150,6	26	0	26,0	124,6	0
ABR	27,9	13,51	14,29	1,03	147,2	86	0	86,0	61,2	0
MAY	28,1	13,65	14,41	1,08	155,6	69	0	69,0	86,6	0
JUN	27,2	13,00	14,03	1,06	148,7	181	32,3	148,7	0	0
JUL	26,5	12,36	13,50	1,08	145,8	105	0	137,3	8,5	0
AGO	26,6	12,56	13,55	1,07	144,9	203	58,1	144,9	0	0
SEP	26,6	12,56	13,55	1,02	138,2	165	84,9	138,2	0	0
OCT	25,9	12,06	13,15	1,02	134,1	115	65,8	134,1	0	0
NOV	25,9	12,06	13,15	0,98	128,9	67	3,9	128,9	0	0
DIC	24,6	11,16	9,68	0,99	110,5	75	0	78,9	31,6	0
SUMA		153,16			1,671.1	1,142.0		1,142.0	529.1	0

Comprobación final

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.°. 1,142.0 + 529.1 = 1,671.1

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.°. 1,142.0 + 00.0 = 1,142.0

T A B L A Nº 6

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.961

MES	TEMP.MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	25,4	11,72	12,02	0,98	117,8	14	0	67,8	50,0	0
FEB	27,0	12,85	13,95	0.91	126,9	0	0	0	126,9	0
MAR	27,7	13,36	14,24	1,03	146,7	10	0	10,0	136,7	0
ABR	27,6	13,29	14,22	1,03	146,5	37	0	37,0	109,5	0
MAY	27,9	13,51	14,29	1,08	154,3	55	0	55,0	99,3	0
JUN	26,3	12,35	13,36	1,06	141,6	168	26,4	141,6	0	0
JUL	25,6	11,85	12,18	1,08	131,5	127	21,9	131,5	0	0
AGO	26,3	12,35	13,36	1,07	142,9	118	0	139,9	3,0	0
SEP	25,7	11,92	12,26	1,02	125,1	164	38,9	125,1	0	0
OCT	25,3	11,65	11,94	1,02	121,7	137	54,2	121,7	0	0
NOV	24,4	11,03	9,86	0,98	96,6	182	100,0	96,6	0	39,6
DIC	25,2	11,58	11,84	0,99	117,2	71	53,8	117,2	0	0
SUMA		147.46			1,568.8	1,083.0		1,043.4	525.4	39.6

Comprobación Final

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.°. 1,043.4 + 525.4 = 1,568.8

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.°. 1,043.4 + 39.6 = 1,083.0

T A B L A Nº 7

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.962

MES	TEMP. MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	25,2	11,58	11,80	0,98	156,4	8	0	24,0	132,4	0
FEB	25,6	11,85	12,20	0,91	110,2	6	0	6,0	104,2	0
MAR	25,6	11,85	12,20	1,03	125,7	33	0	33,0	92,7	0
ABR	26,3	12,35	13,36	1,03	137,6	101	0	101,0	36,6	0
MAY	26,0	12,13	13,26	1,08	143,2	118	0	118,0	25,2	0
JUN	25,1	11,51	11,72	1,06	124,2	108	0	108,0	16,2	0
JUL	25,7	11,92	13,20	1,08	142,6	99	0	99,0	43,6	0
AGO	25,2	11,58	11,80	1,07	126,3	187	60,7	126,3	0	0
SEP	25,3	11,65	11,96	1,02	122,0	162	100,0	122,0	0	0.7
OCT	25,4	11,72	12,18	1,02	124,2	111	86,8	124,2	0	0
NOV	24,3	10,96	10,95	0,98	107,3	104	83,5	107,3	0	0
DIC	24,7	11,23	11,46	0,99	113,5	46	16,0	113,5	0	0
SUMA		140.33			1,533.2	1,083.0		1,082.3	450.9	0.7

Comprobación final: $\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.°. 1,082.3 + 450.9 = 1,533.2

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.°. 1,082.3 + 0.7 = 1,083.0

T A B L A Nº 8

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.963

MES	TEMP. MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP. EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	24,6	11,16	11,56	0,98	113,3	29	0	29,0	84,3	0
FEB	25,4	11,72	12,35	0,91	112,4	7	0	7,0	105,4	0
MAR	26,9	12,78	13,82	1,03	142,3	10	0	10,0	132,3	0
ABR	25,2	11,58	11,80	1,03	121,5	109	0	109,0	12,5	0
MAY	22,6	9,82	8,65	1,08	93,4	302	100,0	93,4	0	108,6
JUN	22,0	9,42	8,15	1,06	86,4	96	100,0	86,4	0	9,6
JUL	21,3	8,97	7,26	1,08	78,4	106	100,0	78,4	0	27,6
AGO	21,5	9,10	7,38	1,07	78,9	144	100,0	78,9	0	65,1
SEP	21,7	9,23	7,49	1,02	76,4	171	100,0	76,4	0	94,6
OCT	25,8	11,99	13,48	1,02	137,5	271	100,0	137,4	0	133,6
NOV	26,9	12,78	13,82	0,98	135,4	62	26,6	135,4	0	0
DIC	27,3	13,07	14,08	0,99	139,4	4	0	30,6	108,8	0
SUMA		131.58			1,315.2	1,311.0		871.9	443.3	439.1

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.°. 871.9 + 443.3 = 1,315.2

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.°. 871.9 + 439.1 = 1,311.0

T A B L A Nº 9

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.964

MES	TEMP. MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	27,5	13,22	14,16	0,98	138,7	0	0	0	138,7	0
FEB	28,3	13,80	14,70	0,91	133,8	0	0	0	133,8	0
MAR	29,1	14,40	15,24	1,03	157,0	1	0	1,0	156,0	0
ABR	33,7	17,98	18,10	1,03	186,4	106	0	106,0	80,4	0
MAY	27,7	13,36	14,24	1,08	153,4	128	0	128,0	25,8	0
JUN	26,9	12,76	13,82	1,06	146,5	213	66,5	146,5	0	0
JUL	26,7	12,63	13,63	1,08	147,2	174	93,3	147,2	0	0
AGO	27,2	13,00	14,03	1,07	150,1	135	78,2	150,1	0	0
SEP	27,1	12,92	13,99	1,02	142,7	145	80,5	142,7	0	0
OCT	26,4	12,42	13,43	1,02	137,0	88)	31,5	137,0	0	0
NOV	27,1	12,92	13,99	0,98	137,1	99	0	130,5	6,6	0
DIC	26,3	12,35	13,36	0,99	132,3	18	0	18,0	114,3	0
SUMA		161.78			1,762.6	1,107.0		1,107.0	655.6	0

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.·. 1,107.0 + 655.6 = 1,762.6

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.·. 1,107.0 + 00.0 = 1,107.0

T A B L A Nº 10

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL POR EL METODO DE THORNTHWAITE

AÑO: 1.965

MES	TEMP. MEDIA MENS EN ºC	i	ETP SIN AJUSTAR EN cm	FACTOR DE AJUSTE	ETP AJUST EN mm	PRECIP EN mm	ALMACEN EN EL SUELO	ETP REAL	DEFIC	EXCED
ENE	26,2	12,27	14,35	0,98	141,3	51	0	51	90,3	0
FEB	27,1	12,92	13,99	0,91	127,3	15	0	15	112,3	0
MAR	28,2	13,73	14,62	1,03	150,6	4	0	4	146,6	0
ABR	28,7	14,11	14,66	1,03	151,0	64	0	64	87,0	0
MAY	27,5	13,22	14,16	1,08	153,0	131	0	131	22,0	0
JUN	28,4	13,87	14,74	1,06	156,2	31	0	31	125,2	0
JUL	29,3	14,55	15,38	1,08	166,1	41	0	41	125,1	0
AGO	27,9	13,51	14,29	1,07	152,9	76	0	76	76,9	0
SEP	28,1	13,65	14,41	1,02	146,9	115	0	115	31,9	0
OCT	27,2	13,00	14,03	1,02	143,1	68	0	68	75,1	0
NOV	26,7	12,63	13,63	0,98	133,6	85	0	85	48,6	0
DIC	27,1	12,92	13,99	0,99	138,5	39	0	39	99,5	0
SUMA		160.38			1,760.5	720.0		720.0	1,040.5	0

Comprobación final:

$\Sigma ETP_r + \Sigma Defic = \Sigma ETP$.˙. 720.0 + 1,040.5 = 1,760.5

$\Sigma ETP_r + \Sigma Exced = \Sigma Precip$.˙. 720.0 + 00.0 = 720.0

RENDIMIENTO:

En el cálculo del rendimiento se utilizarón los datos de escurrimiento calculados por el I.N.O.S. en la estación Puente Burro Negro.

En la determinación del coeficiente de escorrentía tomamos el promedio de los años climáticos 1956-57 al 1964-65, ya que las isoyetas se trazarón para éstos 9 años; con ellos se determinó la precipitación media para cada año.

Con los valores de precipitación media y los de volumen escurrido para cada uno de los 9 años, se determinó el coeficiente de escorrentía.

Los resultados y las expresiones útilizadas se han presentado en la tabla Precipitación-Escurrimiento; en la cuál se calculó el rendimiento medio de los 9 años cuyo valor dió: $235.69 Mm^3$.

También se ha elaborado la gráfica Precipitación v.s. Escurrimiento; en está gráfica se puede observar que la tendencia está bastante definida salvo algunas dispersiones en los puntos correspondientes a los años 1962-63 y 1964-65, que a nuestro parecer es débido a deficiencias de datos de precipitación y a dudas en los datos de escurrimiento, ya que éste es calculado indirectamente mediante el método "Movimiento del Embalse" y no medido directamente.

