

C 733 E

5218

CAP. 1-3

e.1



COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES DE
..ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO HIDROLOGICO
CAPITULOS 1, 2, 3
(Documento de Trabajo)

5218

CICA
Binnie & Partners
Hunting Technical
Services Ltd.

Hanlango 1979

COMISION NACIONAL DE RIEGO	
OFICINA GENERAL	
Nº	1270
Fecha	27 DIC 1979

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

El objetivo general de este informe es caracterizar el régimen hidrológico y los recursos de agua superficiales de las hoyas de los ríos Aconcagua, Ligua y Petorca, en términos de la magnitud, variación temporal y espacial y grados de probabilidad de las principales variables hidrológicas. Esta caracterización incluyó aspectos relacionados con el régimen de precipitaciones y de escorrentía superficial, el arrastre de sedimentos y balances hidrológicos.

Se elaboraron, asimismo, antecedentes hidrológicos especiales para el prediseño de obras de ingeniería; para el aprovechamiento de los recursos de agua y para la operación de un modelo general de simulación del sistema de recursos hidráulicos en la cuenca. Se efectuó además una revisión, corrección y puesta al día de la información hidrológica fundamental. Los análisis hidrológicos se desarrollaron con el objetivo que sirvieran de base a estudios hidrológicos más específicos, tanto en su contexto teórico como regional y que facilitara también futuras actualizaciones del estudio.

En la cuenca se han efectuado estudios hidrológicos parciales, respecto a las variables consideradas y locales en relación a su validez regional.

Debe tenerse en cuenta que los resultados y conclusiones que se desprenden de este informe, son válidas sólo dentro del margen de la información actualmente disponible. Esto implica que dichos resultados y conclusiones pueden ser mejorados y ampliados en el futuro.

El estudio del régimen de precipitaciones abordó una recopilación y análisis exhaustivo de las precipitaciones mensuales y anuales registradas en la Zona. Dicho análisis permitió corregir, rellenar, extender y homogeneizar dichos registros para el período 1942-1976. En base a esta etapa, se procedió a elaborar el análisis de frecuencia de las precipitaciones mensuales y anuales. La distribución espacial de las precipitaciones se presenta a través de un mapa de isoyetas. Finalmente, no efectuó un análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas diarias en el año.

Para el análisis del régimen de escorrentía superficial, se procedió a una recopilación de toda la información fluviométrica registrada disponible. Dicha información se analizó para lograr su homogeneización.

relleno y extensión al período 1942-1976. El informe contiene la estadística fluviométrica originalmente registrada y la estadística ampliada. En aquellos puntos y subcuencas no controlados donde se requería información de caudales, ésta se generó por medio de modelos de simulación hidrológica. Se efectuaron análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales, del período de riego y mensuales y se analizaron las tendencias de los rendimientos específicos en diferentes subcuencas.

En relación al arrastre de sedimentos, se estimaron cifras de producción específica en base a curvas generalizadas propuestas en la bibliografía y antecedentes de otras cuencas en Chile. Se analizó en detalle el problema de la sedimentación al embalse Puntilla del Viento, aprovechando la información existente al respecto.

Se efectuó un análisis hidrológico general para integrar regionalmente diversos aspectos y resultados de los análisis particulares de cada variable hidrológica. Los resultados de este análisis general se expresan en una carta de caracterización hidrológica, donde se identifican diversos sectores hidrológicamente homogéneos. El balance hidrológico anual de algunos sectores permitió aportar nuevos antecedentes sobre déficit de escorrentía y pérdidas reales por evapotranspiración.

Finalmente, para el prediseño de obras de embalse, tales como el embalse Puntilla del Viento y Los Angeles se efectuaron estudios bastante exhaustivos con el objeto de determinar la magnitud de las crecidas máximas probables afluentes a dichos embalses.

CAPITULO 2

2. - REGIMEN DE PRECIPITACIONES.

2.1 INTRODUCCION

El presente estudio tiene por objeto caracterizar adecuadamente los regímenes de precipitaciones de las cuencas de los ríos Petorca Ligua y Aconcagua, caracterización que será importante en la planificación adecuada de los recursos hídricos, en los estudios agronómicos y fundamentalmente en los estudios hidrológicos específicos.

Para el desarrollo de este estudio se ha utilizado la información adquirida en la Dirección Meteorológica de Chile del Ministerio de Defensa Nacional y proporcionada por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA) y la División Andina de CODELCO Chile, a lo que se agrega la información obtenida de estudios anteriores.

La metodología empleada se definió considerando el problema desde tres puntos de vista diferentes:

- a) Corrección, relleno, homogeneización y extensión de las estadísticas de precipitaciones anuales y mensuales.
- b) Análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales, mensuales y máximas diarias anuales.
- c) Distribución espacial de las precipitaciones sobre la cuenca para distintas probabilidades de excedencia, y sobre las zonas de riego.

En la ejecución del estudio se utilizó la información proveniente de 58 estaciones pluviométricas elegidas sobre la base de dos criterios:

- a) Estaciones cuyos períodos de registro completo alcanzaran como mínimo un número de 10 años.
- b) Estaciones de cuencas colindantes (Choapa, Choapa-Petorca, Aconcagua-Maipo y Maipo), que por su ubicación y cercanía de las cuencas en estudio, sirvieran para el trazado de las isoyetas.

De acuerdo a estos criterios, se seleccionaron 19 estaciones pertenecientes a la cuenca del río Aconcagua, 10 estaciones de la cuenca del río Ligua, 4 estaciones de la cuenca del río Petorca, 4 estaciones de la cuenca costera Ligua-Aconcagua, 12 estaciones de la

cuenca costera Aconcagua-Maipo y 9 estaciones de las cuencas vecinas que se desglosan del siguiente modo: 3 estaciones de la cuenca Choapa-Petorca, 1 estación de la cuenca del río Choapa y 5 estaciones de la cuenca del río Maipo.

Las estaciones pluviométricas se identificaron con un código de 2 letras que permite reconocer fácilmente la cuenca en que se ubican, y un número correlativo a continuación. Los códigos utilizados son los siguientes:

- AC	Cuenca Aconcagua
- LI	Cuenca Ligua
- PE	Cuenca Petorca
- LA	Cuenca Ligua-Aconcagua
- AM	Cuenca Aconcagua-Maipo
- CP	Cuenca Choapa-Petorca
- CH	Cuenca Choapa
- MA	Cuenca Maipo

En la Figura 2.1 se presenta un mapa de la zona en estudio sobre el cual se indican las estaciones pluviométricas utilizadas y una tabla con códigos, nombres, propietarios de cada una de estas estaciones, coordenadas geográficas y alturas sobre el nivel del mar. También se incluyen las estaciones que sirvieron solamente de apoyo para el trazado de las isoyetas y a las cuales no se les hizo ningún tratamiento especial (18 estaciones).

2.2 RECOPIACION DE DATOS BASICOS. ANALISIS PRELIMINAR DE LA INFORMACION Y DE LOS ESTUDIOS PLUVIOMETRICOS ANTERIORES.

En la Figura 2.2 se presenta un diagrama de barras, basado en la información adquirida en la Dirección Meteorológica de Chile del Ministerio de Defensa Nacional (D.M.C.) y proporcionada por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA) y la División Andina de CODELCO Chile. En dicha Figura se indica la longitud de la estadística de precipitaciones anuales hasta el año 1976 y se incluyen solamente las estaciones utilizadas en el presente estudio de las cuencas mencionadas al final del punto 2.1.

Del análisis preliminar de la información recopilada, se detectaron diversas anomalías relacionadas con errores en las

CODIGO	NOMBRE ESTACION	PROPEC	COORDENADAS		ALTURA
			Longitud	Latitud	
CP-1	Los Cordones	OMC	71° 5'	32° 05'	1500
CP-2	Pichidanga	OMC	71° 32'	32° 08'	1101
CP-3	Huacuen Hda	OMC	71° 22'	32° 15'	150
CH-1	Cairón	OMC	70° 47'	31° 54'	800
PE-1	Chincolco	DGA	70° 51'	32° 13'	620
PE-2	Hda El Sobrante	DGA	70° 47'	32° 14'	715
PE-3	Petorca	OMC	70° 56'	32° 15'	501
PE-4	Trapiche Fdo Langotara	OMC	71° 9'	32° 20'	(35)
LI-1	La Arena Hda Alicahue	OMC	70° 42'	32° 3'	(1100)
LI-2	Adm Hda Alicahue	DGA	70° 47'	32° 21'	1650
LI-3	Las Casas Hda Alicahue	OMC	70° 47'	32° 21'	1650
LI-4	La Mostaza Hda Alicahue	OMC	70° 41'	32° 26'	1275
LI-5	San Lorenzo	OMC	70° 59'	32° 26'	270
LI-6	Pullalilí Hda	OMC	71° 15'	32° 29'	57
LI-7	La Ligua	DOS	71° 13'	32° 27'	58
LI-8	La Higuera Hda	OMC	71° 12'	32° 29'	(1251)
LI-9	El Ingenio Fdo	OMC	71° 3'	32° 29'	111
LI-10	Cabildo	OMC	71° 36'	32° 25'	177
LA-1	Papudo	OMC	71° 25'	32° 30'	5
LA-2	Carapilco	OMC	71° 17'	32° 34'	95
LA-3	Quinteros	OMC	71° 31'	32° 47'	2
LA-4	Puchuncavi Hda	OMC	71° 24'	32° 44'	117
AC-1	Putaendo EAP	EAP	70° 43'	32° 37'	794
AC-2	San Felipe	DGA	70° 53'	32° 47'	440
AC-3	Catemu	OMC	70° 35'	32° 48'	332
AC-4	San Esteban Reñen	OMC	70° 59'	32° 48'	412
AC-5	Chagres	OMC	71° 12'	32° 47'	217
AC-6	La Colera	OMC	71° 12'	32° 47'	174
AC-7	La Cruz Ch. Bellavista	OMC	71° 4'	32° 57'	12
AC-8	Los Andes	OMC	70° 56'	32° 50'	86
AC-9	Llay-Llay	OMC	70° 57'	32° 50'	335
AC-10	El Sauce Fdo	OMC	70° 33'	32° 50'	250
AC-11	Rio Blanco	OMC	70° 8'	32° 54'	1450
AC-12	Vilcuyo	DGA	70° 25'	32° 51'	1100
AC-13	El Tabón	OMC	70° 49'	32° 55'	340
AC-14	Ricuilán	DGA	70° 21'	32° 55'	1293
AC-15	Cra. Chagres	OMC	70° 42'	32° 57'	1009
AC-16	Limache	DGA	70° 16'	33° 00'	120
AC-17	Resa Las Flores	DGA	70° 35'	32° 33'	216
AC-18	Lagunitas	OMC	70° 6'	33° 05'	233
AC-19	Lirio-Lirio El Llano	U.C.M.R.	71° 12'	33° 08'	1600
AM-1	Montemar	OMC	71° 35'	32° 57'	12
AM-2	El Belmar	OMC	71° 25'	33° 02'	121
AM-3	Volpa Pichidanga	OMC	71° 35'	33° 01'	41
AM-4	Volpa Cerro Alegre	OMC	71° 19'	33° 03'	112
AM-5	Villa Alegría	DOS	71° 22'	33° 02'	140
AM-6	Quilpué	OMC	71° 26'	33° 02'	101
AM-7	Matra-Viña Emb	OMC	71° 24'	33° 05'	160
AM-8	Parra Curruñilla	OMC	71° 45'	33° 05'	85
AM-9	Peñuelas Laja	OMC	71° 30'	33° 10'	350
AM-10	Casablanca	OMC	71° 24'	33° 19'	230
AM-11	Hda San Jerónimo	OMC	71° 31'	33° 22'	250
AM-12	Fdo. Huachipato	OMC	71° 18'	33° 21'	180
MA-1	Rungue	DGA	70° 54'	33° 01'	70
MA-2	Tiltil	OMC	70° 55'	33° 05'	578
MA-3	Paipaco	OMC	70° 53'	33° 09'	522
MA-4	Coleu Curruñeros	DGA	71° 00'	33° 09'	1120
MA-5	Colliguay Escalerón	DGA	71° 09'	33° 10'	433

() alturas estimadas de plancheta 1:50.000 del IGM
 ○ estaciones del patrón

LEYENDA
 Estaciones del patrón ○
 Estaciones homogenizadas ○
 Estaciones de apoyo ●
 Poblados ●

FIGURA 2.1
 MAPA DE LA ZONA EN ESTUDIO
 CON UBICACION DE ESTACIONES
 PLUVIOMETRICAS

1:75	CICA	839
------	------	-----

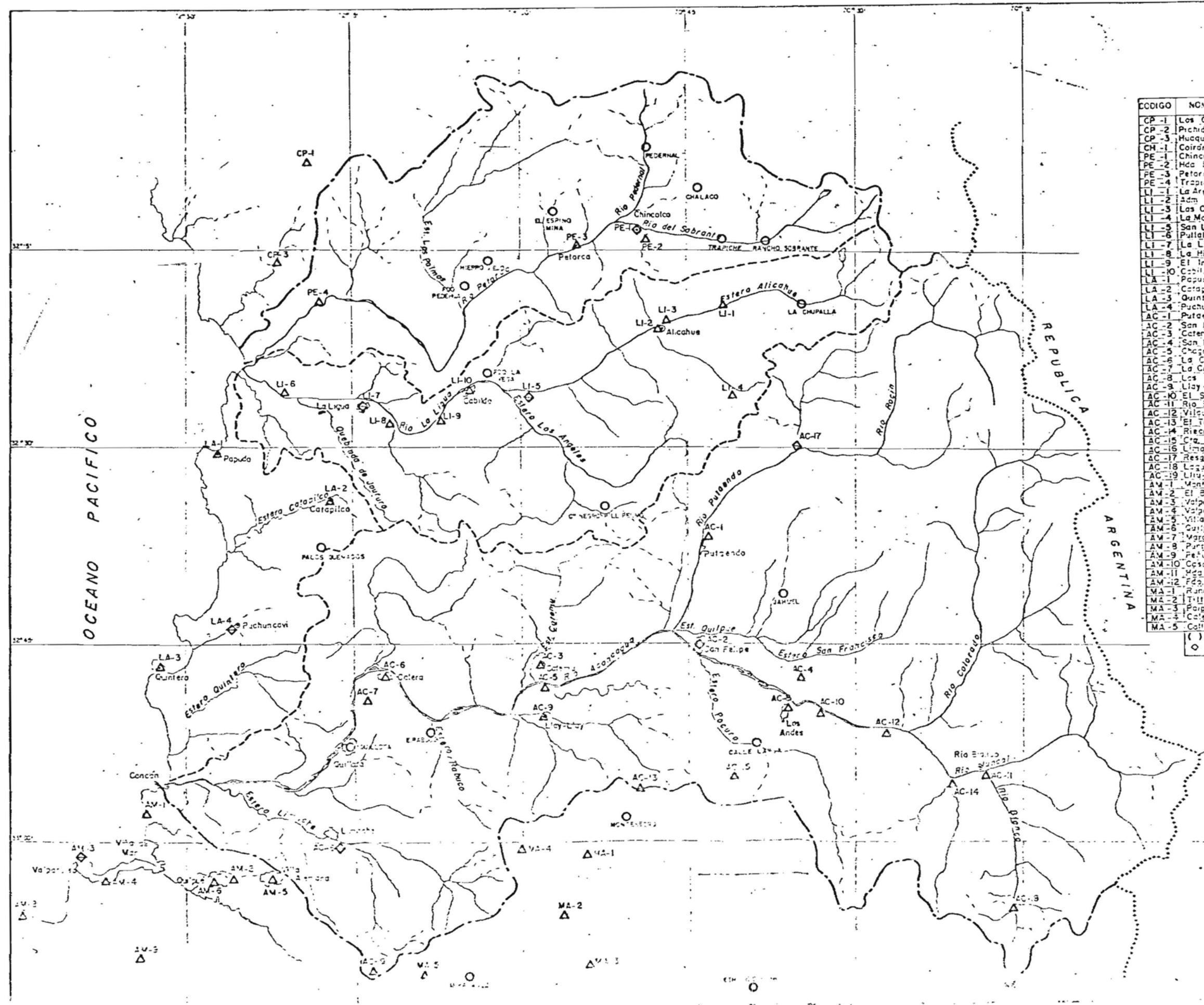


DIAGRAMA DE BARRAS DE LA ESTADISTICA PLUVIOMETRICA

COO100	ESTACION	PROP	1901	1915	1916	1930	1931	1945	1946	1950	1951	1952	AÑOS COMPL	AÑOS INCOMPL
CP-1	LOS CONDORES	OMC											21	5
CP-2	PICHIDANGUI	OMC											14	-
CP-3	MUAQUEN HDA.	OMC											27	6
CH-1	COIRON	OMC											28	5
PE-1	CHINCOLCO	DGA											26	7
PE-2	HDA EL SOBRAÑTE	DGA											29	2
PE-3	PETORCA	OMC											45	4
PE-4	TRAPICHE FDO. LONGOTOMA	OMC											29	2
LI-1	LA ARENA HDA ALICAHUE	OMC											15	3
LI-2	ADMINISTRACION HDA ALICAHUE	DGA											16	2
LI-3	LAS CASAS HDA ALICAHUE	OMC											20	3
LI-4	LA MOSTAZA HDA ALICAHUE	OMC											16	3
LI-5	SAN LORENZO	OMC											53	1
LI-6	PULLALLY HACIENDA	OMC											20	2
LI-7	LA LIGUA	DOS											63	2
LI-8	LA HIGUERA HACIENDA	OMC											32	1
LI-9	EL INGENIO FUNDO	OMC											31	-
LI-10	CABILDO	OMC											36	3
LA-1	PAPUDO	OMC											20	3
LA-2	CATAPILCO	OMC											51	1
LA-3	QUINTEROS	OMC											16	-
LA-4	PUCHUNCAVI HACIENDA	OMC											39	-
AC-1	PUTAENDO E.A.P	EAP											46	2
AC-2	SAN FELIPE	DOS											53	5
AC-3	CATEMU	DGA											21	5
AC-4	SAN ESTEBAN RETEN	OMC											12	3
AC-5	CHAGRES	OMC											9	1
AC-6	LA CALERA	OMC											42	9
AC-7	LA CRUZ CHACRA BELLAVISTA	OMC											16	2
AC-8	LOS ANDES	OMC											59	1
AC-9	LLAY LLAY	OMC											18	9
AC-10	EL SAUCE FUNDO	OMC											18	2
AC-11	RIO BLANCO	OMC											25	5
AC-12	YILCUYA	DGA											13	-
AC-13	EL TABON	OMC											11	2
AC-14	RIECILLOS	DGA											45	3
AC-15	CUESTA CHACABUCO	OMC											13	2
AC-16	LIMACHE	DOS											44	7
AC-17	RESGUARDO LOS PATOS	DGA											34	3
AC-18	LAGUNITAS	CMA											15	4
AC-19	LLIU LLIU (ELLANDI)	UCH											10	1
AM-1	MONTEMAR	OMC											10	1
AM-2	EL BELLOTO	OMC											16	-
AM-3	VALPARAISO PTA ANGELES	OMC											76	-
AM-4	VALPARAISO CERRO ALEGRE	OMC											35	6
AM-5	VILLA ALEMANA D.O.S.	DOS											40	10
AM-6	QUILPUE	OMC											56	3
AM-7	MARGA MARGA EMBALSE	OMC											31	2
AM-8	PUNTA CURAUMILLA	OMC											55	7
AM-9	PENUELAS LAJO	OMC											83	3
AM-10	CASABLANCA	OMC											43	3
AM-11	HACIENDA SAN JERONIMO	OMC											15	8
AM-12	FUNDO HUALLILEMO	OMC											18	8
MA-1	RUNGUE	DGA											18	9
MA-2	TILTI	OMC											28	6
MA-3	POLPAICO	OMC											31	3
MA-4	CALEU CARABINEROS	DGA											8	10
MA-5	COLLIQUAY BOQUERON	DGA											23	3

LEYENDA: AÑOS COMPLETOS 
AÑOS INCOMPLETOS 

FIGURA 2.2

coordenadas geográficas y alturas s.n.m. de algunas estaciones, y principalmente errores en la traducción de alturas de nieve a milímetros de agua equivalente. Este último hecho hace que algunas estaciones que podrían ser de gran utilidad, tengan registros de dudosa confiabilidad

En el Cuadro A.2.1 del Anexo 2 se indican las alturas s.n.m. y las coordenadas geográficas de las estaciones de acuerdo a la información básica obtenida y los valores reales verificados en este estudio en base a las planchetas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (I. G. M.) Las correcciones de las coordenadas geográficas resultaron fundamentales para un correcto trazado del plano de isoyetas.

Además de la información descrita, se revisaron los antecedentes respecto a rutas de nieve en la cuenca del Aconcagua y Aconcagua-Maipo. Las rutas de nieve referidas son: Portillo, Cerro Negro y Laguna del Inca en la cuenca del Aconcagua y Cerro El Roble en Aconcagua-Maipo.

2.3 ANALISIS DE LOS REGISTROS PLUVIOMETRICOS

Este punto contiene los procedimientos y resultados del relleno, corrección, homogeneización y ampliación de los registros pluviométricos recopilados, con el objeto de elaborar la estadística pluviométrica definitiva.

2.3.1 Selección del Patrón Pluviométrico y del Período de Estudio

En consideración a la duración de los registros pluviométricos y a fin de tomar un período común para ambos, se definió un período de estudio de 35 años, entre 1942 y 1976 inclusive.

Para integrar el patrón en el período definido, se seleccionaron las estaciones según su ubicación espacial y considerando aquellas que tuvieran sus registros más completos. Luego de un exhaustivo análisis, se llegó a la conclusión que lo más conveniente era integrar el Patrón definitivo de precipitaciones con las siguientes estaciones:

- PE-1 Chicolco
- LI -5 San Lorenzo
- LI -7 La Ligua
- LA-4 Puchuncaví Hda.

- AC-2 San Felipe
- AC-16 Limache
- AC-17 Resguardo Los Patos
- AM-3 Valparaíso Pta. Angeles

2.3.2 Relleno y Homogeneización de la Estadística de las Estaciones del Patrón.

Para verificar la calidad y homogeneidad de las estadísticas pluviométricas, tanto de las estaciones del patrón como del resto de las estaciones, se construyeron curvas dobles acumuladas (CDA). Para ello, es preciso que las estaciones del patrón tengan registros completos y homogéneos.

Debido a que existen años en que el registro pluviométrico de algunas estaciones del patrón aparece incompleto e incluso otros sin ningún dato, se rellenó la estadística de algunas estaciones del patrón utilizando uno de los criterios que a continuación se indican:

- a) En los casos con años incompletos en los que el número de meses sin registro fuera inferior o igual a 6, se rellenó la estadística mes a mes mediante el método de los promedios ponderados, utilizando estaciones vecinas con registros completos.
- b) En los casos con años incompletos en los que el número de meses sin registros fuera mayor de 6, se estimó la precipitación anual en esa estación mediante el método de los promedios ponderados.
- c) En situaciones en que había años consecutivos sin datos, para períodos inferiores a 7 años, se intentaron correlaciones lineales de precipitaciones anuales con otras estaciones. Cuando el coeficiente de correlación resultó significativamente distinto de cero, se utilizó la relación de ajuste para calcular la precipitación anual de cada uno de esos años faltantes.

Los procedimientos detallados de relleno y homogeneización de las estaciones del Patrón pluviométrico se incluyen en un Archivo Especial, separado del Informe del Estudio Hidrológico, con antecedentes metológicos de detalle que sólo deben quedar registrados y documentados para estudios futuros de puesta al día de la información hidrológica.

Para probar inicialmente la homogeneidad de las estadísticas de precipitaciones de las estaciones del patrón pluviométrico, se graficaron las precipitaciones acumuladas de cada una de las estaciones versus el tiempo. Este análisis permitió detectar variaciones sistemáticas de tendencia en algunas estaciones, y permitió además definir un patrón pluviométrico inicial (P1) constituido por las estaciones: San Lorenzo, Chincolco, La Ligua, Puchuncaví Hda. y San Felipe, para el período 1942-1975.

La homogeneidad de cada una de estas estaciones se probó mediante el método de las curvas doble acumuladas (CDA), encontrándose que las estaciones San Lorenzo y Puchuncaví Hda. presentan quiebres o cambios de tendencias. Estos cambios de tendencia fueron corregidos por los métodos tradicionales; definiéndose a continuación un segundo patrón pluviométrico (P2), compuesto por las estaciones San Lorenzo, Puchuncaví Hda. (ambas corregidas mediante P1) Chincolco, La Ligua y San Felipe, no encontrándose cambios de tendencia al ser probada su homogeneidad.

Con el patrón P2 se probó la homogeneidad de las estaciones pluviométricas de: Resguardo Los Patos, Valparaíso Pta. Angeles y Limache, corrigiéndose los quiebres respectivos.

Finalmente, el patrón pluviométrico definitivo (P3) quedó constituido por las estaciones: Chincolco, San Lorenzo, La Ligua, Puchuncaví Hda., San Felipe, Limache, Resguardo Los Patos y Valparaíso Pta. Angeles para el período 1942-1975; verificándose la homogeneidad de las estadísticas de precipitación anual de cada una de estas estaciones con dicho patrón definitivo.

Los resultados definitivos de esta verificación se indican en las Figuras 2.3 a 2.10.

En el Cuadro 2.1 se incluyen las estadísticas de precipitaciones anuales homogeneizadas de las ocho estaciones del patrón pluviométrico definitivo y en los Cuadros 2.2 a 2.9, las precipitaciones mensuales homogeneizadas correspondientes.

