

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS

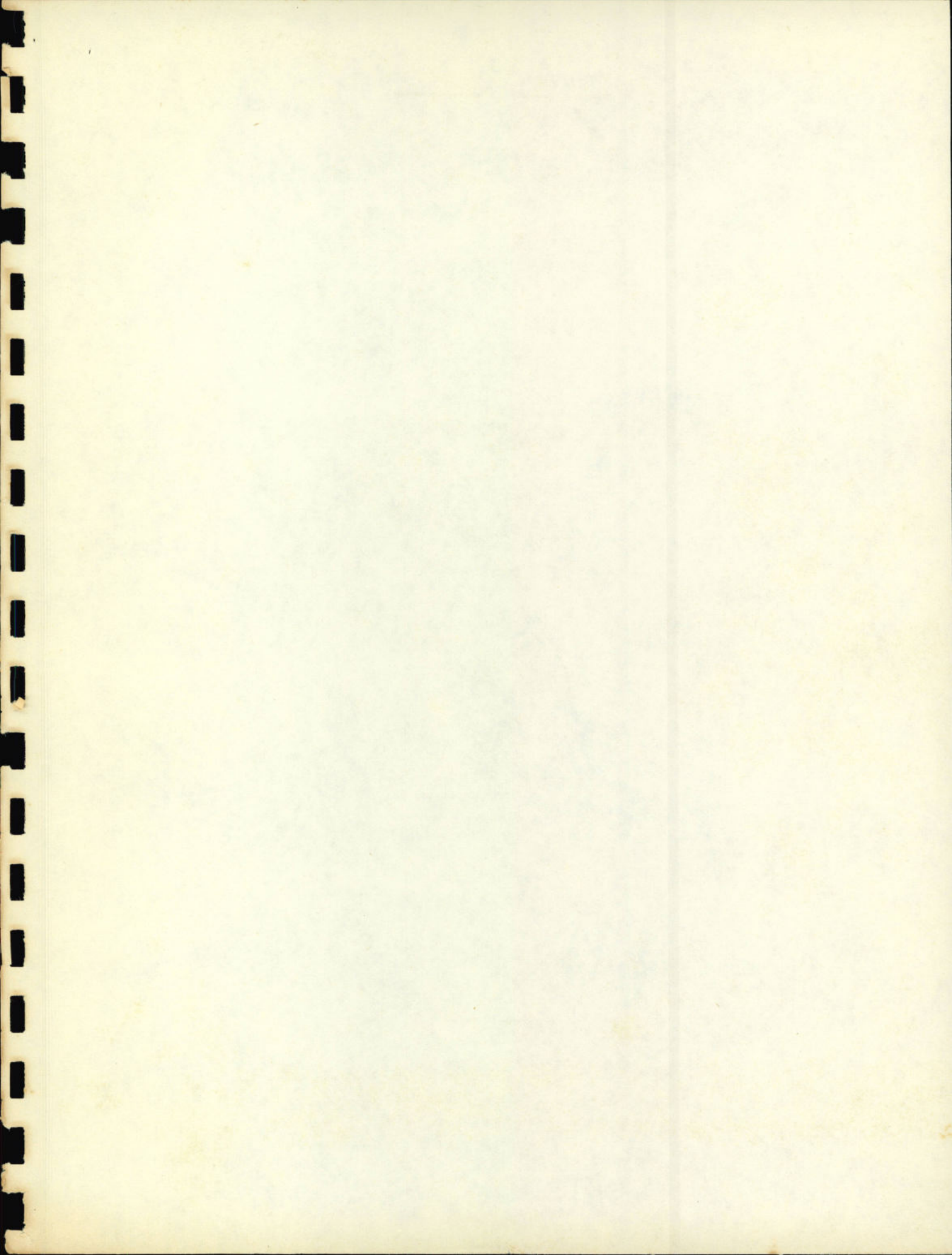


TUY EN TAZON
INFORME HIDROLOGICO
DE LA CUENCA

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'A. V. ...', is located in the lower right quadrant of the page. The signature is stylized and somewhat cursive.

DIVISION DE HIDROMETEOROLOGIA

FEBRERO 1966



I N F O R M E

PARA: Ingeniero Jefe de la División de Hidrometeorología

DE: Sección de Estudios

ASUNTO: Informe hidrológico de la cuenca del río Tuy en Tazón

FECHA: 1º de febrero de 1966

CONTENIDO

- 1) Lluvia media
- 2) Porcentaje de escurrimiento
- 3) Rendimiento medio
- 4) Cálculo de sedimentación
- 5) Cálculo de las crecientes
 - a) Máxima posible
 - b) Milenaria
 - c) Centenaria
 - d) $c/50$
 - e) $c/25$
 - f) $c/5$
- 6) Cálculo de evaporación
- 7) Anexos
 - Lluvias medias vs lámina escurrida
 - Lluvia media vs coeficiente escurrimiento
 - Curva de frecuencia de crecientes
 - Hidrograma de cada una de las crecientes
- 8) Resumen de resultados

DESCRIPCION GENERAL

La cuenca en estudio corresponde al río Tuy desde su nacimiento en las inmediaciones de la Colonia Tovar (latitud $10^{\circ} 25'$ y longitud $67^{\circ} 11'$) a una altura aproximadamente de 1.300 metros s.n.m. hasta el sitio denominado Tazón (latitud $10^{\circ} 09' 13''$ y longitud $66^{\circ} 55' 16''$) a una altura aproximada de 300 metros s.n.m. El recorrido es de 79 Kms. y en dicho trayecto salva un desnivel de 1.500 metros; el área drenada es de 1.143 Km².

