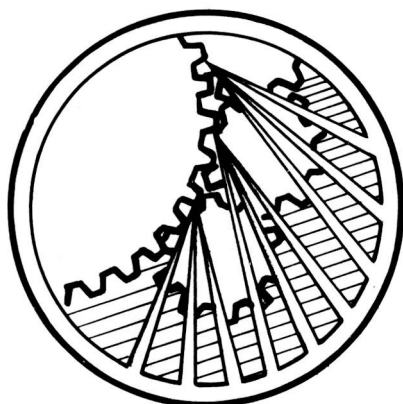


REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS



V SEMINARIO LATINOAMERICANO DE IRRIGACION
III JORNADAS VENEZOLANAS DE RIEGO
TEMA III : ESTUDIOS Y PROYECTOS DE OBRAS DE RIEGO

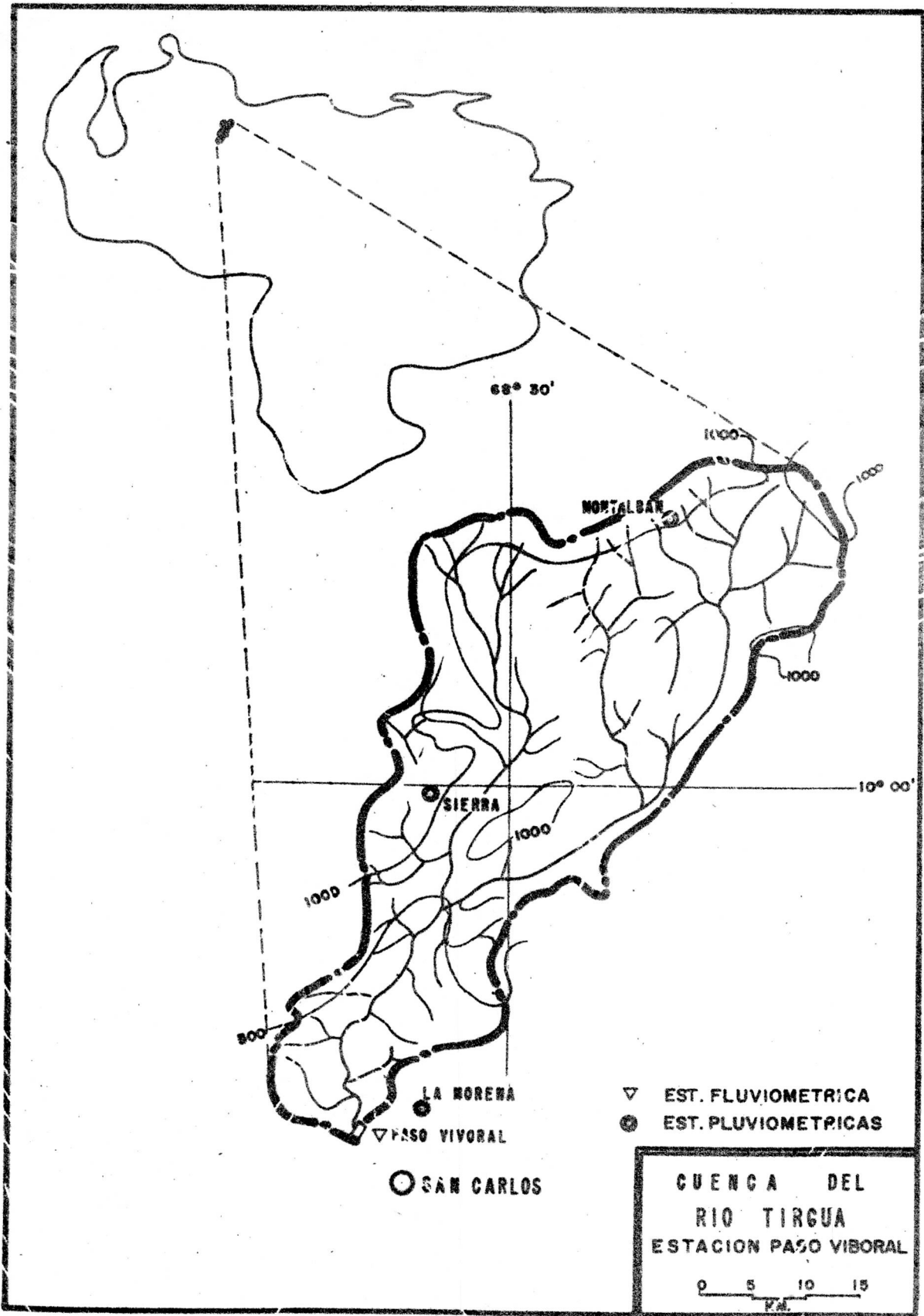
ESTUDIO PARA EL

PRONOSTICO ANUAL
DEL ESCURRIMIENTO DEL RIO TIRGUA
DURANTE LOS MESES DE ESTIAJE

A LA ALTURA DEL SITIO DE TOMA
DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

ING. AGR. SABAS GONZALEZ CABRERA

DIVISION DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO
OPERACION-CONSERVACION-ECONOMIA Y ESTADISTICA



R E S U M E N

Se presenta un método para el pronóstico de escurrimiento de un río en los meses de estiaje, en base a los datos de precipitación y escurrimiento del período de lluvias anterior a la temporada para la cual se hace el pronóstico.

El método consiste en el análisis de regresión de los valores de "Volúmen almacenado en la cuenca" (VAC) contra los valores de escurrimiento de cada uno de los meses de período de estiaje. Se denominó VAC a la diferencia entre la precipitación y el escurrimiento, ambos expresados en volumen, correspondientes al período de lluvias (abril-noviembre).

Los resultados de la aplicación del método fueron ampliamente satisfactorios en la cuenca del río Tigua para el Sistema de Riego San Carlos, para el cual se obtuvo una tabla a la que se entra con el valor de VAC registrado y se obtiene el pronóstico de escurrimiento en millones de metros cúbicos para los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, con un alto grado de confianza, superior a 0.70 para todos los casos.

Se señala que el método puede y debe ser mejorado tomando en cuenta los efectos de distribución de la precipitación en el tiempo y en el espacio, estimaciones de evaporación, y así mismo, buscar nuevas correlaciones que permitan ajustar los pronósticos a medida que transcurre el período de estiaje.

Estudio para el

PRONOSTICO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DEL RIO TIRGUA DURANTE LOS MESES DE ES
TIAJE a la altura del sitio de toma del Sistema de Riego San Carlos, Edo.
Cojedes.

I INTRODUCCION:

Como punto de partida para la elaboración de Programas de Riego anuales en los Sistemas de Riego, es indispensable conocer ó estimar los volúmenes de agua disponibles para la temporada correspondiente. En los -
Sistemas de Riego que se abastecen de embalses, esto no representa mayor problema, y pueden preverse con suficiente anticipación períodos de esca
sez del recurso agua y tomar las medidas apropiadas para superar las posibles crisis que se presenten. Sin embargo, en aquellos Sistemas de Rie
go cuyo abastecimiento se hace por derivación de un río, se dificulta el poder anticipar los volúmenes de agua de que se dispondrá durante la tem
porada de Riego.