2.3.3 Relleno, Homogeneización y Extensión de la Estadística Pluviométrica de las Estaciones consideradas en el estudio.

Para determinar las estadísticas definitivas de precipitaciones anuales de las estaciones pluviométricas consideradas en es

CURVAS DOBLE ACUMULADAS

PE-1 CHINCOLCO - PATRON 3

AC-2 SAN FELIPE - PATRON 3

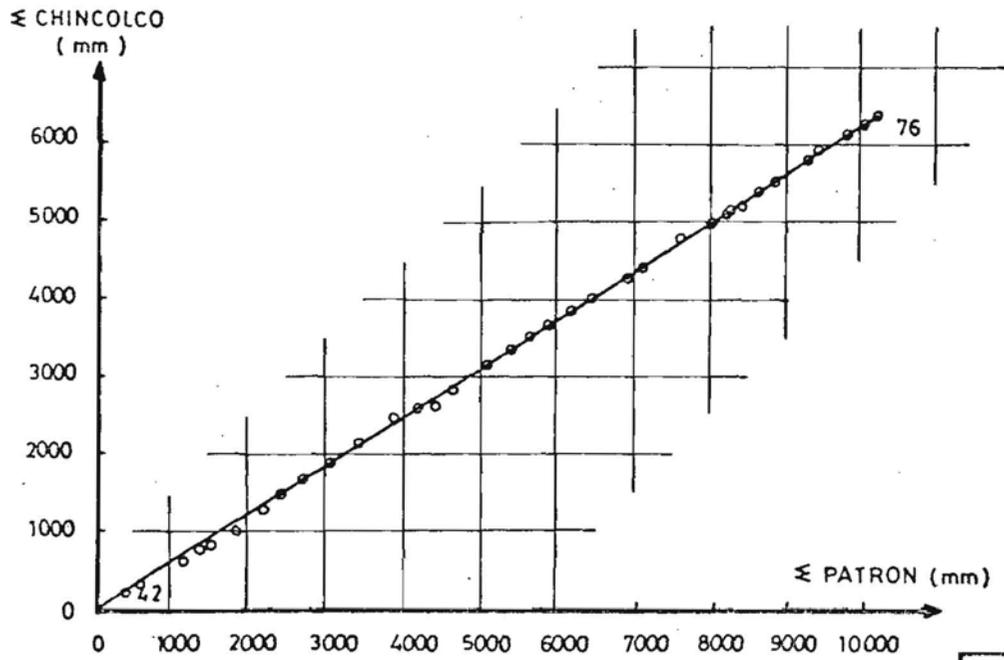


FIGURA 2.3

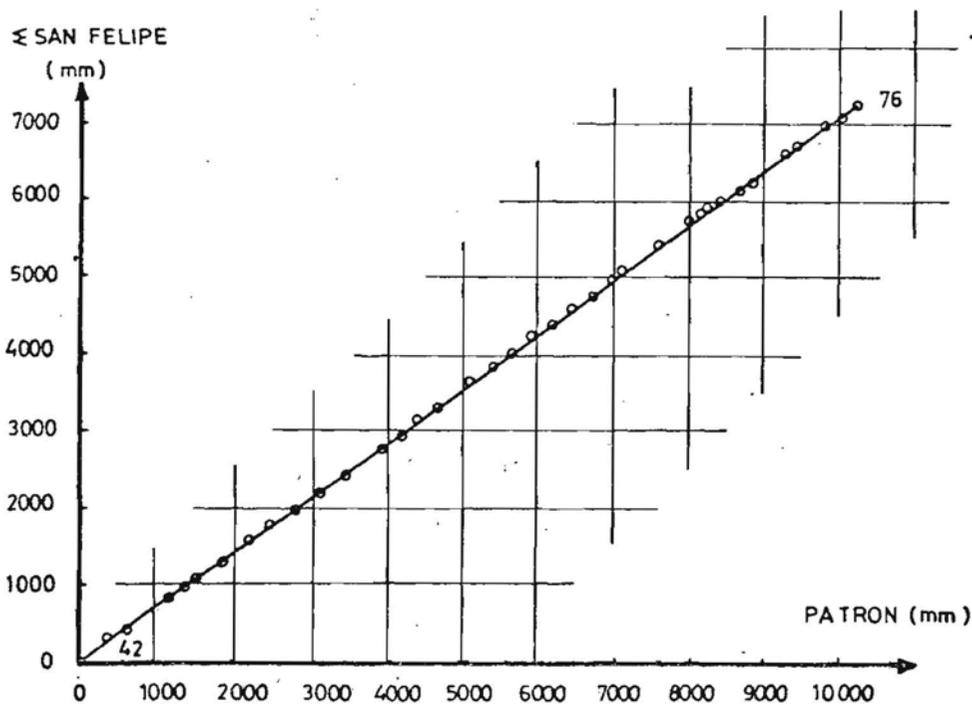


FIGURA 2.4

CURVA DOBLE ACUMULADA

LI - 5 SAN LORENZO - PATRON 3

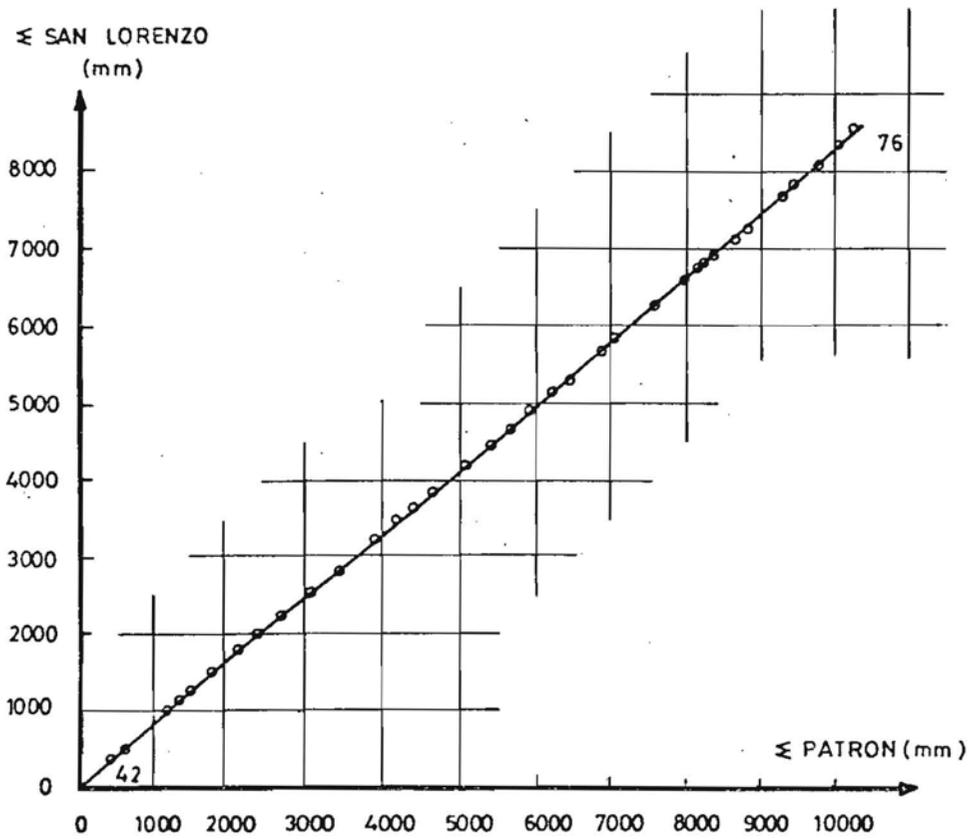


FIGURA 2.5

CURVAS DOBLE ACUMULADAS

LI-7 LA LIGUA - PATRON 3

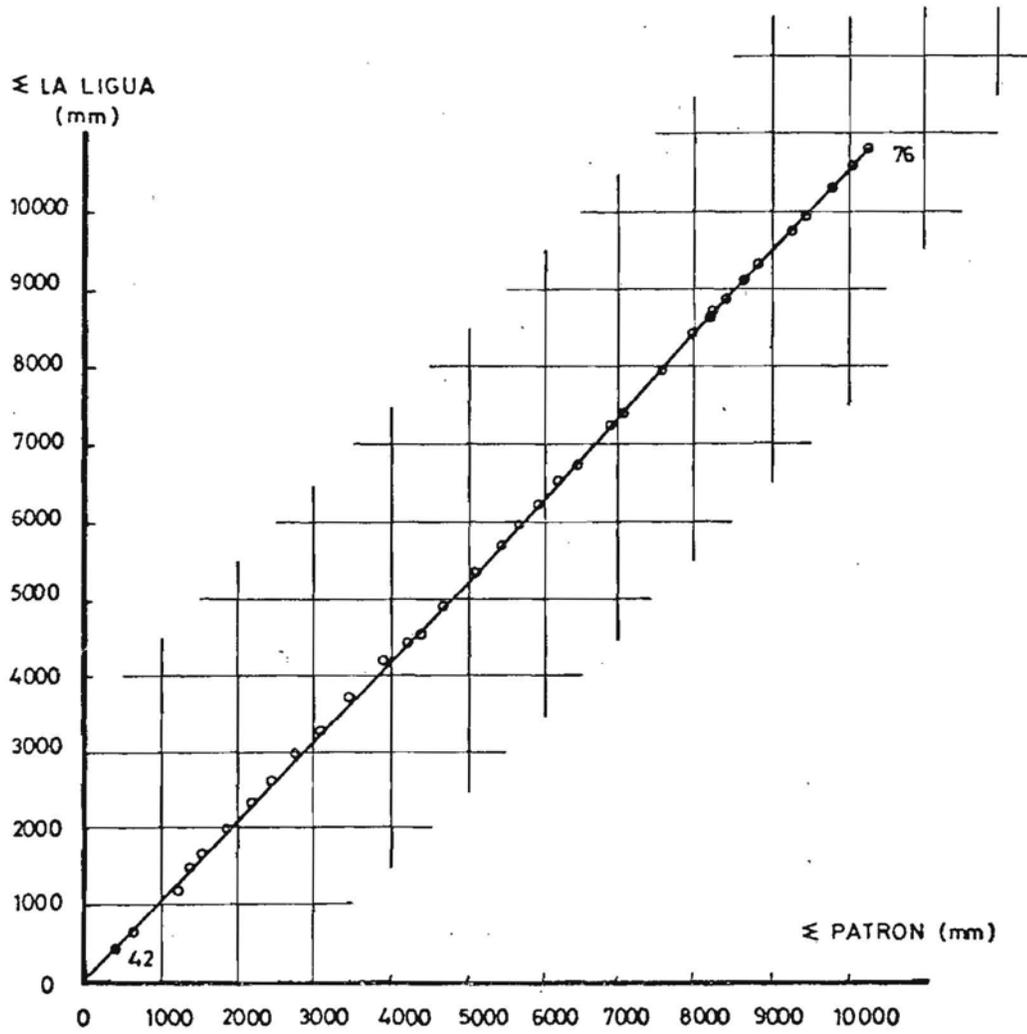


FIGURA 2.6

CURVAS DOBLE ACUMULADAS
LA-4 PUCHUNCAVI - PATRON 3

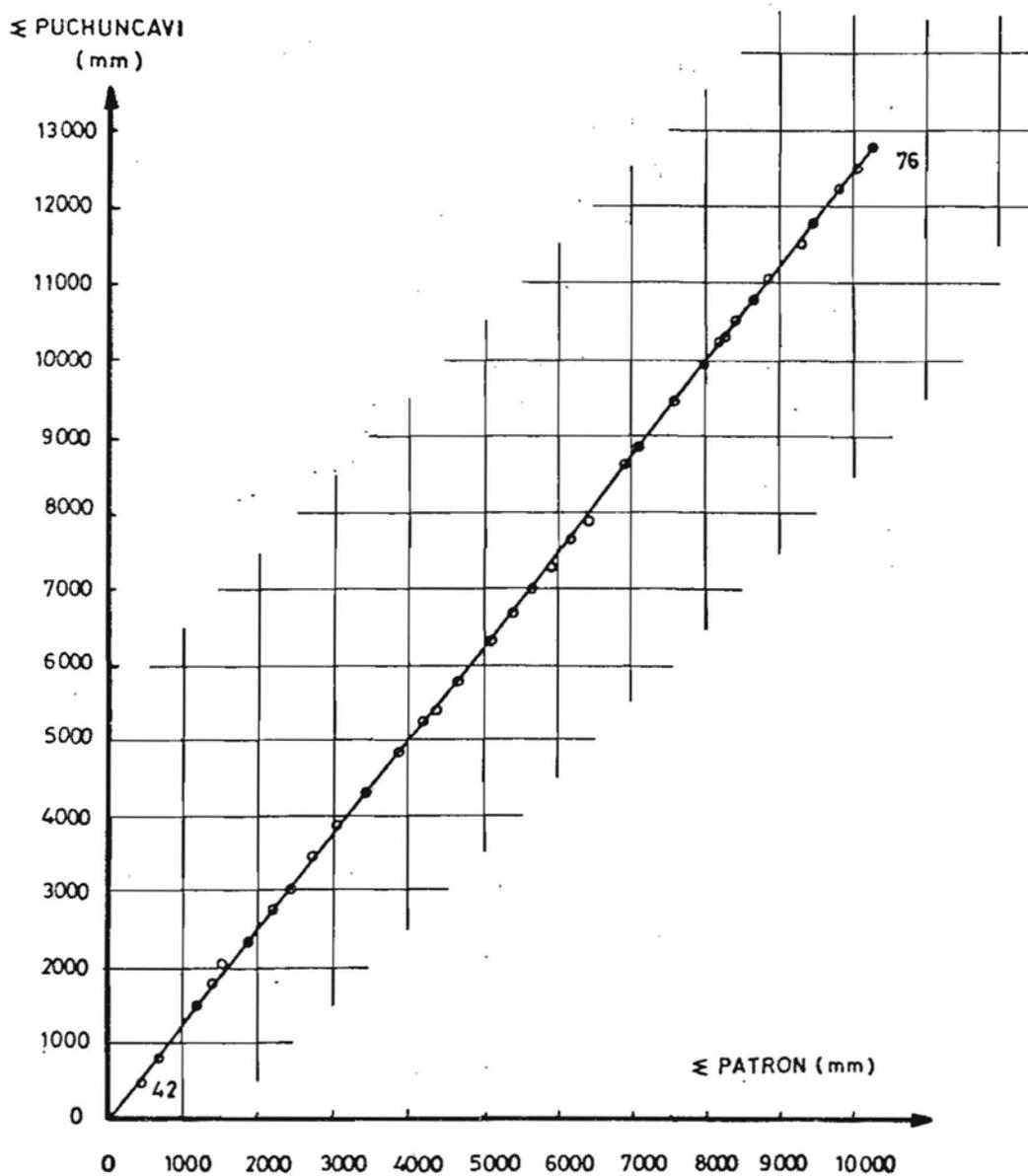


FIGURA 2.7

CURVA DOBLE ACUMULADA
AC - 16 LIMACHE - PATRON 3

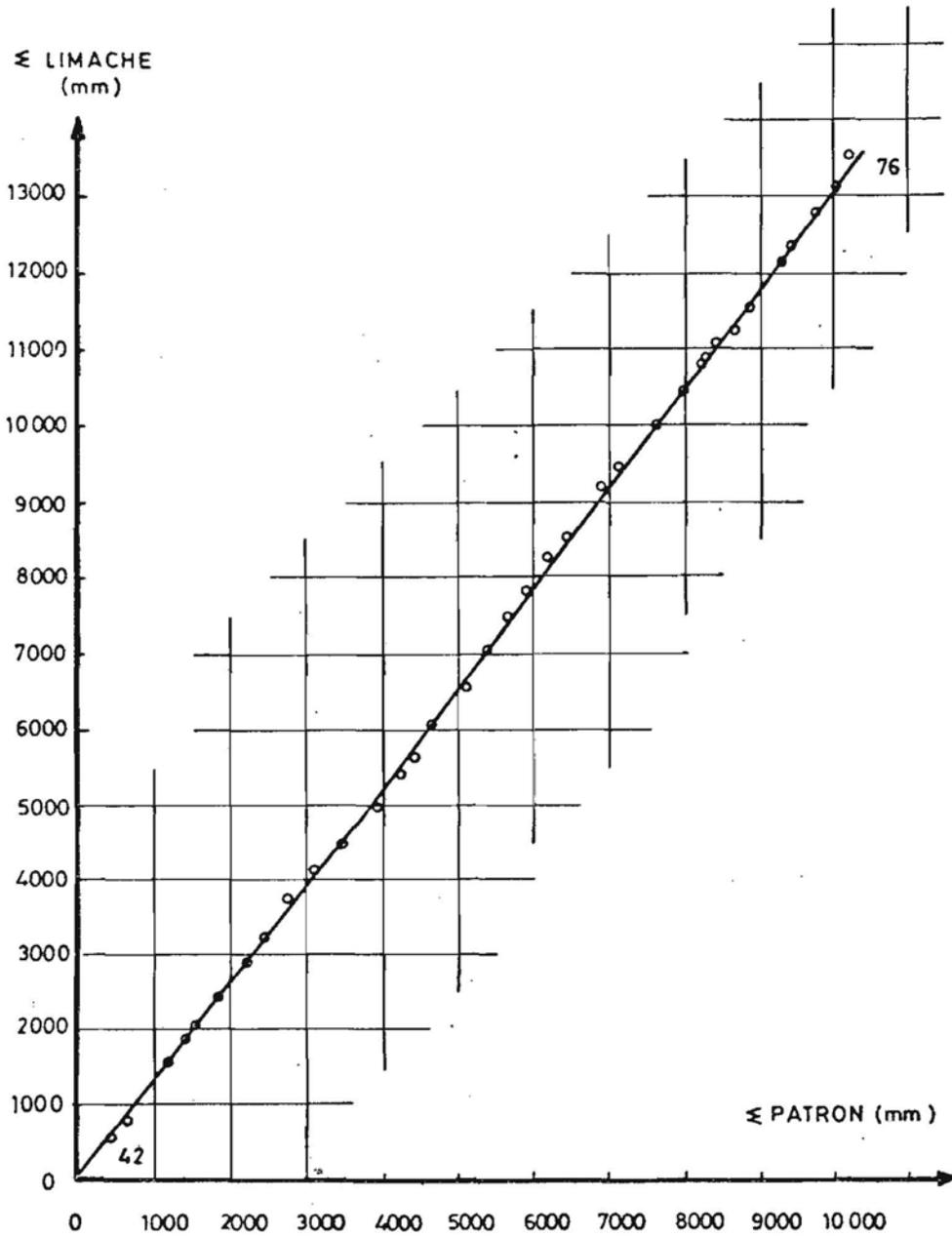


FIGURA 2.8

CURVA DOBLE ACUMULADA
 AC - 17 RESGUARDO LOS PATOS-PATRON 3

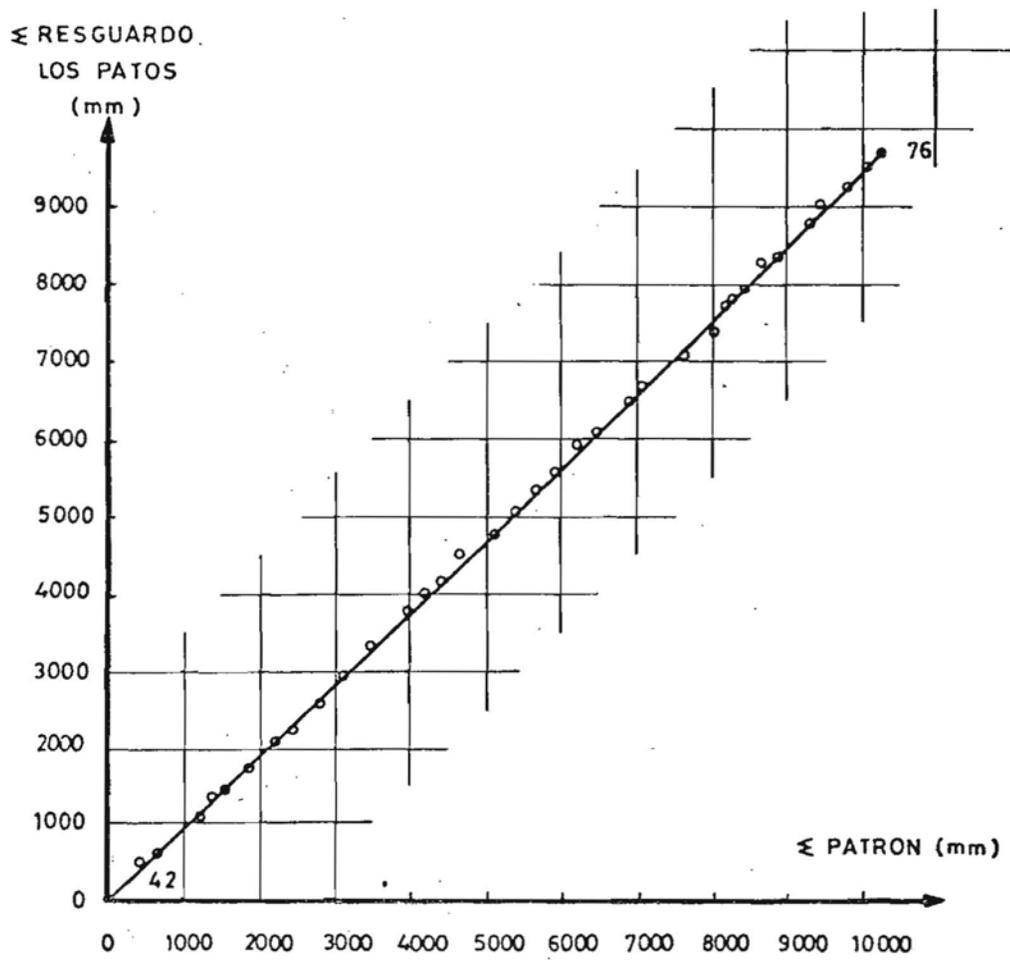


FIGURA 2.9

CURVAS DOBLE ACUMULADAS
 AM-3 VALPARAISO PTA. ANGELES - PATRON 3

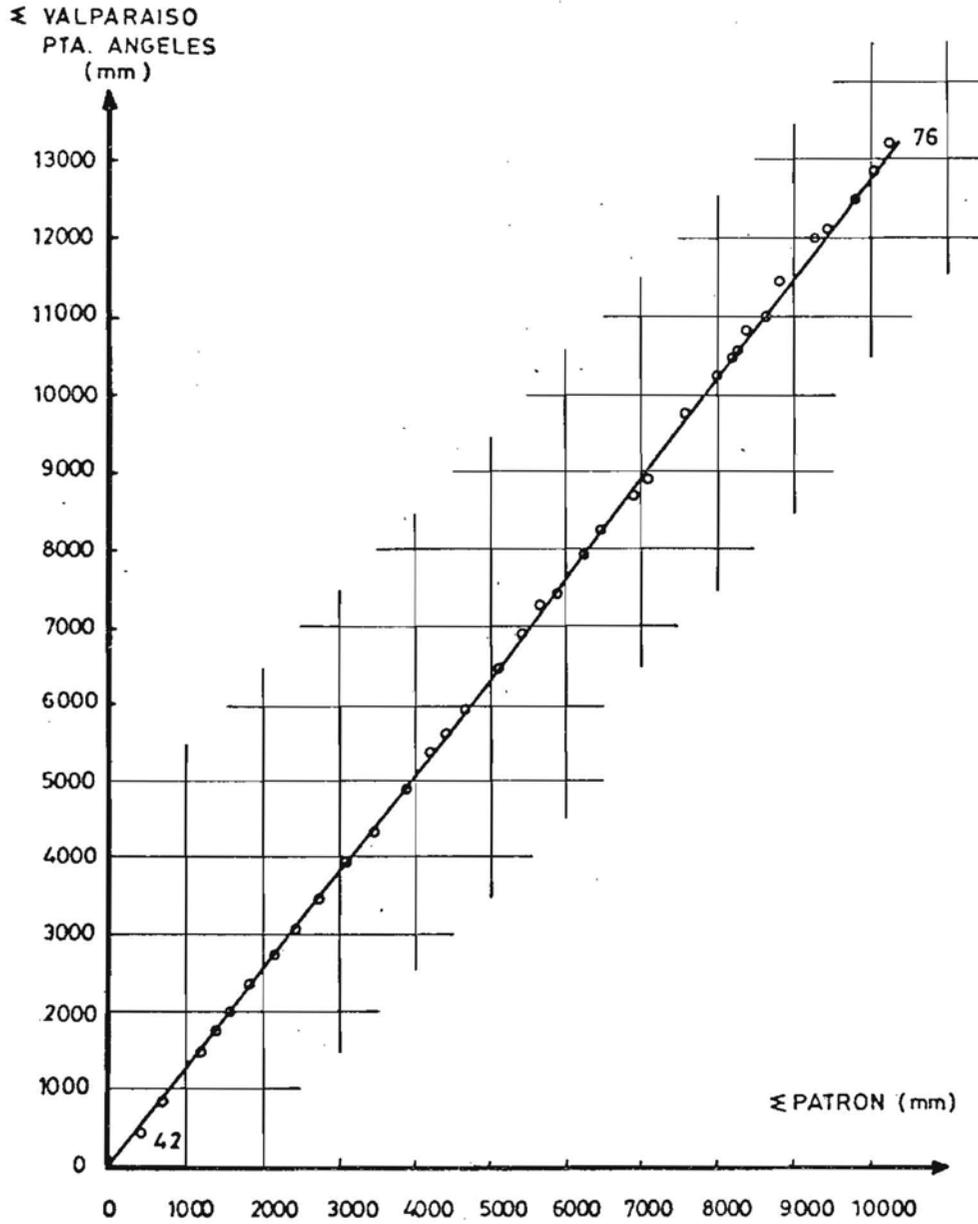


FIGURA 2.10.