RELACION PRECIPITACION-ESCURRIMIENTO

AÑO CLIMATICO	PRECIP MEDIA (mm)	VOLUMEN LLOVIDO M m^3	VOLUMEN ESCURR. M m^3	COEF. DE ESCURR. %
1.956-57	1580	1347.58	311.94	23.15
1.957-58	1312	1119.00	100.17	8.95
1.958-59	1261	1075.51	130.20	12.11
1.959-60	1439	1227.32	169.97	13.85
1.960-61	1388	1183.83	171.67	14.50
1.961-62	1476	1258.88	191.21	15.19
1.962-63	1260	1074.65	264.90	24.65
1.963-64	1540	1313.47	356.16	27.12
1.964-65	1248	1064.42	425.00	39.93
PROMEDIO	1389		235.69	19.94

EXPRESIONES USADAS:

Volúmen llovido = precipitación media x área

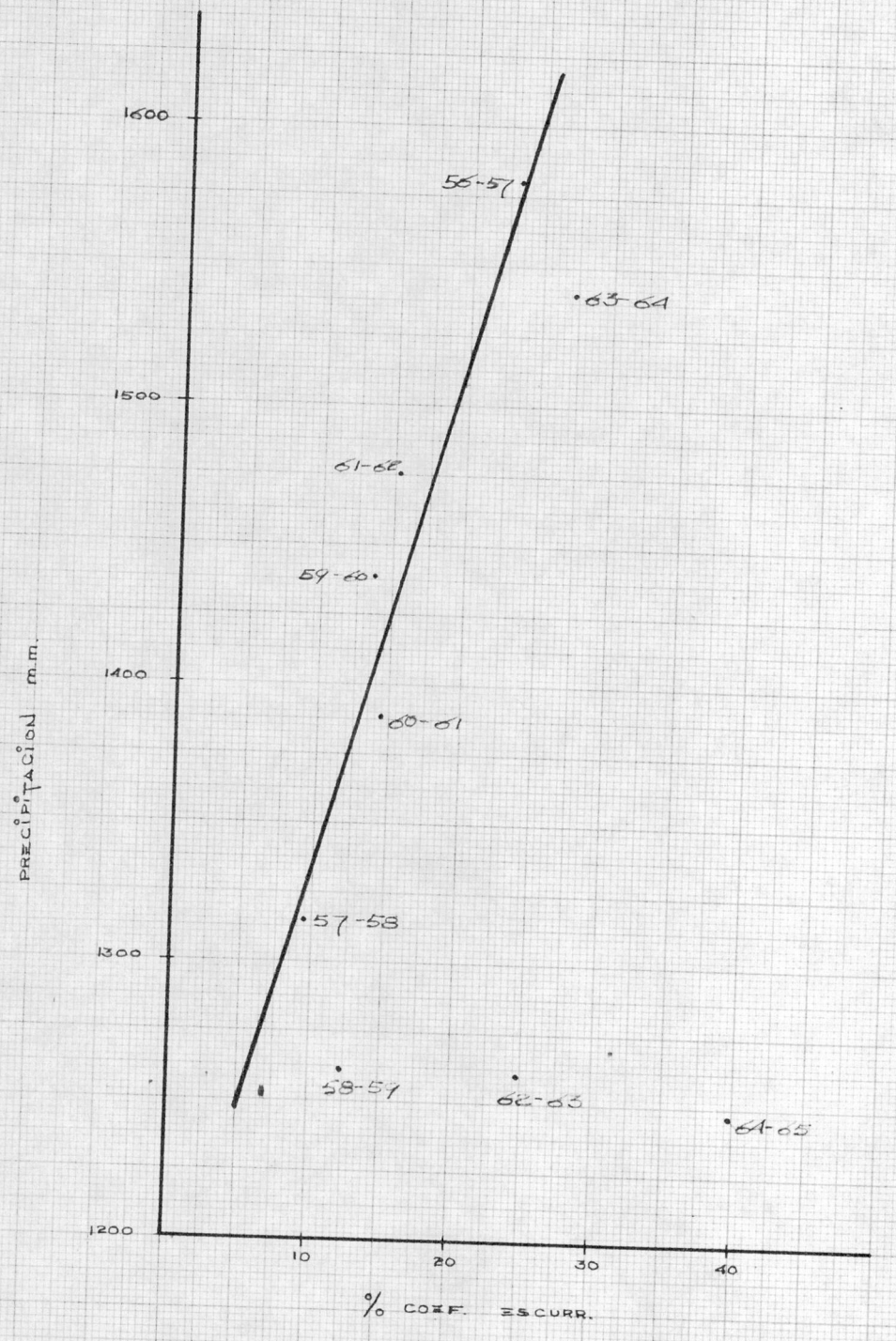
Siendo: Area = 852.9 Km^2

Coeficiente escurrimiento = $\frac{\text{Volúmen escurrimiento}}{\text{Volúmen llovido}}$

Siendo: Volúmen escurrimiento = total de escurrimiento anual

(ver cuadro de curva de masas)

RELACION PRECIP. - ESCURRIMIENTO
PERIODO: 1956-57 AL 1964-65



CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS
DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.956-57

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	7.94	-59.57	+294.29
MAY	20.12	+ 2.44	+264.40
JUN	26.94	+37.16	+204.06
JUL	15.32	-22.00	+127.68
AGO	53.59	+172.85	+ 14.09
SEP	69.66	+254.67	- 32.20
OCT	68.74	+249.98	+ 19.65
NOV	37.93	+93.12	+ 10.58
DIC	8.56	-56.42	- 39.88
ENE	2.24	-88.59	-131.12
FEB	0.70	-96.43	-230.71
MAR	0.20	-98.98	-330.10
TOTAL	311.94		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.957-58

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	1.21	-93.84	-59.57
MAY	13.77	-29.89	-57.13
JUN	7.79	-60.34	-19.97
JUL	4.64	-76.38	-41.97
AGO	2.67	-113.59	+130.88
SEP	10.55	-46.29	+385.55
OCT	29.85	+51.85	+635.53
NOV	17.86	- 9.07	+728.65
DIC	9.91	-50.46	+672.23
ENE	1.72	-91.24	+583.64
FEB	0.08	-99.59	+487.11
MAR	0.12	-99.39	+388.13
TOTAL	100.17		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS
DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.958-59

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	0.29	-98.52	-428.62
MAY	9.58	-51.22	-479.84
JUN	24.42	+24.33	-455.51
JUL	13.96	-28.92	-484.43
AGO	33.98	+73.01	-411.42
SEP	15.18	+22.71	-388.71
OCT	26.05	+32.63	-356.08
NOV	5.24	-73.32	-429.40
DIC	1.15	-94.15	-523.55
ENE	0.20	-98.98	-622.53
FEB	0.05	-99.75	-722.28
MAR	0.10	-99.49	-821.77
TOTAL	130,20		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS
DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.959-60

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	5.07	- 74.19	-895.96
MAY	12.19	- 37.94	-933.90
JUN	4.36	- 77.80	-1011.70
JUL	7.19	- 63.39	-1075.09
AGO	11.25	- 42.72	-1117.81
SEP	31.97	+ 62.77	-1055.04
OCT	65.30	+232.47	-822.57
NOV	26.50	+ 34.92	-787.65
DIC	5.09	- 74.08	-861.73
ENE	0.94	- 95.24	-956.97
FEB	0.03	-99.85	-1056.82
MAR	0.08	-99.59	-1156.41
TOTAL	169.97		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS
DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.960-61

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	0.27	- 98.63	-1255.04
MAY	0.22	- 98.88	-1353.92
JUN	15.41	- 21.54	-1375.46
JUL	15.86	- 19.25	-1394.71
AGO	20.47	+ 4.22	-1390.49
SEP	10.15	- 48.32	-1438.81
OCT	55.58	+182.97	-1255.84
NOV	33.28	+ 69.44	-1186.40
DIC	17.83	- 9.22	-1195.62
ENE	2.11	- 89.26	-1284.88
FEB	0.16	- 99.19	-1384.07
MAR	0.33	- 98.32	-1482.39
TOTAL	171,67		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS
DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.961-62

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	2.60	- 86.76	-1569.15
MAY	3.99	- 79.69	-1648.84
JUN	4.29	- 78.16	-1727.00
JUL	20.32	+ 3.46	-1723.54
AGO	15.04	- 23.43	-1746.97
SEP	31.28	+ 59.26	-1687.71
OCT	40.10	+104.17	-1583.54
NOV	39.80	+102.64	-1480.90
DIC	29.26	+ 48.97	-1431.93
ENE	2.01	- 89.77	-1521.70
FEB	0.00	0.00	-1621.70
MAR	2.52	- 87.17	-1708.87
TOTAL	191.21		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.962-63

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	0.88	-95.52	-1804.39
MAY	24.02	+22.29	-1782.10
JUN	26.53	+35.08	-1747.02
JUL	11.11	-43.44	-1790.46
AGO	65.82	+235.12	-1555.34
SEP	74.78	+280.73	-1274.61
OCT	34.30	+74.64	-1199.97
NOV	19.73	+0.45	-1199.52
DIC	3.07	-84.37	-1283.89
ENE	2.41	-87.73	-1371.62
FEB	0.00	- 0.00	-1471.62
MAR	2.25	-88.54	-1560.16

TOTAL 264.90

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.963-64

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	4.92	-74.95	-1635.11
MAY	55.54	+182.78	-1452.33
JUN	37.93	+93.12	-1359.21
JUL	54.49	+177.43	-1181.78
AGO	54.97	+179.87	-1001.91
SEP	52.65	+168.06	- 833.85
OCT	40.19	+104.62	- 728.23
NOV	44.11	+124.58	- 604.65
DIC	7.95	-59.52	- 664.17
ENE	0.97	-95.06	- 759.23
FEB	0.93	-95.27	- 854.50
MAR	1.51	-92.31	- 946.81
TOTAL	356.16		

CALCULO DE LA CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

AÑO CLIMATICO 1.964-65

MES	ESCURRIMIENTO EN M m^3	% BAJO O SOBRE EL % MEDIA	% ACUMULADO
ABR	5.72	-70.88	-1017.69
MAY	10.09	-48.63	-1066.33
JUN	17.22	-12.33	-1078.65
JUL	74.51	+279.36	- 799.29
AGO	110.71	+463.67	- 335.62
SEP	94.27	+379.97	+ 44.35
OCT	49.52	+152.13	+ 196.48
NOV	50.62	+157.73	+ 354.21
DIC	7.16	-63.55	+ 290.66
ENE	3.95	-79.89	+ 210.77
FEB	1.22	-93.79	+ 116.98
MAR	0.01	-99.95	+ 17.03
TOTAL	425.0		

CURVA DE MASAS POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL

Con los valores de escurrimiento mensual y anual del río PUEBLO VIEJO, obtenidos según el método "Movimiento del Embalse", se procedió a calcular y dibujar la curva de masas por diferencias de dicho escurrimiento.

El diagrama de masa por diferencias toma como datúm o referencia, el escurrimiento medio mensual del río que es la unidad o el 100 %.

Dicho datúm o referencias es:

$$\text{Escurrimiento medio mensual} = \frac{2121.22\ Mm^3}{9 \times 12} = 19.64\ Mm^3$$

La disposición del cálculo se observa en los cuadros correspondientes a esta curva de masa.

El porcentaje bajo ó sobre la media se obtuvo de la siguiente manera:

Sea A = el escurrimiento medio mensual del período (en nuestro caso $19.64\ Mm^3 = 19.64 \times 10^6 m^3$)

Sea B = el valor del escurrimiento de un mes cualquiera

A ------ 100

B ------ X

De donde: $X = \frac{B}{A} \times 100$

Este valor X se resta de 100 (X-100) y esto dará un porcentaje que será positivo ó negativo.

Una vez construida la curva de masas por diferencia, se hizo un analísis de la capacidad más conveniente para el embalse, para lo cuál se construyó una escala de pendientes.

Para dicha escala se toman extracciones inferiores a la máxima (correspondiente a la que sería necesario para utilizar en su totalidad el escurrimiento medio del río).

En nuestro estudio se tomó inferiores a 7,47 m^3/seg, tomandolos arbitrariamente, pero para comodidad y facilidad se tomó de tal forma que los intervalos entre las extracciones tomadas sean constantes, como es : 6.0 m^3/seg, 5,5 m^3/seg, 5.0 m^3/seg, 4.5 m^3/seg, 4.0 m^3/seg, 3.5 m^3/seg, 3.0 m^3/seg y 2.5 m^3/seg.

Con estos valores se construyó la ya mencionada "Escala de Pendientes" de la siguiente manera:

1.- Se tomó una extracción X en m^3/seg.

2.- Se lleva a volumen por año y luego se lleva a volumen mensual.

3.- Se calcula el porcentaje del volumen mensual con respecto al volumen medio mensual de largo periodo.

4.- El porcentaje obtenido siempre estará por debajo del porcentaje de la media, que es el 100 %, y por lo tanto se le resta cien y así queda un tanto por ciento por debajo de la media.