Hasta el presente, para la elaboración de los Programas de Riego, se -
ha venido tomando el escurrimiento medio de los ríos para cada mes de la temporada de riego, como valor representativo del escurrimiento esperado para el mes correspondiente. Ahora bien, en muchos casos se presentan va
lores de escurrimiento muy por debajo de la media, que si no han sido -
previstos, ocasionan serios problemas al funcionamiento del Sistema.

En vista de esta situación, se decidió iniciar una serie de estudios tendientes a proveer los medios para el pronóstico de los volúmenes dis
ponibles para riego, antes del inicio de la temporada. Se escogió en pri
mer lugar el Sistema de Riego San Carlos, por tratarse de uno de los que en los actuales momentos presenta condiciones críticas en cuanto a las disponibilidades de agua, situación que se agravará con la incorporación al riego de nuevas tierras actualmente en desarrollo.

El autor agradece la valiosa colaboración prestada por el Hidrometeorólogo Luis Francisco López, especialmente en cuanto a la recopilación de datos, la selección de las estaciones pluviométricas y el cálculo numérico realizado en primera instancia.

II METODOLOGIA

2.1 Se ubicó en un plano de la cuenca de abastecimiento, las estaciones pluviométricas existentes, y se obtuvieron los registros de precipitación mensual de las mismas.

Estas estaciones son :

La Morena
Sierra
Montalbán

No se tomaron en cuenta otras estaciones por tener registros excesivamente cortos.

2.2 En vista de que se trata de sólo tres estaciones que cubren respectivamente las partes baja, media y alta de la cuenca, se decidió utilizar el promedio aritmético simple para determinar la precipitación total de la cuenca (Anexo No. 1). Para otras cuencas podría ser más recomendable usar el método isoyetal ó el de los polígonos de thiessen.

2.3 Una vez obtenida la precipitación total de cuenca mes por mes y año por año en mm., se procedió a calcular el volúmen correspondiente a la precipitación ocurrida en el período comprendido entre el 1 de abril y el 30 de noviembre de cada año. Para esto se multiplicó el valor de la precipitación en mm. por el área de la cuenca (1.492 Km²), efectuando las correspondientes reducciones de unidades.

2.4 Como parámetro de correlación en el escurrimiento de los meses de estiaje, se utilizó el "Volúmen Almacenado en la Cuenca" (VAC), el cual se calculó restando el volúmen total registrado de escurrimiento del río para el período de abril a noviembre, ambos inclusive, del valor de la precipitación expresado en volúmen, para el mismo período. (Anexo No. 2).

No se tomó en cuenta la evaporación por carecer de estimaciones confiables de este parámetro para toda la cuenca, y por otra parte, se consideró que la variación en los valores de evaporación de un año a otro no debe afectar de manera significativa los datos de VAC.

Los datos de escurrimiento fueron suministrados por la División de Hidrometeorología del Ministerio de Obras Públicas, y corresponden a la estación fluviométrica de "Paso Viboral", ubicada unos 700 metros aguas arriba del sitio de toma del Sistema de Riego San Carlos.

2.5 Mediante un Programa para Computación en máquina IBM elaborado por Febrillet, González y Velásquez (1) fueron sometidos a análisis de regresión lineal y logarítmico los valores de VAC contra los valores de escurrimiento de los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril subsiguientes al período correspondiente al VAC calculado.

Para mayor facilidad de comparación, en el Anexo No. 3 se presentan en un sólo conjunto, los valores de VAC año por año y los volúmenes de escurrimiento de los meses de estiaje correspondientes a cada valor de VAC.

El procedimiento seguido para el análisis de regresión de acuerdo con el Programa citado fué el siguiente:

$$X = \text{VAC}$$

$$Y = \text{Escurrecimiento del mes considerado}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N}$$

$$\frac{\sum XY}{N}$$

Desviaciones Típicas :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{N}}$$

Coefficiente de Regresión :

$$C = \frac{\overline{XY} - (\bar{X} \cdot \bar{Y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Pendiente de la Recta :

$$A = C \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

Ecuación de la Recta : $YC = A \cdot X + (\bar{Y} - A \cdot \bar{X})$

Error típico :

$$e = \frac{(Y - YC)^2}{N}$$

Grado de Confianza

$$GC = 1 - \left(\frac{e}{\sigma_y} \right)^2$$

Para el análisis de regresión logarítmica se siguió el mismo procedimiento con los logaritmos de X e Y respectivamente, y luego la ecuación fue transformada en la siguiente forma :

$$YC = \text{Antilog.} \left(A \cdot \text{Log } X + (\overline{\text{Log } Y} - A \cdot \overline{\text{Log } X}) \right)$$

IIII RESULTADOS :

3.1 Una vez procesados los datos en su totalidad, se obtuvieron los si guientes resultados :

Diciembre :	Escurrimiento Medio:	32,75	$m^3 \times 10^{-6}$	
	Desviación típica:	9,50	"	
	Error típico:	7,67	"	
	Grado de Confianza:	0,34		
Enero :	Escurrimiento Medio:	22,11	"	
	Desviación típica :	6,11	"	
	Error típico :	4,51	"	
	Grado de Confianza :	0,45		
Febrero :	Escurrimiento medio:	15,83	"	
	Desviación típica :	4,46	"	
	Error típico:	3,34	"	
	Grado de Confianza:	0,43		
Marzo :	Escurrimiento medio:	13,61	"	
	Desviación típica :	3,42	"	
	Error típico:	2,61		
	Grado de Confianza	0,41		
Abril :	Escurrimiento medio:	14,43	"	
	Desviación típica:	6,05	"	
	Error típico:	5,24	"	
	Grado de Confianza:	0,24		

3.2 Como puede notarse, el Grado de Confianza, aún cuando es superior a cero en todos los casos, en ninguno pasa de 0,50. Asimismo, al analizar las desviaciones, se encontró que en general, eran los valores de menor escurrimiento los que más se apartaban de la recta de regresión, siendo éstos precisamente sobre los cuales nos interesa obtener mayor precisión en el pronóstico. Por otra parte, observando los puntos ploteados de VAC vs Escurrecimiento (Anexo No. 4), se notó que hay algunos puntos que evidencian casos excepcionales, completamente fuera de la tendencia general. Estos puntos corresponden en todos los casos a valores de escurrimiento muy superiores a los denotados por la tendencia general de los otros casos, y analizando los registros de precipitación y escurrimiento se encontró que se dan estos casos cuando, en el mes considerado, o a fines del mes anterior, ocurren fuertes precipitaciones anormales, de las cuales pasa a depender en ese caso el escurrimiento del mes.

Procurando ajustar la recta de regresión de manera que refleje más fielmente la tendencia general de los casos, y siguiendo el criterio de que dicha regresión debe, en todo caso, representar especialmente con mayor precisión los valores bajos de escurrimiento, se eliminaron para efectos de cálculo los datos que reflejaban situaciones excepcionales, los cuales se indican encerrados en círculos en las gráficas correspondientes (Anexo No.4).

3.3 En el Anexo No. 5 se comparan los valores de escurrimiento observado con los valores calculados para cada mes, año por año.

Puede observarse que el Grado de Confianza está siempre por encima de 0.70, y para 3 de los 5 meses considerados, es superior a 0.80 y que el coeficiente de regresión en todos los casos es superior a cero, lo cual indica una correlación positiva.