CUADRO 2.1

PRECIPITACIONES ANUALES DEFINITIVAS DE LAS ESTACIONES DEL PATRON PLUVIOMETRICO

Año	PE-1 Chincolco	LI-5 San Lorenzo	LI-7 La Ligua	AC-2 San Felipe	AC-16 Limache	AC-17 Resg. Los Patos	AM-3 Valp. Pta. Ang.	LA-4 Puchun cavi	Patrón
1942	240.0	394.1	452.0	330.0	536.5	488.4	454.9	517.2	426.6
1943	130.0	128.4	214.0	113.0	261.8	150.0	374.9	285.2	207.2
1944	296.5	516.2	550.8	411.5	664.0	472.2	692.1	680.3	535.5
1945	109.5	135.8	285.4	154.7	292.1	225.2	223.0	331.6	219.7
1946	95.5	115.7	205.6	96.4	197.6	133.0	255.1	223.3	165.3
1947	182.0	241.5	290.0	206.0	346.8	270.2	363.2	327.6	278.4
1948	254.5	305.0	344.0	273.0	480.1	350.8	385.7	389.9	347.9
1949	189.0	201.4	261.0	221.4	362.3	212.3	292.4	294.0	254.2
1950	199.0	263.0	342.0	239.7	493.8	358.9	410.7	458.3	345.7
1951	204.2	309.1	343.0	213.7	421.4	358.9	492.5	387.5	341.3
1952	225.5	263.2	323.0	263.7	399.8	348.1	401.1	424.4	331.1
1953	331.0	432.9	580.0	362.0	561.0	483.1	560.2	533.0	480.4
1954	177.0	225.8	281.0	196.5	428.8	209.4	450.1	410.1	297.3
1955	147.0	180.6	151.0	186.5	222.0	305.5	292.9	152.4	204.7
1956	92.0	175.1	271.0	140.5	414.5	195.8	322.4	363.9	246.9
1957	361.0	333.4	444.5	292.5	498.6	306.4	528.3	517.7	410.3
1958	188.0	259.8	359.5	200.0	459.4	244.7	452.4	427.8	324.0
1959	140.0	245.8	247.5	223.0	384.1	303.6	268.2	296.5	263.6

CUADRO 2.1

PRECIPITACIONES ANUALES DEFINITIVAS DE LAS ESTACIONES DEL PATRON PLUVIOMETRICO
(Continuación)

Año	PE-1 Chincolco	LI - 5 San Lorenzo	LI - 7 La Ligua	AC-2 San Felipe	AC-16 Limache	AC-17 Resg. Los Patos	AM-3 Valp. Pta. Ang.	LA-4 Puchun caví	Patrón
1960	160.7	188.8	221.5	177.5	352.3	251.1	239.0	272.4	232.9
1961	192.0	261.5	307.0	169.0	437.6	285.1	506.4	381.6	317.5
1962	133.7	180.0	194.1	175.0	283.2	237.7	261.6	247.0	214.0
1963	299.5	400.0	538.2	405.7	631.5	402.4	452.9	737.6	483.5
1964	106.0	135.5	151.0	99.0	278.0	137.3	241.0	191.0	167.4
1965	383.3	440.3	542.0	385.0	557.0	457.3	812.0	603.8	522.6
1966	219.7	313.9	485.4	287.5	470.0	305.0	466.8	459.4	376.0
1967	108.5	129.5	191.0	105.5	353.9	196.7	274.0	315.7	209.4
1968	39.2	46.0	64.3	54.5	75.4	86.0	89.0	68.2	65.3
1969	74.0	117.0	141.7	81.7	265.5	120.5	221.5	199.8	152.7
1970	181.4	203.2	240.2	162.9	310.9	300.5	239.2	316.9	244.4
1971	118.2	172.8	201.8	106.9	272.4	118.0	428.5	241.0	207.5
1972	278.5	378.2	461.1	387.7	606.4	452.5	460.6	508.4	441.7
1973	124.3	171.4	200.0	85.2	192.8	203.0	206.2	218.0	175.1
1974	198.8	290.4	350.3	229.0	433.6	237.5	390.7	451.4	322.7
1975	148.6	232.6	277.3	154.3	352.9	196.0	362.6	290.0	251.8
1976	143.3	178.0	208.3	124.4	332.8	177.0	307.7	252.3	215.5

CUADRO 2.2

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION PE-1 CHINCOLCO

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	19.0	71.0	32.0	93.0	10.0	-	15.0	-	240.0
1943	-	-	20.0	-	14.0	21.0	23.0	38.0	5.0	9.0	-	-	130.0
1944	-	12.0	-	8.0	44.5	79.0	20.5	117.0	-	15.5	-	-	296.5
1945	-	35.0	-	3.5	-	-	-	31.0	40.0	-	-	-	109.5
1946	-	-	-	-	34.5	22.0	27.0	12.0	-	-	-	-	95.5
1947	-	-	5.0	3.5	1.0	58.5	50.0	36.0	1.0	27.0	-	-	182.0
1948	-	-	-	30.0	74.0	44.0	88.0	14.0	4.5	-	-	-	254.5
1949	-	-	-	-	47.0	57.0	45.0	40.0	-	-	-	-	189.0
1950	-	-	-	60.0	87.5	-	-	10.4	24.1	8.0	9.0	-	199.0
1951	-	-	-	17.0	42.4	41.6	71.0	9.7	22.5	-	-	-	204.2
1952	-	4.0	-	-	40.0	66.5	29.5	20.0	59.5	6.0	-	-	225.5
1953	-	-	-	44.0	46.0	22.0	47.0	146.0	19.0	7.0	-	-	331.0
1954	-	-	-	43.0	47.0	42.0	34.0	11.0	-	-	-	-	177.0
1955	-	-	-	9.0	64.0	14.0	9.0	19.0	7.0	25.0	-	-	147.0
1956	-	-	8.0	-	6.0	-	28.0	41.0	9.0	-	-	-	92.0
1957	-	-	-	-	248.0	31.0	49.0	11.0	14.0	-	-	-	361.0
1958	-	-	-	-	45.0	82.0	18.0	43.0	-	-	-	8.0	188.0
1959	-	-	-	9.0	24.0	51.0	21.0	29.0	-	6.0	-	-	140.0

CUADRO 2.2

ESTADÍSTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION PE-1 CHINCOLCO
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	17.0	80.0	35.0	23.7	3.0	2.0	-	-	160.7
1961	-	-	4.5	-	1.5	90.5	12.0	47.5	12.0	23.0	-	1.0	192.0
1962	-	-	-	-	2.5	99.2	8.0	10.0	10.0	4.0	-	-	133.7
1963	10.0	-	0.5	-	10.0	35.6	53.0	43.2	120.7	19.0	7.5	-	299.5
1964	-	-	-	-	-	56.0	10.5	39.5	-	-	-	-	106.0
1965	-	-	-	10.0	31.0	5.5	152.3	173.8	3.6	4.0	0.5	2.6	383.3
1966	-	-	-	22.6	2.0	105.1	70.8	19.2	-	-	-	-	219.7
1967	-	-	-	-	3.5	35.3	30.6	5.1	22.5	11.5	-	-	108.5
1968	-	-	1.2	2.4	-	5.8	0.3	8.5	20.7	-	0.3	-	39.2
1969	-	-	-	6.9	1.2	47.9	1.5	16.5	-	-	-	-	74.0
1970	-	-	-	-	54.4	3.0	94.0	9.4	14.8	5.8	-	-	181.4
1971	13.5	-	2.9	5.7	0.7	69.9	3.0	18.5	4.0	-	-	-	118.2
1972	-	-	-	-	-	130.8	37.3	77.1	33.3	-	-	-	278.5
1973	-	-	-	-	19.0	33.0	61.3	-	-	11.0	-	-	124.3
1974	-	-	-	-	34.9	94.8	24.5	3.4	14.9	17.0	9.3	-	198.8
1975	-	-	0.4	6.0	18.1	3.2	70.3	33.8	0.6	12.2	4.0	-	148.6
1976	1.4	1.1	0.9	1.1	13.7	22.2	2.8	18.3	19.3	37.0	25.5	-	143.3

CUADRO 2.3

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION LI-5 SAN LORENZO

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	33.4	84.5	61.6	155.9	7.2	22.9	28.6	-	394.1
1943	-	-	6.2	-	23.4	22.4	20.5	46.4	-	9.5	-	-	128.4
1944	-	1.0	-	13.8	52.0	157.5	17.7	216.2	20.0	38.0	-	-	516.2
1945	-	52.5	-	14.3	-	-	3.3	45.9	19.8	-	-	-	135.8
1946	-	-	-	8.6	13.1	29.6	16.7	47.7	-	-	-	-	115.7
1947	-	-	-	-	1.9	113.2	45.3	62.0	-	19.1	-	-	241.5
1948	-	-	-	33.4	69.7	51.5	145.6	-	4.8	-	-	-	305.0
1949	-	-	-	-	75.4	69.7	40.1	16.2	-	-	-	-	201.4
1950	-	-	-	68.7	129.3	-	-	11.5	26.7	4.8	22.0	-	263.0
1951	-	-	-	27.7	64.0	70.6	121.9	2.9	22.0	-	-	-	309.1
1952	-	-	-	-	57.3	112.9	46.0	7.1	35.3	4.6	-	-	263.2
1953	-	-	-	25.8	77.2	8.5	61.5	197.4	59.6	2.9	-	-	432.9
1954	-	-	-	56.0	49.0	63.6	36.7	18.0	2.5	-	-	-	225.8
1955	-	-	-	9.2	68.0	24.5	18.9	24.4	7.0	28.6	-	-	180.6
1956	-	-	24.6	13.3	10.1	-	54.2	57.3	14.3	1.1	-	0.2	175.1
1957	-	-	-	-	216.1	11.4	58.7	13.6	10.7	-	-	22.9	333.4
1958	-	-	-	-	51.1	133.7	17.2	52.0	4.0	-	-	1.8	259.8
1959	-	-	-	8.9	41.6	84.1	45.8	56.8	2.9	5.7	-	-	245.8

CUADRO 2.3

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION LI-5 SAN LORENZO
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	19.2	111.8	29.5	25.5	2.8	-	-	-	188.8
1961	-	-	-	-	11.9	120.2	20.7	92.9	4.8	11.0	-	-	261.5
1962	-	-	-	-	7.5	143.5	9.7	7.9	2.6	8.8	-	-	180.0
1963	-	-	1.5	-	31.5	40.5	77.5	104.5	143.5	1.0	-	-	400.0
1964	-	-	-	-	-	59.5	20.0	56.0	-	-	-	-	135.5
1965	-	-	-	9.0	43.0	6.5	184.0	190.0	4.8	-	-	3.0	440.3
1966	-	-	-	32.0	3.0	143.5	98.9	22.5	-	-	9.0	5.0	313.9
1967	-	-	-	2.1	10.0	22.9	40.5	12.0	40.0	2.0	-	-	129.5
1968	-	-	-	2.0	-	9.0	1.0	18.0	16.0	-	-	-	46.0
1969	-	-	-	11.5	11.0	61.5	-	33.0	-	-	-	-	117.0
1970	-	-	-	-	74.5	14.7	86.1	4.6	6.3	17.0	-	-	203.2
1971	8.9	-	-	19.5	0.3	93.6	7.5	32.0	11.0	-	-	-	172.8
1972	-	-	-	-	11.4	142.0	48.7	105.6	59.6	3.5	7.4	-	378.2
1973	-	-	-	-	43.5	27.6	58.3	-	0.3	41.7	-	-	171.4
1974	-	-	-	-	60.7	165.9	19.1	5.0	20.7	-	19.0	-	290.4
1975	-	-	-	13.7	38.2	11.4	91.9	62.3	1.7	2.7	10.7	-	232.6
1976	-	0.3	1.0	-	11.9	26.8	3.9	23.4	24.2	53.2	33.3	-	178.0

CUADRO 2.4

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION LI-7 LIGUA

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	22.0	75.0	135.0	131.0	3.0	32.0	54.0	-	452.0
1943	-	-	9.0	-	24.0	31.0	30.0	109.0	-	11.0	-	-	214.0
1944	-	4.0	-	24.0	40.3	177.8	30.2	223.0	-	51.5	-	-	550.8
1945	-	131.2	-	10.5	-	-	18.9	95.1	29.7	-	-	-	285.4
1946	-	-	-	11.3	43.3	77.6	25.4	48.0	-	-	-	-	205.6
1947	-	-	-	-	17.0	116.0	83.0	52.0	-	22.0	-	-	290.0
1948	-	-	-	52.0	85.0	49.0	158.0	-	-	-	-	-	344.0
1949	-	-	-	-	139.0	53.0	48.0	21.0	-	-	-	-	261.0
1950	-	-	-	72.0	152.0	5.0	-	33.0	26.0	18.0	36.0	-	342.0
1951	-	-	-	34.0	92.0	99.0	117.0	4.0	17.0	-	-	-	343.0
1952	-	-	-	-	49.5	146.5	72.0	23.0	23.0	9.0	-	-	323.0
1953	-	-	-	31.0	123.0	13.0	79.0	247.0	87.0	-	-	-	580.0
1954	-	-	-	66.0	58.0	113.0	24.0	20.0	-	-	-	-	281.0
1955	-	-	-	12.0	62.0	21.0	14.0	26.0	2.0	14.0	-	-	151.0
1956	-	-	29.0	12.0	16.0	9.0	73.0	97.0	34.0	1.0	-	-	271.0
1957	-	-	-	-	262.0	14.5	79.0	28.5	35.0	-	-	25.5	444.5
1958	-	-	-	-	120.0	137.0	16.0	77.5	8.0	1.0	-	-	359.5
1959	-	-	-	11.5	42.0	85.5	57.0	41.5	8.0	2.0	-	-	247.5

CUADRO 2.4

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION LI-7 LIGUA
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	33.0	104.5	41.5	42.5	-	-	-	-	221.5
1961	-	-	-	-	10.0	156.0	21.0	100.0	20.0	-	-	-	307.0
1962	-	-	-	-	6.3	146.4	14.2	5.7	4.5	17.0	-	-	194.1
1963	-	-	-	-	51.0	38.3	141.8	169.3	137.8	-	-	-	538.2
1964	-	-	-	-	-	51.0	28.0	82.0	-	-	-	-	151.0
1965	-	-	-	4.0	60.0	19.0	238.0	216.0	-	4.0	-	1.0	542.0
1966	-	-	-	76.0	4.2	198.0	153.0	30.0	-	-	7.2	17.0	485.4
1967	-	-	-	2.0	19.0	46.0	54.0	21.0	47.0	2.0	-	-	191.0
1968	-	-	-	2.3	-	9.2	2.6	25.1	22.8	-	2.3	-	64.3
1969	-	-	-	-	25.0	68.0	9.6	39.0	-	-	0.1	-	141.7
1970	-	-	-	-	111.2	21.7	62.0	4.6	3.2	37.5	-	-	240.2
1971	10.3	-	-	20.7	-	106.8	7.5	37.5	19.0	-	-	-	201.8
1972	-	-	-	-	17.8	188.2	57.2	122.3	65.1	2.5	8.0	-	461.1
1973	-	-	-	-	51.9	39.2	65.9	-	-	43.0	-	-	200.0
1974	-	-	-	-	80.0	181.0	35.0	10.0	24.7	-	19.6	-	350.3
1975	-	-	-	11.4	47.4	14.0	139.0	53.8	1.2	2.5	8.0	-	277.3
1976	-	-	-	-	-	42.4	4.1	31.7	16.2	68.2	45.6	-	208.3

CUADRO 2.5

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION LA-4 PUCHUNCAVI

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	45.5	96.6	157.5	155.4	13.3	18.9	30.0	-	517.2
1943	-	-	24.4	1.1	48.8	43.3	34.4	122.1	11.1	-	-	-	285.2
1944	-	10.0	-	30.0	62.2	185.3	51.9	275.5	2.2	63.2	-	-	680.3
1945	-	147.0	-	13.3	2.0	-	13.5	86.6	34.2	35.0	-	-	331.6
1946	1.4	-	-	13.3	31.1	93.2	34.4	32.7	9.4	7.8	-	-	223.3
1947	-	-	-	-	16.6	109.2	108.0	50.5	5.5	37.7	-	-	327.6
1948	-	-	-	38.3	105.7	47.8	177.2	7.0	7.8	6.1	-	-	389.9
1949	-	-	6.0	-	127.7	98.8	39.3	22.2	-	-	-	-	294.0
1950	-	-	2.2	102.1	187.8	20.9	1.9	64.2	38.6	6.0	34.6	-	458.3
1951	-	-	-	23.3	68.3	124.1	141.9	14.7	15.2	-	-	-	387.5
1952	-	-	-	-	69.9	153.5	133.2	29.7	22.2	15.9	-	-	424.4
1953	8.3	-	-	41.5	125.1	65.7	54.4	172.2	62.5	3.3	-	-	533.0
1954	-	-	-	73.6	64.7	184.2	43.2	42.2	2.2	-	-	-	410.1
1955	-	-	-	15.6	54.4	30.0	11.1	35.4	1.7	4.2	-	-	152.4
1956	-	-	67.7	10.0	29.4	22.9	104.8	99.7	29.4	-	-	-	363.9
1957	-	-	-	-	270.2	24.9	124.3	24.4	26.8	7.1	-	40.0	517.7
1958	-	-	-	-	173.2	135.6	15.8	84.9	18.3	-	-	-	427.8
1959	-	-	6.7	18.9	5.5	134.0	56.1	65.3	10.0	-	-	-	296.5

CUADRO 2.5

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION LA-4 PUCHUNCAVI
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	37.1	127.7	56.6	46.2	4.8	-	-	-	272.4
1961	-	-	0.2	-	26.1	174.6	34.0	111.1	31.3	4.3	-	-	381.6
1962	-	0.9	0.4	-	4.7	192.2	17.0	9.2	9.3	13.3	-	-	247.0
1963	-	-	0.6	-	85.6	48.6	232.2	229.7	129.7	-	11.2	-	737.6
1964	-	-	-	5.2	-	42.3	53.0	84.5	4.0	2.1	-	-	191.0
1965	-	-	-	16.4	57.9	11.8	243.9	249.1	-	19.4	5.3	-	603.8
1966	-	-	-	75.7	10.3	212.5	98.5	39.5	-	-	4.0	18.9	459.4
1967	-	-	-	0.6	32.0	32.0	148.0	30.0	69.0	1.5	2.6	-	315.7
1968	-	-	-	2.7	-	21.3	9.2	16.8	17.1	-	1.1	-	68.2
1969	-	-	-	17.0	11.1	81.9	13.2	72.0	1.6	1.0	2.0	-	199.8
1970	-	-	-	-	89.6	38.4	157.5	5.4	15.0	11.0	-	-	316.9
1971	3.8	-	-	55.2	-	106.8	9.5	52.2	7.8	5.7	-	-	241.0
1972	-	-	-	-	64.5	173.0	61.9	140.5	62.6	2.5	3.4	-	508.4
1973	-	-	-	-	34.3	36.0	86.6	-	-	61.1	-	-	218.0
1974	-	-	-	-	94.0	275.9	5.5	4.1	33.8	-	38.1	-	451.4
1975	-	-	-	26.6	21.3	17.9	157.3	49.8	5.2	-	11.9	-	290.0
1976	-	-	3.2	-	22.8	55.1	2.8	42.0	29.4	55.1	41.9	-	252.3

CUADRO 2.6

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-2 SAN FELIPE

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	28.0	62.0	62.0	127.0	24.0	-	27.0	-	330.0
1943	-	-	12.0	-	23.0	12.0	22.0	24.0	6.0	14.0	-	-	113.0
1944	46.0	12.0	-	6.0	48.5	138.0	10.0	132.0	-	19.0	-	-	411.5
1945	-	60.0	-	13.5	3.8	-	7.7	44.2	25.7	-	-	-	154.7
1946	-	-	-	5.0	20.8	31.7	22.3	7.6	4.0	5.0	-	-	96.4
1947	-	-	7.0	-	2.0	106.0	21.0	46.0	-	24.0	-	-	206.0
1948	-	-	-	36.0	38.0	29.0	112.0	9.0	49.0	-	-	-	273.0
1949	-	-	-	-	79.0	71.4	27.0	44.0	-	-	-	-	221.4
1950	-	-	-	56.0	103.0	6.8	-	24.0	14.5	13.6	21.8	-	239.7
1951	-	-	-	9.0	52.7	35.5	92.5	9.5	14.5	-	-	-	213.7
1952	-	9.0	-	-	63.0	88.0	48.0	20.8	20.6	14.3	-	-	263.7
1953	-	-	-	25.0	85.0	23.0	55.0	128.0	40.0	6.0	-	-	362.0
1954	-	-	-	49.0	57.0	48.5	33.0	9.0	-	-	-	-	196.5
1955	-	-	-	8.5	71.5	39.0	16.0	14.0	5.0	32.5	-	-	186.5
1956	-	-	10.0	11.0	12.5	4.0	37.0	49.5	4.0	5.5	-	7.0	140.5
1957	-	-	-	-	209.0	14.0	39.5	14.0	10.0	-	-	6.0	292.5
1958	-	-	2.0	-	55.0	98.0	14.0	31.0	-	-	-	-	200.0
1959	-	-	-	17.0	35.0	77.0	50.0	38.0	-	6.0	-	-	223.0

CUADRO 2.6

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-2 SAN FELIPE
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	20.0	103.0	34.0	14.0	6.5	-	-	-	177.5
1961	-	-	2.0	-	6.0	64.0	9.0	61.0	6.0	21.0	-	-	169.0
1962	-	-	-	-	31.0	109.0	14.0	7.0	2.0	12.0	-	-	175.0
1963	-	-	-	-	14.0	62.0	82.7	78.0	150.0	6.0	13.0	-	405.7
1964	-	-	-	-	-	42.0	16.0	41.0	-	-	-	-	99.0
1965	-	-	-	9.0	39.0	12.0	149.0	167.0	4.0	5.0	-	-	385.0
1966	-	-	-	23.0	2.0	138.5	85.5	21.5	-	-	12.0	5.0	287.5
1967	-	-	-	2.5	6.5	24.0	26.0	14.0	24.0	8.5	-	-	105.5
1968	-	-	-	7.5	-	7.0	-	16.0	23.6	-	0.4	-	54.5
1969	-	-	-	9.0	9.5	37.7	1.0	24.0	-	0.5	-	-	81.7
1970	-	-	0.8	-	56.4	1.8	82.1	3.6	12.5	5.7	-	-	162.9
1971	9.5	-	1.5	1.5	5.5	40.5	10.5	21.2	10.6	6.1	-	-	106.9
1972	-	-	-	-	40.6	147.8	39.8	116.6	35.1	3.0	4.8	-	387.7
1973	-	-	-	-	12.0	24.0	34.0	-	-	15.2	-	-	85.2
1974	-	-	-	-	48.3	140.8	3.5	4.0	21.1	-	11.3	-	229.0
1975	-	-	0.3	7.3	25.0	1.0	85.9	20.0	-	2.8	12.0	-	154.3
1976	-	-	4.0	0.5	9.1	27.2	3.8	23.3	10.5	30.5	15.5	-	124.4

CUADRO 2.7

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-16 LIMACHE

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	48.9	111.7	138.5	161.9	1.2	38.4	36.1	-	536.5
1943	-	-	22.1	7.0	53.4	46.6	30.3	80.2	17.5	4.7	-	-	261.8
1944	1.2	8.1	-	26.8	61.3	205.4	52.6	241.7	0.9	66.0	-	-	664.0
1945	-	107.6	-	11.4	-	-	18.5	112.0	29.4	13.2	-	-	292.1
1946	4.9	-	-	10.0	25.7	71.7	35.3	40.5	6.2	3.3	-	-	197.6
1947	-	-	-	0.7	30.0	138.6	88.6	49.5	6.3	33.1	-	-	346.8
1948	-	-	-	69.8	120.8	38.1	219.2	9.5	11.5	11.2	-	-	480.1
1949	-	-	10.6	-	171.4	88.7	62.4	28.9	-	-	-	0.3	362.3
1950	-	-	-	142.1	161.2	24.1	-	57.5	54.8	3.5	50.6	-	493.8
1951	0.7	-	-	46.0	60.4	127.3	156.3	15.7	14.5	-	0.5	-	421.4
1952	-	0.3	-	-	55.3	187.6	110.5	14.7	17.3	14.1	-	-	399.8
1953	2.8	-	-	58.5	133.5	49.6	39.9	201.3	63.3	12.1	-	-	561.0
1954	-	-	-	57.5	116.3	191.4	40.4	14.4	8.8	-	-	-	428.8
1955	-	-	-	13.5	50.9	62.6	11.8	60.1	9.3	4.8	-	9.0	222.0
1956	-	-	36.5	11.5	45.7	39.1	105.9	131.0	44.8	-	-	-	414.5
1957	-	-	-	-	189.7	25.6	161.2	33.7	22.1	-	-	66.3	498.6
1958	-	-	-	-	108.2	195.5	12.6	105.2	37.9	-	-	-	459.4
1959	4.7	-	11.5	17.2	31.2	114.4	111.0	61.6	20.9	11.6	-	-	384.1

CUADRO 2.7

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-16 LIMACHE
 (Continuación)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	44.2	169.6	73.8	53.0	6.7	5.0	-	-	352.3
1961	-	-	-	-	25.5	191.3	39.4	134.4	47.0	-	-	-	437.6
1962	-	-	-	-	6.5	209.3	20.9	17.9	14.1	14.5	-	-	283.2
1963	-	-	0.5	-	64.8	53.1	235.5	188.0	89.6	-	-	-	631.5
1964	-	-	-	7.0	-	65.0	105.0	96.0	-	-	-	5.0	278.0
1965	-	-	-	12.0	69.3	17.2	212.4	221.2	-	18.5	6.4	-	557.0
1966	-	-	-	65.0	3.0	205.0	140.0	35.0	-	-	-	22.0	470.0
1967	-	-	-	3.9	40.0	44.0	150.0	26.0	90.0	-	-	-	353.9
1968	-	-	-	2.0	-	19.0	4.2	20.5	29.7	-	-	-	75.4
1969	-	-	-	-	49.0	116.0	27.3	73.2	-	-	-	-	265.5
1970	-	-	-	-	89.9	33.5	141.0	18.0	26.5	2.0	-	-	310.9
1971	3.2	0.4	0.6	40.3	4.9	128.6	32.3	40.2	14.0	7.9	-	-	272.4
1972	-	-	-	-	132.0	201.0	60.5	161.6	49.8	-	1.5	-	606.4
1973	-	-	-	-	32.5	34.2	70.7	0.4	2.0	53.0	-	-	192.8
1974	-	-	-	-	101.5	280.0	9.8	5.0	37.3	-	-	-	433.6
1975	-	-	-	26.5	25.5	35.7	203.7	44.5	3.0	2.0	12.0	-	352.9
1976	-	-	2.0	-	24.0	43.5	8.1	44.0	56.0	109.0	46.2	-	332.8

CUADRO 2.8

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-17 RESGUARDO LOS PATOS

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	51.5	105.1	75.6	153.3	44.0	21.4	37.5	-	488.4
1943	-	-	27.9	-	26.8	19.3	20.4	37.4	17.2	1.0	-	-	150.0
1944	59.0	27.9	-	1.0	35.4	137.2	-	174.2	-	37.5	-	-	472.2
1945	-	83.6	-	9.7	-	-	6.4	56.8	68.5	-	-	-	225.2
1946	-	-	-	9.7	41.8	32.2	35.4	6.4	7.5	-	-	-	133.0
1947	-	-	2.1	3.2	6.4	114.8	34.3	74.0	3.2	32.2	-	-	270.2
1948	-	-	-	39.9	49.9	44.4	167.7	18.1	24.5	6.3	-	-	350.8
1949	3.6	-	1.8	-	90.6	79.1	12.7	24.5	-	-	-	-	212.3
1950	-	-	-	58.9	140.4	-	-	62.5	24.5	49.9	22.7	-	358.9
1951	10.0	-	-	19.0	84.3	75.2	137.7	8.2	24.5	-	-	-	358.9
1952	-	36.3	-	-	86.1	94.3	43.5	16.3	50.8	20.8	-	-	348.1
1953	-	-	-	14.5	79.8	49.9	58.9	212.0	43.5	24.5	-	-	483.1
1954	-	-	-	51.7	54.4	61.6	32.6	9.1	-	-	-	-	209.4
1955	-	-	9.1	19.9	97.1	34.4	44.4	32.6	14.5	30.8	8.2	14.5	305.5
1956	-	-	22.7	11.8	15.4	6.3	74.3	29.0	13.6	13.6	-	9.1	195.8
1957	-	-	-	-	180.5	7.3	33.5	45.3	12.7	6.3	-	20.8	306.4
1958	-	-	6.3	-	98.8	80.7	19.9	16.3	10.9	-	11.8	-	244.7
1959	-	-	10.0	15.4	48.0	101.4	51.7	67.1	-	10.0	-	-	303.6