El estudio tiene por objeto dar una información hidrológica completa y para ello se procedió a hacer un análisis de las precipitaciones, de los registros de las estaciones fluviométricas, así como de los datos de sedimentación y evaporación correspondientes.

Datos disponibles:

Fluviometría: Registros de escurrimiento de la estación ubicada en Tazón, la cual funciona desde el año 1941.

Pluviometría: Para el trazado de las isoyetas se consideraron todas las estaciones ubicadas dentro de la cuenca. Como estaciones representativas se escogieron: La Urbina con 18 años de registro; El Encanto con 10 años y Cúa con 13 años.

Evaporación: Se cuenta con 10 años de registros de la estación Cúa-Tovar.

Sedimentación: Se dispone de 17 años del arrastre en suspensión.

Planos: Se elaboraron planos para la cuenca a escala 1:100.000 copia dos de los existentes de la Compañía Shell de Venezuela.

Rendimiento.

En el cálculo del rendimiento se utilizaron los datos de escurrimiento disponibles en la estación de Tazón, con 22 años de registro. En la determinación del coeficiente de escurrimiento tomamos el promedio de los últimos 10 años ya que las isoyetas se trazaron para los años de 1955 al 64; con ellas se determinó la lluvia media para cada año, con estos valores y el de las láminas escurridas para el año correspondiente se determinó el coeficiente de escurrimiento para los últimos 10 años. Los resultados los presentamos en la Tabla N° 1, y en anexos, los gráficos respectivos de lámina escurrida vs lluvia media y lluvia media vs coeficiente de escurrimiento.

TABLA N° 1

Año	I Lluvia media mm	II Volumen escurrido millones de M3	III Lámina escurrida mm	IV Coef. escurrim. %
1955	997	185.977	162,71	16,32
1956	1032	152.320	133,26	12,91
1957	869	109.574	95,87	11,03
1958	1126	182.666	159,81	14,19
1959	871	97.365	85,18	9,73
1960	1197	201.953	176,69	14,76
1961	903	131.902	115,40	12,73
1962	895	111.555	97,60	10,91
1963	1317	190.994	167,10	12,69
1964	932	123.262	107,84	11,57
Promedios	1014	148.757	130,15	12,69

Rendimiento medio de los 22 años: 222.344×10^6 M3

Rendimiento medio de los últimos años: 143.757×10^6 M3

Columna I Obtenida de las isoyetas en año civil

Columna II Obtenida del Resumen de datos hidrométricos para año civil

Columna III Obtenida al dividir II por 1143 Km^2 área de la cuenca

Columna IV Obtenida al dividir III por 1

Nota: Observando el rendimiento medio del río de los 22 años y el obtenido con siderando solamente los últimos 10 años, se nota una disminución del mismo en un 33% respecto al promedio de los 22 años. Examinando las precipitaciones registradas desde 1940 hasta 1955 se obtiene en la estación de La Urbina, la cual podemos considerar como representativa de la cuenca, una lluvia registrada de 866 mm como promedio anual de lluvia y para el período de 1950-64 se obtiene un promedio anual de precipitación de 745 mm. es decir, una diferencia de 121 mm. (14%) por defecto.

Además de lo anterior, debe considerarse el aumento de la demanda en la Colonia Tovar ocasionada por su crecimiento, los posibles incrementos en las extracciones hechas en las cabeceras del río Tuy con fines de riego y la existencia del embalse de Agua Fría, a fin de justificar la disminución anotada del rendimiento.

En cuanto al rendimiento del río Tuy en Tazón hay que tener en cuenta que existe un estudio efectuado por el Ing. Guido Posewitz con fecha 21 de diciem

bre de 1964, que contempla la posibilidad de construir una presa en el sitio Hacienda Barrios; si se considera esta posibilidad los rendimientos a considerarse serán:

	Promedio medio de los 22 años	últimos 10 años 55-64
Río Tuy en Tazón	217,72 x 10 ⁶	125,00 x 10 ⁶ m ³

Determinación del Hidrograma Unitario.

De los planos elaborados para este estudio se obtuvieron las siguientes características de la cuenca:

Area de la cuenca:	1.143,00 Km ²
Longitud del cauce principal:	79,00 Kms.
Desnivel desde su nacimiento hasta el sitio en estudio:	1.510,00 mts.
Pendiente media del cauce principal:	0.86 %

Se estimó el tiempo de concentración en 8 horas.

Para la obtención del hidrograma unitario se procedió a hacer el análisis de los fluvigramas desde 1947, año en que se instaló el registrador, y se llegó a un hidrograma unitario de una hora de duración por medio de la curva S.

Una vez obtenido el hidrograma unitario de 1 hora se procedió a desplazarlo para obtener definitivamente el hidrograma de 8 horas de duración, es decir, desplazar el hidrograma un tiempo igual al tiempo de concentración, obteniéndose los valores anotados en la Tabla N° 2.

Cálculo de las lluvias.