5.- Este tanto por ciento se multiplica por el número de meses que hay en un año, dos años, tres años, etc. y así se obtienen los puntos en tanto por ciento para el trazado de la

pendiente.

Ilustrando numéricamente:

Ejemplo para X = 6.0 m^3/seg

El volumen anual (Va) será :

Va = 6.0 m^3/seg x 86.400 seg x 365 dias

Va = 6.0 m^3/seg x 31536000 seg/año

Va = 189.216 Mm^3/año

El volumen mensual (Vm) será :

$$Vm = \frac{189.216}{12} = 15.768\ Mm^3/mes$$

19.64 Mm^3 ------- 100

15.786Mm^3 ------- X

De donde: X = 80.285 %

80.285 - 100 = -19.72 %/mes

Los tanto por ciento bajo la media acumulada, con una extracción de 6.0 m^3/seg serán:

Para 1 año : 12 x (-19.72) = -236.64 %

Para 2 años: 24 x (-19.72) = -473.28 %

Estos pasos se hacen igualmente para las otras extracciones que se ensayan.

REFERENCIAS SOBRE EL GRAFICO DE PENDIENTES:

Se construyó éste en el mismo papel donde se trazó la curva de masas por diferencias; la escala de la ordenada y de la abscisa, correspondiente al porcentaje acumulado y al tiempo (en años), respectivamente, es la misma que se usó en la curva de masas por diferencias.

FORMA DE COMO SE DEDUJO LAS CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO UTIL REQUERIDOS PARA APROVECHAR LOS GASTOS QUE SE INDICAN

Las extracciones ó gastos regulados deseados se trazarón en forma de pendiente, en el gráfico mencionado anteriormente denominado "Escala de Pendientes".

Paralelamente a éstas pendientes se trazarón las rectas por el pico de máxima excedencia de la curva de masas por diferencias; dicha recta nos representa la extracción.

Se tomó como % de deficiencia la distancia en la ordenada, comprendida entre el pico de máxima deficiencia y el punto de intersección de la perpendicular levantada por dicho pico y la recta trazada anteriormente; éstos valores se representarón en la columna III del cuadro Q, cada uno de los valores de ésta columna se aplica al escurrimiento medio mensual obteniendo la capacidad requerida inicialmente en el embalse (columna IV) necesaria para mantener una extracción constante igual a la deseada (ó ensayada).

NOTA: Cuando se ensayan éstas extracciones, en la extracción más cercana a la máxima se obtiene por lo general la capacidad útil en el sector de máxima deficiencia; pero puede ser que, las extracciones inferiores a ésta, no la den ahí, por lo que es conveniente, al trazar las rectas paralelas a las pendientes en la curva de masas por diferencias, analizar todos los sectores que a la vista parecen ser iguales, esto es

débido a que algunas veces la capacidad útil puede estar en un sector de menor deficiencia que la máxima; además es conveniente trazar la pendiente en otros picos de excedencia y analizar las capacidades.

APRECIACIONES DE LA CURVA

a.- El ríoha pasado por un marcado lapso de deficiencia que es el de Noviembre de 1956 hasta Abril de 1962; y por un lapso de excedencia cómo es el de Junio de 1962 hasta Noviembre de 1964.

b.- Para utilizar en su totalidad el escurrimiento del río Pueblo Viejo en Puente Burro Negro (235.69 Mm^3/año, esto es equivalente a un gasto continuo de 7,47 m^3/seg), se necesitaría una capacidad de almacenamiento útil de 356.08 Mm^3. que es 1813 % del escurrimiento mensual de largo periodo.

c.- Que para utilizar los gastos medios inferiores al gasto medio de largo período se necesitaría las capacidades de almacenamiento útil que se indica en el cuadro Q.

La columna II, de dicho cuadro, se obtuvo con relación al gasto medio (Qm = 7.47 m^3/seg)

Ejemplo: el tanto por ciento sobre el gasto medio correspondiente al gasto regulado de 6.0 m^3/seg será:

$$7.47 \text{ --------- } 100$$

$$6.0 \text{ --------- } X$$

De donde: $X = \dfrac{6.0}{7.47} \times 100 = \underline{80.32\ \%}$

La columna IV se obtuvo con relación al volumen medio mensual (19.64 Mm^3)

Para el mismo ejemplo anterior el almacenamiento o capacidad útil requerido será:

19.64 ------ 100

X ------ 1366.97

De donde: $X = \frac{1366.97}{100} \times 19.64$

$X = 268.47\ Mm^3$

CUADRO Q

CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO UTIL REQUERIDOS PARA APROVECHAR LOS GASTOS QUE SE INDICAN DEL RIO PUEBLO VIEJO.

(No incluye saldo lluvia-evapotranspiración en el embalse)

COLUMNA I	COLUMNA II	COLUMNA III	COLUMNA IV
Gasto regulado m^3/seg	% sobre el Gasto medio	% bajo el Volumen medio	Almacen. útil requerido Mm^3
6.0	80.32	- 1366.97	268.47
5.5	74.29	- 993.00	195.03
5.0	66.93	- 749.81	147.26
4.5	60.24	- 537.81	105.63
4.0	53.54	- 369.89	72.65
3.5	46.85	- 244.89	48.10
3.0	40.16	- 211.92	41.62
2.5	33.47	- 172.92	33.96

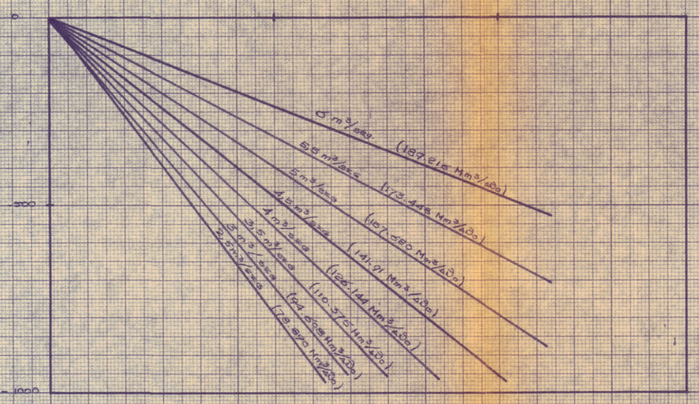
Para deducir la capacida más conveniente, se ploteó Capacidades v.s. Extracciones, donde se puede apreciar con más facilidad dicha capacidad.

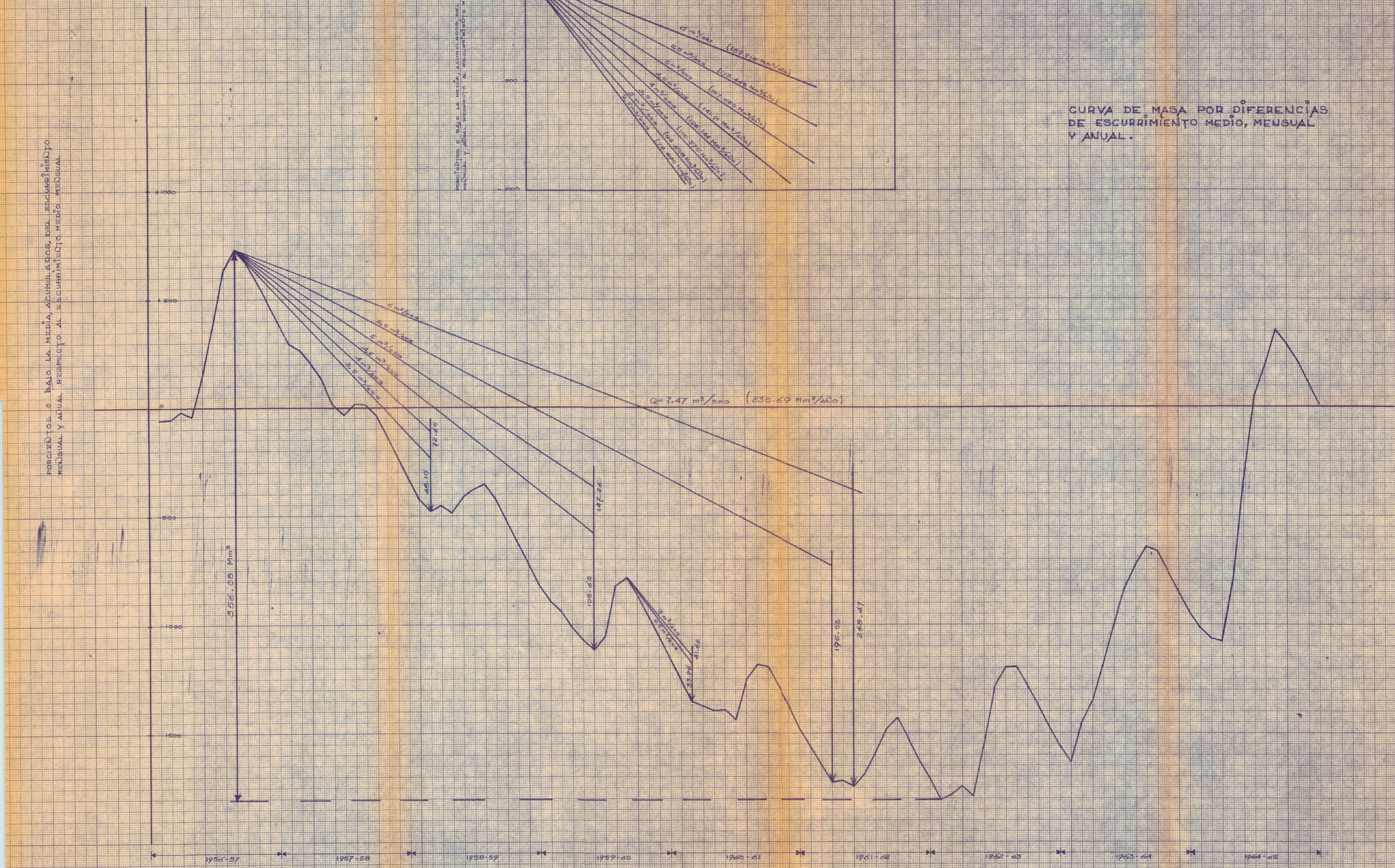
Tomando en cuenta que para una regulación más ecónomica hay que tomar el mayor gasto regulado posible, con la mayor capacidad posible. El gasto más económico es donde cambia la pendiente de la curva.

Según dicha grafica, vemos que la capacidad más conveniente es de 48 Mm^3 que corresponde a una extracción continua de 3.5 m^3/seg; como se puede ver es un aprovechamiento de 46.85 % del gasto medio anual del río, lo cuál para nuestro concepto, lo consideramos muy bajo.