CUADRO 2.8

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-17 RESGUARDO LOS PATOS
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	19.9	138.6	51.7	24.5	9.1	7.3	-	-	251.1
1961	-	-	21.8	-	36.3	96.1	15.4	91.1	8.6	13.1	-	2.7	285.1
1962	-	-	0.2	-	49.9	144.0	15.4	10.0	8.2	10.0	-	-	237.7
1963	8.2	0.9	1.8	-	25.4	81.5	68.0	72.5	105.1	11.8	27.2	-	402.4
1964	-	-	-	-	-	46.7	35.8	53.9	-	-	-	0.9	137.3
1965	-	-	0.5	10.9	41.7	14.5	126.0	234.2	7.3	16.3	-	5.9	457.3
1966	-	-	-	14.5	5.4	131.8	83.9	43.1	-	5.0	11.3	10.0	305.0
1967	-	-	-	-	7.3	41.2	40.8	8.2	86.1	13.1	-	-	196.7
1968	-	-	2.5	17.5	-	9.5	-	20.0	36.5	-	-	-	86.0
1969	-	-	-	16.0	5.5	65.0	-	32.5	0.5	1.0	-	-	120.5
1970	-	-	3.0	-	113.0	-	126.5	12.5	26.0	19.5	-	-	300.5
1971	13.0	-	0.5	-	2.0	54.0	11.5	26.0	11.0	-	-	-	118.0
1972	-	-	-	4.0	27.0	191.5	50.5	104.0	58.0	10.0	7.5	-	452.5
1973	-	-	-	0.5	54.0	43.5	92.5	-	-	12.5	-	-	203.0
1974	-	-	-	36.0	5.0	146.5	-	8.0	34.0	-	8.0	-	237.5
1975	-	-	2.0	5.0	35.0	0.5	95.0	53.5	-	5.0	-	-	196.0
1976	6.0	4.0	-	5.0	17.0	40.0	2.0	25.0	11.5	33.5	33.0	-	177.0

CUADRO 2.9

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AM-3 VALPARAISO PUNTA ANGELES

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	1.1	-	48.1	97.4	106.6	111.1	6.9	29.8	51.6	2.3	454.9
1943	-	-	24.1	1.1	56.1	104.3	79.1	76.8	17.2	14.9	0.2	1.1	374.9
1944	1.1	1.1	-	21.8	54.5	296.8	37.2	206.0	11.7	60.8	-	1.1	692.1
1945	-	34.4	10.3	7.6	3.2	-	17.4	106.2	14.7	29.2	-	-	223.0
1946	2.5	-	-	9.9	39.5	123.9	20.7	40.4	11.2	5.3	-	1.7	255.1
1947	1.1	-	0.2	6.3	6.0	143.9	140.0	36.7	3.7	25.3	-	-	363.2
1948	-	0.2	0.9	62.6	114.8	29.6	143.2	25.0	4.6	4.6	0.2	-	385.7
1949	0.7	-	14.9	3.9	121.2	77.9	41.3	31.4	0.5	-	0.3	0.5	292.4
1950	-	-	3.4	83.6	169.0	40.7	2.9	45.1	29.7	11.5	24.8	-	410.7
1951	-	-	-	22.0	49.7	187.7	209.0	10.1	10.9	-	3.1	-	492.5
1952	0.9	-	-	-	172.3	117.1	83.3	6.1	8.2	13.2	-	-	401.1
1953	0.2	-	-	35.6	164.3	60.8	51.9	157.9	83.9	5.6	-	-	560.2
1954	-	-	0.1	87.2	79.6	164.4	84.1	20.3	14.2	0.2	-	-	450.1
1955	-	-	-	13.2	68.2	110.5	14.0	69.2	7.8	5.4	-	4.6	292.9
1956	10.3	-	26.0	22.1	37.3	27.8	104.2	80.5	13.9	-	-	0.3	322.4
1957	-	-	-	-	212.0	38.5	167.4	42.8	25.3	5.0	-	37.3	528.3
1958	-	-	-	-	106.5	192.6	12.4	103.6	37.3	-	-	-	452.4
1959	7.2	0.2	13.1	18.3	14.9	79.3	63.2	54.2	13.1	4.4	-	0.3	268.2

CUADRO 2.9

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AM-3 VALPARAISO PUNTA ANGELES
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	0.2	-	-	-	34.5	119.2	36.4	30.1	3.2	15.4	-	-	239.0
1961	6.2	-	1.1	-	69.1	207.6	60.7	113.9	45.4	1.1	-	1.3	506.4
1962	-	-	24.5	2.3	4.7	178.0	16.3	17.8	4.8	13.2	-	-	261.6
1963	-	-	4.1	-	13.4	38.5	139.7	100.8	146.9	-	9.5	-	452.9
1964	1.0	-	-	13.0	-	66.0	57.0	89.0	-	-	5.0	10.0	241.0
1965	-	-	-	12.0	73.0	10.0	360.0	324.0	-	24.0	9.0	-	812.0
1966	-	-	1.0	50.0	16.0	222.0	102.0	35.0	-	2.8	18.0	20.0	466.8
1967	-	-	-	-	30.0	32.0	141.0	19.0	52.0	-	-	-	274.0
1968	-	-	-	3.0	-	36.6	6.0	23.6	19.8	-	-	-	89.0
1969	0.4	-	-	56.6	4.4	86.4	30.1	36.8	0.6	5.3	-	0.9	221.5
1970	-	-	-	-	36.9	29.2	128.3	3.1	22.3	19.4	-	-	239.2
1971	2.1	-	0.1	38.3	1.2	246.6	31.5	60.7	34.5	13.5	-	-	428.5
1972	-	-	0.4	10.8	63.7	156.2	48.4	132.4	43.3	5.2	0.2	-	460.6
1973	-	-	-	0.4	33.8	42.6	80.9	-	0.3	47.5	0.7	-	206.2
1974	-	-	-	-	88.2	246.0	16.6	7.6	25.2	1.3	5.2	0.6	390.7
1975	-	-	-	23.4	52.2	56.5	176.9	40.7	1.1	0.4	11.4	-	362.6
1976	-	-	2.4	-	20.5	76.8	12.3	57.8	31.4	62.5	44.0	-	307.7

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS

Año	CP-1 Los Cóndores	CP-2 Pichidangui	CP-3 Hda. Huanquén	CH-1 Coirón	PE-1 Chincolco	PE-2 Hda. El Sobrante	PE-3 Petorca	PE-4 Trapiche Fdo. L.
1942	337.2	361.9	415.6	536.0	240.0	249.9	325.9	422.8
1943	167.3	175.7	208.0	223.0	130.0	136.4	135.7	205.4
1944	438.9	460.8	484.5	595.1	296.5	294.0	395.4	538.4
1945	177.4	186.3	217.5	157.9	109.5	109.0	138.8	217.8
1946	135.5	185.5	190.0	163.6	95.5	100.0	125.7	163.8
1947	212.0	248.5	255.0	308.2	182.0	199.4	210.5	249.8
1948	236.0	194.0	265.0	403.3	254.5	279.2	268.1	281.1
1949	257.5	232.3	246.0	292.5	189.0	167.8	185.6	243.1
1950	251.5	291.7	270.6	360.0	199.0	170.8	216.9	339.3
1951	266.6	275.3	290.0	296.2	204.2	197.9	240.4	315.9
1952	265.0	273.5	284.5	214.7	225.5	211.4	231.3	312.8
1953	427.0	446.3	382.5	655.2	331.0	307.8	374.3	481.9
1954	243.0	238.0	329.5	390.5	177.0	148.7	218.7	296.2
1955	151.5	134.8	166.5	253.9	147.0	198.5	221.9	151.0
1956	217.0	219.3	274.0	267.2	92.0	120.3	155.9	276.5
1957	385.0	415.4	440.8	452.1	361.0	313.7	401.2	486.1
1958	243.8	302.9	274.0	238.2	188.0	156.5	220.0	439.1
1959	209.5	177.2	246.5	282.0	140.0	172.5	165.5	198.0

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	CP-1 Los Cóndores	CP-2 Pichidangui	CP-3 Hda. Huanquén	CH-1 Coirón	PE-1 Chincolco	PE-2 Hda. El Sobrante	PE-3 Petorca	PE-4 Trapiche Fdo.L.
1960	150.0	164.3	211.8	213.4	160.7	137.9	194.4	203.1
1961	223.3	267.2	286.4	316.1	192.0	177.6	219.6	264.0
1962	182.9	181.5	194.6	236.5	133.7	124.2	161.7	190.8
1963	373.8	410.1	398.7	529.0	299.5	327.6	337.9	503.9
1964	122.0	142.0	193.1	211.0	106.0	117.1	110.0	136.3
1965	430.0	439.0	470.7	528.7	383.3	352.2	357.1	552.9
1966	338.0	319.0	341.9	405.0	219.7	217.2	212.0	401.1
1967	152.0	190.0	203.7	236.8	108.5	120.8	150.9	198.0
1968	46.4	55.4	59.4	70.9	39.2	60.2	57.2	42.5
1969	105.9	124.3	133.2	75.3	74.0	48.6	77.7	136.6
1970	228.4	190.8	204.6	354.7	181.4	189.8	182.8	235.3
1971	199.4	176.0	188.7	188.5	118.2	81.0	128.3	218.9
1972	360.7	372.6	399.3	541.0	278.5	319.1	396.5	433.5
1973	141.4	148.5	159.2	205.2	124.3	130.5	137.1	178.8
1974	265.0	278.2	298.3	212.0	198.8	163.6	278.3	323.1
1975	207.9	218.3	234.0	262.3	148.6	94.8	186.4	202.8
1976	178.1	187.1	200.5	250.0	143.3	150.1	109.7	214.3

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	LI-1 La Arena Hda. A	LI-2 Adm. Hda. Alic.	LI-3 Las Casas Hda. A	LI-4 La Mostaza Hda. A	LI-5 San Loren zo	LI-6 Pullally Hda.	LI-7 La Ligua	LI-8 La Higuera	LI-9 El Ingenio	LI-10 Cabildo
1942	451.3	372.3	347.0	449.4	394.1	403.7	452.0	396.4	442.7	445.4
1943	201.2	180.9	168.5	218.3	128.4	196.1	214.0	162.7	215.0	213.8
1944	592.7	474.0	441.8	572.4	516.2	514.0	550.8	476.9	563.7	542.5
1945	232.5	191.8	178.7	231.5	135.8	217.1	285.4	245.0	202.8	272.9
1946	174.9	144.3	134.5	174.1	115.7	167.5	205.6	167.7	162.1	160.3
1947	296.0	244.2	227.5	294.8	241.5	297.0	290.0	246.9	294.7	252.0
1948	368.1	303.6	283.0	366.6	305.0	287.0	344.0	353.4	373.1	342.8
1949	259.7	214.3	199.7	258.7	201.4	217.0	261.0	226.1	250.4	252.2
1950	356.4	294.0	274.0	354.9	263.0	337.0	342.0	334.7	328.6	272.5
1951	361.1	188.9	277.6	380.9	309.1	294.0	343.0	324.9	322.6	408.2
1952	332.0	318.5	252.2	340.5	263.2	305.0	323.0	315.8	317.7	217.0
1953	524.5	463.3	433.8	516.3	432.9	447.0	580.0	527.0	587.8	615.4
1954	279.5	241.0	219.4	232.0	225.8	313.0	281.0	285.0	294.2	214.6
1955	273.0	218.0	214.3	281.0	180.6	121.0	151.0	196.5	186.6	201.5
1956	195.0	151.0	146.0	185.0	175.1	261.5	271.0	247.5	378.7	240.0
1957	457.0	462.5	377.1	424.0	333.4	408.0	444.5	397.2	441.1	373.0
1958	316.0	328.0	238.6	357.0	259.8	347.0	359.5	313.6	337.2	330.0
1959	292.5	244.0	205.6	332.0	245.8	218.0	247.5	262.4	258.1	299.0

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	LI-1 La Arena Hda. A	LI-2 Adm. Hda. Alic.	LI-3 Las Casas Hda. A	LI-4 La Mostaza Hda. A	LI-5 San Loren zo	LI-6 Pullally Hda.	LI-7 La Ligua	LI-8 La Higuera	LI-9 El Ingenio	LI-10 Cabildo
1960	254.0	221.0	209.0	268.0	188.8	208.5	221.5	225.5	205.9	248.0
1961	361.0	269.0	265.0	294.0	261.5	273.0	307.0	304.9	386.6	331.0
1962	258.0	194.5	201.2	287.0	180.0	197.0	194.1	207.1	213.2	164.5
1963	568.0	393.0	404.7	507.2	400.0	560.0	538.2	468.1	477.5	478.5
1964	177.0	138.2	136.8	185.3	135.5	156.5	151.0	162.0	147.7	165.7
1965	555.5	423.0	440.5	572.1	440.3	524.7	542.0	501.1	506.7	512.3
1966	338.4	257.6	262.4	348.9	313.9	355.8	485.4	363.9	404.0	372.1
1967	139.3	129.0	130.3	175.0	129.5	212.1	191.0	217.0	169.0	221.8
1968	67.6	43.5	47.1	75.5	46.0	61.7	64.3	63.2	56.0	64.6
1969	134.7	98.7	77.9	123.4	117.0	138.7	141.7	141.8	146.5	145.0
1970	238.1	196.3	271.5	237.1	203.2	212.9	240.2	217.8	323.0	222.7
1971	219.5	181.1	199.2	218.6	172.8	196.4	201.8	200.8	236.7	205.3
1972	464.7	383.3	388.6	462.8	378.2	415.6	461.1	425.2	416.9	434.7
1973	185.3	152.9	133.8	184.5	171.4	165.7	200.0	169.5	164.4	173.3
1974	347.0	286.2	263.9	345.6	290.4	310.4	350.3	317.5	303.4	324.6
1975	272.3	224.7	152.3	271.2	232.6	243.5	277.3	249.2	205.1	254.8
1976	233.3	192.4	166.8	232.3	178.0	208.7	208.3	213.4	233.0	218.2

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	AC-1 Putando E.A.P.	AC-2 San Felipe	AC-3 Catemu	AC-4 San Es- teban R.	AC-5 Chagres	AC-6 La Calera	AC-7 La Cruz Ch.B.	AC-8 Los Andes	AC-9 Llay-Llay
1942	393.0	330.0	346.6	318.6	366.0	396.0	515.9	402.0	290.2
1943	142.0	113.0	168.4	154.7	117.8	202.0	250.6	164.2	139.1
1944	481.7	411.5	441.4	405.6	466.1	464.0	656.9	458.0	443.4
1945	173.7	154.7	178.5	164.0	188.5	243.3	265.7	202.6	185.0
1946	91.0	96.4	134.4	123.5	141.8	149.4	145.6	127.1	164.3
1947	247.8	206.0	227.3	208.9	240.1	318.9	321.3	272.9	262.6
1948	313.4	273.0	282.7	259.8	298.5	418.2	456.6	308.7	389.6
1949	221.7	221.4	199.5	183.3	210.7	279.5	311.4	231.5	244.0
1950	243.5	239.7	273.8	251.6	289.0	326.1	400.2	256.7	271.2
1951	249.9	213.7	277.3	254.8	292.9	316.3	452.1	276.4	337.4
1952	272.4	263.7	261.0	239.8	275.5	350.8	398.8	279.8	287.9
1953	402.3	362.0	385.3	354.1	406.9	612.6	629.3	413.2	425.3
1954	252.2	196.5	206.2	222.0	255.1	243.5	410.0	259.0	266.6
1955	172.2	186.5	124.0	151.6	174.1	115.0	172.9	176.9	182.0
1956	217.0	140.5	167.5	190.9	220.3	265.3	349.9	222.8	229.4
1957	283.4	292.5	295.0	306.4	352.1	425.9	452.3	357.5	367.9
1958	238.4	200.0	116.0	241.9	278.0	336.3	363.5	282.3	290.6
1959	269.2	223.0	149.0	202.4	173.8	281.3	289.6	236.3	243.1

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS.
(Continuación)

Año	Ac-1 Putando E. A. P.	AC-2 San Felipe	AC-3 Catemu	AC-4 San Es- teban R.	AC-5 Chagres	AC-6 La Calera	AC-7 La Cruz Ch. B.	AC-8 Los Andes	AC-9 Llay-Llay
1960	237.7	177.5	184.1	174.0	227.1	241.8	243.5	202.9	208.9
1961	260.1	169.0	229.7	235.2	349.0	326.9	355.6	274.5	282.5
1962	187.5	175.0	136.5	187.0	182.3	222.1	264.3	186.5	191.9
1963	461.7	405.7	380.0	371.0	387.2	501.9	640.4	421.2	433.6
1964	141.1	99.0	111.0	118.0	137.8	173.7	220.7	145.9	150.1
1965	460.9	385.0	438.0	376.0	443.7	537.2	584.6	451.0	464.2
1966	257.2	287.5	306.0	258.2	307.9	390.3	512.5	327.7	337.2
1967	93.2	105.5	136.0	115.0	181.5	232.6	271.0	195.2	201.0
1968	71.5	54.5	51.5	70.8	46.8	67.7	79.0	56.9	58.5
1969	110.1	81.7	112.2	87.5	142.3	152.1	177.2	127.7	131.4
1970	291.3	162.9	225.0	240.5	193.0	233.5	272.1	196.0	201.8
1971	124.7	106.9	167.0	137.5	178.1	215.4	250.9	180.8	186.1
1972	373.7	387.7	388.0	328.0	376.8	455.8	531.2	382.7	393.8
1973	145.5	85.2	152.0	165.5	150.3	181.8	211.7	152.6	157.1
1974	305.5	229.0	298.0	329.0	281.4	340.4	396.7	285.8	294.1
1975	160.2	154.3	171.0	271.7	220.9	267.1	311.3	224.3	230.9
1976	133.1	124.4	179.2	238.2	189.1	228.9	266.6	192.1	197.7

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	AC-10 El Sauce Fdo.	AC-11 Río Blanco	AC-12 Vilcuya	AC-13 El Tabón	AC-14 Riecillos	AC-15 Cta. Chacabuco	AC-16 Limache	AC-17 Resg. Los Patos	AC-18 Lagu- nitas	AC-19 Lliu-Lliu
1942	451.3	607.0	487.8	387.7	604.0	337.7	536.5	488.4	1.351.3	895.5
1943	171.0	380.0	236.9	188.3	287.0	163.9	261.8	150.0	656.4	434.9
1944	500.1	626.0	621.0	493.6	651.0	430.0	664.0	472.2	1.696.3	1.140.2
1945	192.2	276.5	251.2	199.6	326.0	173.8	292.1	225.2	696.0	461.2
1946	139.9	285.0	189.0	150.2	228.0	130.9	197.6	133.0	523.6	347.0
1947	271.3	467.5	319.9	254.3	428.0	221.4	346.8	270.2	881.9	587.3
1948	308.5	805.8	397.8	316.1	606.0	275.3	480.1	350.8	1.102.1	730.3
1949	227.8	392.5	280.7	223.1	341.0	194.3	362.3	212.3	805.3	515.3
1950	257.7	442.5	385.2	306.2	410.0	266.7	493.8	358.9	1.095.1	707.2
1951	292.7	696.0	390.2	310.1	451.0	270.1	421.4	358.9	1.081.1	716.5
1952	350.4	556.8	367.1	291.8	459.0	254.1	399.8	348.1	1.048.9	674.0
1953	536.5	930.5	542.2	430.9	838.0	375.3	561.0	483.1	1.521.8	995.4
1954	247.5	302.0	339.9	270.2	323.0	235.3	428.8	209.4	941.7	624.0
1955	288.0	502.3	232.1	184.4	450.0	160.7	222.0	305.5	648.5	426.2
1956	215.3	421.9	292.3	232.4	278.3	202.3	414.5	195.8	782.1	536.7
1957	324.7	677.0	469.1	372.8	373.5	324.8	498.6	306.4	1.299.7	861.3
1958	212.5	534.6	370.5	294.5	407.0	256.4	459.4	244.7	1.026.4	680.1
1959	307.0	447.3	309.9	246.5	418.0	214.6	384.1	303.6	835.0	568.9

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	AC-10 El Sauce Fdo.	AC-11 Río Blanco	AC-12 Vilcuya	AC-13 El Tabón	AC-14 Riecillos	AC-15 Cta. Chacabuco	AC-16 Limache	AC-17 Resg. Los Patos	AC-18 Lagu- nitas	AC-19 Lliu-Lliu
1960	228.2	384.3	266.3	211.5	477.0	184.3	352.3	251.1	700.0	489.0
1961	294.6	519.8	360.2	286.2	594.5	184.7	437.6	285.1	1.006.0	661.3
1962	200.1	353.1	244.6	180.1	448.0	200.5	283.2	237.7	715.0	452.9
1963	452.3	874.0	552.8	463.0	767.7	428.0	631.5	402.4	1.531.6	1.001.5
1964	156.5	233.1	211.8	154.0	182.5	148.0	278.0	137.3	391.9	422.5
1965	484.1	761.0	585.6	465.0	660.8	416.8	557.0	457.3	1.717.1	901.8
1966	351.7	442.5	445.3	404.0	497.5	320.0	470.0	305.0	1.237.9	768.9
1967	209.6	201.7	188.2	134.7	187.6	109.0	353.9	196.7	359.0	477.3
1968	61.1	124.0	99.2	75.5	99.8	60.0	75.4	86.0	309.6	129.3
1969	137.0	83.0	141.1	148.0	296.5	112.5	265.5	125.0	620.5	399.2
1970	210.4	487.5	292.1	122.9	342.3	232.0	310.9	300.5	768.7	626.3
1971	194.1	250.3	165.6	146.2	276.8	103.5	272.4	118.0	757.6	473.1
1972	410.8	1.177.5	632.0	437.3	986.6	389.0	606.4	452.5	1.710.1	922.0
1973	163.7	341.2	217.7	179.4	321.3	90.0	192.8	203.0	445.1	367.5
1974	306.8	519.0	345.5	372.9	464.2	315.5	433.6	237.5	1.311.4	688.5
1975	240.8	367.2	230.8	253.0	334.5	147.0	352.9	196.0	478.7	540.3
1976	206.2	467.0	240.5	154.5	381.2	128.0	332.8	177.0	511.1	462.9

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	AM-1 Monte mar	AM-2 El Belloto	AM-3 Valp. Pta . Ang.	AM-4 Valp. C.Ale gre	AM-5 V.Ale mana	AM-6 Quilpué	AM-7 Marga Marga	AM-8 P.Cu- raumi lla	AM-9 Peñue las Lago	AM-10 Casa Blanca	AM-11 Hda. San Je rónimo	AM-12 Fdo. Hualli- lemo
1942	467.8	660.7	454.9	533.4	533.0	401.5	474.9	347.5	585.0	507.0	664.4	526.7
1943	227.3	320.9	374.9	357.6	281.4	304.8	365.9	406.7	395.0	256.0	322.7	389.5
1944	595.8	841.3	692.1	827.2	804.0	709.1	747.2	654.5	929.0	672.6	846.0	785.2
1945	240.9	340.2	223.0	272.5	343.9	314.0	337.0	177.6	332.5	288.9	470.4	317.6
1946	181.3	256.0	255.1	276.5	253.5	247.7	241.0	229.5	269.0	259.3	223.6	239.0
1947	306.9	433.3	363.2	431.9	321.6	303.2	321.5	316.9	341.0	310.5	305.3	404.5
1948	381.6	538.8	385.7	426.5	523.7	485.1	427.0	310.7	546.0	344.0	522.6	502.9
1949	269.2	380.4	292.4	271.5	363.3	356.5	319.5	232.3	348.0	341.1	378.8	449.5
1950	369.5	521.6	410.7	586.3	450.5	484.1	458.7	349.2	480.0	356.1	519.8	497.4
1951	374.4	528.6	492.5	505.4	448.0	508.0	416.6	555.6	648.0	395.9	518.6	630.1
1952	352.1	497.2	401.1	526.0	470.7	481.0	660.9	445.0	579.8	424.4	499.4	508.5
1953	520.1	734.4	560.2	686.7	707.6	808.6	835.7	509.0	931.0	720.0	911.0	841.7
1954	326.1	460.5	450.1	488.0	535.1	414.6	502.9	338.8	580.5	364.4	490.0	355.5
1955	222.6	314.4	292.9	246.6	201.9	192.3	186.2	147.7	177.0	248.8	268.4	189.2
1956	280.5	396.0	322.4	319.2	328.7	328.4	336.3	311.1	434.7	313.4	445.7	387.8
1957	450.0	635.4	528.3	510.8	581.4	476.3	567.4	627.9	652.5	502.9	456.3	422.3
1958	355.4	501.8	452.4	553.8	458.8	454.7	408.3	249.2	530.2	397.1	446.0	488.6
1959	249.0	419.8	268.2	297.2	384.0	438.4	340.1	181.7	443.7	332.3	534.9	396.9

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	AM-1 Monte mar	AM-2 El Belloto	AM-3 Valp. Pta . Ang.	AM-4 Valp. C.Ale gre	AM-5 V.Ale mana	AM-6 Quilpué	AM-7 Marga Marga	AM-8 P.Cu- raumi lla	AM-9 Peñue las Lago	AM-10 Casa Blanca	AM-11 Hda. San Je rónimo	AM-12 Fdo. Hualli lemo
1960	226.7	360.7	239.0	327.1	329.9	345.8	274.5	139.6	381.1	285.5	288.2	345.2
1961	379.3	460.0	506.4	480.0	590.0	428.8	467.3	260.1	515.4	386.1	583.7	356.9
1962	211.1	292.0	261.6	226.0	208.9	190.6	285.0	181.4	350.2	262.3	281.0	278.9
1963	558.7	787.0	452.9	895.3	754.5	624.9	762.2	347.8	791.2	592.6	671.0	837.2
1964	191.3	281.0	241.0	184.4	237.0	213.3	260.0	199.6	273.9	205.2	273.5	238.7
1965	576.1	741.0	812.0	754.8	535.0	727.0	791.7	571.8	847.0	634.4	903.6	738.2
1966	411.9	545.0	466.8	420.0	510.3	397.0	507.0	318.0	615.3	460.9	621.4	536.3
1967	224.9	376.0	274.0	286.8	351.5	282.0	345.2	203.9	366.7	274.6	365.2	319.6
1968	69.1	117.2	89.0	81.5	96.4	109.0	92.9	93.6	106.9	80.1	116.2	93.1
1969	151.9	266.7	221.5	251.8	214.5	242.0	252.5	141.3	239.7	179.5	333.0	225.9
1970	246.8	462.9	239.2	346.5	348.9	355.0	370.3	177.4	368.2	260.8	350.5	321.3
1971	227.5	505.1	428.5	381.1	337.1	319.2	298.8	154.1	339.5	273.6	323.1	317.3
1972	481.7	749.5	460.6	629.9	667.6	623.0	734.1	408.0	718.7	616.1	684.1	626.3
1973	192.1	266.0	206.2	251.1	290.5	296.3	289.8	231.3	386.6	193.6	272.7	271.3
1974	359.7	589.0	390.7	470.4	436.4	427.5	431.1	297.6	536.7	365.2	510.8	425.0
1975	282.3	331.1	362.6	369.2	305.4	267.8	338.7	150.2	421.2	320.8	400.9	348.2
1976	241.9	281.9	307.7	316.3	294.0	228.0	234.1	173.9	360.8	240.8	343.4	316.0

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	LA-1 Papudo	LA-2 Cata- pilco	LA-3 Quinteros	LA-4 Puchun- caví	MA-1 Rungue	MA-2 Tiltil	MA-3 Polpaico	MA-4 Caleu Carabiner.	MA-5 Colliguay Boq.
1942	375.4	472.0	506.9	517.2	494.9	463.5	412.0	791.3	913.5
1943	182.3	250.0	246.2	285.2	240.3	174.4	184.0	384.3	443.7
1944	477.9	658.0	645.5	680.3	630.2	625.3	523.4	1.007,6	1.163.2
1945	193.3	301.7	261.0	331.6	254.9	282.4	191.9	407.5	470.5
1946	145.5	204.2	196.4	223.3	191.7	178.9	141.9	306.7	354.0
1947	246.1	402.4	332.5	327.6	324.6	302.2	251.1	519.0	599.1
1948	306.1	443.7	413.4	389.9	403.6	523.9	361.2	645.3	745.0
1949	216.0	276.9	291.7	294.0	284.8	348.7	240.1	455.3	525.8
1950	296.5	385.6	400.3	458.3	390.9	465.0	278.7	625.0	721.4
1951	380.4	385.7	405.6	387.5	395.9	431.5	352.7	633.0	820.1
1952	308.7	366.1	381.5	424.4	372.5	361.4	313.2	595.6	680.4
1953	315.6	645.3	563.5	533.0	550.1	627.5	483.2	879.6	1.105.5
1954	292.5	422.0	353.3	410.1	344.9	381.3	285.0	551.5	673.7
1955	131.3	175.6	241.2	152.4	235.5	211.2	177.8	376.5	260.0
1956	223.5	360.1	303.8	363.9	296.7	360.2	292.3	474.3	557.4
1957	394.6	594.0	487.6	517.7	339.5	492.0	364.5	761.1	757.7
1958	273.4	314.4	385.0	427.8	327.0	384.2	310.1	601.0	665.2
1959	142.7	289.2	322.1	296.5	401.0	313.2	259.5	502.8	632.4

CUADRO 2.10

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS
(Continuación)

Año	LA-1 Papudo	LA-2 Cata- pilco	LA-3 Quinteros	LA-4 Puchun- caví	MA-1 Rungue	MA-2 Tiltitl	MA-3 Polpaico	MA-4 Caleu Carabiner.	MA-5 Colliguay Boq.
1960	191.0	278.2	276.7	272.4	258.0	267.7	222.9	432.0	380.6
1961	291.0	346.8	371.2	381.6	310.1	416.7	301.5	584.3	739.0
1962	152.0	241.7	216.0	247.0	330.5	265.0	204.9	415.0	527.0
1963	487.8	591.2	618.5	737.6	562.0	489.0	462.7	917.0	1.061.6
1964	161.0	184.0	150.9	191.0	164.0	160.3	160.3	277.5	402.0
1965	480.0	610.0	608.7	603.8	365.1	656.7	495.4	858.5	1.026.0
1966	344.5	485.2	435.5	459.4	218.0	511.0	359.9	827.5	769.0
1967	240.5	262.3	315.9	315.7	171.5	344.9	214.5	325.0	446.0
1968	62.0	70.0	70.2	68.2	66.3	80.6	62.5	136.5	117.5
1969	180.9	175.1	152.2	199.8	189.4	180.9	140.2	341.5	348.2
1970	250.6	423.2	270.1	316.9	306.5	277.7	215.3	452.5	576.4
1971	182.6	182.0	250.2	241.0	182.0	256.2	198.7	330.3	446.0
1972	386.4	505.9	533.9	508.4	634.7	542.2	420.3	814.7	1.074.0
1973	154.1	255.7	211.1	218.0	250.2	216.2	167.6	324.8	446.0
1974	288.6	415.9	434.3	451.4	401.8	404.9	314.0	608.4	749.0
1975	226.4	301.2	276.6	290.0	251.3	317.8	246.3	477.4	476.0
1976	194.1	277.5	223.6	252.3	210.6	272.2	211.1	409.0	286.9

te estudio, fue necesario rellenar, homogeneizar y extender los registros de precipitaciones anuales para el período 1942-1976.