Para el cálculo de las lluvias se procedió de la forma siguiente:

- 1) Escoger las estaciones representativas de la cuenca
- 2) Mediante el método de Gumbel hallar el promedio de los máximos anuales y la desviación standard
- 3) Determinación de los factores de Kendall, método estadístico utilizado para la distribución de frecuencias
- 4) Utilizando el informe técnico N° 1 de la División de Hidrometeorología para las hoyas del río Tuy y El Guapo, se obtienen las tormentas máximas para 24 horas y el tiempo de concentración
- 5) Determinación de la lluvia probable para la frecuencia deseada
- 6) Reducción de las lluvias puntuales obtenidas a lluvias sobre áreas
- 7) Aplicación de las pérdidas para la obtención de las lluvias efectivas
- 8) Aplicación de las lluvias efectivas al hidrograma de 3 horas de duración

Estaciones representativas de la cuenca.

Se escogieron las estaciones de: La Urbina, Cúa y El Encanto y en cada una de ellas se buscó la lluvia máxima diaria para cada uno de los años en los que se posean records. La lluvia máxima en 24 horas se obtiene multiplicando la máxima diaria por el factor estadístico de 1,13 establecido por el U. S. W. B. Luego se procedió a aplicar el método de Gumbel.

APLICACION DE GUMBEL

ESTACION DE LA URBINA

Año	Lluvia máxima diaria	X Lluvia máxima en 24 horas	X - \bar{X}
1947	36,00	41,00	- 22,70
1948	45,10	51,00	- 12,70
1949	44,50	50,00	- 13,70
1950	47,00	53,00	- 10,70
1951	51,00	59,00	- 4,70
1952	45,00	51,00	- 12,70
1953	51,30	58,00	- 5,70
1954	64,50	73,00	- 9,30
1955	115,70	131,00	67,30
1956	49,00	55,00	- 8,70
1957	50,70	57,00	- 6,70
1958	80,90	91,00	27,30
1959	49,20	56,00	- 7,70
1960	75,80	86,00	22,30
1961	80,60	91,00	27,30
1962	25,20	28,00	- 35,70
1963	57,20	65,00	- 1,30
1964	45,20	51,00	- 12,70

\bar{X} = Promedio de lluvia máxima anual en 24 horas

$$\bar{X} = 63,70$$

N = Número de años

$$\Sigma (X - \bar{X})^2 = 9.415,62$$

S = Desviación standard

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n - 1}} = 23,53$$

$$\underline{S = 23,53}$$

ESTACION EL ENCANTO

Año	Lluvia máxima diaria	X Lluvia máxima en 24 horas	X - \bar{X}
1953	55	62,15	- 0,45
1954	31	35,03	- 27,57
1955	34	38,42	- 24,18
1956	82	92,66	30,06
1957	48	54,24	- 8,36
1958	50	56,50	- 6,10
1959	100	113,00	50,40
1960	76	85,83	23,23
1961	32	36,16	- 26,44
1962	46	51,98	- 10,62

\bar{X} = Promedio de lluvia máxima anual en 24 horas

$$\bar{X} = 62,60$$

$$\sum(X - \bar{X})^2 = 6.249,66$$

S = Desviación standard

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} = 694,40$$

$$\underline{S = 26,36}$$

ESTACION DE CUA

Año	Lluvia máxima diaria	X Lluvia máxima en 24 horas	X - \bar{X}
1949	78,40	38,59	- 14,81
1950	49,30	55,37	- 13,41
1951	39,50	44,63	- 29,15
1952	40,10	45,31	- 23,47
1953	73,40	32,94	9,16
1954	57,15	64,57	- 9,21
1955	77,90	88,02	14,24
1956	104,30	118,42	44,64
1957	47,50	53,67	- 20,11
1958	54,20	61,24	- 12,54
1959	92,60	104,63	30,35
1960	64,30	72,65	- 1,13
1961	70,00	79,10	5,32

$$\bar{X} = 73,73$$

$$\Sigma(X - \bar{X})^2 = 6.125,73$$

$$S = \sqrt{510,48} = 22,59$$

$$\underline{S = 22,59}$$

Resultados:

Estación	Promedio \bar{X}	Años de registro	Desviación Standard (S)
La Urbina	63,70	18	23,53
Cúa	73,73	13	22,59
El Encanto	62,60	10	26,36

Consideraremos la estación de La Urbina con 18 años de registros, como representativa de la cuenca. Como necesitamos hacer una distribución de las distintas frecuencias, utilizaremos los factores de Kendall que son estadísticos y dependen únicamente del número de los años de registro.

Para 18 años tenemos:

Río	K 24 horas	K (1000 años)	K (100 años)	K (50 años)	K (25 años)	K (5 años)
Tuy	15,50	6,00	3,30	3,13	2,50	0,90

K = Factor de Kendall

Utilizando el informe técnico N° 1 de la División de Hidrometeorología y teniendo en cuenta que las lluvias representativas de la cuenca son puntuales con duraciones de 24 y 8 horas (T_c), se buscaron las lluvias para cero Km^2 de superficie en el gráfico duración-superficie-profundidad de dicho informe y el valor de la profundidad de diseño para 24 y 8 horas para la lluvia obtenida del mapa isoyético normalizado para la región.

Río	Lluvia media	Area Km ²	T.M.P (Tc)	T.M.P. (24)
Tuy (Zona II)	1.000	1.143	170	205

T.M.P. = Tormenta Máxima Probable para 24 horas y el Tc.