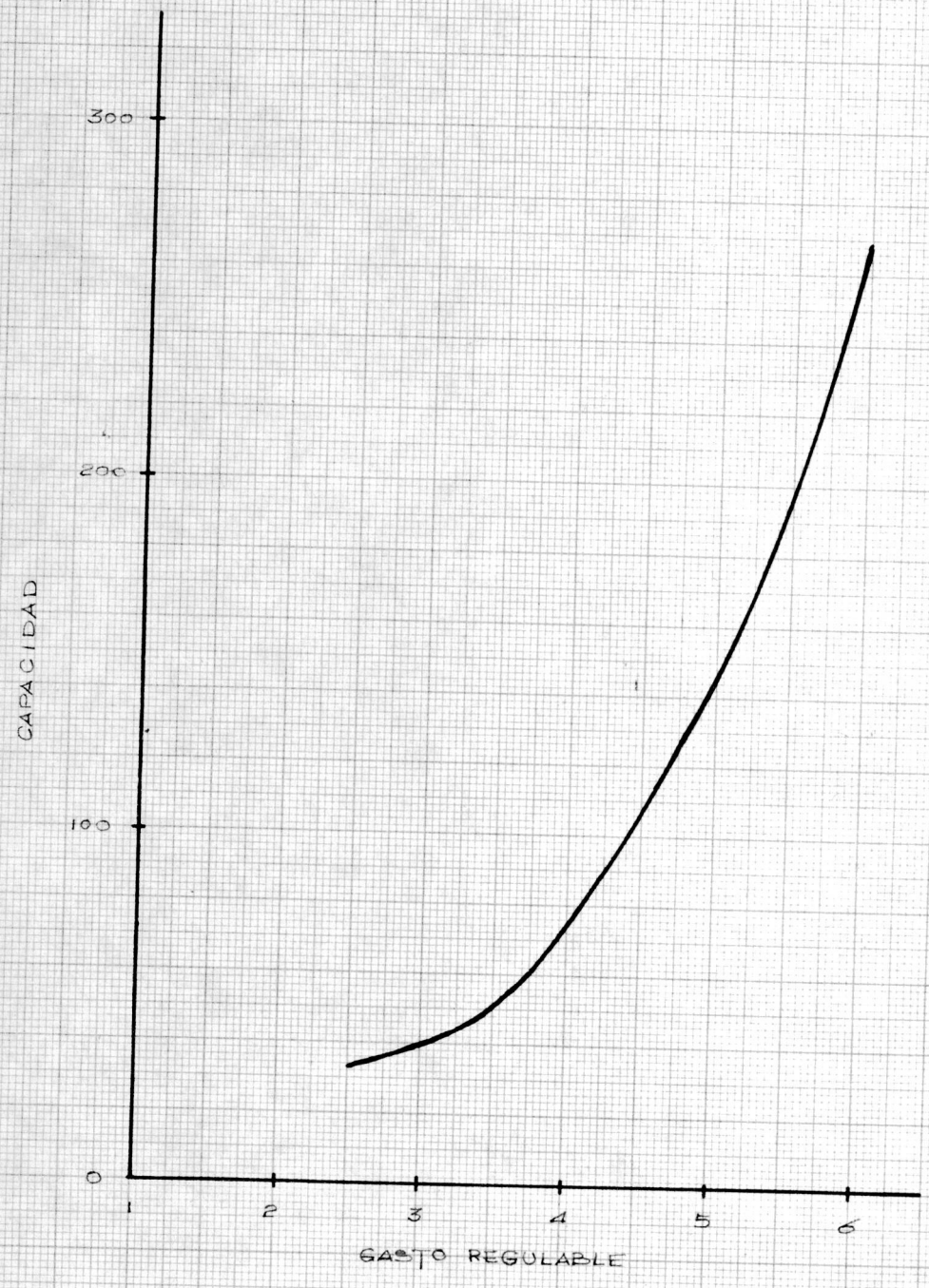
CURVA DE MASA POR DIFERENCIAS DE ESCURRIMIENTO MEDIO, MENSUAL Y ANUAL.

ESCALA DE PENDIENTES





CURVA DE CAPACIDAD - EXTRACCION



EMBALSE DEL RIO PUEBLO VIEJO

El embalse del Río Pueblo Viejo, se usa para el suministro de agua de Cabimas y se formó cerrando el Río del mismo nombre por medio de una presa de tierra.

En marzo de 1958 se elaboró el proyecto el cual consistió en términos generales en una presa de tierra sobre el Río Pueblo Viejo, un aliviadero de crecidas sobre el estribo derecho, una torre de toma con salida por bombeo y una salida de fondo a través de un túnel controlada por una válvula reguladora.

El sitio de la presa está situado a unos 3.5 Km. aguas arriba del sitio donde la carretera Lara-Zulia cruza el Río. La capacidad total del embalse es de 71.000.000 de metros cúbicos de los cuales alrededor de 60 son netos y el resto almacena sedimentos.

Según el diagrama de masas el gasto medio del río será de 5898 m3/seg y para regularlo se necesitaría una capacidad de 550.000.000 m3.

Con una capacidad de 60.000.000 se obtiene un gasto regulado de 2400 lts/seg. que es más que lo que necesita el - I.N.O.S.

El I.N.O.S. sólo requiere 1200 lts/seg. para el abastecimiento de Cabimas, la estimación tiene un margen para satisfacer las necesidades y cualquier exceso de producción se usa

en el abastecimiento de pueblos cercanos.

El agua del embalse se bombea a una planta de tratamiento situada cerca del cruce de la carretera con el río, y después de tratada se conduce por gravedad a Cabimas por medio de una tubería.

La Creole controló por cierto tiempo este río por medio de un Limnígrafo colocado aguas arriba de la toma de canal V.O.C. y también efectuó aforos periódicos y cuyo record fué entregado para el Archivo del Servicio de Hidrología del INOS.

Elementos que componen la obra del embalse:

PRESA: es de tierra de sección mixta, la parte de aguas arriba es de material impermeable y las de aguas abajo de grava arcillosa permeable y protección escollera en ambos casos.

TORRE DE TOMA: es de 6 mts. de diámetro interior y de 25,5 mts. situada fuera de la presa hacia el estribo derecho. Se había proyectado torre con cuatro tomas pero sólo se hicieron dos, una en el ambalse y otra en el río, esta última es provisional.

La toma del embalse consta de cinco bombas que succionan el agua cruda de la torre y la envían a la planta.

La salida se hace por medio de una tubería de acceso de 36 pulgadas de diámetro que comienza en el fondo de la torre, esta tubería tiene dos elementos de cierre.

La salida sirve para sacar del embalse el excedente de producción sobre los 800 lts/seg. que bombea la torre normalmente y que se usa para dejar correr el agua por el río para beneficio de los pobladores aguas abajo de la presa o para instalar en el futuro una estación de bombeo adicional que sirva a la población de la costa oriental del Lago, tal instalación sólo será necesaria cuando la demanda exceda la cantidad de 800 lts/seg.

ALIVIADERO: está hecho por estructura de concreto situada sobre el estribo derecho de la presa y a una distancia aproximada de 300 mts. de la presa. Además, consta de un vertedero perfilado, de planta curva de 115 mts. de longitud de cresta seguido de canal rápido de 40 mts. de ancho y 130 de largo. La capacidad de dicho alivio es de 1700 mts3/seg.

CARACTERISTICAS DE LA OBRA:

AREA DE LA HOYA	852,9	Km2.
LLUVIA MEDIA ANUAL ESTIMADA	1381	m.m.
PRODUCCION PROMEDIO ESTIMADA	2400	lts/seg.
CAPACIDAD DEL EMBALSE	60.000.000	mts3.
CAPACIDAD BRUTA DEL EMBALSE	71.000.000	mts3.
AREA MAXIMA CUBIERTA POR EL EMBALSE	1340	Ha.
CRECIENTE DE DISEÑO	2000	mts3/seg.
COTA DE LA CRESTA DE LA PRESA	73,5	mts.
COTA DE LAS AGUAS NORMALES	67,5	mts.

COTA DE LAS AGUAS MAXIMAS	71,5	
CARGA MAXIMA SOBRE EL VERTEDERO	4,0	mts.
COTA DE CRESTA DEL ALIVIADERO	67,5	mts.
BORDE LIBRE DE LA PRESA	2,0	mts.
ANCHO DE LA CRESTA	7,0	mts.
ALTURA MAXIMA DE LA CRESTA	30,5	mts.
VOLUMEN TOTAL DE LA PRESA	616.000	mts3.
COTA EJE DE LAS TOMAS	48.9-53,9-58,9-63,9	mts.
CAPACIDAD MAXIMA DEL ALIVIARERO	1700	mts3/seg.
DIAMETRO DE LA TORRE DE TOMA	6,0	mts.
ALTURA DE LA TORRE DE TOMA	25,5	mts.
CAPACIDAD MAXIMA DE BOMBEO	1000	lts./seg.
DIAMETRO DE LA TUBERIA DE BOMBEO	30	pulg.
DIAMETRO DEL TUNEL DE DESVIACION	2,75	mts.
LONGITUD DEL TUNEL DE DESVIACION	197	mts.
DIAMETRO DE LA TUBERIA DE SALIDA ADICIONAL	36	pulg.
CAPACIDAD MAXIMA DE LA SALIDA ADICIONAL ...	4200	lts./seg.

C U A D R O Nº 1

PROMEDIO DEL PERIODO 1.950-51 al 1.964-65

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
1000	4,8	1025	4920
1050	40,8	1075	43860
1100	70,9	1125	79762,5
1150	87,4	1175	102695
1200	81,3	1225	99592,5
1250	73,7	1275	93967,5
1300	67,3	1325	89172,5
1350	48,6	1375	66825
1400	48,4	1425	68970
1450	58,8	1475	86730
1500	58,9	1525	89822,5
1550	59,0	1575	92925
1600	50,2	1625	81575
1650	37,3	1675	62477,5
1700	37,2	1725	64170,0
1750	28,3	1775	50232,5
1800			
SUMA	852,9		1177.697,5

Area planimetrada de la hoya = 852,9 Km^2

aproximadamente = 853 Km^2

$P.m = \frac{1177697,5}{852,9} = 1380,81$ mm Precip. aprox. = 1.381 mm

C U A D R O Nº 2

AÑO CLIMATICO: 1.955-56

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
1100			
	34,3	1150	39,445
1200			
	74,6	1250	93,250
1300			
	120,3	1350	162,405
1400			
	158,8	1450	230,260
1500			
	160,5	1550	248,775
1600			
	170,6	1650	281,490
1700			
	118,5	1750	207,375
1800			
	14,4	1850	26,640
1900			
SUMA	852		1.389.640

$$P.m = \frac{1.389.640}{852,9} = 1.629 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 3

AÑO CLIMATICO: 1.956-57

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
1100			
	30,4	1150	35.535
1200			
	103,4	1250	128.750
1300			
	106,6	1350	143.910
1400			
	124,2	1450	180.090
1500			
	106,8	1550	165.540
1600			
	111,5	1650	183.975
1700			
	96,7	1750	169.225
1800			
	89,0	1850	164.650
1900			
	85,4	1950	166.530
2000			
	4,4	2050	9.020
2100			
SUMA	858,5		1.347.225

$$P.m. = \frac{1.347.225}{852,9} = 1580 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 4

AÑO CLIMATICO 1.957-58

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
900			
	3,2	950	3040
1000			
	40,3	1050	42315
1100			
	165,5	1150	190325
1200			
	209,0	1250	261250
1300			
	173,0	1350	233550
1400			
	192,1	1450	278545
1500			
	70,8	1550	109740
1600			
SUMA	853,9		1118765

$$P.m = \frac{1118765}{852,9} = 1312 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 5

AÑO CLIMATICO 1.958-59

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
900			
	2,0	950	1900
1000			
	68,2	1050	71610
1100			
	182,8	1150	210220
1200			
	282,5	1250	353125
1300			
	238,0	1350	321300
1400			
	80,9	1450	117305
1500			
SUMA	855,0		1075460

$$P.m = \frac{1075460}{852,9} = 1261 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 6