Los criterios utilizados para el relleno de las estadísticas anuales y estadísticas mensuales, fueron similares a los descritos en el punto 2.3.2 para las estaciones del patrón pluviométrico. La homogeneización se llevó a cabo con el patrón de precipitaciones P3, trazando Curvas Dobles Acumuladas en cada uno de los casos, corrigiéndose los quiebres cuando, según revisión de los archivos básicos de la estación y de acuerdo a visitas a terreno, fue posible determinar su causa (gran mayoría de los casos). La extensión de la estadística se hizo tomando en cuenta la pendiente del último período en la Curva Doble Acumulada correspondiente.

Las estadísticas de precipitaciones anuales definitivas de cada una de las 58 estaciones pluviométricas consideradas en el presente estudio, se adjuntan en el Cuadro 2.10.

En las estaciones de Catemu, Riecillos y Lagunitas, se hizo un análisis mensual de las estadísticas pluviométricas con el objeto de caracterizar adecuadamente la zona estudiada y por estimarse necesario para estudios específicos posteriores. Las estadísticas mencionadas de precipitaciones mensuales homogeneizadas se presentan en los Cuadros 2.11 a 2.13.

2.4 ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

Como uno de los objetivos del presente estudio está el asignar probabilidades de excedencia a los valores que componen las distintas series de precipitaciones anuales consideradas. Esto se hizo utilizando un programa de computación perteneciente al Centro de Recursos Hidráulicos de la Universidad de Chile.

En el caso de las precipitaciones anuales, se consideraron solamente las distribuciones Log-Normal de 3 parámetros y Gamma de 3 parámetros. Se concluyó que ambos ajustes son muy similares, excepto en los extremos, siendo la distribución Gamma de 3 parámetros la que se ajusta mejor un mayor número de veces, razón por la cual fue la distribución escogida en definitiva para ajustar todas las series estudiadas. La bondad del ajuste se probó usando el test estadístico de Chi-Cuadrado.

CUADRO 2.11

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-3 CATEMU

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942													346.6
1943													168.4
1944													441.4
1945													178.5
1946													134.4
1947													227.3
1948													282.7
1949													199.5
1950													273.8
1951													277.3
1952													261.0
1953													385.3
1954	-	-	-	50.0	73.9	62.5	71.3	2.6	2.6	-	-	-	262.9
1955	-	-	-	14.0	39.5	11.5	17.9	19.0	7.7	48.5	-	-	158.1
1956	0.6	-	29.3	15.3	8.9	5.1	90.6	44.6	17.9	1.3	-	-	213.6
1957	-	-	-	-	307.1	2.6	42.1	2.6	-	-	-	21.7	376.1
1958	-	-	-	-	43.3	17.9	29.3	53.5	1.3	-	2.6	-	147.9
1959	-	-	-	-	6.4	123.6	35.7	16.6	7.7	-	-	-	190.0

CUADRO 2.11

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-3 CATEMU
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	-	27.2	127.7	48.0	23.9	6.6	1.3	-	-	234.7
1961	-	-	1.8	-	11.5	141.6	20.2	89.7	12.9	14.2	-	1.0	292.9
1962	-	-	-	-	12.7	145.4	-	0.6	-	15.3	-	-	174.0
1963	-	-	5.5	-	19.0	47.6	104.1	78.0	118.5	1.5	6.0	-	380.0
1964	-	-	-	-	-	52.0	16.0	43.0	-	-	-	-	111.0
1965	-	-	-	7.0	47.0	12.0	179.0	184.0	-	-	1.0	8.0	438.0
1966	-	-	-	30.0	4.0	117.0	81.0	52.0	-	-	10.0	12.0	306.0
1967	-	-	-	3.0	15.5	16.5	43.0	17.0	38.0	3.0	-	-	136.0
1968	-	-	-	7.0	-	8.5	2.0	14.0	20.0	-	-	-	51.5
1969	-	-	-	12.0	9.5	43.0	10.5	37.0	-	0.2	-	-	112.2
1970	-	-	-	-	75.0	17.0	105.0	7.5	12.5	5.0	3.0	-	225.0
1971	3.0	-	-	22.5	9.0	103.5	5.5	19.0	4.0	0.5	-	-	167.0
1972	-	-	-	-	31.5	143.5	33.0	106.0	59.5	2.0	12.5	-	388.0
1973	-	-	-	-	26.5	25.0	61.0	-	8.0	31.5	-	-	152.0
1974	-	-	-	-	64.0	176.0	5.0	9.0	30.5	-	13.5	-	298.0
1975	-	-	-	12.0	23.5	1.5	102.0	21.5	-	-	10.5	-	171.0
1976	-	-	-	4.1	23.6	33.7	7.1	33.7	20.1	37.7	19.2	-	179.2

CUADRO 2.12

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-14 RIECILLOS

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	4.0	-	-	2.0	76.0	102.0	116.0	191.0	40.0	17.0	56.0	-	604.0
1943	-	9.0	44.0	-	56.0	49.0	39.0	33.0	29.0	28.0	-	-	287.0
1944	22.0	34.0	12.0	12.0	44.0	184.0	25.0	284.0	-	30.0	4.0	-	651.0
1945	-	100.0	-	40.0	6.0	7.0	84.0	3.0	61.0	6.0	19.0	-	326.0
1946	19.0	-	-	11.0	53.0	42.0	74.0	5.0	9.0	15.0	-	-	228.0
1947	-	2.0	2.0	2.0	14.0	226.0	44.0	99.0	9.0	30.0	-	-	428.0
1948	-	4.0	4.0	56.0	103.0	61.0	316.0	31.0	31.0	-	-	-	606.0
1949	13.0	-	-	-	222.0	29.0	28.0	47.0	2.0	-	-	-	341.0
1950	7.0	3.0	5.0	63.0	164.0	-	-	85.0	31.0	22.0	30.0	-	410.0
1951	9.0	-	-	17.0	110.0	100.0	171.0	-	36.0	-	8.0	-	451.0
1952	-	63.0	-	-	129.0	123.0	35.0	25.0	43.0	30.0	11.0	-	459.0
1953	4.0	-	-	36.0	111.0	55.0	131.0	302.0	156.0	43.0	-	-	838.0
1954	-	-	-	54.0	108.0	88.0	57.0	11.0	5.0	-	-	-	323.0
1955	-	5.0	20.0	18.0	124.0	121.0	56.0	31.0	32.0	35.0	8.0	-	450.0
1956	-	-	28.0	28.0	35.0	8.0	113.0	34.0	14.3	6.0	8.0	4.0	278.3
1957	-	-	-	-	227.0	18.0	47.0	47.0	14.0	3.5	-	17.0	373.5
1958	-	-	3.0	-	137.0	163.0	7.0	31.0	34.0	4.0	28.0	-	407.0
1959	-	-	14.0	39.0	77.0	132.0	54.0	86.0	-	16.0	-	-	418.0

CUADRO 2.12

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-14 RIECILLOS
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	-	7.0	43.0	284.0	90.0	33.0	12.0	8.0	-	-	477.0
1961	-	-	78.0	-	28.0	223.0	41.0	183.0	13.0	14.5	-	14.0	594.5
1962	-	-	-	-	70.5	244.2	35.5	36.0	15.0	37.0	-	9.8	448.0
1963	-	16.0	5.6	1.8	41.7	164.8	120.2	137.7	191.9	29.0	59.0	-	767.7
1964	-	-	10.3	-	-	80.5	40.2	47.0	-	-	-	4.5	182.5
1965	4.6	-	2.0	36.0	61.5	15.8	180.0	291.9	8.8	28.5	7.3	24.4	660.8
1966	-	-	-	18.1	23.2	187.4	156.2	72.6	-	13.0	10.0	17.0	497.5
1967	-	-	-	3.0	25.5	46.5	23.7	17.8	30.7	25.0	13.4	2.0	187.6
1968	-	-	5.9	24.5	-	7.4	-	23.0	38.5	-	0.5	-	99.8
1969	-	-	-	40.0	20.8	145.5	4.4	39.8	19.2	14.5	10.6	1.7	296.5
1970	-	-	-	-	158.1	11.0	116.3	14.0	21.2	17.7	-	4.0	342.3
1971	9.0	4.5	2.5	0.6	16.0	130.7	31.0	48.0	11.8	22.7	-	-	276.8
1972	-	-	-	9.0	220.5	314.9	62.7	161.4	131.2	39.2	47.7	-	986.6
1973	-	-	-	2.4	98.5	62.5	130.0	2.0	2.9	23.0	-	-	321.3
1974	-	-	-	-	74.9	309.7	1.5	16.1	30.0	-	32.0	-	464.2
1975	-	-	5.5	16.0	62.5	0.5	150.9	85.5	-	9.6	4.0	-	334.5
1976	10.5	5.5	4.5	6.2	43.0	121.4	21.8	29.4	29.2	77.0	31.7	1.0	381.2

CUADRO 2.13

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION AC-18 LAGUNITAS

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942													1.351.3
1943													656.4
1944													1.696.3
1945													696.0
1946													523.6
1947													881.9
1948													1.102.1
1949													805.3
1950													1.095.1
1951													1.081.1
1952													1.048.9
1953													1.521.8
1954													941.7
1955													648.5
1956													782.1
1957													1.299.7
1958	-	-	-	-	217.5	627.4	33.0	60.5	5.9	26.4	54.3	1.4	1.026.4
1959	6.0	13.6	36.2	73.9	67.8	205.0	295.4	93.4	21.1	13.6	-	9.0	835.0

CUADRO 2.13

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION AC-18 LAGUNITAS.
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	51.8	-	14.1	23.5	336.5	143.5	65.9	9.4	55.3	-	-	700.0
1961	-	4.7	72.0	5.9	105.3	221.0	101.0	335.9	86.6	35.1	-	36.2	1.006.0
1962	19.0	10.0	-	10.0	77.0	320.0	31.0	91.0	14.0	105.0	5.0	33.0	715.0
1963	8.5	46.5	12.7	8.5	93.1	226.4	290.9	389.2	298.3	69.8	87.7	-	1.531.6
1964	-	-	11.7	2.9	-	91.8	115.1	96.2	1.5	5.8	14.6	52.3	391.9
1965	27.7	-	-	56.1	150.1	129.7	451.7	652.7	33.5	72.8	-	142.8	1.717.1
1966	-	-	-	83.0	65.6	542.0	378.8	154.4	-	-	-	14.1	1.237.9
1967	3.8	-	-	7.3	42.8	106.1	78.2	26.2	53.9	36.3	4.4	-	359.0
1968	3.8	-	3.6	31.5	77.8	29.8	7.3	70.4	74.6	7.1	1.5	2.2	309.6
1969	21.1	3.6	1.2	36.6	58.0	210.7	49.1	153.6	44.9	27.4	11.4	2.9	620.5
1970	2.6	-	2.6	-	171.8	49.6	450.2	27.2	53.8	10.9	-	-	768.7
1971	12.1	17.5	0.9	6.6	37.9	458.7	88.6	31.8	15.4	88.1	-	-	757.6
1972	2.3	0.5	0.3	7.7	252.9	596.5	63.9	268.7	349.0	119.6	48.7	-	1.710.1
1973	8.0	15.0	4.0	6.4	118.2	94.1	175.1	2.2	0.5	12.5	2.0	7.1	445.1
1974	-	5.1	-	9.3	147.4	1.022.3	5.0	42.8	29.9	9.2	33.3	7.1	1.311.4
1975	1.9	0.6	19.5	8.7	80.4	15.1	230.8	85.9	2.1	26.4	7.3	-	478.7
1976	10.1	31.9	-	2.9	109.6	182.6	95.7	13.9	11.6	12.7	40.1	-	511.1

A fin de visualizar mejor los resultados, y como un resumen del análisis de frecuencia de precipitaciones anuales, se presenta el Cuadro 2.14 en el que se han indicado para cada estación, la precipitación correspondiente a la probabilidad de excedencia 50%, el promedio de los valores de la serie, la desviación standard, el coeficiente de variación, el valor máximo, el valor mínimo y el rango de precipitaciones, definido como la diferencia entre las precipitaciones anuales máxima y mínima de cada serie.

En las Figuras A2.1 a A2.58 del Anexo 2 se presentan las curvas de frecuencia de precipitaciones anuales para cada una de las 58 series estudiadas. En estas Figuras, trazadas en papel de probabilidades logarítmico-normal, se incluyen los ajustes teóricos de acuerdo a las distribuciones Gama de 3 parámetros y Log-Normal de 3 parámetros y además, los puntos provenientes del análisis de frecuencia gráfico.

En el Cuadro 2.15 se resumen los resultados del análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales, indicándose los valores de estas precipitaciones que corresponden a las probabilidades de excedencia 5, 20, 50, 85 y 95 por ciento.

Para todas las estaciones consideradas, se calcularon los factores de frecuencia, que se obtienen como el cociente entre la precipitación correspondiente a una cierta probabilidad de excedencia y la precipitación 50% obtenida del análisis. En el Cuadro 2.16 se incluyen los factores de frecuencia para probabilidades de excedencia del 5%, 20%, 85% y 95% para el período 1942-1976. En relación a los resultados obtenidos, se verifica que los factores de frecuencia son significativamente similares entre sí para una misma probabilidad de excedencia, lo que estaría ratificando la existencia de un régimen homogéneo de precipitaciones en la cuenca.

Por último, debe mencionarse que independientemente de la distribución de ajuste a utilizar, existe un desplazamiento sistemático del valor 50% con respecto al promedio aritmético de la serie original, siendo el valor 50% menor que el promedio aritmético en un porcentaje variable entre 4,3 y 8,6 por ciento, con un promedio cercano al 6%.

2.5 ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES

El análisis de frecuencia de las precipitaciones mensuales se realizó para las ocho estaciones del Patrón y para las estaciones Catemu, Riecillos y Lagunitas. Como ya se ha expresado, estas tres

CUADRO 2.14

PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

Código	Estación	$X_{50\%}$	\bar{X}	σ	C_v	Máximo	Mínimo	Rango
CH-1	Coirón	290.0	312.2	142.0	0.45	655.2	70.9	584.3
CP-1	Los Cóndores	224.1	237.9	95.7	0.40	438.9	46.4	392.5
CP-2	Pichidanguí	234.3	248.1	100.4	0.40	460.8	55.4	405.4
CP-3	Huaquén Hda.	256.6	269.1	97.1	0.36	484.5	59.4	425.1
PE-1	Chincolco	173.7	184.9	80.4	0.44	383.3	39.2	344.1
PE-2	Hda. El Sobrante	169.1	181.3	79.2	0.44	352.2	48.6	303.6
PE-3	Petorca	201.4	215.1	92.1	0.43	401.2	57.2	344.0
PE-4	Trapiche Fdo. Longotoma	272.7	287.3	126.3	0.44	552.9	42.5	510.4
LI-1	La Arena Hda. Alicahue	289.7	307.9	127.0	0.41	592.7	67.6	525.1
LI-2	Adm. Hda. Alicahue	240.9	252.0	106.1	0.42	474.0	43.5	430.5
LI-3	Las Casas Hda. Alicahue	223.9	239.2	100.4	0.42	441.8	47.1	394.7
LI-4	La Mostaza Hda. Alicahue	290.7	307.4	121.0	0.39	572.4	75.5	496.9
LI-5	San Lorenzo	231.1	244.7	106.7	0.43	516.2	46.0	470.2
LI-6	Pullally Hda.	263.2	279.8	116.5	0.42	560.0	61.7	498.3
LI-7	La Ligua	287.5	306.3	128.8	0.42	580.0	64.3	515.7
LI-8	La Higuera Hda.	268.9	283.6	108.7	0.38	527.0	63.2	463.8
LI-9	El Ingenio Fdo.	282.8	301.5	124.5	0.41	587.8	56.0	531.8
LI-10	Cabildo	274.2	291.1	122.3	0.42	615.4	64.6	550.8
LA-1	Papudo	247.7	262.2	104.3	0.40	487.8	62.0	425.8
LA-2	Catopilco	337.3	358.7	144.6	0.40	658.0	70.0	588.0
LA-3	Quinteros	326.9	347.2	138.9	0.40	645.5	70.2	575.3
LA-4	Puchuncaví Hda.	343.8	365.0	145.3	0.40	737.6	68.2	669.4
AC-1	Putando EAP	223.1	242.3	107.2	0.44	481.7	71.5	410.2
AC-2	San Felipe	193.4	209.0	98.2	0.47	411.5	54.5	357.0
AC-3	Catemu	211.0	225.7	98.9	0.44	441.4	51.5	389.9
AC-4	San Estéban Retén	215.5	226.8	84.0	0.37	405.6	70.8	334.8
AC-5	Chagres	235.6	249.8	97.7	0.39	466.1	46.8	419.3
AC-6	La Calera	283.0	300.4	121.1	0.40	612.6	67.7	544.9
AC-7	La Cruz Chacra B.	334.3	355.2	143.9	0.41	656.9	79.0	577.9

CUADRO 2.14

PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES
(Continuación)

Código	Estación	$X_{50\%}$	\bar{X}	σ	C_v	Máximo	Mínimo	Rango
AC-8	Los Andes	242.0	255.2	97.2	0.38	458.0	56.9	401.1
AC-9	Llay Llay	247.9	261.2	98.1	0.38	464.2	58.5	405.7
AC-10	El Sauce Fdo.	260.0	275.1	110.5	0.40	536.5	61.1	475.4
AC-11	Río Blanco	446.0	483.9	228.9	0.47	1.177.5	83.0	1.094.5
AC-12	Vilcuya	313.9	334.3	136.3	0.41	632.0	99.2	532.8
AC-13	El Tabón	249.2	266.9	110.9	0.42	493.6	75.5	418.1
AC-14	Riecillos	410.3	434.2	185.9	0.43	986.6	99.8	886.8
AC-15	Cuesta Chacabuco	214.6	230.2	99.9	0.43	430.0	60.0	370.0
AC-16	Limache	371.4	389.5	131.7	0.34	664.0	75.4	588.6
AC-17	Resguardo Los Patos	260.7	273.7	110.3	0.40	488.4	86.0	402.4
AC-18	Lagunitas	872.9	930.4	395.7	0.43	1.717.1	309.6	1.407.5
AC-19	Lliu-Lliu El Llano	591.8	619.6	215.8	0.35	1.140.2	129.3	1.010.9
AM-1	Montemar	307.0	320.1	126.1	0.39	595.8	69.1	526.7
AM-2	El Belloto	440.3	462.7	171.7	0.37	841.3	117.2	724.1
AM-3	Valparaíso Pta. Angeles	358.3	376.6	142.1	0.38	812.0	89.0	723.0
AM-4	Valparaíso Cerro Alegre	396.0	422.6	181.2	0.43	895.3	81.5	813.8
AM-5	Villa Alemana	391.6	414.3	163.9	0.40	804.0	96.4	707.6
AM-6	Quilpué	372.5	393.9	158.9	0.40	808.6	109.0	699.6
AM-7	Marga Marga Emb.	374.0	399.2	172.7	0.43	791.7	92.9	698.8
AM-8	Punta Curaumilla	276.7	298.3	145.6	0.49	654.5	93.6	560.9
AM-9	Peñuelas Lago	452.4	480.6	196.8	0.41	931.0	106.9	824.1
AM-10	Casablanca	345.2	361.9	145.8	0.40	720.0	80.1	639.9
AM-11	Hda. San Jerónimo	437.8	461.3	186.2	0.40	911.0	116.2	794.8
AM-12	Fdo. Huallilemo	405.1	426.5	177.4	0.42	841.7	93.1	748.6
MA-1	Rungue	306.2	324.3	130.1	0.40	634.7	66.3	568.4
MA-2	Tiltit	339.1	359.6	141.1	0.39	656.7	80.6	576.1
MA-3	Polpaico	265.5	280.6	109.5	0.39	523.4	62.5	460.9
MA-4	Caleu Carabineros	516.9	544.3	206.2	0.38	1.007.6	136.5	871.1
MA-5	Colliguay Boquerón	589.2	627.4	254.0	0.40	1.163.2	117.5	1.045.7

CUADRO 2.15

RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES
(PERIODO 1942-76)

Código	Estación	Precipitación Anual Probabilidades de Excedencia %				
		5	20	50	85	95
CH-1	Coirón	581.4	423.0	290.0	168.9	117.4
CP-1	Los Cóndores	420.8	315.0	224.1	138.7	100.8
CP-2	Pichidangui	434.5	327.1	234.3	146.6	107.4
CP-3	Huanquén Hda.	452.3	348.2	256.6	167.8	127.0
PE-1	Chincolco	337.4	247.6	173.7	104.4	72.4
PE-2	Hda. El Sobrante	331.0	243.1	169.1	101.4	72.5
PE-3	Petorca	387.6	286.9	201.4	122.6	88.4
PE-4	Trapiche Fdo. Longotoma	514.9	387.0	272.7	160.0	107.3
LI-1	La Arena Hda. Alicahue	547.4	408.7	289.7	178.2	129.0
LI-2	Administración Hda. Alicahue	441.6	336.6	240.9	144.4	98.1
LI-3	Las Casas Hda. Alicahue	433.2	320.1	223.9	134.8	96.0
LI-4	La Mostaza Hda. Alicahue	535.2	404.2	290.7	183.0	134.8
LI-5	San Lorenzo	444.5	328.5	231.1	137.8	94.0
LI-6	Pullally Hda.	497.5	371.4	263.2	161.9	117.2
LI-7	La Ligua	549.3	408.1	287.5	175.1	125.8
LI-8	La Higuera	488.8	371.2	268.9	171.2	127.1
LI-9	El Ingenio	542.6	402.4	282.8	171.5	122.9
LI-10	Cabildo	515.2	385.6	274.2	169.6	123.2
LA-1	Papudo	457.9	345.2	247.7	155.4	114.2
LA-2	Catapilco	638.5	476.3	337.3	207.1	149.8
LA-3	Quinteros	615.4	460.2	326.9	201.8	146.4
LA-4	Puchuncaví Hda.	645.7	483.4	343.8	212.7	154.6
AC-1	Putando E.A.P.	453.0	326.4	223.1	132.9	96.5
AC-2	San Felipe	394.3	284.8	193.4	110.9	76.2
AC-3	Catemu	410.4	302.5	211.0	126.6	90.2
AC-4	San Estéban Retén	386.8	295.4	215.5	138.7	103.8
AC-5	Chagres	439.3	329.9	235.6	146.7	107.1
AC-6	La Calera	531.1	397.7	283.0	175.2	127.4
AC-7	La Cruz Chacra Bellavista	630.1	471.0	334.3	206.1	149.5

CUADRO 2.15

RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES
(PERIODO 1942-76)
(Continuación)