3.4 En el Anexo No. 6 se ofrece el resultado final del estudio, con sistente en una tabla a la cual se entra con un valor de VAC y se obtiene el volúmen de escurrimiento esperado para cada uno de los meses de estiaje (Diciembre-Abril).

3.5 No se dan los resultados del análisis de regresión logarítmica porque fueron esencialmente los mismos que se obtuvieron para la re--
gresión lineal.

IV CONCLUSIONES

4.1 Se observa que, para la cuenca en estudio, el método de análisis utilizado da resultados satisfactorios, que permiten pronosticar, con suficiente exactitud las disponibilidades de agua para una temporada de riego determinada.

4.2 La posibilidad de prever las disponibilidades de agua es especialmente útil para los Sistemas de Riego por Derivación, y permite tomar las medidas pertinentes en caso de que el pronóstico indique escasez del recurso. En todo caso, estos pronósticos estarán siempre indicando los valores más probables de escurrimiento, sin descartar que existe cierta probabilidad de que los valores reales resulten superiores a los previstos, pero en general podemos calificar estos casos de excepcionales, y serán más bien favorables, mientras que será mucho menor la probabilidad de que se den valores de escurrimiento muy inferiores a los indicados por el pronóstico.

4.3 La metodología usada en este estudio puede y debe ser mejorada en trabajos posteriores, en el sentido de ajustar los pronósticos a medida que va transcurriendo la temporada de riego, en base a los valores reales de escurrimiento que se observen en los primeros meses de la temporada. Por otra parte puede desarrollarse un método que permita tomar en cuenta los efectos de distribución de la precipitación en el tiempo y en el espacio, e incluir estimaciones de evaporación. Por estas razones, los resultados de este estudio sólo pueden ser considerados como preliminares, pero a pesar de tener este carácter, consideramos que serán de gran utilidad para la elaboración de los Programas de Riego Respectivos, no sólo para el Sistema de Riego San Carlos, sino también para los Pequeños Sistemas de Riego de Caño Hondo, Campo Alegre y Sabana Larga, cuya toma está ubicada sobre el mismo Río Tigua, aguas abajo del sitio de toma de San Carlos.

V RECOMENDACIONES

5.1 Comenzar de inmediato a utilizar los resultados de este estudio para la elaboración de los Programas de Riego del Sistema de Riego San Carlos y de los Pequeños Sistemas de Riego de Caño Hondo, Campo Alegre y Sabana Larga.

5.2 Insistir ante los Servicios Nacionales de Hidrometeorología, a fin de que se intensifique la instalación de estaciones meteorológicas y pluviométricas especialmente en aquellas cuencas en donde se prevé el desarrollo de Sistemas de Riego, y de que se mantengan al día los registros de tales estaciones, de manera que puedan ser utilizados los datos suministrados por las mismas, en el momento en que se necesitan.

5.3 Continuar investigando nuevos métodos, ó mejoras al método aquí utilizado, que permitan pronosticar los volúmenes disponibles para cada temporada de riego, con suficiente anticipación.

Estas mejoras podrían ser en el sentido siguiente :

- a) Considerar lapsos más cortos, tanto para el VAC como para el escurrimiento.
- b) Tomar en cuenta las posibles tomas de agua que se efectúen aguas arriba del sitio de aforo, cuyo volumen probablemente tiene una tendencia ascendente a través de los años.
- c) Considerar las condiciones antecedentes del acuífero para el cálculo del VAC.
- d) Tomar en cuenta el patrón de distribución de las lluvias, en el tiempo y en el espacio.
- e) Considerar las posibles variaciones de la evapotranspiración.

VI BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. FERRILLET, GONZALEZ Y VELASQUEZ "Estudio de correlación entre precipitación y escurrimiento con fines de pronóstico en un mes de estiaje"; Trabajo final curso de programación Fortran, Curso de Postgrado e Ingeniería Hidrológica Barcelona, Vzla, Junio 1968

2. SEARCY, James K. "Graphical correlation of Gaging-Station Records"
U.S.D.A. Geological Survey, Manual of Hydrology: Part 1, General Surface-Water techniques, Washington, D.C. U.S.A., 1963

ANEXO No. 1.1

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1952

① MES	P R E C I P I T A C I O N (mm)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ / 10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	9	10	5	8	23,098
F	0	0	0	0	15,526
M	0	0	5	2	13,548
A	166	231	231	209	24,545
M	166	129	88	128	21,964
J	283	350	157	263	40,529
J	243	368	161	257	58,804
A	195	165	126	162	56,583
S	127	168	200	165	43,330
O	89	200	60	116	46,483
N	55	145	38	79	37,973
D	25	42	15	27	31,687
TOTAL	1.358	1.808	1.086	1.417	414,070

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.379 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 330,20 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.2

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1953

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ / 10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ \bar{x}	
E	10	42	6	19	20,658
F	1	9	24	11	14,501
M	3	0	17	6	12,950
A	85	156	119	120	12,901
M	372	482	279	378	58,056
J	281	286	80	216	37,415
J	306	257	95	219	49,550
A	239	387	139	255	80,309
S	121	203	104	143	66,744
O	114	192	131	146	55,866
N	104	128	115	116	50,354
D	19	15	22	19	32,296
TOTAL	1.655	2.157	1.131	1.648	498,600

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.593 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 411,19 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.3

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
 HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,
 MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1954

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ \bar{X}	
E	25	0	0	8	23,729
F	6	0	13	6	23,006
M	0	16	0	5	16,397
A	197	294	144	212	23,945
M	169	202	187	186	32,053
J	283	373	172	276	48,806
J	313	378	136	276	99,973
A	200	290	113	201	95,861
S	226	215	34	158	73,552
O	211	280	139	210	132,564
N	66	196	41	101	85,173
D	86	73	25	61	52,730
TOTAL	1.782	2317	1.004	1.701	707,789

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.620 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 591,92 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.4

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1955

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	24	21	6	17	37,705
F	17	10	0	6	26,176
M	34	36	0	23	21,605
A	77	137	75	96	21,902
M	187	260	96	181	29,160
J	177	260	195	211	37,800
J	348	569	167	361	69,547
A	386	305	124	272	59,443
S	182	260	193	212	67,547
O	287	240	153	227	60,480
N	230	228	51	170	65,172
D	35	81	0	39	41,809
TOTAL	1.984	2.407	1060	1.817	538,446

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.730 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 411,15 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.5

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO 1956

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ / 10 ⁶)
	②	③	④	⑤	
	MORENA	SIERRA	MONTALBAN	\bar{x}	
E	1	75	43	40	29,981
F	36	54	2	31	20,468
M	21	80	21	41	18,196
A	45	147	34	75	18,982
M	214	258	145	206	25,574
J	154	281	119	185	26,810
J	266	376	90	244	45,127
A	247	381	77	235	47,261
S	189	171	46	135	50,406
O	203	225	61	163	63,884
N	230	148	52	143	48,401
D	35	51	10	32	31,631
TOTAL	1.641	2.247	700	1.529	426,721

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.386 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 326,44 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.6