AÑO CLIMATICO 1.959-60

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
800			
	22,6	850	19210
900			
	57,5	950	54625
1000			
	73,8	1050	77490
1100			
	85,5	1150	98325
1200			
	98,2	1250	127750
1300			
	74,6	1350	100710
1400			
	80,0	1450	116000
1500			
	74,6	1550	115630
1600			
	79,1	1650	130515
1700			
	71,2	1750	124600
1800			
	55,6	1850	102860
1900			
	47,7	1950	93015
2000			
	34,8	2050	71340
2100			
SUMA	855,2		1227070

$$P.m = \frac{1227070}{852,9} = 1439 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 7

AÑO CLIMATICO 1.960-61

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
800			
	2,2	850	1870
900			
	33,1	950	31445
1000			
	106,4	1050	111720
1100			
	109,1	1150	125465
1200			
	99,3	1250	124125
1300			
	93,9	1350	126765
1400			
	113,7	1450	164865
1500			
	99,8	1550	154690
1600			
	100,0	1650	165000
1700			
	70,0	1750	122500
1800			
	30,0	1850	55500
1900			
SUMA	857,5		1183945

$$P.m = \frac{1183945}{852,9} = 1388 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 8

AÑO CLIMATICO 1.961-62

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
900			
	1,4	950	1330
1000			
	55,8	1050	58590
1100			
	96,2	1150	110630
1200			
	114,0	1250	142500
1300			
	108,7	1350	146745
1400			
	91,2	1450	132240
1500			
	92,0	1550	142600
1600			
	97,7	1650	161205
1700			
	82,4	1750	144200
1800			
	55,9	1850	103415
1900			
	50,9	1950	99255
2000			
	7,7	2050	15785
2100			
SUMA	853,9		1258495

$$P.m = \frac{1258495}{852,9} = 1476 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 9

AÑO CLIMATICO 1.962-63

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
1000			
	113,2	1050	118860
1100			
	229,2	1150	263580
1200			
	177,4	1250	221750
1300			
	158,6	1350	214110
1400			
	144,0	1450	208800
1500			
	30,7	1550	47585
1600			
SUMA	853,1		1074685

$$P.m = \frac{1074685}{852,9} = 1260 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 10

AÑO CLIMATICO 1.963-64

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
1100			
	6,0	1150	6900
1200			
	66,6	1250	83250
1300			
	146,6	1350	197910
1400			
	156,1	1450	226345
1500			
	151,7	1550	235135
1600			
	150,0	1650	247500
1700			
	108,1	1750	189175
1800			
	68,9	1850	127465
1900			
SUMA	854		1313680

$$P.m = \frac{1313680}{852,9} = 1540 \text{ mm}$$

C U A D R O Nº 11

AÑO CLIMATICO 1.964-65

ISOYETAS (mm)	AREA NETA (Km^2)	PRECIPITACION MEDIA	AREA x ISOYETA MEDIA
500	2,7	500	1350
600	28,2	550	15510
700	44,0	650	28600
800	48,9	750	36675
900	57,3	850	48705
1000	63,3	950	60135
1100	65,0	1050	68250
1200	65,4	1150	75210
1300	54,6	1250	68250
1400	66,0	1350	89100
1500	65,8	1450	95460
1600	63,6	1550	98580
1700	64,6	1650	106590
1800	57,2	1750	100100
1900	46,0	1850	85100
2000	42,0	1950	81900
2100	24,6	2050	5043
SUMA	859,2		1064508

$$P.m = \frac{1064508}{852,9} = 1248 \text{ mm}$$

71° 20'
71° 10'
71° 00'
70° 50'
70° 40'
10° 30'
10° 20'
10° 10'
10° 00'
9° 50'