La fórmula para obtener la precipitación máxima posible en la frecuencia deseada:

$$P.M.P. = \bar{X} + K_{(f)} S$$

\bar{X} = Promedio de lluvia máxima en 24 horas

K = Factor de Kendall para la frecuencia deseada

S = Desviación standard

P.M.P. 24 = Precipitación Máxima Posible en 24 horas = $\bar{X} + K S$

$$P.M.P_{24} = 63,70 + 15 \times 23,53 = 416,65$$

$$P.M.P.24 = 416,65$$

Frecuencia años	$X + K S$
1000	$63,70 + 6,00 \times 23,53 = 204,33$
100	$63,70 + 3,80 \times 23,53 = 153,11$
50	$63,70 + 3,13 \times 23,53 = 138,53$
25	$63,70 + 2,50 \times 23,53 = 122,53$
5	$63,70 + 0,90 \times 23,53 = 84,00$

$$\text{Factor } \frac{P.M.P. 24}{T.M.P. 24} = \frac{416,65}{205,00} = 2.032$$

Para la obtención de las lluvias probables dividiremos por el factor de 2.032 hallado y obtenemos los siguientes valores:

Probable	1000 años	$\frac{204,33}{2.032}$	=	101 mm.
Probable	100 años	$\frac{153,11}{2.032}$	=	75 mm.
Probable	50 años	$\frac{133,53}{2.032}$	=	68 mm.
Probable	25 años	$\frac{122,53}{2.032}$	=	60 mm.
Probable	5 años	$\frac{34,83}{2.032}$	=	41 mm.

Como las lluvias obtenidas y las que hemos trabajado son puntuales, se procedió a hacer la respectiva reducción a lluvia equivalente sobre área, para lo cual utilizamos la curva de reducción que para una duración de 8 horas y un área de 1.143 Km² dió un valor de 20%.

Al aplicarlos a los valores puntuales obtuvimos los siguientes resultados para 24 horas:

Frecuencia (años)	Lluvia (mm)
1000	81
100	60
50	54
25	48
5	32

Tomando del gráfico profundidades-duración-superficie una lluvia de 8 horas de duración para un área de 1.143 Km² se obtiene un valor de 93 mm. que será la máxima probable a ocurrir.

Para la obtención de la lluvia efectiva aplicaremos las reducciones por infiltración y evapotranspiración. Por carecer de datos y de acuerdo a otras experiencias en estudios realizados por la División, aplicaremos porcentajes de pérdida que varíen entre 10% y 50% según la frecuencia a considerarse.


Lluvias efectivas en mm.						
Lluvia máxima probable		Frecuencia en años				
		1000	100	50	25	5
Lluvia efectiva	93	76	50	42	35	16

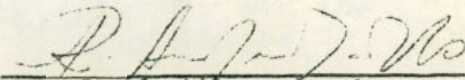
A continuación se presentan los gastos y volúmenes correspondientes para cada una de las crecientes calculadas:

	P.M.P.	F r e c u e n c i a				
		1000	100	50	25	5
Pico máximo M3/seg	3105	2408	1584	1331	1109	507
Volumen $\times 10^6$ m3	112	87	57	48	40	18


Para completar el estudio daremos los datos de evaporación. Como estación representativa se tomó la de Cúa-Tovar por ser la única existente cerca de la cuenca en estudio. De dicha estación poseemos 10 años de medición.

En los anexos se presentan los datos por año civil medidos en la tina
Tipo A que se posee en la estación.



Ing. Francisco Avellán Vegas


Ing. Ramón Alfonso Angrisano

Conforme:


Leopoldo Ayala Useche
Ing. Jefe de la Sección

Vº Bº


Víctor Figueroa Pérez
Ing. Jefe de la División

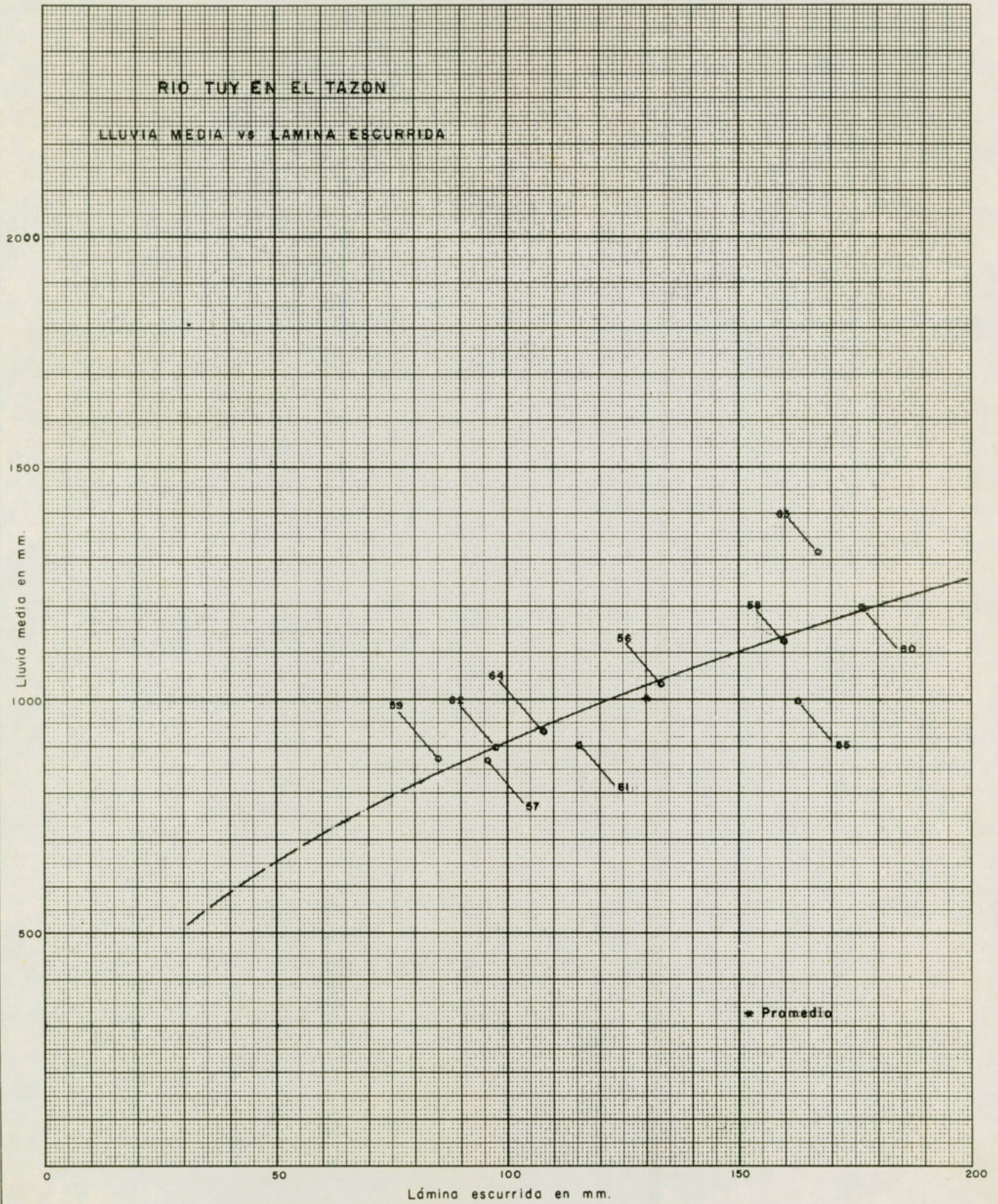
ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO TUY EN TAZON

R E S U M E N

1)	Area de la cuenca	1.143,00 Km ²
2)	Longitud cauce principal	79,00 Kms.
3)	Pendiente media	0,86 %
4)	Rendimiento medio anual 22 años	222,34 x 10 ⁶ m ³
5)	Rendimiento medio últimos 10 hasta 1964	143,76 x 10 ⁶ m ³
6)	Coeficiente de escorrentía medio	12,69 %
7)	Lámina media escurrida (anual)	130,15 mm.
8)	Tiempo de concentración	3,00 horas
9)	Tiempo de retardo	4,25 horas
10)	Velocidad media máxima aforada	2,50 m/s.
11)	Lluvia media anual sobre la cuenca (isoyetas)	1.014,00 mm.
12)	Picos máximos de crecientes:	
	Creciente máxima probable	3.105 m ³ /s.
	Creciente milenaria	2.408 m ³ /s.
	Creciente centenaria	1.584 m ³ /s.
	c/50	1.331 m ³ /s.
	c/25	1.109 m ³ /s.
	c/ 5	507 m ³ /s.
13)	Sedimentación (peso)	355,294 Ton/Km ² /año
14)	Sedimentación (volumen)	344,793 m ³ /Km ² /año
15)	Evaporación promedio anual	1.831,00 mm/año

RIO TUY EN EL TAZON

LLUVIA MEDIA VS LAMINA ESCURRIDA



RIO TUY EN EL TAZON

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA vs LLUVIA MEDIA

Lluvia media en mm.