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1957

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ / 10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	0	18	0	6	21,980
F	2	0	12	5	15,682
M	12	0	2	5	13,193
A	0	27	52	26	11,699
M	195	268	128	197	21,263
J	245	252	113	203	28,140
J	306	474	84	288	36,616
A	275	308	129	237	36,392
S	219	255	233	236	56,030
O	119	248	102	156	47,926
N	154	208	74	145	56,825
D	47	53	6	35	33,990
TOTAL	1.574	2.111	935	1.540	379,736

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1,488 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 294,45 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.7

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1958

① M E S	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑤ E S C U R R I M I E N T O (m ³ / 10 ⁶)
	② M O R E N A	③ S I E R R A	④ M O N T A L B A N	⑤ X̄	
E	14	20	0	11	25,384
F	0	0	0	0	16,779
M	0	0	0	0	14,947
A	44	35	35	38	9,763
M	174	346	132	217	24,520
J	282	343	190	272	31,916
J	186	273	217	225	57,923
A	268	315	181	255	81,492
S	124	230	144	166	52,955
O	99	108	34	80	35,899
N	32	42	48	41	26,585
D	37	35	0	24	20,926
TOTAL	1.260	1.747	981	1.329	399,089

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.294 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 321,06 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.8

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1959

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	0	0	0	0	14,636
F	0	0	0	0	9,659
M	8	0	14	7	8,839
A	61	43	15	40	7,193
M	172	217	151	180	17,867
J	299	245	116	220	30,138
J	460	265	143	289	31,795
A	299	363	92	251	60,255
S	215	237	73	175	51,883
O	225	187	116	176	46,129
N	182	230	87	166	54,078
D	110	160	4	91	34,448
TOTAL	2.031	1.947	811	1.596	366,970

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.497 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 299,39 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.9

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1960

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ E S C U R R I M I E N T O (m ³ / 10 ⁶)
	② M O R E N A	③ S I E R R A	④ M O N T A L B A N	⑤ X̄	
E	41	39	21	33	22,922
F	0	0	10	3	15,500
M	0	0	3	1	13,850
A	101	208	90	133	16,179
M	204	264	159	209	23,392
J	268	327	139	245	31,591
J	222	295	251	256	39,651
A	268	379	63	237	58,614
S	124	336	63	174	69,699
O	192	116	14	107	45,783
N	34	91	3	46	28,728
D	93	114	18	75	29,912
TOTAL	1.547	2.169	834	1.517	395,824

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.407 m.m

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 313,63 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.10

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1961

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑤ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	②	③	④	⑤	
	MORENA	SIERRA	MONTALBAN	\bar{X}	
E	0	11	0	4	17,339
F	0	0	0	0	11,847
M	1	0	10	4	11,270
A	8	13	14	12	10,717
M	61	6	33	33	10,286
J	276	230	109	205	18,314
J	314	213	155	227	38,790
A	136	293	192	207	50,209
S	102	319	91	171	41,533
O	165	222	57	145	41,144
N	136	149	73	119	41,851
D	49	27	32	36	26,498
TOTAL	1.248	1.483	766	1.166	319,798

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.119 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 252,84 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.11

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1962

① MES	P R E C I P I T A C I O N (mm)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	②	③	④	⑤	
	MORENA	SIERRA	MONTALBAN	\bar{X}	
E	2	9	2	4	17,188
F	0	5	8	4	10,882
M	62	79	49	63	12,602
A	1	4	0	2	8,505
M	294	244	277	272	26,235
J	240	292	125	219	28,480
J	237	327	243	243	32,884
A	156	227	67	150	47,579
S	129	177	211	172	66,057
O	110	183	17	163	38,736
N	43	122	1	55	29,093
D	32	18	0	17	19,527
TOTAL	1.306	1.687	923	1.305	337,768

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.216 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 277,57 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.12

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1963

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑤ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	39	20	0	20	15,244
F	8	4	0	4	9,927
M	0	0	0	0	8,904
A	164	191	90	148	16,373
M	418	508	279	402	72,832
J	291	355	124	257	66,754
J	186	385	95	222	68,958
A	124	318	205	216	78,417
S	118	274	121	171	92,702
O	77	195	31	101	56,072
N	49	363	69	160	56,417
D	10	6	0	5	30,859
TOTAL	1.484	2.619	1.014	1.706	573,459

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.677 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 508,52 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1,13

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1964

① MES	P R E C I P I T A C I O N (mm)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ / 10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	0	0	0	0	22,508
F	0	0	0	0	16,394
M	0	4	0	1	13,664
A	39	107	65	70	15,458
M	59	129	86	91	15,719
J	290	308	203	267	34,389
J	253	331	152	245	46,921
A	186	243	99	176	37,874
S	88	233	50	124	43,817
O	49	174	63	95	33,450
N	120	143	209	157	24,652
D	16	30	0	15	17,777
TOTAL	1.100	1.702	927	1.243	322,623

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.225 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 252,28 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1 .14

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS ,

MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1965

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	② MORENA	③ SIERRA	④ MONTALBAN	⑤ X̄	
E	11	51	26	29	14,201
F	8	38	6	17	14,432
M	0	1	0	0	8,796
A	11	41	12	21	7,706
M	149	350	65	188	14,658
J	245	442	111	266	35,415
J	391	263	67	240	42,732
A	228	375	163	255	82,510
S	165	240	65	157	65,215
O	211	382	24	206	101,056
N	192	230	130	184	67,206
D	29	160	23	71	39,104
TOTAL	1.640	2.573	692	1.635	493,073

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.637 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 416,58 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 1.15

PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA DEL RIO TIRGUA
HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS,
MES POR MES AÑO POR AÑO

AÑO: 1966

① MES	P R E C I P I T A C I O N (m m)				⑥ ESCURRIMIENTO (m ³ /10 ⁶)
	②	③	④	⑤	
	MORENA	SIERRA	MONTALBAN	\bar{X}	
E	48	8	15	24	25,868
F	5	1	13	6	16,719
M	29	16	0	15	14,483
A	70	69	<u>72*</u>	70	13,476
M	93	309	<u>156*</u>	186	19,184
J	322	484	181	329	67,424
J	157	210	105	157	42,647
A	173	271	96	180	44,403
S	160	211	96	156	48,306
O	74	187	420	227	42,181
N	173	235	0	136	51,568
D	98	118	0	72	48,105
TOTAL	1.402	2.119	1.154	1.761	434,362

TOTAL PRECIPITACION DE ABRIL A NOVIEMBRE : 1.441 mm

TOTAL ESCURRIMIENTO DE ABRIL A NOVIEMBRE : 329,19 m³ x 10⁻⁶

ANEXO No. 2

CUADRO RESUMEN DE PRECIPITACION Y ESCURRIMIENTO EN LA
CUENCA DEL RIO TIRGUA HASTA LA ALTURA DE LA TOMA DEL
SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS.-

No.	A Ñ O (1)	PERIODO DE ABRIL A NOVIEMBRE			
		P R E C I P I T A C I O N		E S C .	V. A. C.
		m.m (2)	m ³ × 10 ⁻⁶ (3)	m ³ × 10 ⁻⁶ (4)	m ³ × 10 ⁻⁶ (5) = (3) - (4)
1	1952	1.379.00	2057.46	330.20	1.727.26
2	1953	1.593.00	2.376.75	411.19	1.965.56
3	1954	1.620.00	2.417.04	591.92	1.825.12
4	1955	1.730.00	2.581.16	411.15	2.170.01
5	1956	1.386.000	2.067.91	326.44	1.741.47
6	1957	1.488.00	2.220.09	294.45	1.925.64
7	1958	1.294.00	1.930.64	321.06	1.609.58
8	1959	1.497.00	2.233.52	299.39	1.934.13
9	1960	1.407.00	2.099.24	313.63	1.785.61
10	1961	1.119.00	1.669.54	252.84	1.416.70
11	1962	1.216.00	1.814.27	277.57	1.536.70
12	1963	1.677.00	2.502.00	508.52	1.993.56
13	1964	1.225.00	1.827.70	252.28	1.575.42
14	1965	1.517.00	2.263.36	416.58	1.846.78
15	1966	1.441.00	2.149.97	329.19	1.820.78

V.A.C. = Volúmen Almacenado en la Cuenca.