Código	Estación	Precipitación Anual				
		Probabilidades de Excedencia %				
		5	20	50	85	95
AC-8	Los Andes	439.6	333.9	242.0	154.1	114.5
AC-9	Llay Llay	447.9	341.1	247.9	158.6	118.2
AC-10	El Sauce Fdo.	480.6	362.3	260.0	163.1	119.8
AC-11	Río Blanco	897.6	661.3	454.7	256.4	166.4
AC-12	Vilcuya	590.3	440.6	313.9	197.2	146.8
AC-13	El Tabón	479.8	354.4	249.2	153.7	113.2
AC-14	Riecillos	768.3	577.0	410.3	250.9	178.9
AC-15	Cuesta Chacabuco	421.4	309.2	214.6	128.2	91.2
AC-16	Limache	653.5	503.6	371.4	243.3	184.5
AC-17	Resguardo Los Patos	484.1	362.3	259.7	160.9	114.2
AC-18	Lagunitas	1.671.9	1.240.8	872.9	530.4	380.5
AC-19	Lliu Lliu	1.032.8	798.8	591.8	390.3	297.4
AM-1	Montemar	545.5	420.7	307.0	192.3	137.2
AM-2	El Belloto	784.4	601.1	440.3	285.3	214.6
AM-3	Valparaíso Pta. Angeles	638.8	489.3	358.3	232.0	174.4
AM-4	Valparaíso Cerro Alegre	762.4	564.6	396.0	239.5	171.2
AM-5	Villa Alemana	722.9	545.3	391.6	245.9	180.7
AM-6	Quilpué	684.3	517.2	372.5	235.4	174.0
AM-7	Marga Marga Embalse	721.4	533.7	374.0	225.8	161.2
AM-8	Punta Curaumilla	558.4	405.1	276.7	160.2	110.8
AM-9	Peñuelas Lago	852.6	637.3	452.4	278.9	202.3
AM-10	Casablanca	621.0	475.3	345.2	217.2	157.3
AM-11	Hda. San Jerónimo	798.0	606.0	437.8	275.7	201.9
AM-12	Fundo Huallilemo	744.4	564.4	405.1	250.1	178.6
MA-1	Rungue	568.3	427.7	306.2	191.4	140.2
MA-2	Tiltil	633.9	475.5	339.1	210.5	153.5
MA-3	Polpaico	487.6	368.6	265.5	167.5	123.5
MA-4	Caleu Carabineros	930.5	709.8	516.9	331.9	248.0
MA-5	Colliguay Boquerón	1.123.5	835.5	589.2	359.4	258.6

CUADRO 2.16

FACTORES DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES ANUALES
PERIODO 1942-1976

Código	Estación	Factores de Frecuencia				
		P50%	P5%/P50%	P20%/P50%	P85%/P50%	P95%/P50%
CH-1	Coirón	290.0	2.005	1.459	0.582	0.405
CP-1	Los Cóndores	224.1	1.878	1.406	0.619	0.450
CP-2	Pichidangui	234.3	1.854	1.396	0.626	0.458
CP-3	Huanquén Hda.	256.6	1.763	1.357	0.654	0.495
PE-1	Chincolco	173.7	1.942	1.425	0.601	0.417
PE-2	Hda. El Sobrante	169.1	1.957	1.438	0.600	0.429
PE-3	Petorca	201.4	1.925	1.425	0.609	0.439
PE-4	Trapiche Fdo. Longotoma	272.7	1.888	1.419	0.587	0.393
LI-1	La Arena Hda. Alicahue	289.7	1.890	1.411	0.615	0.445
LI-2	Administración Hda. Alicahue	240.9	1.833	1.397	0.599	0.407
LI-3	Las Casas Hda. Alicahue	223.9	1.935	1.430	0.602	0.429
LI-4	La Mostaza Hda. Alicahue	290.7	1.841	1.390	0.630	0.464
LI-5	San Lorenzo	231.1	1.923	1.421	0.596	0.407
LI-6	Pullally Hda.	263.2	1.890	1.411	0.615	0.445
LI-7	La Ligua	287.5	1.911	1.419	0.609	0.438
LI-8	La Higuera	268.9	1.818	1.380	0.637	0.473
LI-9	El Ingenio	282.8	1.919	1.423	0.606	0.435
LI-10	Cabildo	274.2	1.879	1.406	0.619	0.449
LA-1	Papudo	247.7	1.849	1.394	0.627	0.461
LA-2	Catapilco	337.3	1.893	1.412	0.614	0.444
LA-3	Quinteros	326.9	1.883	1.408	0.617	0.448
LA-4	Puchuncaví Hda.	343.8	1.878	1.406	0.619	0.450
AC-1	Putando E.A.P.	223.1	2.030	1.463	0.596	0.433
AC-2	San Felipe	193.4	2.039	1.473	0.573	0.394
AC-3	Catemu	211.0	1.945	1.434	0.600	0.427
AC-4	San Estéban Retén	215.5	1.795	1.371	0.644	0.482
AC-5	Chagres	235.6	1.865	1.400	0.623	0.455
AC-6	La Calera	283.0	1.877	1.405	0.619	0.450
AC-7	La Cruz Chacra Bellavista	334.3	1.885	1.409	0.617	0.447

CUADRO 2.16

FACTORES DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES ANUALES
PERIODO 1942-1976
(Continuación)

Código	Estación	Factores de Frecuencia				
		P50%	P5%/P50%	P20%/P50%	P85%/P50%	P95%/P50%
AC-8	Los Andes	242.0	1.817	1.380	0.637	0.473
AC-9	Llay Llay	247.9	1.807	1.376	0.640	0.477
AC-10	El Sauce Fdo.	260.0	1.848	1.393	0.627	0.461
AC-11	Río Blanco	454.7	1.974	1.454	0.564	0.366
AC-12	Vilcuya	313.9	1.881	1.404	0.628	0.468
AC-13	El Tabón	249.2	1.925	1.422	0.617	0.468
AC-14	Riecillos	410.3	1.873	1.406	0.612	0.436
AC-15	Cuesta Chacabuco	214.6	1.964	1.441	0.597	0.425
AC-16	Limache	371.4	1.760	1.356	0.655	0.497
AC-17	Resguardo Los Patos	259.7	1.864	1.395	0.620	0.440
AC-18	Lagunitas	872.9	1.915	1.421	0.608	0.436
AC-19	Lliu-Lliu	591.8	1.745	1.350	0.660	0.503
AM-1	Montemar	307.0	1.777	1.370	0.626	0.447
AM-2	El Belloto	440.3	1.782	1.365	0.648	0.487
AM-3	Valparaíso Pta. Angeles	358.3	1.783	1.366	0.648	0.487
AM-4	Valparaíso Cerro Alegre	396.0	1.925	1.426	0.605	0.432
AM-5	Villa Alemana	391.6	1.846	1.392	0.628	0.461
AM-6	Quilpué	372.5	1.837	1.388	0.632	0.467
AM-7	Marga Marga Embalse	374.0	1.929	1.427	0.604	0.431
AM-8	Punta Curaumilla	276.7	2.018	1.464	0.579	0.400
AM-9	Peñuelas Lago	452.4	1.885	1.409	0.616	0.447
AM-10	Casablanca	345.2	1.799	1.377	0.629	0.456
AM-11	Hda. San Jerónimo	437.8	1.823	1.384	0.630	0.461
AM-12	Fundo Huallilemo	405.1	1.838	1.393	0.617	0.441
MA-1	Rungue	306.2	1.856	1.397	0.625	0.458
MA-2	Tiltil	339.1	1.869	1.402	0.621	0.453
MA-3	Polpaico	265.5	1.837	1.388	0.631	0.465
MA-4	Caleu Carabineros	516.9	1.800	1.373	0.642	0.480
MA-5	Colliguay Boquerón	589.2	1.907	1.418	0.610	0.439

últimas estaciones son necesarias para la caracterización de la zona de estudio, desde el punto de vista de la variación estacional, y para estudios específicos posteriores.

El análisis de frecuencia se hizo utilizando el programa de Computación ya referido en el punto 2.4; para el período 1942-1976, excepto en Catemu (1954-1976) y en Lagunitas (1958-1976).

El criterio usado en este análisis mensual, es que el programa ajuste la mejor distribución de entre las tres siguientes: Log - Normal de 3 parámetros, Gumbel o Extrema Tipo I y Gama de 3 parámetros. El mejor ajuste se determina con el test estadístico de Chi-Cuadrado.

Del análisis se concluye que la distribución Log-Normal de 3 parámetros es la de mejor ajuste (47,50% de los casos), luego es la distribución Gumbel (26,70% de los casos) y finalmente la distribución Gama de 3 parámetros (19,2% de los casos). En el 6,60% de los casos no se logró un buen ajuste o ni siquiera se intentó hacerlo, dada la gran cantidad de valores nulos. Otra conclusión importante, es que en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Noviembre y Diciembre, es la distribución Gumbel la que tiene un mejor ajuste en la mayoría de los casos y en los meses de Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre es la distribución Log - Normal de 3 parámetros la que se ajusta mejor en la mayoría de los casos.

Los resultados se resumen en las Figuras 2.11 a 2.21. En ellas se han trazado para cada estación mencionada, las curvas de variación estacional correspondientes a las probabilidades de excedencia de 5%, 20%, 50% y 85%, obtenidas en cada caso de la distribución de mejor ajuste.

En los Cuadros A2.2 a A2.12 del Anexo 2 se presenta un resumen que incluye para cada estación y mes, la precipitación correspondiente a la probabilidad de excedencia 50%, el promedio aritmético de los valores de la serie, la desviación standard, el coeficiente de variación, los valores máximos y mínimos y el rango de precipitaciones del mes.

2.6 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION ANUAL SOBRE LA CUENCA.

La distribución espacial de la precipitación anual se analizó mediante un plano de isoyetas.

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : PE-1 CHINCOLCO

Período : 1942-1976

PRECIPITACION
EN mm.

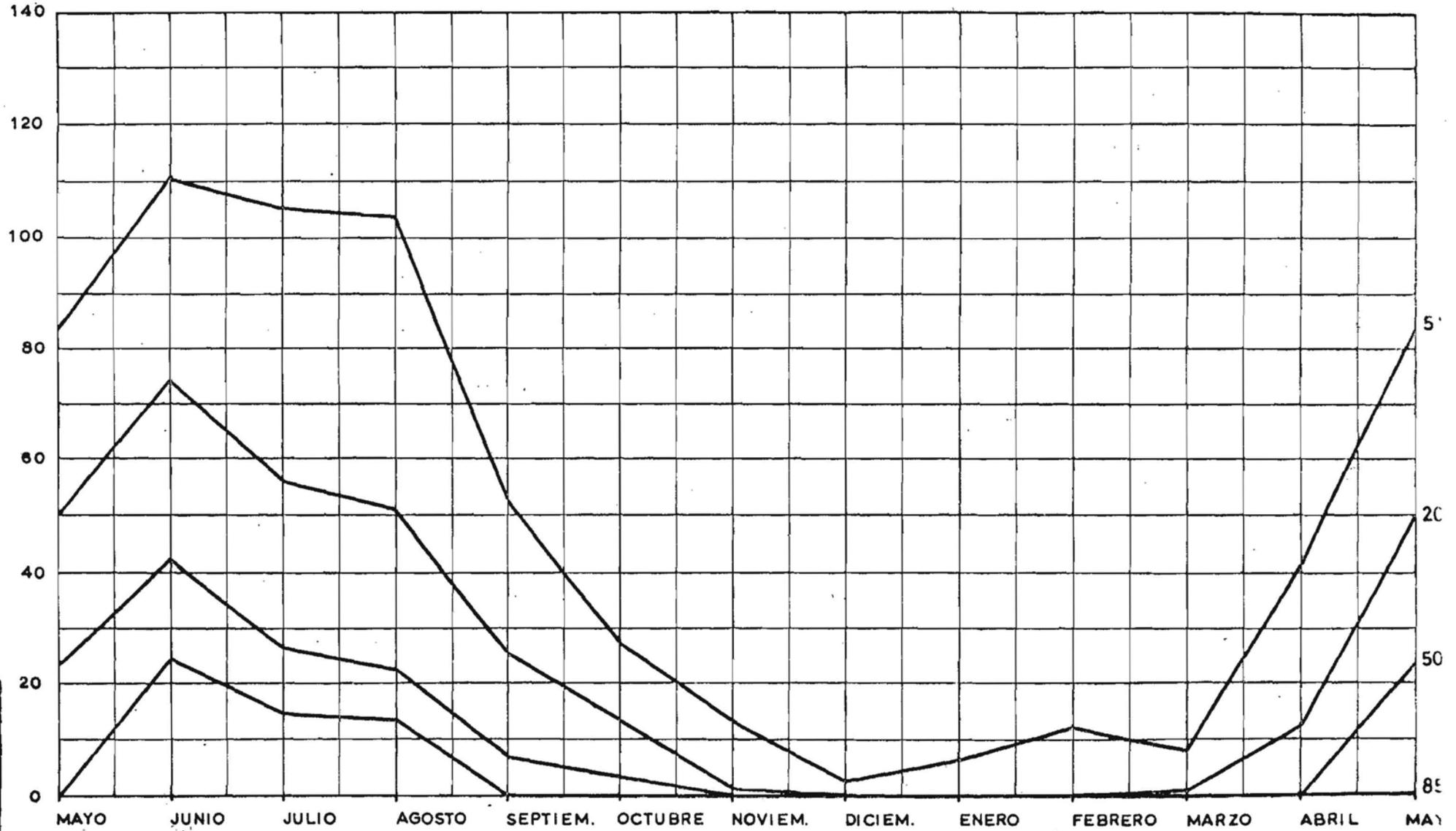


FIGURA 2.11

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : LI-5 SAN LORENZO

Período : 1942-1976

PRECIPITACION
EN mm.

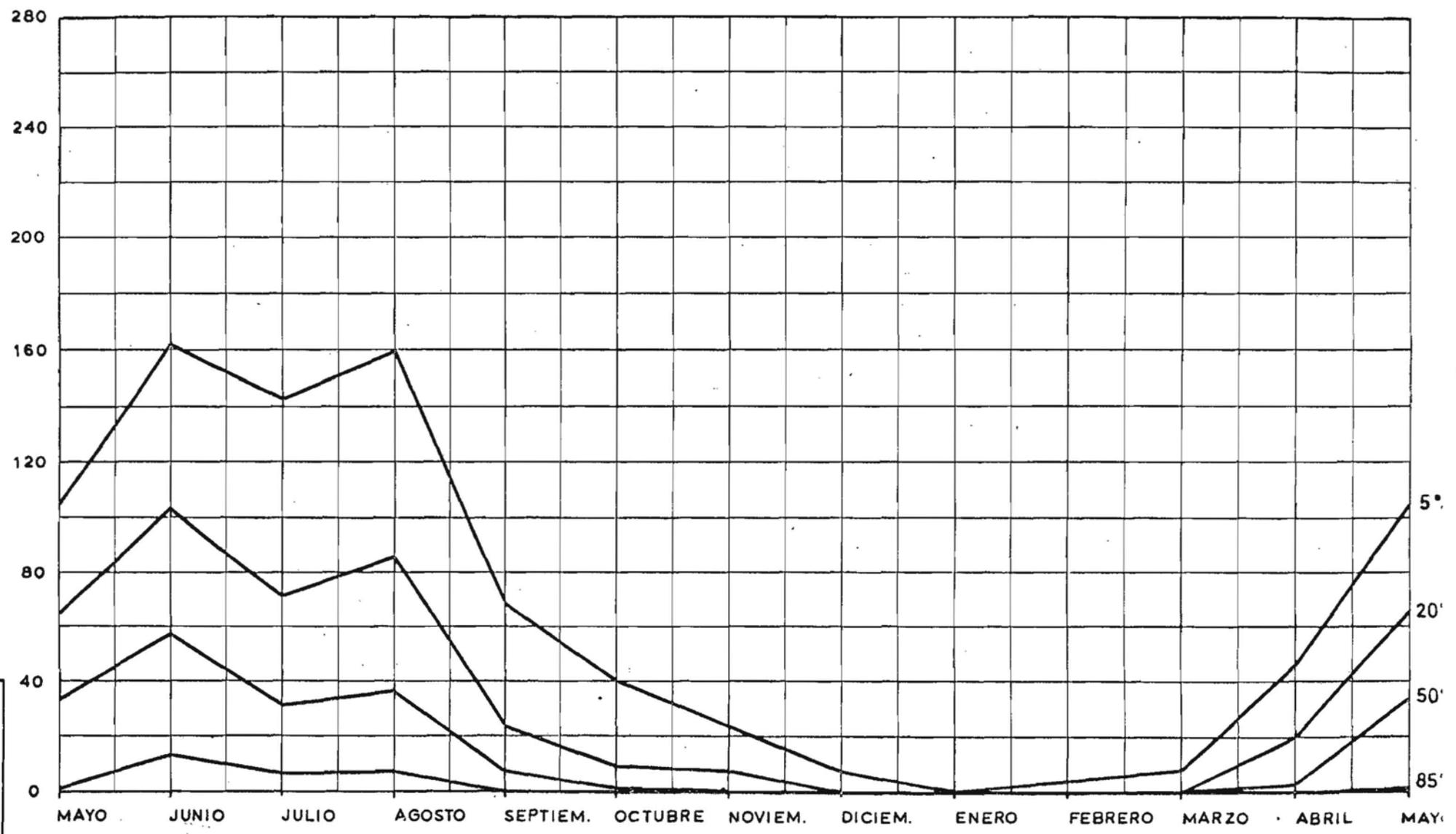


FIGURA 2.12

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : LI-7 LA LIGUA

Período : 1942-1978

PRECIPITACION
EN mm.

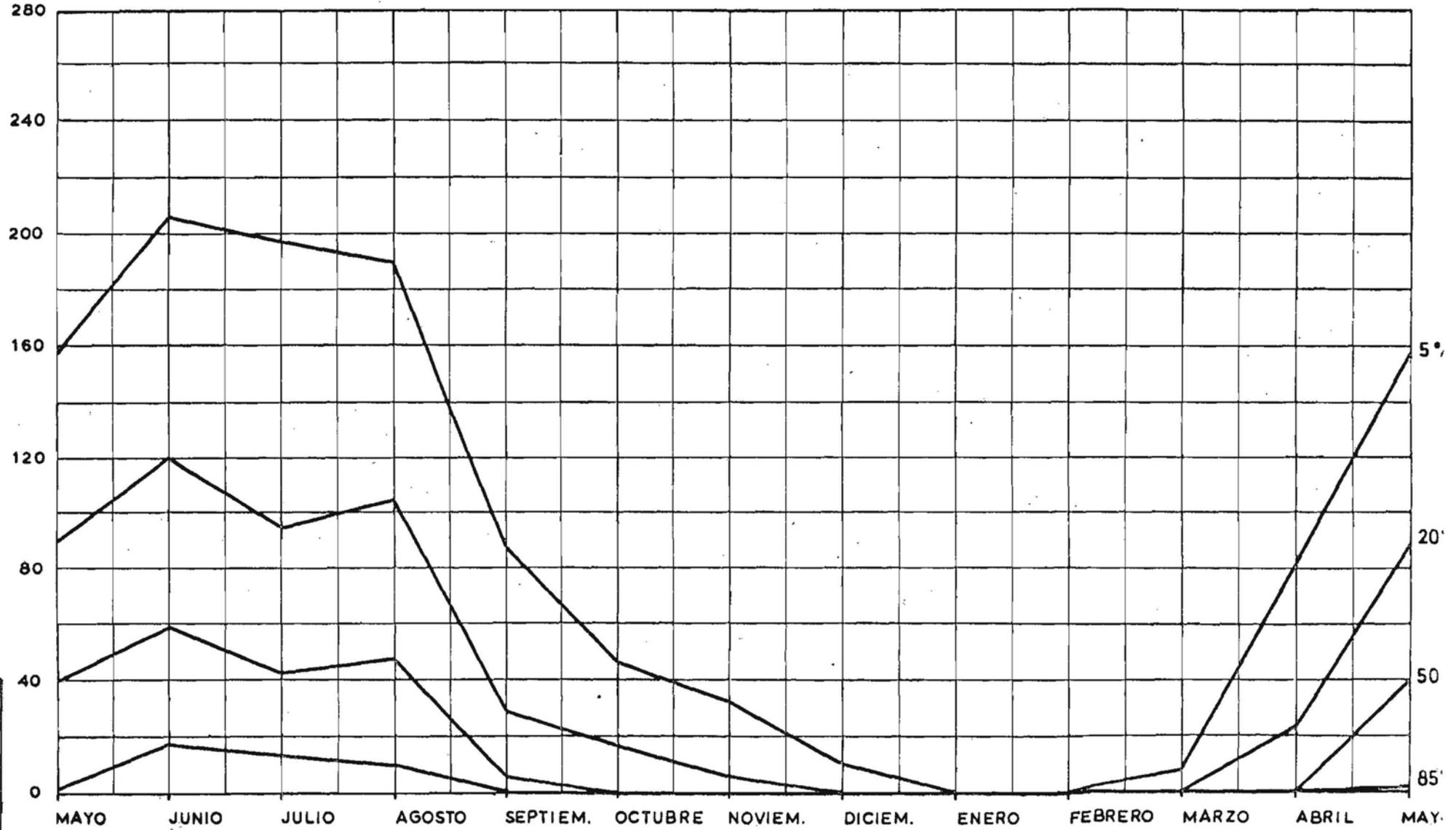


FIGURA 213

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : LA-4 PUCHUNCAVI

Período : 1942 - 1976

PRECIPITACION
EN mm.

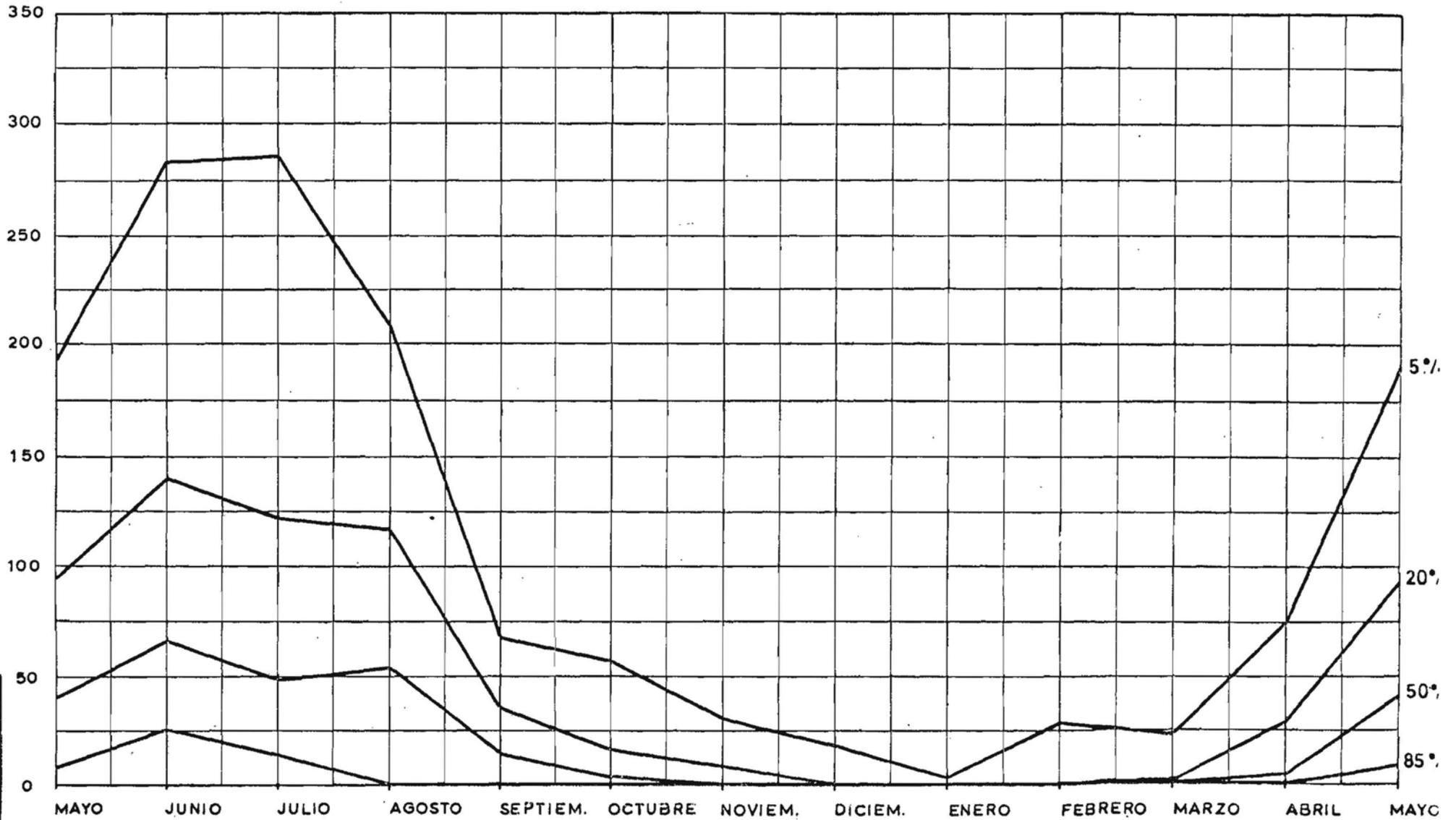


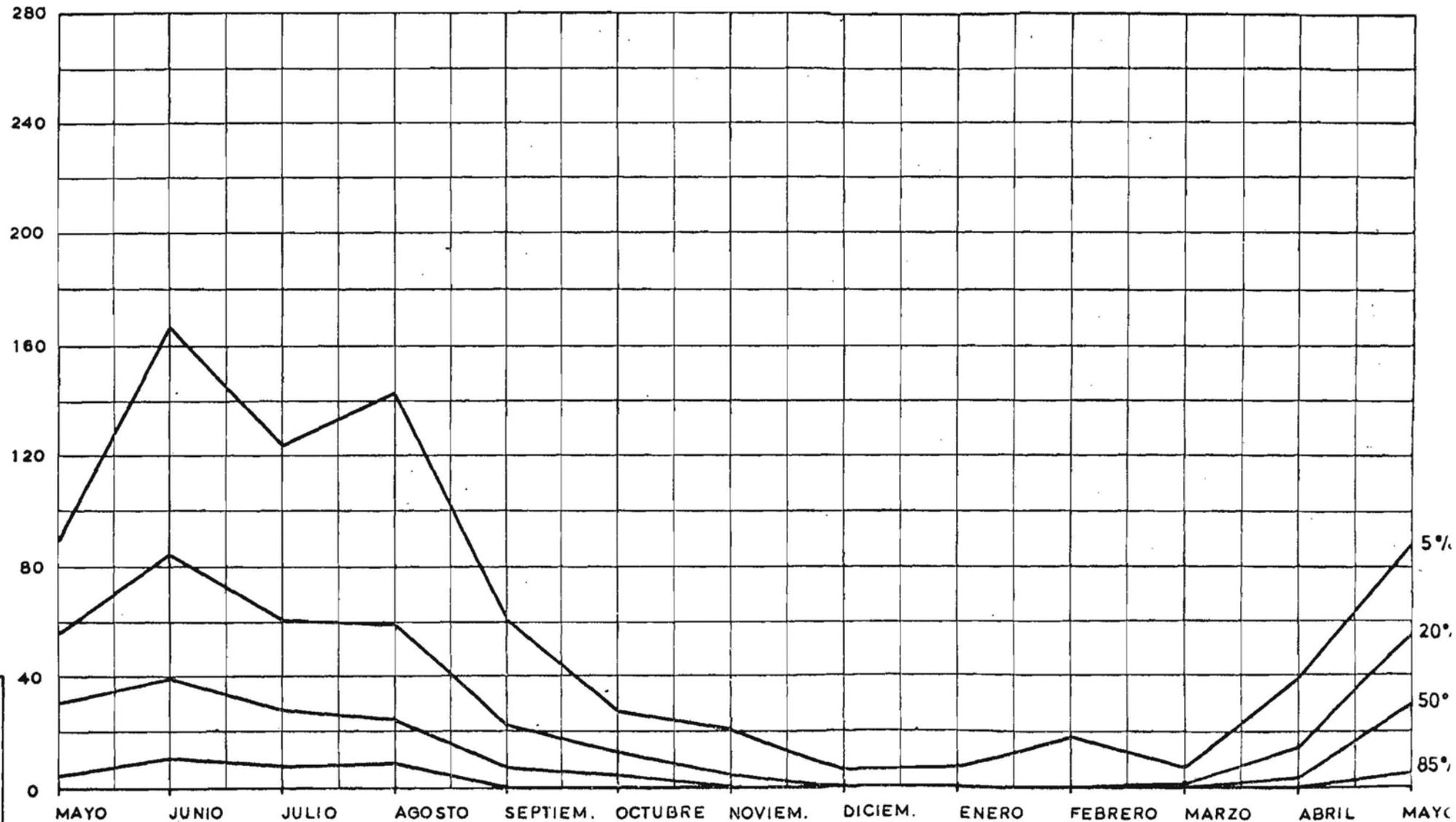
FIGURA 2.14

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AC-2 SAN FELIPE

Período : 1942-1976

PRECIPITACION
EN mm.