500

1000

1500

2000

0

10

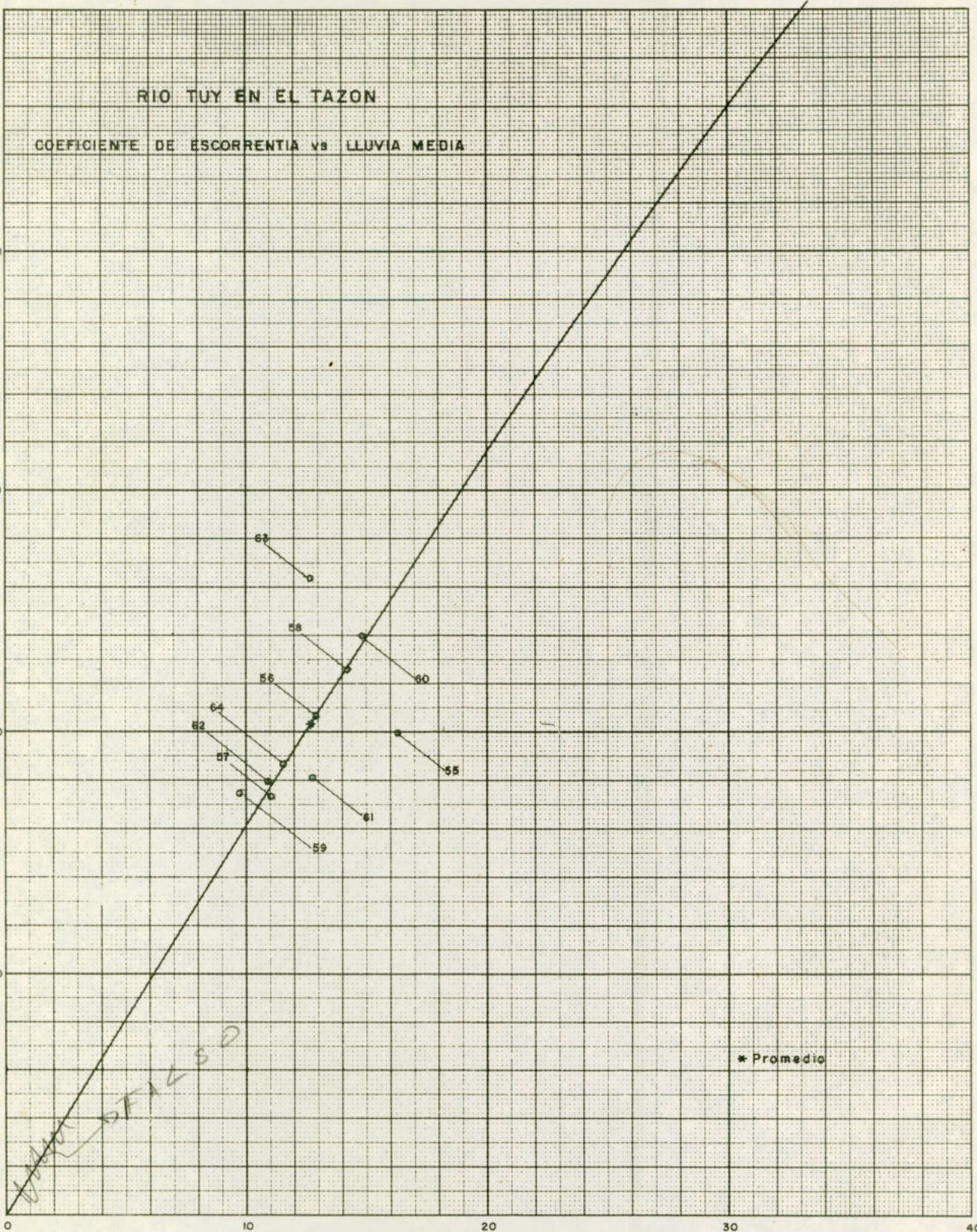
20

30

40

% coeficiente de escorrentía

* Promedio



VALOR DEFILZADO

RIO TUY

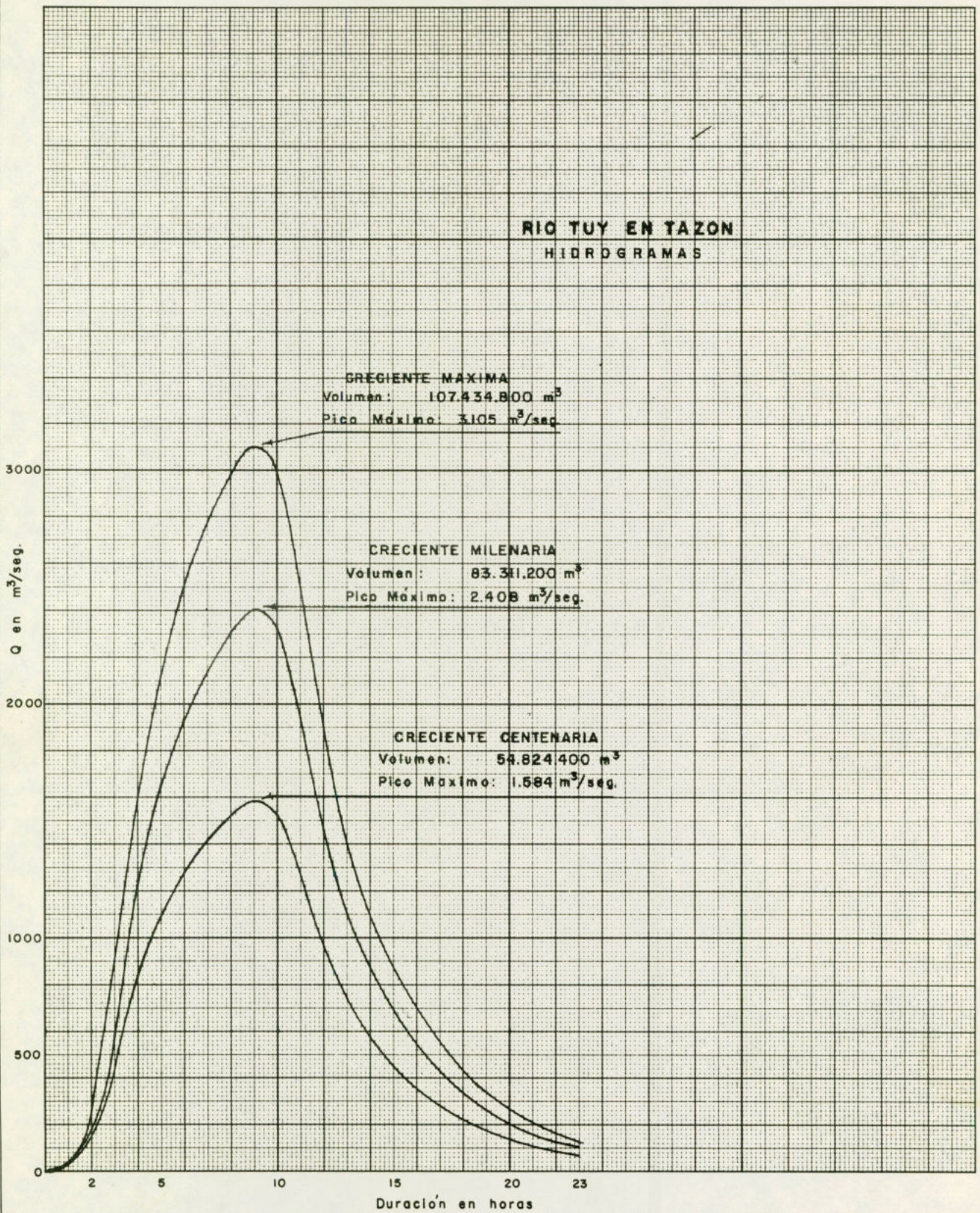
EN TAZON

AREA DE LA CUENCA 1.143 Km²

Tc 8 horas

TIEMPO EN HORAS	HIDROGRAMA UNITARIO 8 HORAS	A V E N I D A m ³ /seg.					
		F R E C U E N C I A (A Ñ O S)					
		MAXIMA	1000	100	50	25	5
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.38	37.00	29.00	19.00	16.00	13.00	6.00
2	2.88	282.00	219.00	144.00	121.00	100.00	46.00
3	9.13	895.00	694.00	457.00	383.00	320.00	146.00
4	16.34	1604.00	1242.00	817.00	686.00	572.00	261.00
5	21.78	2134.00	1655.00	1089.00	915.00	762.00	348.00
6	25.41	2490.00	1931.00	1271.00	1067.00	889.00	407.00
7	28.13	2757.00	2138.00	1407.00	1181.00	985.00	450.00
8	30.31	2970.00	2304.00	1516.00	1273.00	1061.00	485.00