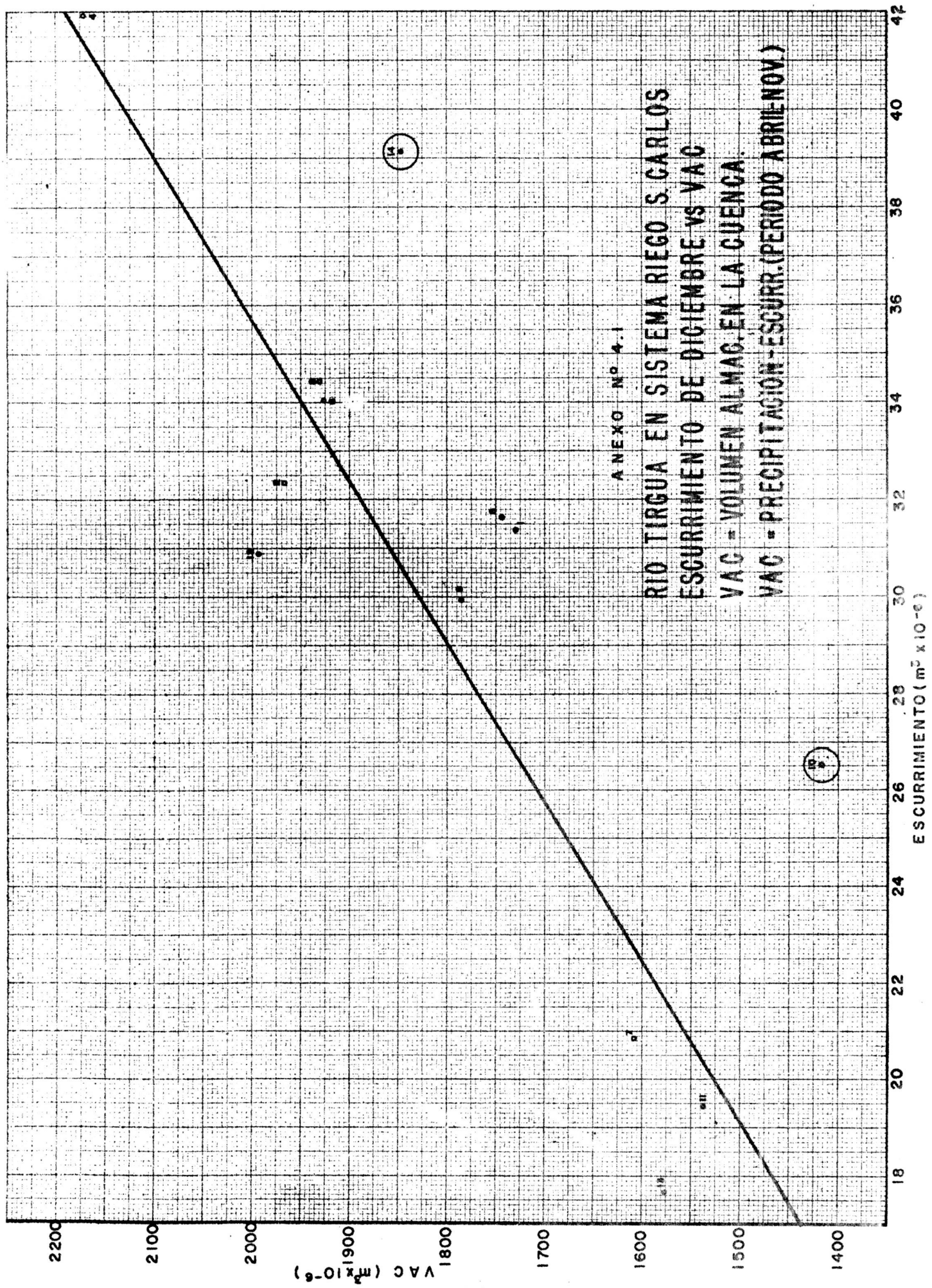
ANEXO No. 3

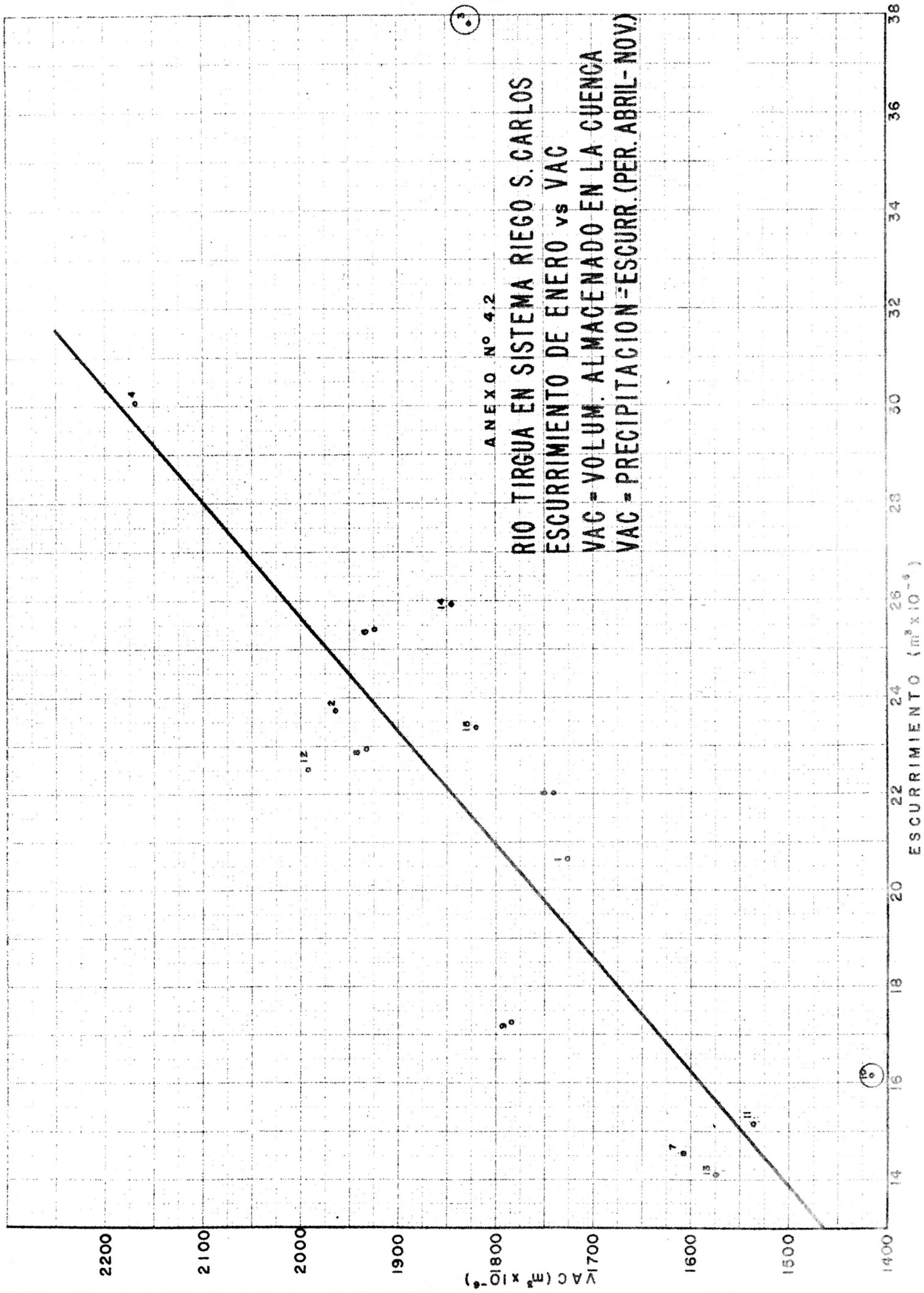
RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