● El Consejo.
1189,1

● Quiroz
1462,7

1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000

Río Chaguita de los Pinos

Río Grande

● Carretera N
1032,5

● Plan Bonito
1107,1

RIO PUEBLO VIEJO

● Lagunillas
821,5

● Canal V.O.C.
1010,3

● El Venado
1376

● Pueblo Viejo
1219,2

● Bachaquero
1070,5

● Raya Arriba
1636,8

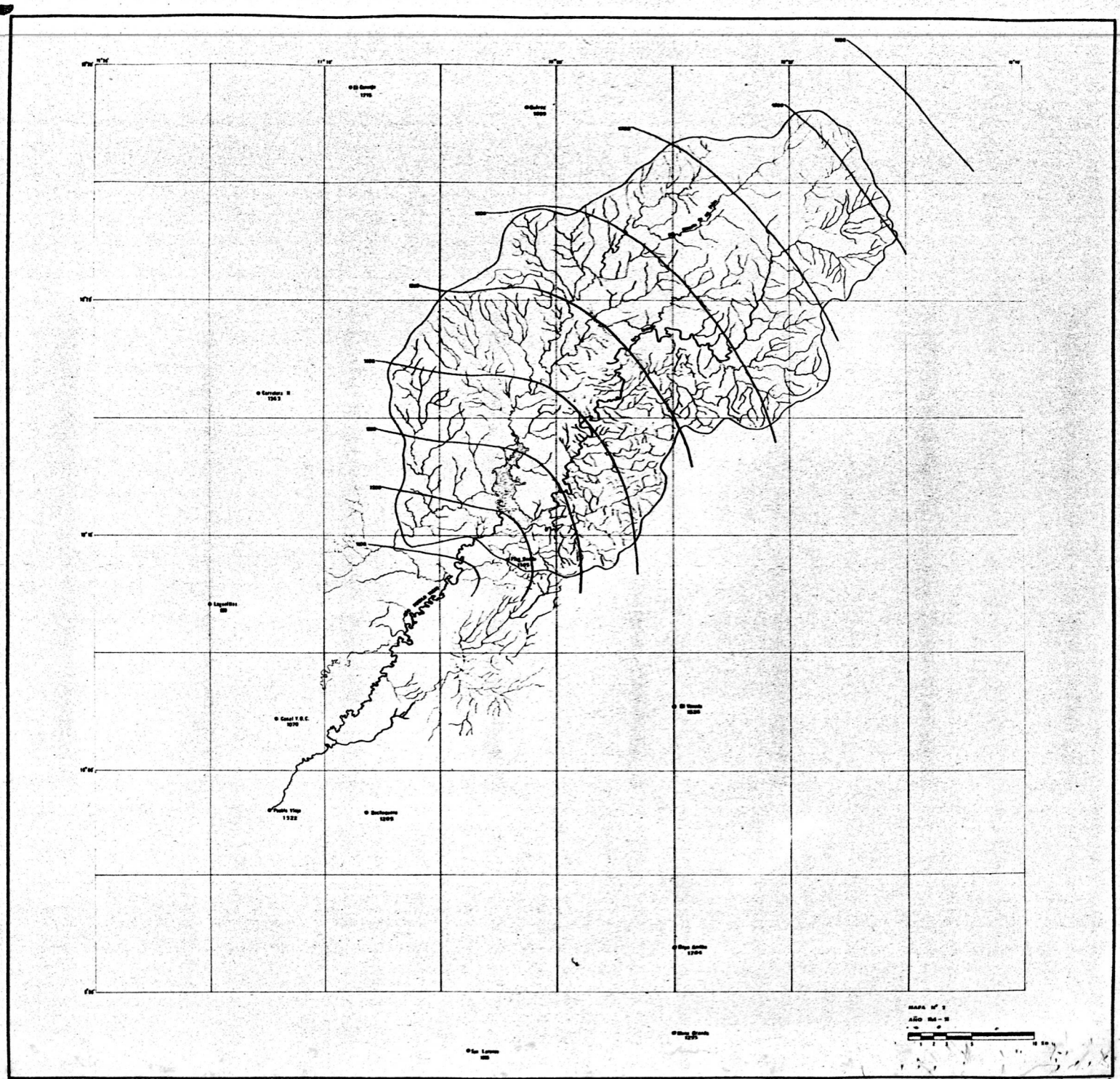
● Mene Grande
1620,6

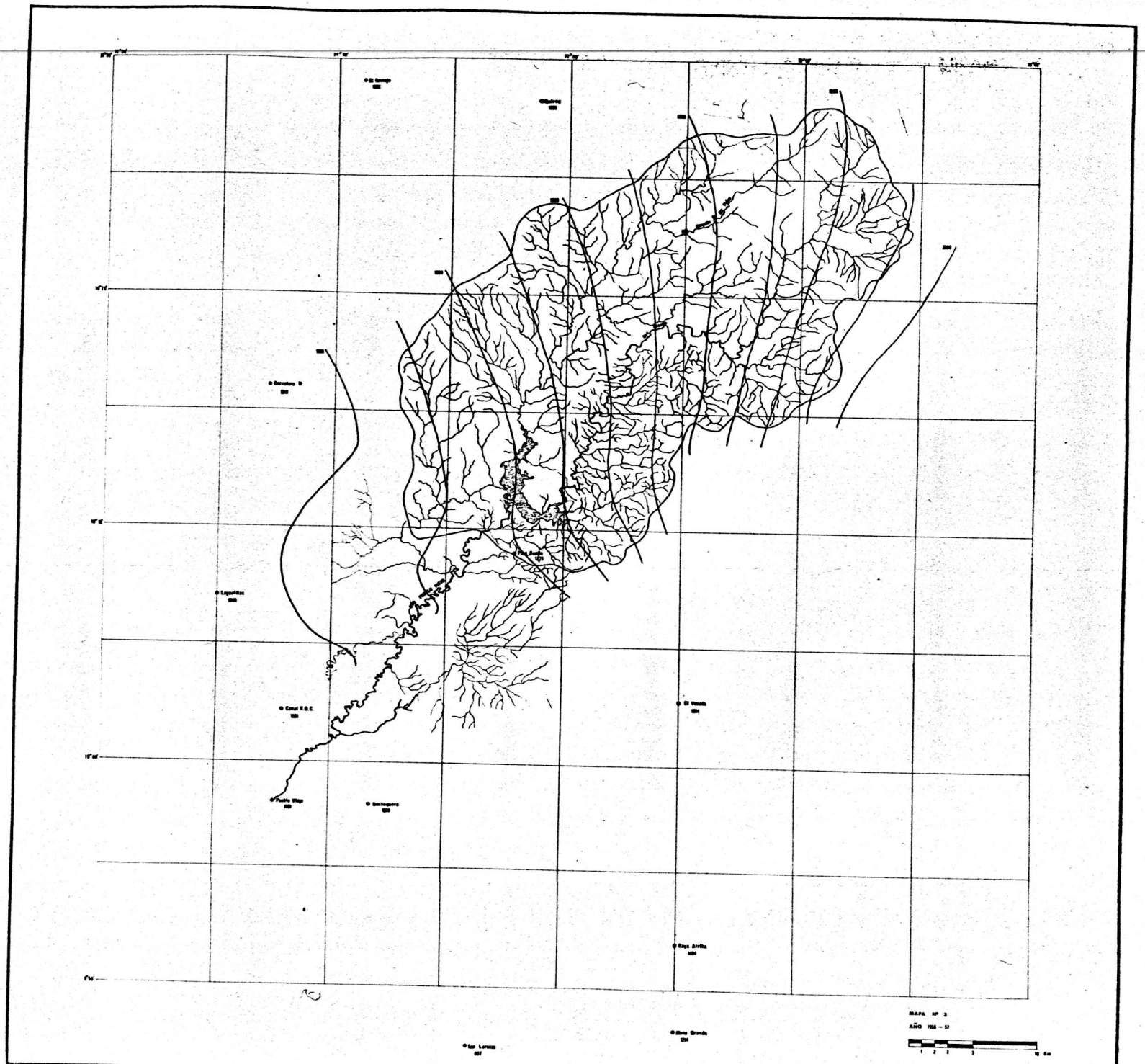
● San Lorenzo
1413,6

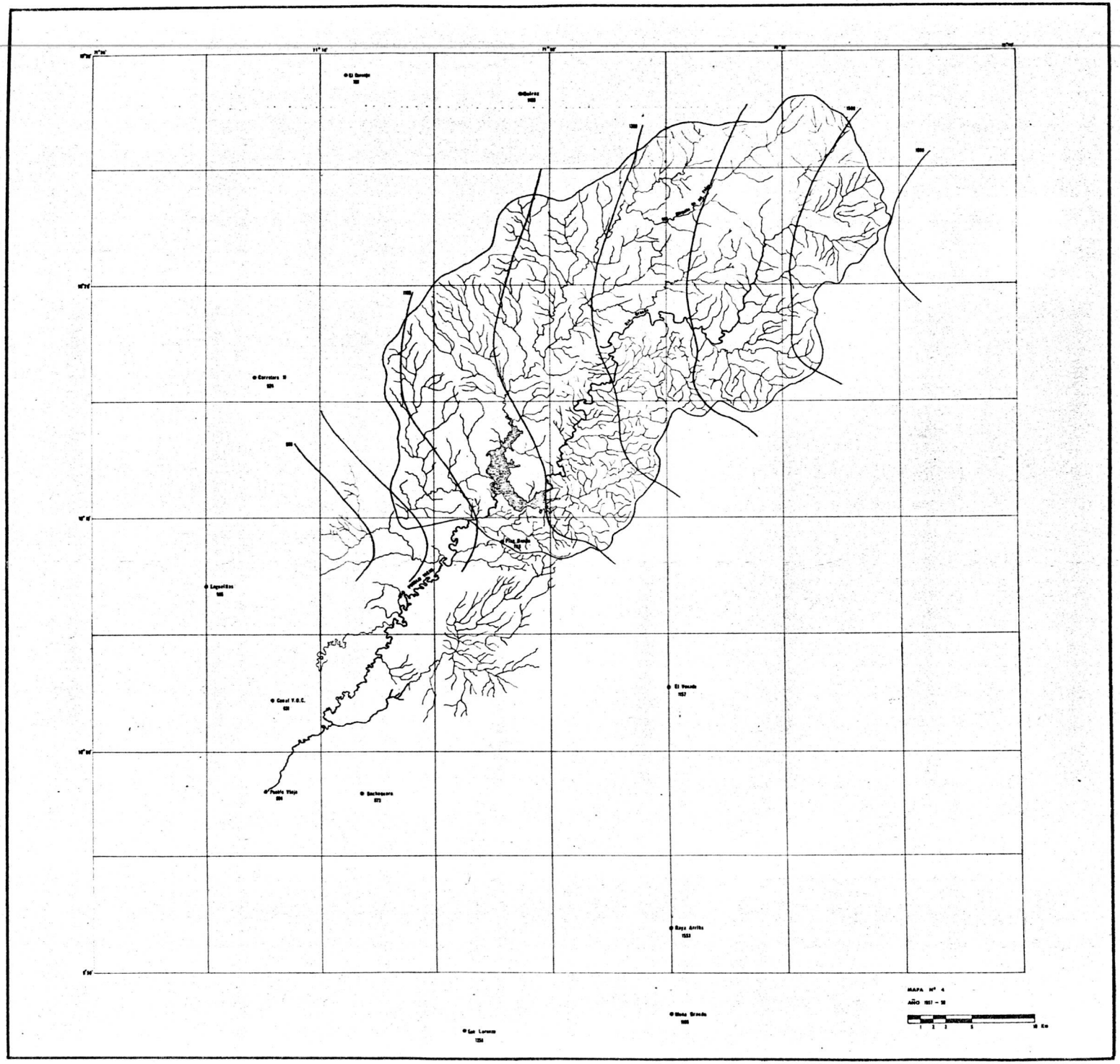
MAPA Nº 1

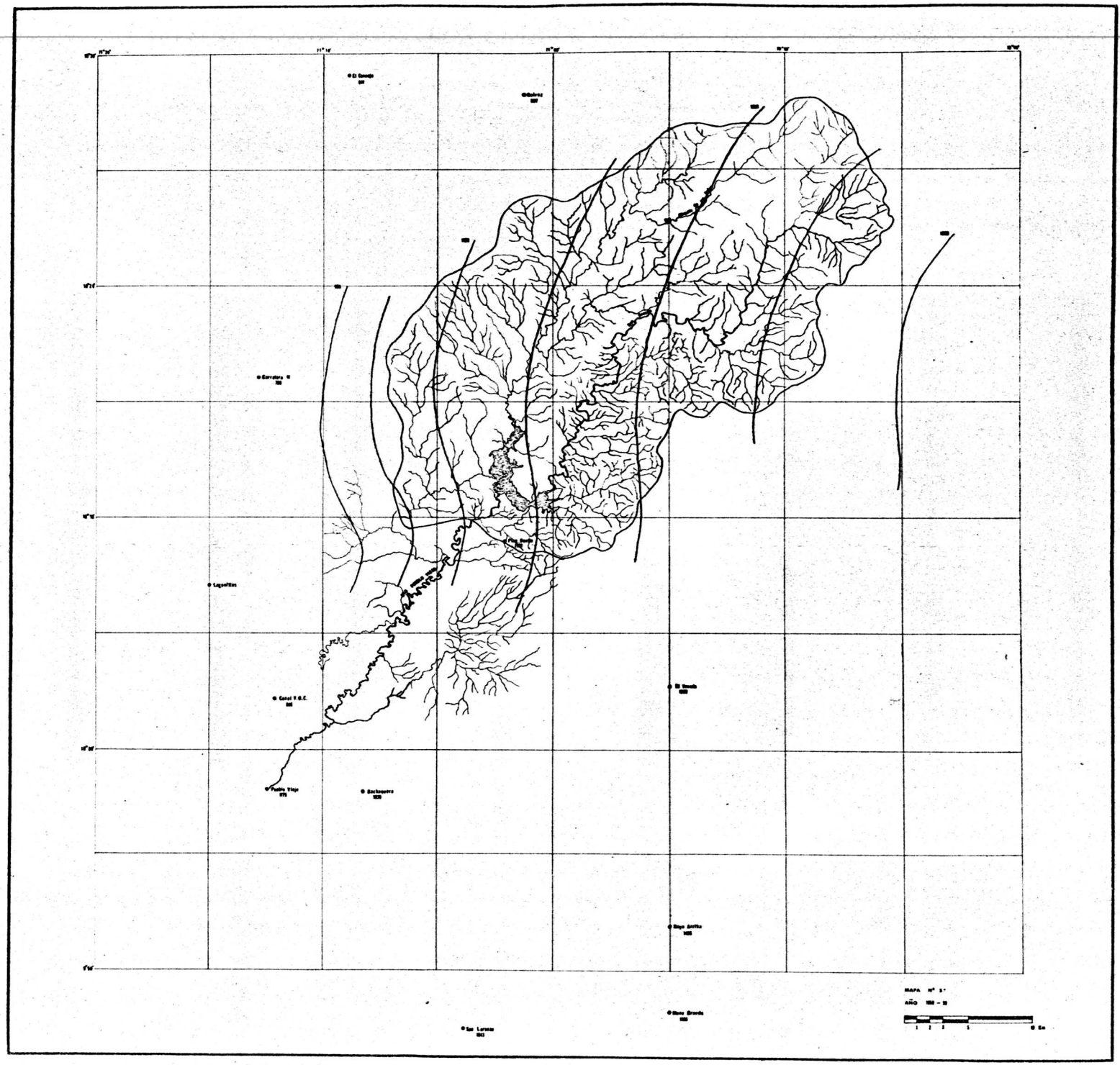
PERIODO 1950 – 51 AL 1964 – 65

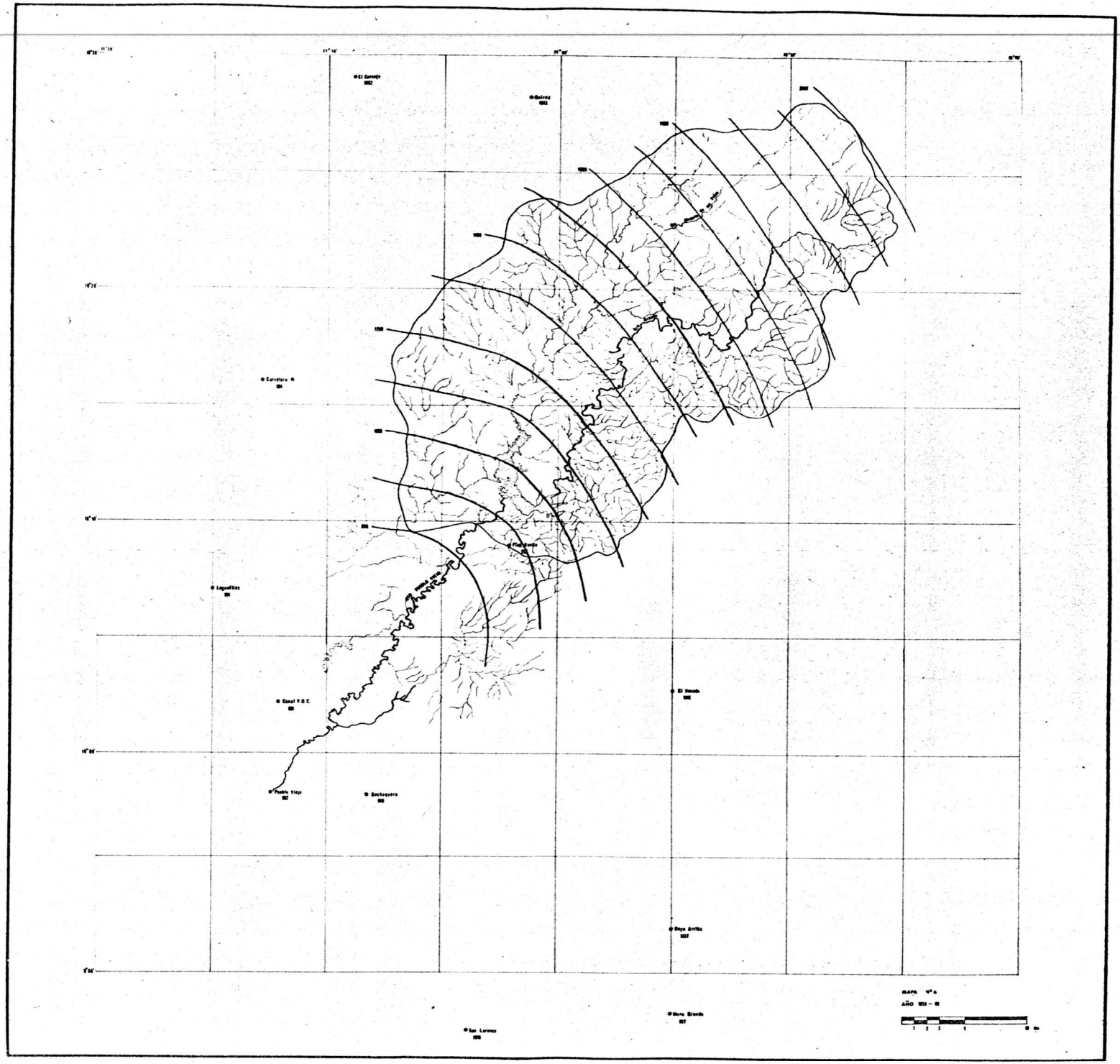
1 2 3 5 10 Km

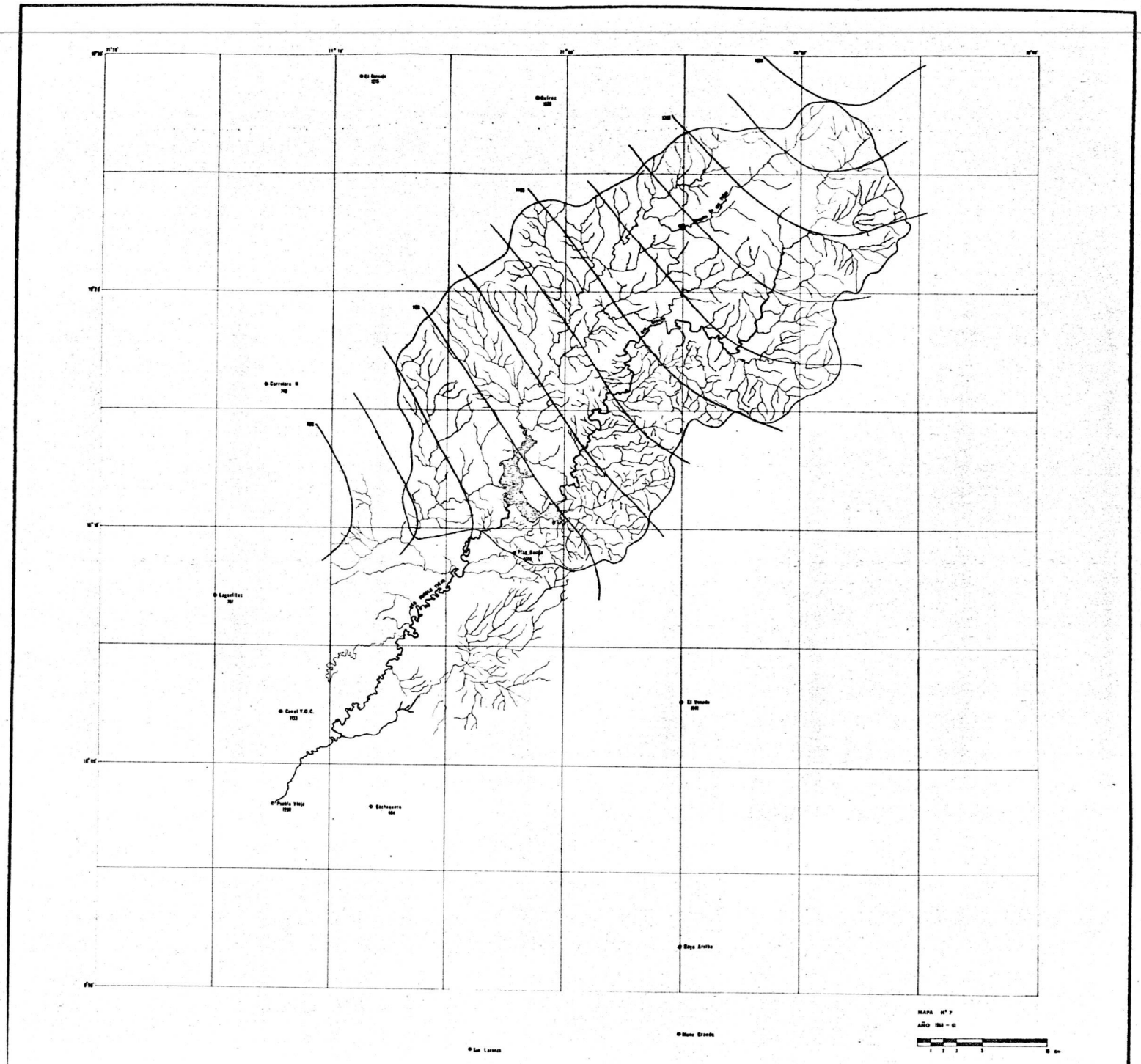


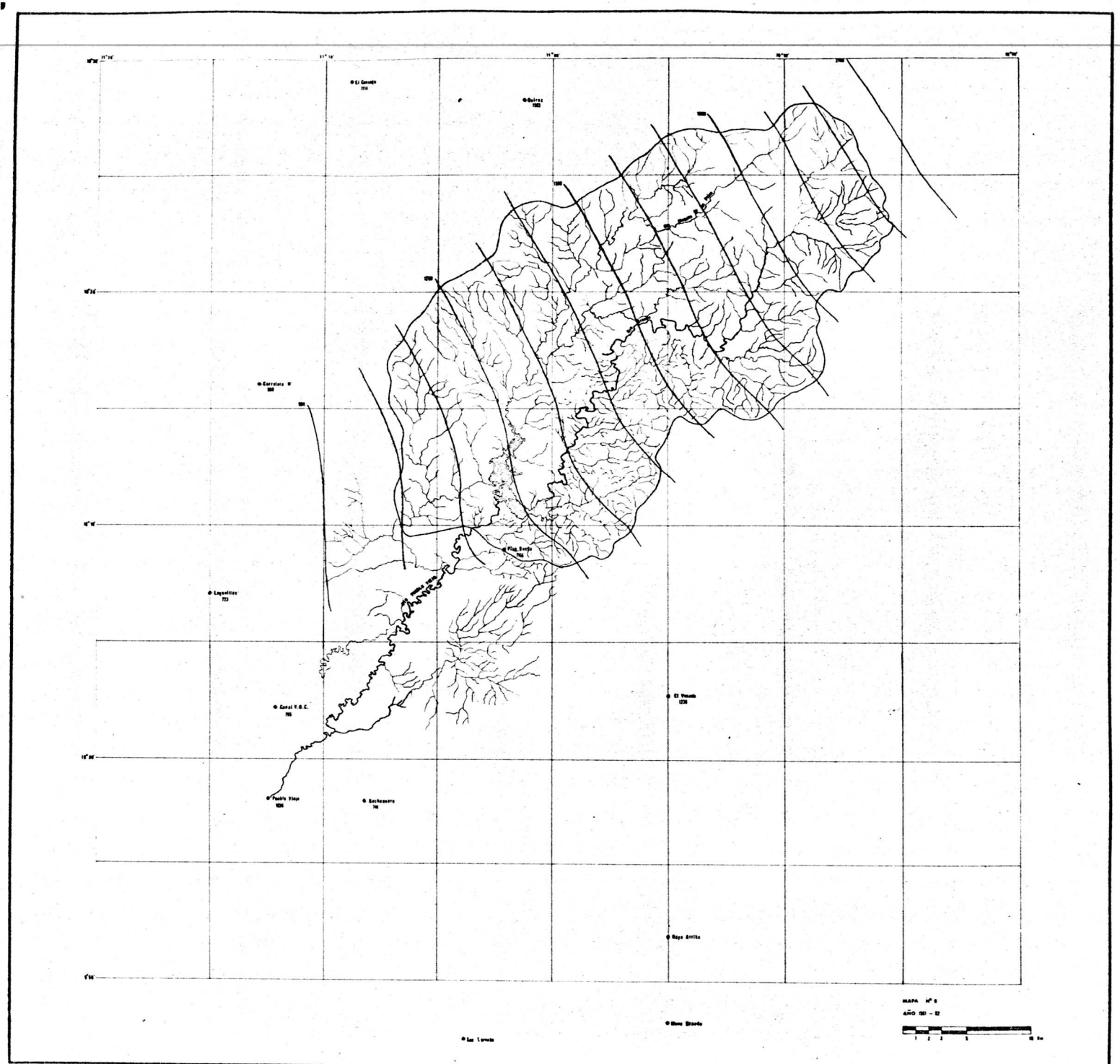

MAPA Nº 2
AÑO 1986 - 87

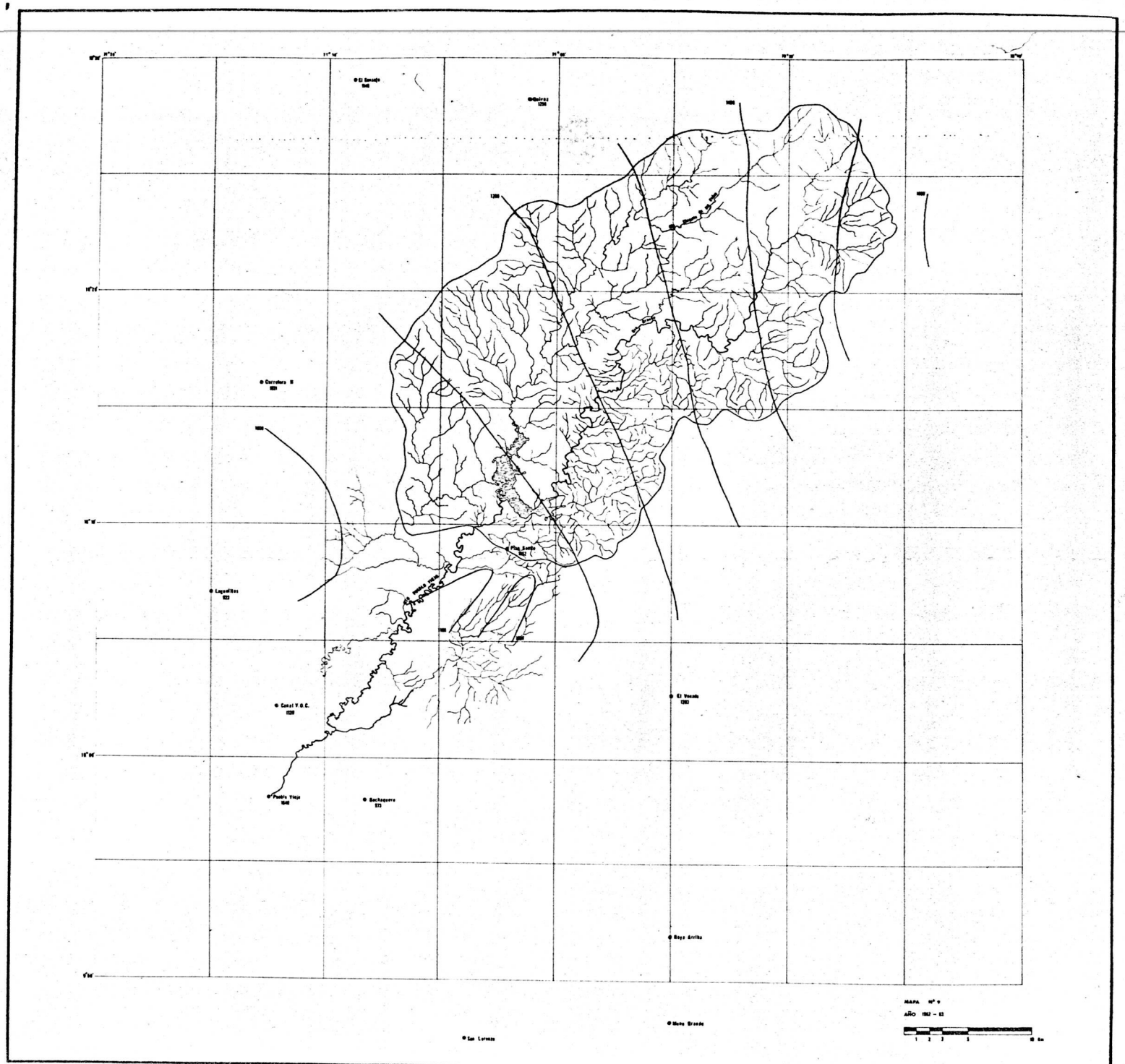

MAPA Nº 4
AÑO 1957 - 58

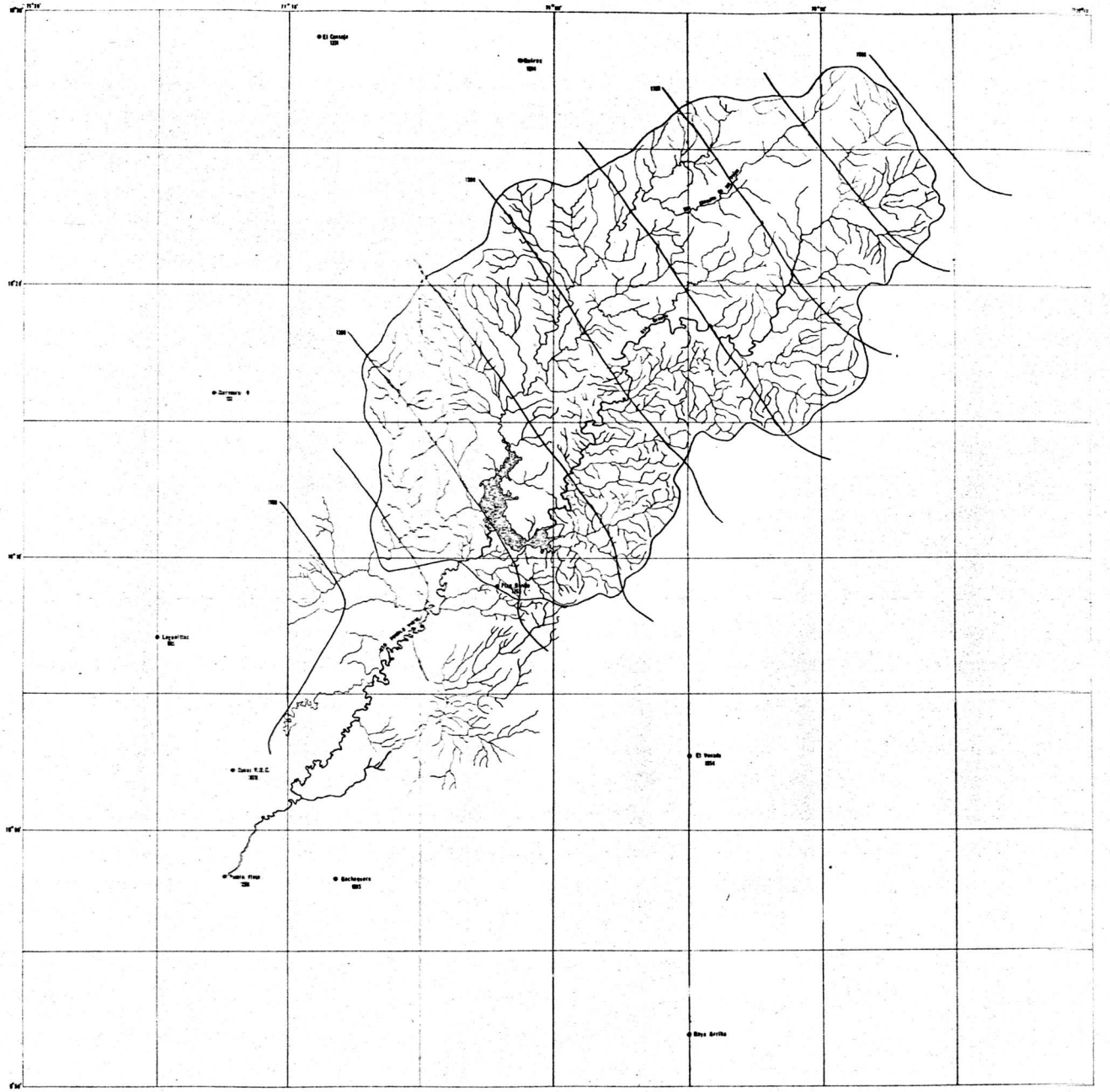

El Cenizo
Galvez
Carrizal
Lagunitas