9	31.68	3105.00	2408.00	1584.00	1331.00	1109.00	507.00
10	30.63	3002.00	2328.00	1532.00	1286.00	1072.00	490.00
11	25.50	2499.00	1938.00	1275.00	1071.00	893.00	408.00
12	19.16	1878.00	1456.00	958.00	805.00	671.00	307.00
13	14.41	1412.00	1095.00	720.00	605.00	504.00	231.00
14	11.33	1110.00	861.00	567.00	476.00	397.00	181.00
15	9.02	884.00	686.00	451.00	379.00	316.00	144.00
16	7.14	700.00	543.00	357.00	300.00	250.00	114.00
17	5.64	553.00	429.00	282.00	237.00	197.00	90.00
18	4.40	431.00	334.00	220.00	185.00	154.00	70.00
19	3.44	337.00	261.00	172.00	144.00	120.00	55.00
20	2.69	263.00	204.00	134.00	113.00	94.00	43.00
21	2.12	208.00	161.00	106.00	89.00	74.00	34.00
22	1.65	162.00	123.00	83.00	69.00	58.00	26.00
23	1.36	133.00	103.00	68.00	57.00	48.00	22.00
	Qen m ³ /Km ²	2.72	2.11	1.39	1.17	0.97	0.43
	Volumen millones de M ³	107	83	54	46	38	17