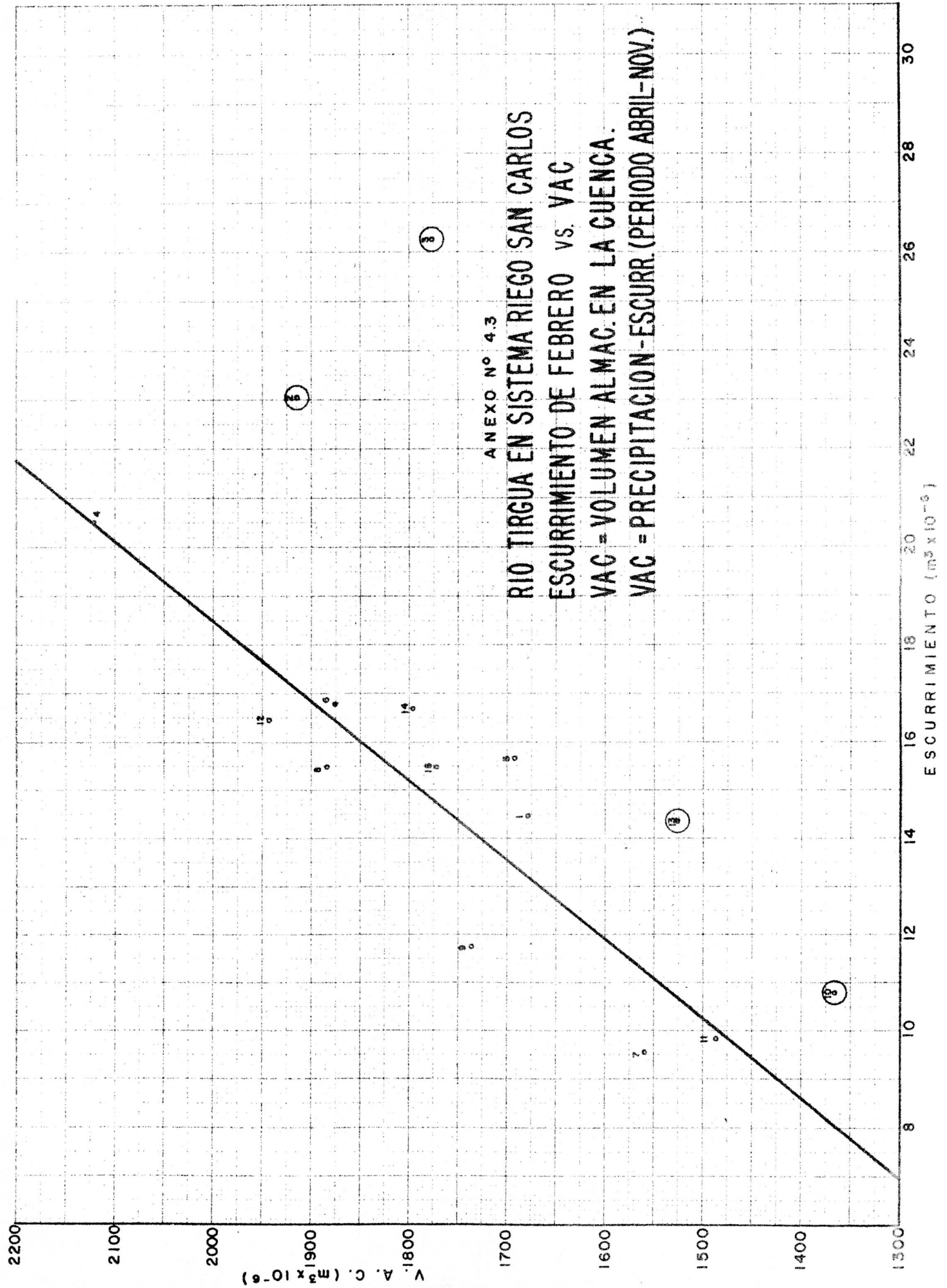
VALORES DE ESCURRIMIENTO OBSERVADOS EN LOS MESES DE VERANO

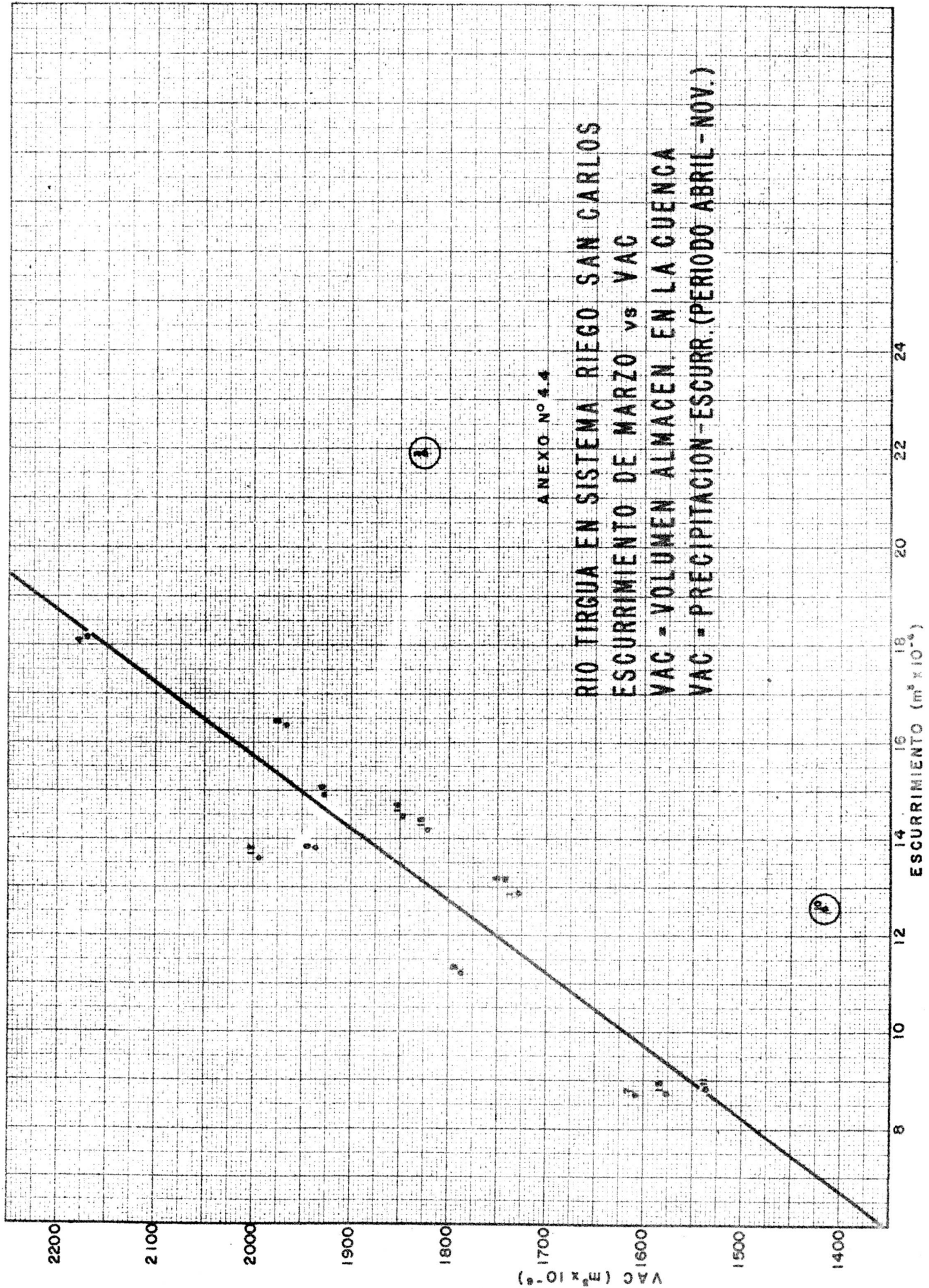
No.	AÑO	VAC ($m^3 \times 10^{-6}$)	ESCURRIMIENTO OBSERVADO ($m^3 \times 10^{-6}$)				
			DICIEMBRE	ENERO \neq	FEBRERO \neq	MARZO \neq	ABRIL \neq
1	1952	1.727,26	31,69	20,66	14,50	12,95	12,90
2	1953	1.965,56	32,30	23,73	23,01	16,40	23,95
3	1954	1.825,12	52,73	37,71	26,18	21,90	29,16
4	1955	2.170,01	41,81	29,98	20,47	18,20	13,98
5	1956	1.741,47	31,63	21,98	15,68	13,19	11,70
6	1957	1.925,64	33,99	25,38	16,78	14,95	9,76