Canal V.G.C.
Pueblo Viejo
Sachapera
El Tamarindo
Rio Jacinto
Rio Grande
San Lorenzo
MAPA N° 1
AÑO 1994 - 95

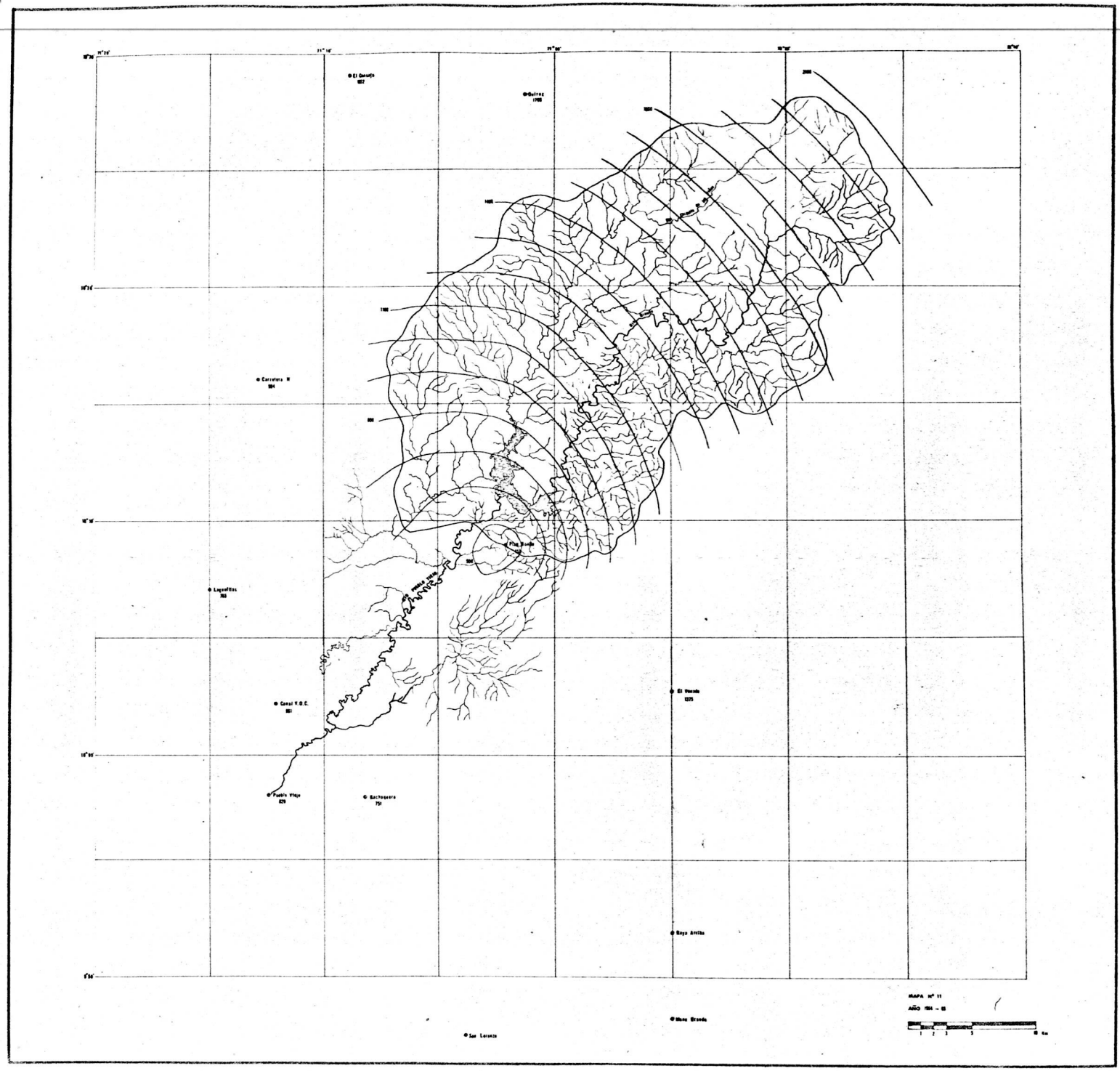

El Cenizo
Quiroz
Carretera
Pueblo Viejo
Sachaguero
El Mamón
Playa Grande
San Lorenzo


El Simbolo
1270
Quines
1000
Corrales II
740
Lagunillas
700
Canal Y.D.C.
1133
Pueblo Viejo
1200
Bachaquero
1000
El Simbolo
1000
Baja Arriba
San Lorenzo
Mene Grande
MAPA N° 7
AÑO 1968 - 69


El Consuelo
1114
Quiroz
1060
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
Carretera N
Hda. Santa
Lagunitas
723
Canal Y.O.C.
Pueblo Viejo
Bachaquero
El Tinaco
Baja Grande
Boca Grande
Las Lomas
MAPA Nº 6
AÑO 1961 - 62


El Sauzal
Chirgua
Carretera N
Lagunillas
Canal V.O.C.
Pueblo Viejo
Bachaquero
El Venado
Raya Arriba
Mene Grande
San Lorenzo
MAPA Nº 9
AÑO 1962 - 63


El Cenizo
Quebrada
Carmen 4
Las Pavas
Legarrista
Cerro Y.P.F.
El Tronco
Bachequero
Cerro Pelao
Bajo Grande
San Lorenzo
MAPA Nº 19
AÑO 1983 - 84


El Cerrejo
1057
Quiroz
1100
1200
1400
1600
1800
2000
Arroyo El Salado
Arroyo Grande
Arroyo Pinal
Pinal Grande
Arroyo Pinal
Carretera N
994
Lagunillas
765
Canal Y.D.C.
951
Pueblo Viejo
670
Sachaquera
751
El Viento
1375
Baya Arriba
Mano Grande
San Lorenzo
MAPA Nº 11
AÑO 1964 - 65
0 1 2 3 5 10 Km

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

J.M. LORENTE

Metereología

MARTIN ESTABA , CARTAYA DI LENA

Aspectos Climatológicos de la cuenca del Río Tocuyo

MARCO AURELIO VILA

Geografia Fisiográfica del Estado Zulia

PUBLICACIONES DEL I.N.O.S.

Proyecto del Embalse del Río Pueblo Viejo

RABAGO BARRAGAN

Estudio Hidrológico Preliminar del Valle-de México .

ATLAS CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO DE LA CUENCA DE PAPALOAPAN .1956, México.

I.N.O.S

Revistas de la Sección de Hidrología.