5%
20%
50%
85%

8
8

FIGURA 2.15

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AC-3 CATEMU

Período : 1954-1976

PRECIPITACION
EN mm.

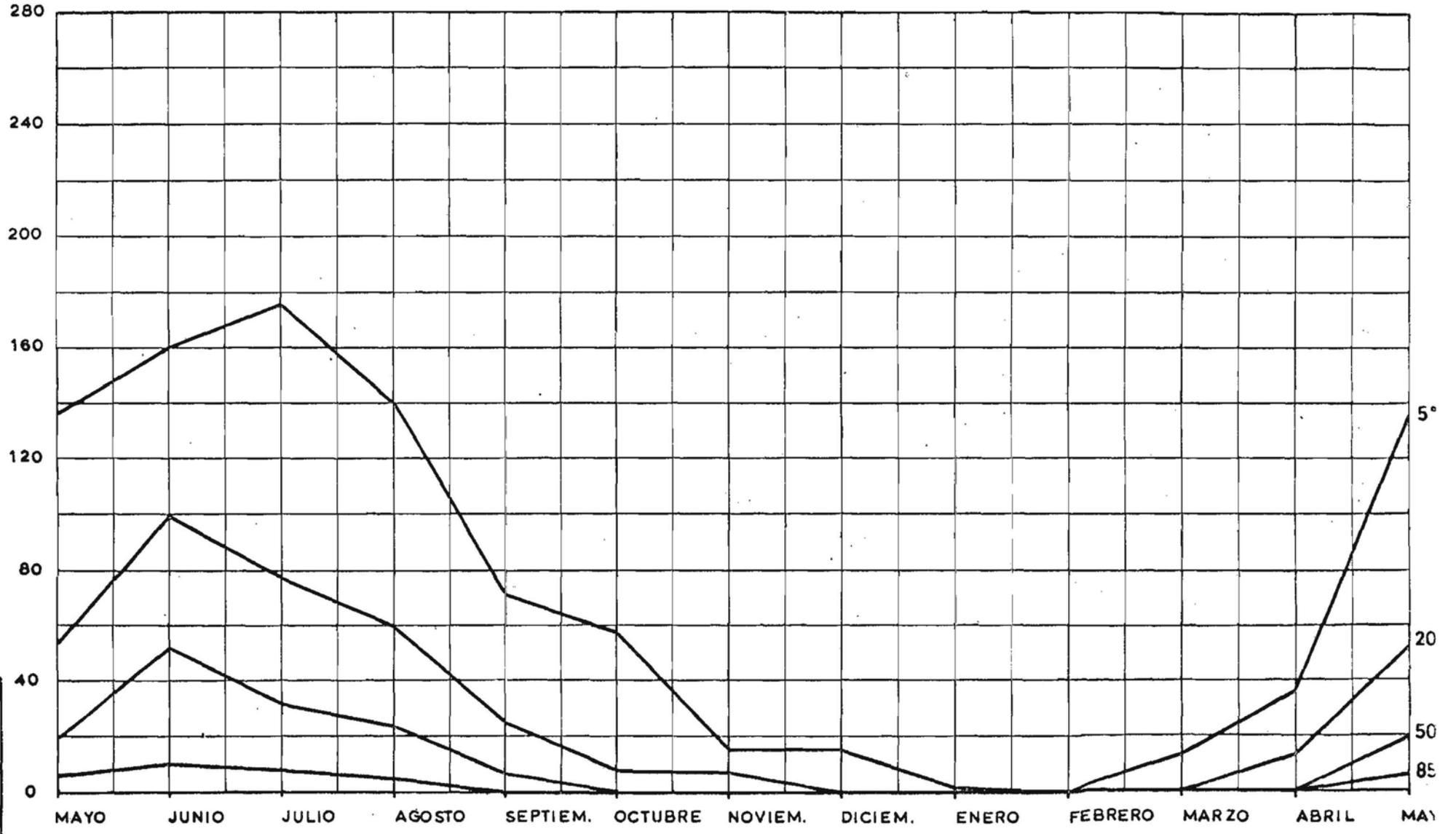


FIGURA 216

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AC-14 RIECILLOS

Período : 1942 - 1976

PRECIPITACION
EN mm.

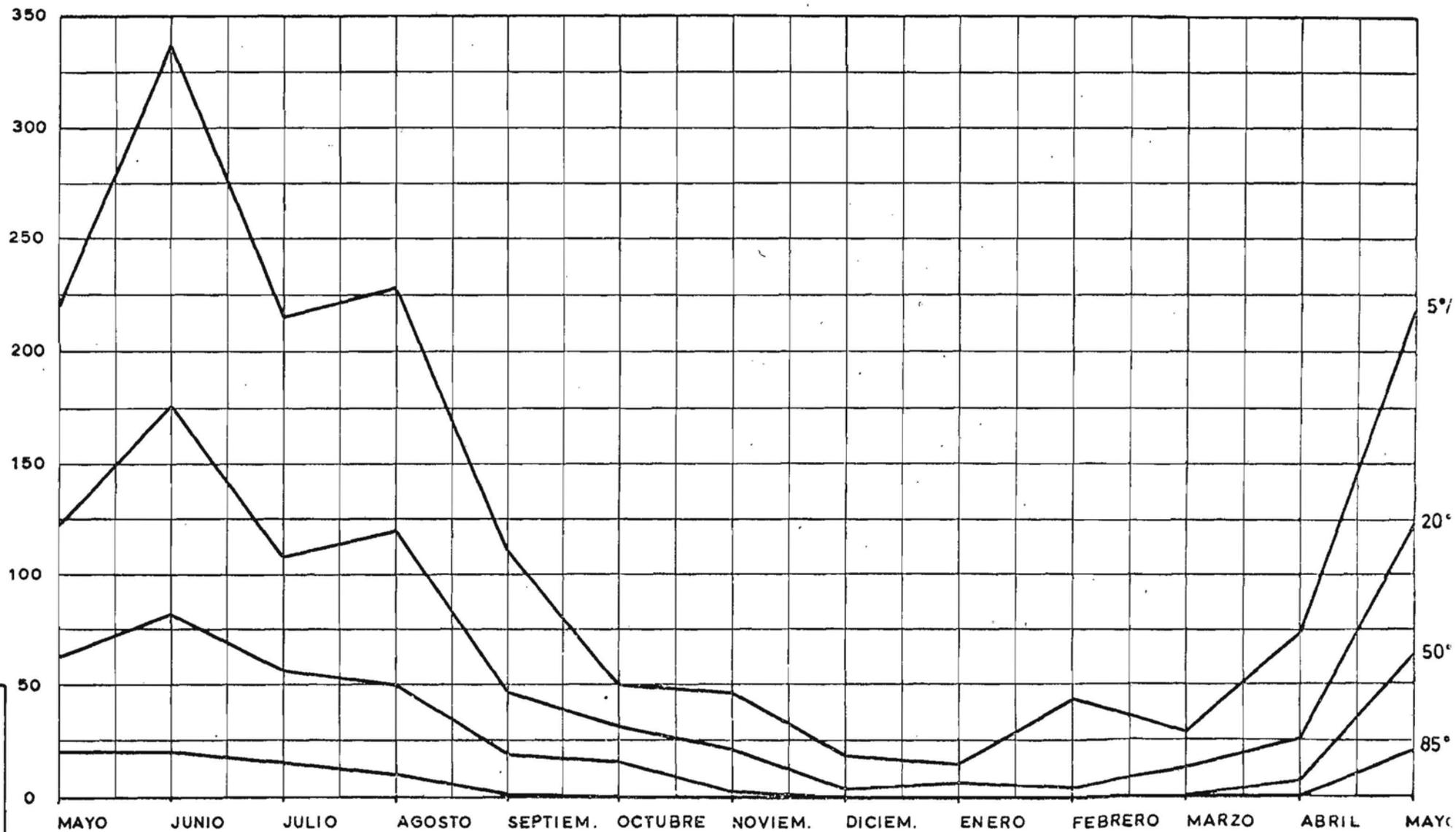


FIGURA 217

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AG-16 LIMACHE

Período : 1942 - 1978

PRECIPITACION

EN mm.

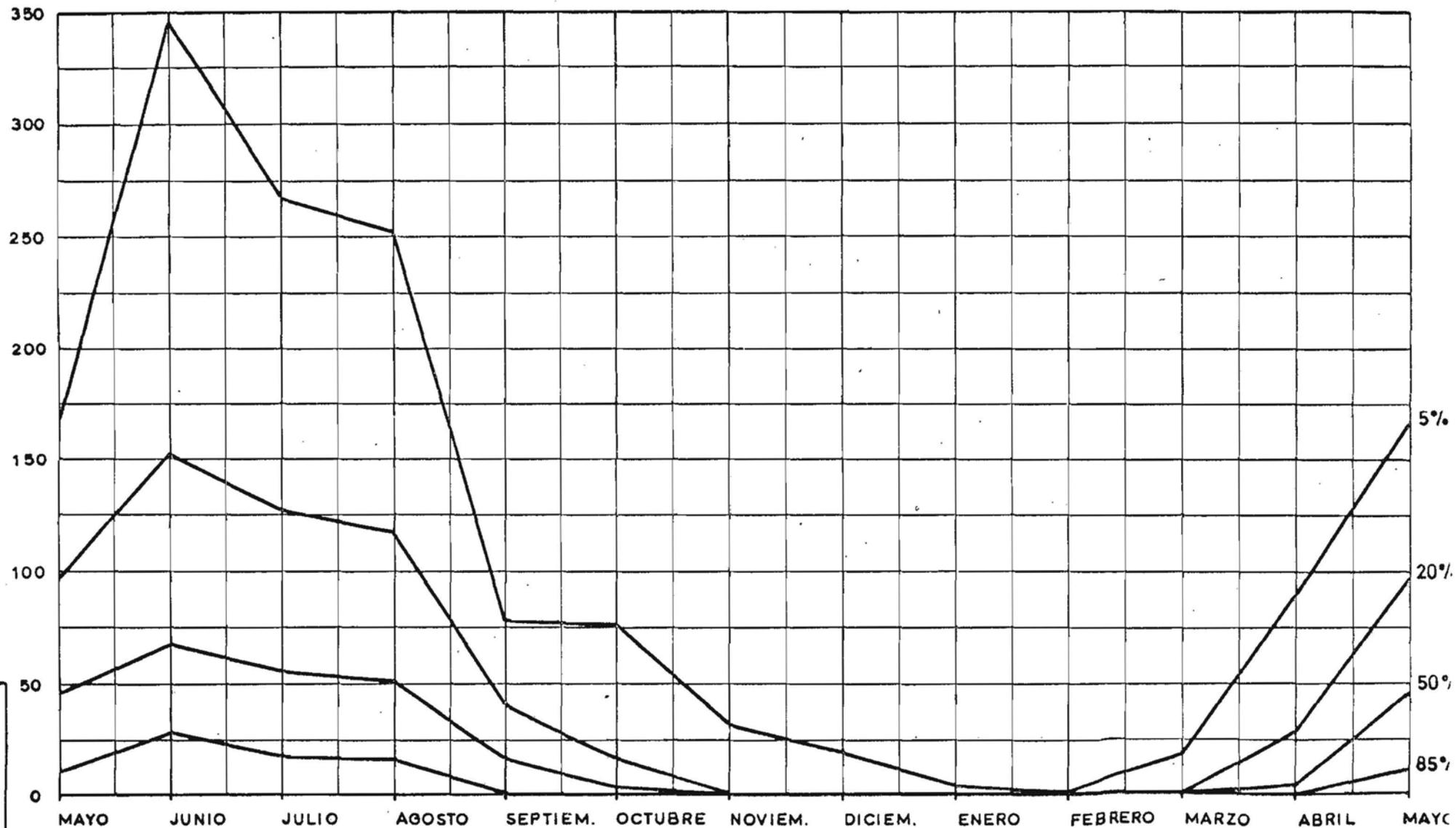


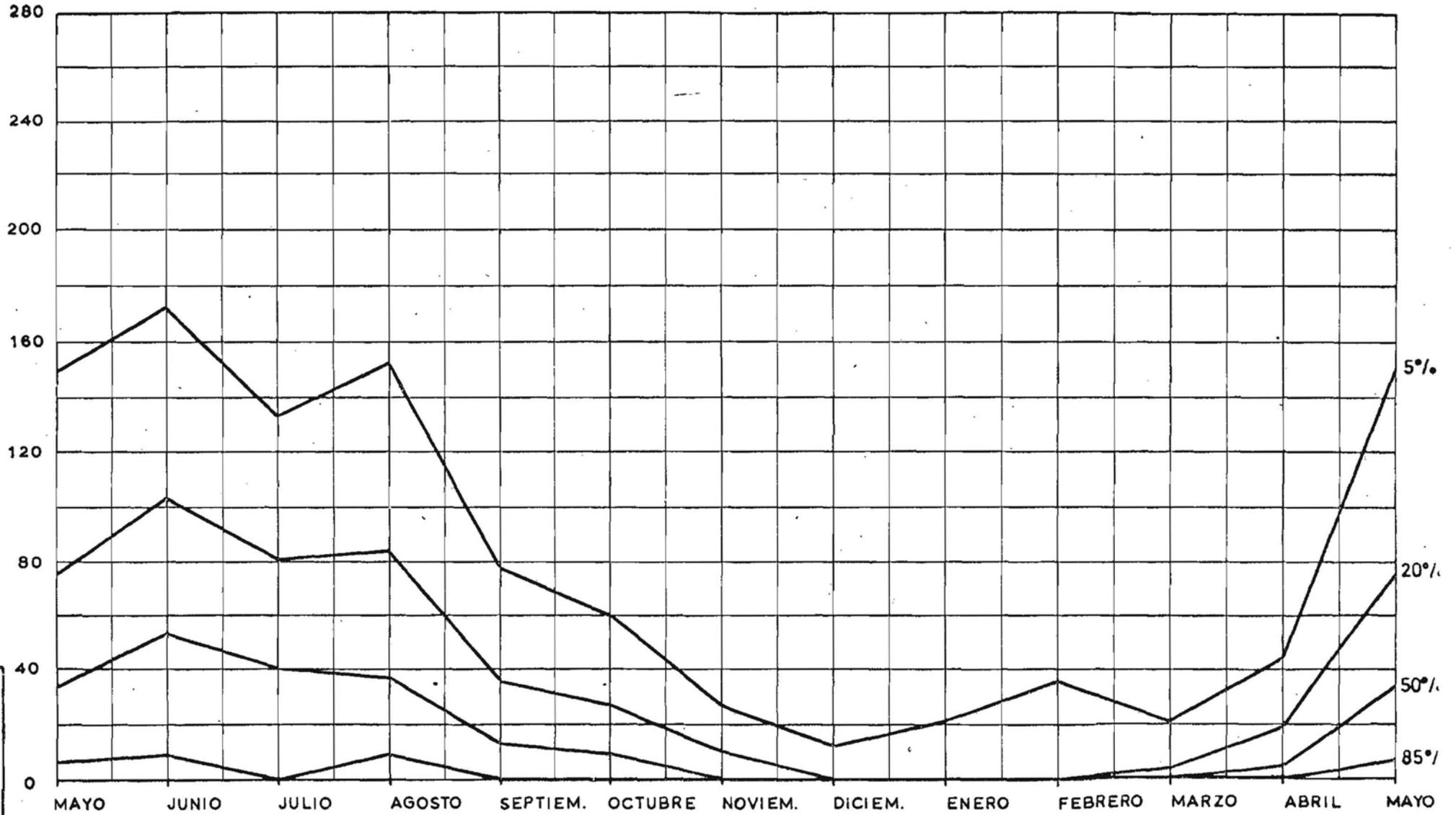
FIGURA 218

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AC-17 RESGUARDO LOS PATOS

Período : 1942 - 1976

PRECIPITACION
EN mm.



5%
20%
50%
85%
70

FIGURA 2.19

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AC-18 LAGUNITAS

Período : 1958-1976

PRECIPITACION
EN m.m.

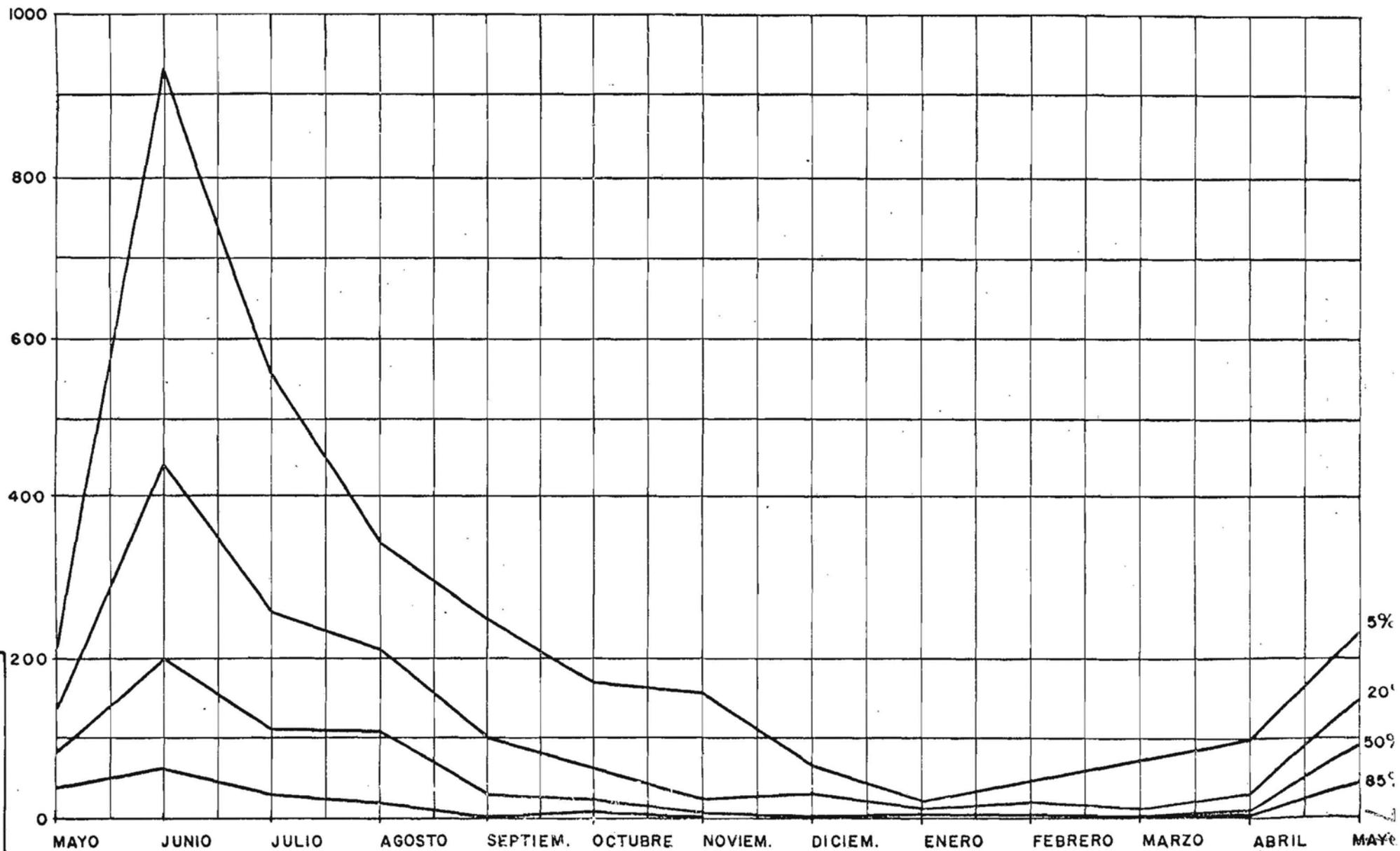


FIGURA 2.20

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : AM-3 VALPARAISO PUNTA ANGELES

Período : 1942-1976

PRECIPITACION

EN mm.

350

300

250

200

150

100

50

0

MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEM. OCTUBRE NOVIEM. DICIEM. ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO

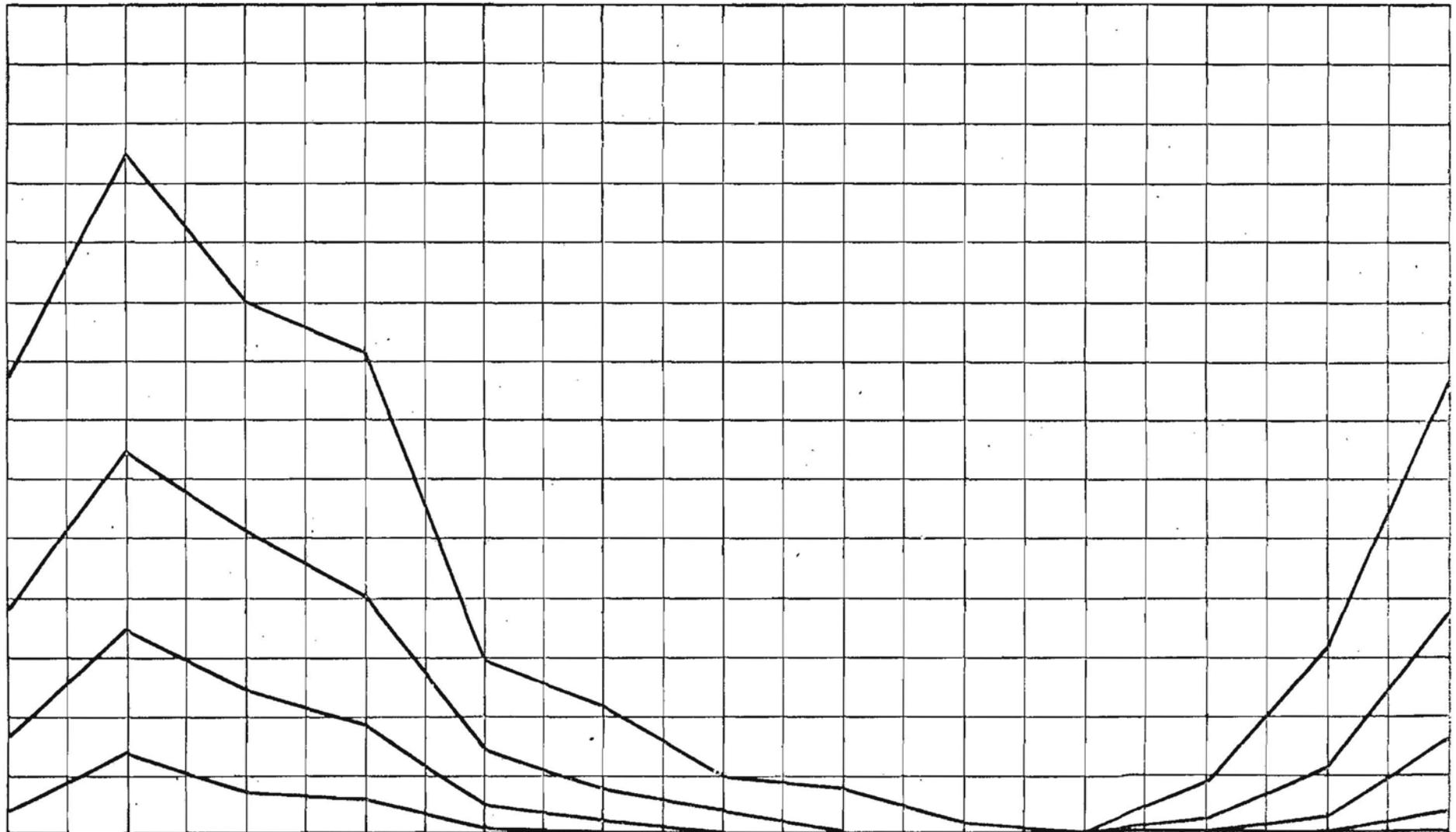
5%

20%

50%

85%

FIGURA 2.21



Se trazaron únicamente las isoyetas anuales correspondientes a la probabilidad de excedencia 50%. Con este plano, (Figura 2.22) y el correspondiente factor de frecuencia (Cuadro 2.16) se pueden estimar sin dificultad las precipitaciones anuales en puntos o zonas sin registros y para otras probabilidades de excedencia.

Para el trazado del plano de isoyetas se utilizaron las 58 estaciones ampliadas y corregidas al período 1942-1976, adoptándose además como estaciones de apoyo, los registros de 18 estaciones adicionales con estadística muy antigua o muy cortas, y cuyos promedios se ajustaron al período de estudio en base proporcional a las estaciones patrón. Dichas estaciones se indican en el propio plano de isoyetas con una nomenclatura especial.

Mención especial merece la extrapolación de las curvas isoyetas hacia las zonas altas cordilleranas donde no existe información pluviométrica. El trazado de estas curvas se hizo mediante un método de balance hidrológico a partir de la información fluviométrica disponible. En efecto; para valores promedios anuales en que las variaciones de almacenamiento se cancelan, la ecuación de balance hidrológico en una cuenca puede simplificarse a:

$$P - E = Q$$

donde,

P : precipitación media sobre la cuenca

E : evaporación media en la cuenca

Q : caudal medio de la cuenca en la sección de salida.

En consecuencia, en aquellas cuencas cordilleranas con control fluviométrico Q, podrá estimarse la precipitación media P, si se evalúa la evaporación E.

Esto se efectuó a través de un método de balance del tipo Thornthwaite.