7	1958	1.609,58	20,93	14,64	9,66	8,84	7,19
8	1959	1.934,13	34,45	22,92	15,50	13,85	16,18
9	1960	1.785,61	29,91	17,34	11,85	11,27	10,72
10	1961	1.416,70	26,50	16,19	10,88	12,60	8,51
11	1962	1.536,70	19,53	15,24	9,93	8,90	16,37
12	1963	1.993,56	30,86	22,51	16,39	13,66	15,46
13	1964	1.575,42	17,78	14,20	14,41	8,80	7,79
14	1965	1.846,78	39,10	25,87	16,72	14,48	13,48
15	1966	1.820,78	48,11	23,42	15,52	14,21	-

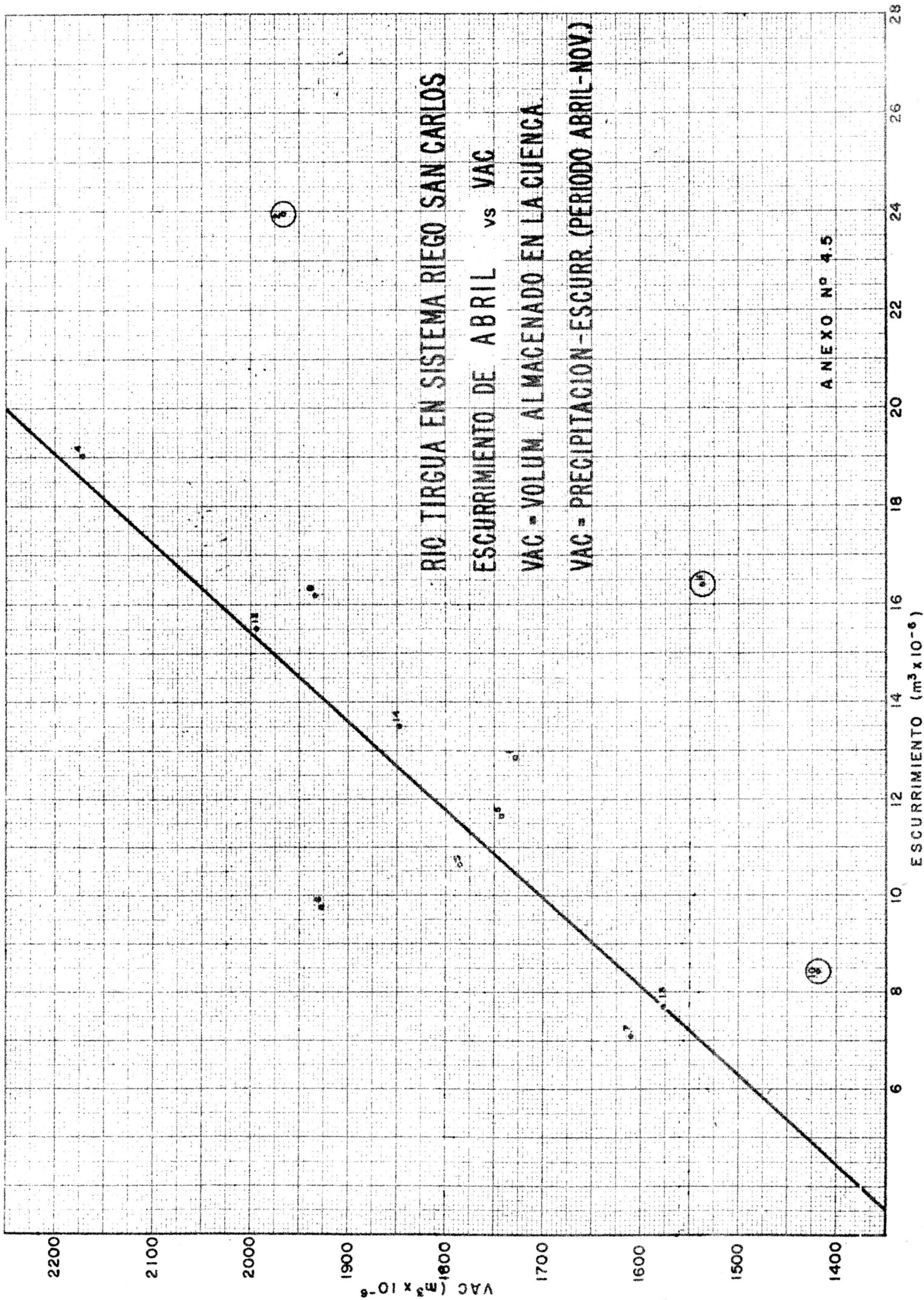
\neq Los valores de escurrimiento de Enero - Abril corresponden al año siguiente del valor de VAC indicado.