RIO TUY EN TAZON
HIDROGRAMAS





0

0

0

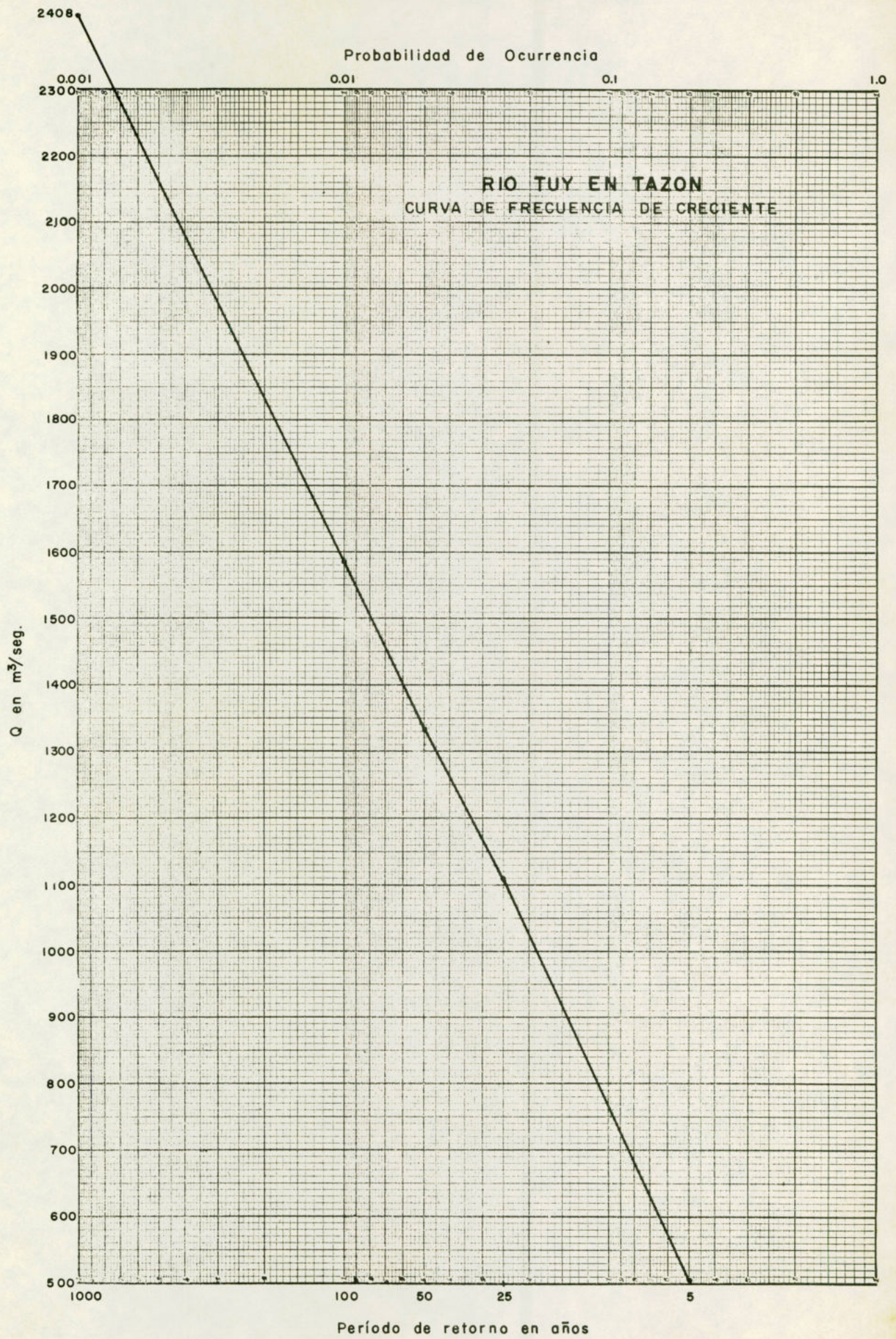


TABLA Nº 3

RIO TUY EN HDA. TAZON- SEDIMENTACION EN VOLUMEN *

AÑO	ACARREO EN SUSPENSION $10^3 m^3$	ACARREO DE FONDO $10^3 m^3$	ACARREO TOTAL $10^3 m^3$	RATA $m^3 / Km^2 / año$
1947-48	49.890	9.978	59.868	52.377
1948-49	218.915	43.783	262.698	229.831
1949-50	218.094	43.618	261.712	228.969
1950-51	822.788	164.557	987.345	863.818
1951-52	597.883	119.576	717.459	627.697
1952-53	115.075	23.015	138.090	120.813
1953-54	202.610	40.522	243.132	212.713
1954-55	255.845	51.169	307.014	268.603
1955-56	200.503	40.100	240.603	210.501
1956-57	149.067	29.813	178.880	156.500
1957-58	75.874	15.174	91.048	79.659
1958-59	598.150	11.963	717.780	627.978
1959-60	294.463	58.892	353.355	309.146
1960-61	587.100	117.420	704.520	616.377
1961-62	191.054	38.210	229.264	200.580
1962-63	96.529	19.305	115.834	101.342
1963-64	462.910	82.582	545.492	477.245
PROMEDIO				344.793

TABLA Nº 4

RIO TUY EN HDA. TAZON- SEDIMENTACION EN PESO

AÑO	ACARREO EN SUSPENSION $10^3 TON$	ACARREO DE FONDO $10^3 TON$	ACARREO TOTAL $10^3 TON$	RATA $TON / Km^2 / año$
1947-48	55.877	11.175	67.052	58.663
1948-49	245.185	49.037	294.222	257.411
1949-50	244.265	48.853	293.118	256.446
1950-51	921.523	184.304	1105.827	967.476
1951-52	669.629	133.925	803.554	703.021
1952-53	128.885	25.777	154.662	135.312
1953-54	226.924	45.384	272.308	238.239
1954-55	286.546	57.309	343.855	300.835
1955-56	224.563	44.91	269.475	235.760
1956-57	116.955	23.391	200.346	175.280
1957-58	84.979	16.995	101.974	89.216
1958-59	669.928	133.985	803.913	703.335
1959-60	329.799	65.959	395.758	346.244
1960-61	657.600	131.520	789.120	690.393
1961-62	213.981	42.796	259.777	224.651
1962-63	108.113	21.622	129.735	113.503
1963-64	518.461	103.692	622.153	544.315
PROMEDIO				355.294

* El acarreo de fondo se supuso 20% del acarreo en suspensión, ya que no se practica este tipo de medición

Estación: TOVAR - CUA Estado: MIRANDA

EVA PORACION EN mm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1952	151	193	236	162	179	142	140	151	242	141	166	141	2044
1953	116	138	184	219	135	103	132	128	141	149	167	177	1789
1954	154	174	277	190	191	147	134	149	141	126	126	107	1916
1955	140	146	162	200	188	142	128	157	127	113	128	113	1744
1956	133	142	203	217	174	141	137	159	134	138	118	104	1800
1957	112	139	211	209	179	135	135	155	167	151	116	139	1848
1958	164	178	244	228	157	128	141	147	143	151	140	131	1952
1959	153	182	229	224	156	123	140	140	140	144	121	138	1890
1960	162	196	235	189	153	134	140	124	134	139	151	110	1867
1961	139	172	221	226	232	169	124	134	145	151	115	129	1957

Promedio: 1881mm/año