ANEXO No. 5.1

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS.

COMPARACION DE ESCURRIMIENTO OBSERVADO vs CALCULADO

MES : DICIEMBRE

No.	AÑO	OBSERVADO ($m^3 \times 10^{-6}$)	CALCULADO ($m^3 \times 10^{-6}$)	DIFERENCIA
1	1952	31,69	26,64	5,04
2	1953	32,30	34,49	- 2,19
3	1954	52,73	-	-
4	1955	41,81	41,22	0,58
5	1956	31,63	27,11	4,51
6	1957	33,99	33,17	0,81
7	1958	20,93	22,77	- 1,84
8	1959	34,45	33,45	0,99
9	1960	29,91	28,56	1,34
10	1961	26,50	-	-
11	1962	19,53	20,37	- 0,84
12	1963	30,86	35,41	- 4,55
13	1964	17,78	21,64	- 3,86
14	1965	39,10	-	-
15	1966	48,11	-	-

Ecurrimiento medio : 32,75
 Desviación Típica : 9,50
 Desviación Típica de los datos escogidos: 6,91
 Error Típico : 2,92
 Grado de Confianza : 0,82
 Coeficiente de regresión: 0,90

ANEXO No. 5.2

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

COMPARACION DE ESCURRIMIENTO OBSERVADO vs CALCULADO

MES : ENERO

No.	AÑO	OBSERVADO	CALCULADO	DIFERENCIA
1	1953	20,66	19,25	1,40
2	1954	23,73	24,83	- 1,10
3	1955	27,71	-	-
4	1956	29,98	29,61	0,36
5	1957	21,98	19,58	2,39
6	1958	25,38	23,89	1,48
7	1959	14,64	16,49	- 1,85
8	1960	22,92	24,09	- 1,17
9	1961	17,34	20,61	- 3,27
10	1962	16,19	-	-
11	1963	15,24	14,79	0,44
12	1964	22,51	25,48	- 2,97
13	1965	14,20	15,69	- 1,49
14	1966	25,87	22,05	3,81
15	1967	23,42	21,44	1,97

Esgurrimiento medio: 22,11

Desviación Típica: 6,11

Desviación Típica de los datos escogidos: 4,60

Error Típico: 2,08

Grado de Confianza : 0,79

Coeficiente de regresión: 0,89

ANEXO No. 5.3

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

COMPARACION DE ESCURRIMIENTO OBSERVADO vs CALCULADO

MES : FEBRERO

No.	AÑO	OBSERVADO	CALCULADO	DIFERENCIA
1	1953	14,50	13,21	1,28
2	1954	23,01	-	-
3	1955	26,18	-	-
4	1956	20,47	20,35	0,11
5	1957	15,68	13,44	2,23
6	1958	16,78	16,41	0,36
7	1959	9,66	11,31	- 1,65
8	1960	15,50	16,55	- 1,05
9	1961	11,85	14,15	- 2,30
10	1962	10,88	-	-
11	1963	9,93	10,14	- 0,21
12	1964	16,39	17,51	- 1,12
13	1965	14,41	-	-
14	1966	16,72	15,14	1,57
15	1967	15,52	14,72	0,79

Ecurrimiento medio : 15,83
 Desviación Típica : 4,46
 Desviación Típica de los datos escogidos: 3,05
 Error Típico : 1,36
 Grado de Confianza : 0,80
 Coeficiente de Regresión:

ANEXO No. 5.4

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

COMPARACION DE ESCURRIMIENTO OBSERVADO vs CALCULADO

MES : MARZO

No.	AÑO	OBSERVADO	CALCULADO	DIFERENCIA
1	1953	12,95	11,71	1,23
2	1954	16,40	15,23	1,16
3	1955	21,90	-	-
4	1956	18,20	18,25	- 0,05
5	1957	13,19	11,92	1,26
6	1958	14,95	14,64	0,30
7	1959	8,84	9,97	- 1,13
8	1960	13,85	14,76	- 0,91
9	1961	11,27	12,57	- 1,30
10	1962	12,60	-	-
11	1963	8,90	8,90	0,00
12	1964	13,66	15,64	- 1,98
13	1965	8,80	9,47	- 0,67
14	1966	14,48	13,48	0,99
15	1967	14,21	13,09	1,11

Esgurrimiento medio : 13,61
 Desviación Típica : 3,42
 Desviación Típica de los datos escogidos: 2,80
 Error Típico: 1,07
 Grado de Confianza : 0,85
 Coeficiente de Regresión: 0,92

ANEXO No. 5.5

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

COMPARACION DE ESCURRIMIENTO OBSERVADO vs CALCULADO

MES : ABRIL

No.	AÑO	OBSERVADO	CALCULADO	DIFERENCIA
1	1953	12,90	10,56	2,33
2	1954	23,95	-	-
3	1955	29,16	-	-
4	1956	18,98	18,48	0,49
5	1957	11,70	10,81	0,88
6	1958	9,76	14,11	- 4,35
7	1959	7,19	8,45	- 1,26
8	1960	16,18	14,26	1,91
9	1961	10,72	11,60	- 0,88
10	1962	8,51	-	-
11	1963	16,37	-	-
12	1964	15,46	15,32	0,13
13	1965	7,79	7,84	- 0,05
14	1966	13,48	12,69	0,78

Esgurrimiento medio : 14,43

Desviación Típica 6,05

Desviación Típica de los datos escogidos : 3,56

Error Típico : 1,79

Grado de Confianza : 0,74

Coeficiente de Regresión: 0,86

ANEXO No. 6

RIO TIRGUA EN SISTEMA DE RIEGO SAN CARLOS

TABLA DE PRONOSTICO DE ESCURRIMIENTO

VAC ($m^3 \times 10^{-6}$)	ESCURRIMIENTO ($m^3 \times 10^{-6}$)				
	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
1.400	15,87	11,59	7,94	6,08	4,70
1.450	17,52	12,76	8,74	6,95	5,59
1.500	19,16	13,93	9,55	7,82	6,49
1.550	20,81	15,10	10,35	8,69	7,38
1.600	22,45	16,27	11,16	9,56	8,28
1.650	24,10	17,44	11,97	10,43	9,17
1.700	25,74	18,61	12,77	11,30	10,07
1.750	27,39	19,78	13,58	12,18	10,96
1.800	29,04	20,95	14,39	13,05	11,86
1.850	30,68	22,12	15,19	13,92	12,75
1.900	32,33	23,29	16,00	14,56	13,65
1.950	33,97	24,46	16,80	15,09	14,54
2.000	35,62	25,63	17,61	15,63	15,44
2.050	37,27	26,80	18,42	16,16	16,33
2.100	38,91	27,97	19,22	16,70	17,23
2.150	40,56	29,15	20,03	17,23	18,12
2.200	42,21	30,32	20,83	18,10	19,02

VAC = Volumen Almacenado en la Cuenca

VAC = Precipitación - Escurrimiento (Período Abril - Noviembre)