Se dividió las cuencas en bandas de altura, imponiéndose una duración media de la cubierta de nieve en cada una de ellas y una capacidad de campo o humedad máxima de suelos decreciente con la altura.

Se evaluó la evaporación potencial en base a la información evaporimétrica existente y la evaporación potencial de nieve se supuso proporcional a ella de acuerdo a los antecedentes disponibles (1,2). Por último, dándose una ley de variación de la precipitación con la altura basada en la escasa información pluviométrica disponible y estudios teórico-experimentales al respecto (3) se fue ajustando la precipitación media en cada banda, en forma tal, que al evaluar mes a mes la evaporación real compatible con la precipitación, nieve o humedad de suelo existente, se produjesen los caudales medios medidos en cada cuenca.

Para el cálculo de la evaporación se supuso que un porcentaje de la precipitación pluvial mensual escurría cada mes.

Los porcentajes mínimos de la precipitación que escurren cada mes son los que se indican a continuación:

MES	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
% Precip. que escurre	0.15	0.15	0.15	0.15	0.05	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05

El método se aplicó a las cuencas controladas por las estaciones Juncal en Juncal, Blanco en Río Blanco, Aconcagua en Río Blanco, Colorado en Colorado, Putaendo en Resguardo, Alicahue en Colliguay y Sobrante en Piñadero.

El cálculo de los balances se incluye en los Cuadros A2.13 a A2.17 del Anexo 2 y los resultados finales obtenidos para cada cuenca se indican en el Cuadro 2.17.

Una explicación detallada del cálculo de los balances se adjunta al final del Anexo 2.

Las curvas de variaciones de precipitación con la altura resultantes para cada cuenca se indican en la Figura 2.23, en la que se incluye la curva teórica cualitativa que sirvió de base para iniciar los ajustes.

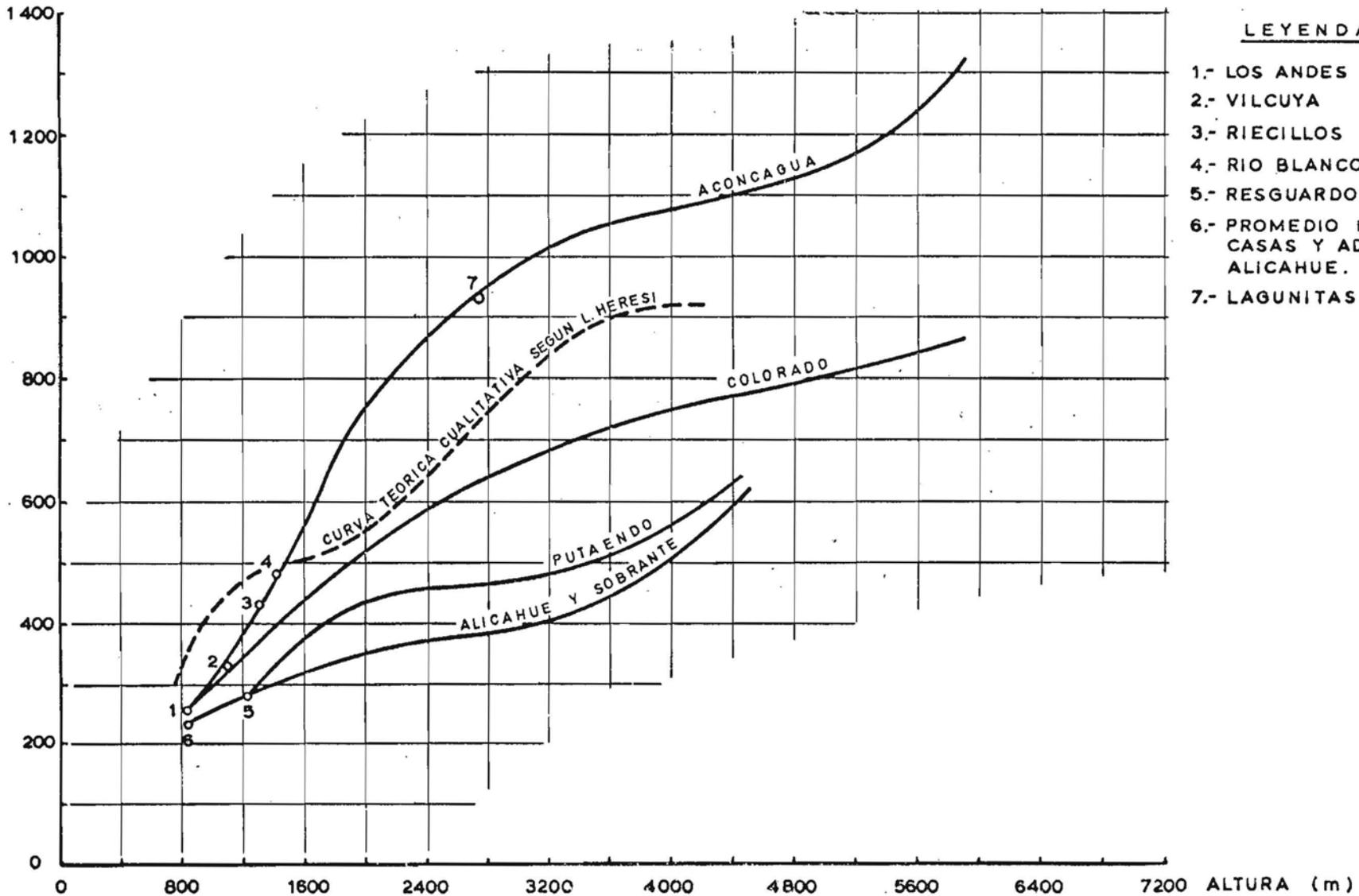
- (1) Espíldora, B. y L. Stowhas. - "Resumen de Investigaciones en Hidrología de Nieves". Primer Coloquio, Soc. Chilena de Ingeniería Hidráulica.
- (2) Stowhas, L. - "Simulation of Energy Budget and Melting Processes in Snowpack System under Data Constraints" M.S. Thesis. Universidad de California.
- (3) Heresi, L. - "Modelo Matemático de Simulación de Precipitación Orográfica"; U. de Chile; 1976.

CUADRO 2.17
RESUMEN DE BALANCES HIDROLOGICOS

Cuenca y Control	P. Est. mm/año	Ev. Est. mm/año	Q. Est. mm/año	Q. Med. mm/año	% Error
Juncal en Juncal	1.085.7	283.9	801.8	780.8	2.69
Blanco en R. Blanco	1.023.3	299.8	723.5	760.3	- 4.84
Aconc. en R. Blanco	1.021.6	299.7	721.9	713.7	1.15
Colorado en Colorado	690.8	271.2	419.6	360.0	2.42
Putando en R. L. Patos	493.3	255.7	237.6	256.6	- 7.40
Alicahue en Colliguay	366.5	256.6	109.9	100.9	8.92
Sobrante en Piñadero	385.9	282.7	103.2	102.8	0.39

VARIACION DE LA PRECIPITACION CON LA ALTURA

PRECIPITACION
(mm.)



LEYENDA

- 1.- LOS ANDES
- 2.- VILCUYA
- 3.- RIECILLOS
- 4.- RIO BLANCO
- 5.- RESGUARDO LOS PATOS
- 6.- PROMEDIO ENTRE LAS CASAS Y ADM. HACIENDA ALICAHUE.
- 7.- LAGUNITAS

FIGURA 2.23

Una tabulación de dichas curvas sirvió de base para el trazado del plano de isoyetas y se verificó que la precipitación promedio en cada cuenca estimada a partir de dicho plano coincidiese con la precipitación media dada por el balance.

Los resultados de los balances consideran precipitaciones medias, y dado que el plano de isoyetas corresponde a precipitaciones 50%, se corrigieron dichos resultados mediante un factor promedio de 1,06 para homogeneizarlos con el resto de las mencionadas curvas.

1.7 ANALISIS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS ANUALES.

El estudio de precipitaciones máximas en 24 horas se efectuó para 12 estaciones pluviométricas: Chincolco, Petorca, La Ligua, Catapilco, Puchuncaví, Putaendo E.A.P., San Felipe, Riecillos, Limache, Resguardo Los Patos, Lagunitas y Valparaíso Pta. Angeles. El criterio en la elección de las estaciones mencionadas fue que éstas tuvieran a lo menos 20 años con datos extremos. En el Cuadro A2.18 del Anexo 2 se incluye la estadística completa de precipitaciones máximas diarias anuales para las 12 estaciones contempladas.

El análisis de frecuencia de estas series fue realizado mediante el programa de Computación mencionado en el punto 2.4, utilizando la alternativa de escoger la distribución de mejor ajuste de entre las distribuciones Log-Normal de 3 parámetros, Gumbel o Extrema Tipo I y Gama de 3 parámetros.

La distribución de mejor ajuste fue la Log-Normal de 3 parámetros (66,6% de los casos), luego la Gumbel (33,4% de los casos) y no ajustándose ninguna Gama de 3 parámetros.

Las Figuras A2.59 a A2.69 del Anexo 2 muestran las curvas de frecuencia correspondientes a las distribuciones de mejor ajuste, para cada una de las 12 estaciones estudiadas.

El Cuadro 2.18 contiene un resumen de los resultados obtenidos, en términos de los parámetros estadísticos del análisis de frecuencia, como también las precipitaciones máximas diarias anuales para períodos de retorno de 10, 100 y 1.000 años.

CUADRO 2.18

RESUMEN ANALISIS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS ANUALES

Código Nombre Estación	Parámetros Estadísticos Principales								Precipitación para períodos de retorno de		
	X _{50%}	\bar{X}	σ	C _v	Valor máx.	Valor mín.	Rango	Distribución	10 años	100 años	1000 años
PE-1 Chicolco	36.5	39.5	18.4	0.47	106.0	18.0	88.0	Gumbel	59.9	89.0	117.7
PE-3 Petorca	42.6	45.1	15.1	0.34	97.0	21.0	76.0	Gumbel	65.0	92.9	120.2
LI-7 La Ligua	57.8	60.8	20.0	0.33	106.0	18.3	87.7	Gumbel	91.8	134.2	175.8
LA-2 Catapilco	64.8	67.2	23.8	0.35	134.0	24.0	110.0	Log Normal 3	99.4	135.1	166.5
LA-4 Puchuncaví	60.1	63.5	22.9	0.36	111.0	16.8	94.2	Gumbel	99.3	148.3	196.3
AC-1 Putaendo E.A.P.	52.7	57.1	25.1	0.44	127.0	18.3	108.7	Log Normal 3	91.8	141.0	191.4
AC-2 San Felipe	36.5	38.9	15.5	0.40	82.0	13.5	68.5	Log Normal 3	60.3	88.4	115.9
AC-14 Riecillos	62.5	64.3	23.1	0.36	110.0	21.0	89.0	Log Normal 3	95.4	127.8	155.1
AC-16 Limache	62.2	63.6	22.7	0.36	122.5	17.5	105.0	Log Normal 3	94.0	124.0	148.5
AC-17 Resguardo Los Patos	50.5	52.2	18.1	0.35	95.0	18.0	77.0	Log Normal 3	76.6	103.6	127.2
AC-18 Lagunitas	85.2	93.0	48.9	0.53	208.4	21.6	186.8	Log Normal 3	160.6	252.1	343.0
AM-3 Valpo. Pta. Angeles	48.6	51.4	16.8	0.33	93.	24.8	68.2	Log Normal 3	74.8	106.9	139.0

CAPITULO 3

3. ESTUDIO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL

3.1 INTRODUCCION

Los objetivos generales del estudio de escorrentía superficial en las cuencas de los ríos Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca son los siguientes:

- Elaborar las estadísticas definitivas de los registros fluviométricos disponibles en las cuencas en estudio.
- Caracterizar el régimen de escorrentía superficial en diferentes subcuencas con y sin control fluviométrico en las cuencas en estudio.
- Determinar la información sobre caudales en diferentes puntos y sectores de la cuenca que se requiera para desarrollar los estudios de regadío y de ingeniería de obras.
- Aportar antecedentes para la evaluación de balances hídrológicos en diferentes subcuencas y sectores de las cuencas en estudio.

En los puntos que siguen se describen brevemente los diversos aspectos y las etapas necesarias para lograr los objetivos generales planteados, incluyéndose los resultados principales y la discusión correspondiente de los mismos.

3.2 ESTACIONES FLUVIOMETRICAS CONSIDERADAS Y RECOPIACION DE LA INFORMACION BASICA CORRESPONDIENTE

La red fluviométrica de la zona en estudio se compone de 29 estaciones en los ríos Aconcagua y Putaendo, 3 estaciones en el río Ligua y 4 estaciones en el río Petorca.

La ubicación, características principales y registros de datos disponibles de estas estaciones, se indican en la Figura 3.1 y Cuadros 3.1 y 3.2, respectivamente.

CUADRO 3.1

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS CONSIDERADAS

CODIGO	ESTACION	DATOS OFICIALES DE LA DGA						DATOS CORREGIDOS POR EL ESTUDIO *			
		Año Inst.	Area Apor tante	Tipo	Al-tura	Lati-tud	Longi-tud	Area Apor tante	Al-tura	Lati-tud	Longi-tud
AC-1	Putando en Resguardo Los Patos	1939	927	Lm	1218	32°31'	70°36'	842	1175	32°30'	70°35'
AC-2	Canal Parry N°2	1962	-	Lm	630	32°45'	70°43'	-	630	32°45'	70°44'
AC-3	E. Quilpué en Desembocadura	1962	556	Lm	530	32°44'	70°45'	-	600	32°44'	70°45'
AC-4	E. Catemu en Desembocadura	1962	100	Lm	510	32°49'	71°00'	-	470	32°48'	70°59'
AC-5	E. Romeral en Desembocadura	1962	52	Lm	544	32°50'	71°05'	-	345	32°49'	71°04'
AC-6	Estac. Exper. Lliu-Lliu	1962	-	Lm-Lg	250	33°06'	71°14'	-	250	33°06'	71°13'
AC-7	Colorado en Colorado	1964	743	Lm	2520	32°50'	70°22'	836	1050	32°51'	70°25'
AC-8	Juncal en Juncal	1942	233	Lm-Lg	1800	32°52'	70°09'	227	1800	32°52'	70°09'
AC-9	Blanco en R. Blanco	1913	382	Lm-Lg	1420	32°55'	70°19'	380	1420	32°54'	70°18'
AC-10	Aconcagua en R. Blanco	1942	875	Lm-Lg	1420	32°55'	70°19'	866	1420	32°54'	70°18'
AC-11	Aconcagua en Los Quilos	1964	1100	Lm	1530	32°52'	70°20'	1100	1050	32°52'	70°24'
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	1913	2400	Lm-Lg	930	32°50'	70°34'	2057	930	32°51'	70°31'
AC-13	Pocuro en El Sifón	1962	228	Lm	1000	32°52'	70°35'	228	1070	32°55'	70°33'
AC-14	Pocuro en Desembocadura	1962	173	Lm	830	32°46'	70°43'	-	660	32°46'	70°43'
AC-15	Aconcagua en San Felipe	1962	2734	Lm-Lg	650	32°45'	70°44'	2734	625	32°45'	70°44'
AC-16	E. Lo Campo en Desembocadura	1962	90	Lm	550	32°48'	70°48'	-	460	32°48'	70°54'
AC-17	Aconcagua en Romeral	1946	5476	Lm-Lg	310	32°49'	71°04'	5638	310	32°50'	71°02'
AC-18	Los Loros en Las Vegas	1962	159	Lm	315	32°49'	70°59'	-	315	32°50'	71°00'
AC-19	C. Las Vegas en Bocatoma	1962	-	Lm	320	32°49'	71°00'	-	320	32°50'	71°00'
AC-20	Aconcagua en Pte. Lo Rojas	1962	6194	Lm	170	32°49'	71°15'	6194	170	32°47'	71°15'
AC-21	E. Rabuco en Fdo. Rabuco	1959	106	Lm	300	32°50'	71°10'	-	280	32°50'	71°07'

CUADRO 3.1
(Continuación)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS CONSIDERADAS

CODIGO	ESTACION	DATOS OFICIALES DE LA DGA					DATOS CORREGIDOS POR EL ESTUDIO *				
		Año Inst	Area Apor tante	Tipo	Al- tura	Lati- tud	Longi- tud	Area Apor tante	Al- tura	Lati- tud	Longi- tud
AC-22	Aconcagua en Tabolango	1963	6478	Lm	60	32°56'	71°22'	-	60	32°56'	71°22'
AC-23	Aconcagua en Pte. Boco	1962	6531	Lm	115	32°53'	71°16'	6531	115	32°53'	71°16'
AC-24	Litre en Panamericana	1962	383	Lm	220	32°47'	71°12'	-	190	32°46'	71°12'
AC-25	Aconcagua en Panamericana	1962	-	Lm	210	32°51'	71°07'	-	296	32°51'	71°06'
AC-26	E. Lo Rojas en Desembocadura	1962	30	Lm	170	32°53'	71°15'	-	170	32°48'	71°15'
AC-27	E. Limache en Desembocadura	1970	571	Lm-Lg	120	32°58'	71°24'	-	50	32°57'	71°26'
AC-28	E. Lo Campó Ag. Abajo C. Molino	1972	-	Lm	-	Estadística no disponible en DGA		-	-	Estadística no disponible en DGA	
AC-29	E. Las Vegas Ag. Abajo C. L. Vegas	1972	-	Lm	-	Estadística no disponible en DGA		-	-	Estadística no disponible en DGA	
LI-1	Alicahue en Colliguay	1963	265	Lm-Lg	1780	32°19'	70°40'	300	880	32°19'	70°44'
LI-2	Ligua en Placilla	1964	1734	Lm	130	32°28'	71°20'	1734	70	32°26'	71°17'
LI-3	La Cerrada en Embalse	1974	-	-	-	-	-	119.5	725	32°22'	70°45'
PE-1	Tejada en Pedernal	1963	164	Lm-Lg	1080	32°07'	70°48'	81.5	1300	32°04'	70°45'
PE-2	Sobrante en Peñadero	1963	224	Lm-Lg	1300	32°14'	70°43'	224	1150	32°14'	70°43'
PE-3	Las Palmas en Palquico	1974	-	Lm	-	-	-	-	450	32°17'	71°08'
PE-4	Chalaco en C. Larga	1974	-	Lm	-	-	-	-	725	32°11'	70°48'
NUEVA	Petorca en el Peñón	1978	-	Lm	-	-	-	-	400	32°16'	70°59'
NUEVA	Petorca en Longotoma (Pte. F.C.)	1978	-	Lm	-	-	-	-	40	32°23'	71°23'
NUEVA	Ligua en Pullalli	1978	-	Lm	-	-	-	-	60	32°26'	71°18'

* Datos estimados de planchetas y avances topográficos escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar.

CUADRO 3.2

DIAGRAMA DE BARRAS DE LA ESTADISTICA FLUVIOMETRICA

CODIGO	ESTACION	CONTROL	AÑOS												AÑOS COMPLET	AÑOS INCOMPL			
			1942																
AC-1	PUTAENDO EN RESGUARDO LOS PATOS	DGA																27	8
AC-2	CANAL PARRY N°2	DGA																9	3
AC-3	E. QUILPUE EN DESEMBOCADURA	DGA																2	7
AC-4	E. CATEMU EN DESEMBOCADURA	DGA																9	6
AC-5	E. ROMERAL EN DESEMBOCADURA	DGA																6	5
AC-6	EST. EXPERIMENTAL LLIU-LLIU	UCN																9	2
AC-7	COLORADO EN COLORADO	DGA																10	6
AC-8	JUNCAL EN JUNCAL	DGA																25	10
AC-9	BLANCO EN RIO BLANCO	DGA																20	5
AC-10	ACONCAGUA EN RIO BLANCO	DGA-END																33	2
AC-11	ACONCAGUA EN LOS QUILOS	DGA																8	2
AC-12	ACONCAGUA EN CHACABUQUITO	DGA																31	4
AC-13	POCURO EN EL SIFON	DGA																23	9
AC-14	POCURO EN DESEMBOCADURA	DGA																10	5
AC-15	ACONCAGUA EN SAN FELIPE	DGA																4	10
AC-16	E. LO CAMPO EN DESEMBOCADURA	DGA																13	2
AC-17	ACONCAGUA EN ROMERAL	DGA																7	7
AC-18	LAS VEGAS EN LAS VEGAS	DGA																5	7
AC-19	C LAS VEGAS EN BOCATOMA	DGA																7	6
AC-20	ACONCAGUA EN PIE. LO ROJAS	DGA																0	4
AC-21	E. RABUCO EN FDO RABUCO	DGA																12	3
AC-22	ACONCAGUA EN TABOLANGO	DGA																2	5
AC-23	ACONCAGUA EN PIE. BOCO	DGA																1	4
AC-24	LITRE EN PANAMERICANA	DGA																0	2
AC-25	ACONCAGUA EN PANAMERICANA	DGA																	
AC-26	E. LO ROJAS EN DESEMBOCADURA	DGA																2	2
AC-27	E. LIMACHE EN DESEMBOCADURA	DGA																0	2
AC-28	E. LO CAMPO AGUAS ABAJO C. MOLINO	CORFO-DGA																	
AC-29	E. LAS VEGAS AGUAS ABAJO C. L. VEGAS	CORFO-DGA																	
LI-1	ALICAHUE EN COLLIGUAY																	21	2
LI-2	LIGUA EN PLACILLA	DGA																2	4
LI-3	LA CERRADA EN EMBALSE	DGA																	
PE-1	TEJADA EN PEDERNAL	DGA																4	3
PE-2	SOBRANTE EN PEÑADERO	DGA																7	8
PE-3	LAS PALMAS EN FALQUICO	DGA																2	1
PE-4	CHALACO EN C. LARGA	DGA																	

REGISTROS LIMNIOGRAFICOS REGISTROS LIMNIMETRICOS REGISTROS INCOMPLETOS

El período estadístico considerado abarca desde el año hidrológico 42-43 hasta el año hidrológico 76-77. Este período se eligió en consideración a que muy pocas estaciones tienen datos anteriores al año 1942 y a que un período de 35 años se estima suficiente para los propósitos de los estudios a realizar.

La información fluviométrica utilizada en este estudio fue recopilada directamente de la Dirección General de Aguas (D.G.A.), ENDESA y de diversas publicaciones disponibles que se consignan en la bibliografía.

La información fluviométrica original recopilada se presenta en los Cuadros A 3.1 a A 3.34 del Anexo 3, incluyendo las estaciones de Choa en Cuncumén y Arrayán en la Montosa; ambas fuera de la zona en estudio, pero se emplearon como apoyo en los análisis efectuados.

Del diagrama de barras del Cuadro 3.2 se desprende que de las 36 estaciones existentes, hay 5 estaciones cuya estadística no está traducida o disponible y 8 de ellas disponen de menos de 5 años de registro aún incompletos, no conteniendo el mínimo de información suficiente que se estima necesario para someterlas a cualquier tipo de análisis.

Las 23 estaciones restantes se pueden agrupar en primera instancia en los siguientes grupos:

i) Estaciones Cordilleranas:

- Juncal en Juncal
- Blanco en Río Blanco
- Aconcagua en Río Blanco
- Colorado en Colorado
- Aconcagua en Los Quilos

ii) Estaciones de Cabecera, Sistema Aconcagua

- Putaendo en Resguardo Los Patos
- Aconcagua en Chacabuquito
- Pocuro en El Sifón

iii) Estaciones de Cabecera, Ligua y Petorca

- Tejada en Pedernal
- Sobrante en Peñadero
- Alicahue en Colliguay

- iv) Estaciones de Cierres Intermedios
 - Pocuro en Desembocadura
 - Aconcagua en San Felipe
 - Aconcagua en Romeral
 - Aconcagua en Tabolango

- v) Esteros Laterales en Desembocadura
 - Catemu en Desembocadura
 - Romeral en Desembocadura
 - Lo Campo en Desembocadura
 - Las Vegas en Las Vegas
 - Rabuco en Fdo. Rabuco

- vi) Canales
 - Canal Parry N° 2
 - Canal Las Vegas en Bocatoma

- vii) Especiales
 - Estación Experimental Lliu-Lliu

Las estadísticas más completas y largas corresponden a las estaciones cordilleranas y de cabecera de valles. Del resto de las estaciones, ninguna sobrepasa los 15 años de estadística y con información bastante más incompleta.

Cabe señalar que en las zonas bajas de los ríos Ligua y Petorca no existe ninguna estación con el mínimo de información requerida.

Para paliar en parte esta deficiencia y poder obtener alguna información en puntos que resultaban indispensables para establecer cierres de balance y punto de verificación de la simulación del sistema, se debió financiar la instalación por la D.G.A. de tres estaciones limnimétricas en las partes bajas de las cuencas. Estas estaciones son: Petorca en el Peñón, Petorca en Longotoma (Puente del Ferrocarril) y Ligua en Quínquimo. Estas estaciones han sido operadas por CICA durante el transcurso del proyecto.

3.3 ANALISIS DE LOS REGISTROS FLUVIOMETRICOS ANUALES Y MENSUALES

Dada, por una parte, la cantidad y calidad de la información disponible y por otra la necesidad y uso requerido de dicha información, se optó por corregir, rellenar y extender a todo el período estadístico elegido, es decir, del año hidrológico 42-43 al año 76-77, todas las estaciones cordilleranas y de cabecera de valles:

En cambio, la estadística de las estaciones que evalúan la distribución de los recursos dentro del sistema, es decir, las estaciones ubicadas en las cuentas intermedias y que sólo serían utilizadas como cierres y apoyo al modelo de simulación general, no fueron extendidas a todo el período, sino sólo rellenas y corregidas en el período comprendido entre los años hidrológicos 62-63 y 76-77 en que se cuenta con mayor cantidad de información conjunta.

3.3.1 Análisis de las estaciones cordilleranas y de cabecera de valle del río Aconcagua.

3.3.1.1 Ríos Juncal, Blanco y Aconcagua

Despreciando la estadística de la estación Aconcagua en Los Quilos, cuyos registros son muy cortos (además de que no aportan información adicional a la contenida en las demás estaciones), se inició la verificación de la estadística aplicando el método de las curvas doble acumuladas. Se definió un primer patrón formado por las estaciones Juncal en Juncal, Blanco en Río Blanco, Aconcagua en Río Blanco y Aconcagua en Chacabucuito. Se graficaron, en consecuencia, tanto las curvas acumuladas de cada una de las estaciones versus el patrón, expresados en forma de gastos específicos, como las curvas acumuladas de los caudales estimados para la misma estación a través de una correlación con el patrón. Esta última alternativa permite obviar algunas de las restricciones del método de curvas doble acumuladas al ser aplicado a estadísticas de caudales (requerimiento de linealidad entre variables).

Los resultados de este análisis, mostraron la existencia de quiebres y discontinuidades en las curvas doble acumuladas.

Un análisis más detallado de la información mensual disponible, permitió detectar inconsistencias manifiestas en algunos datos, como ser, disminuciones significativas no justificables de caudal hacia aguas abajo, o caudales aguas abajo de una junta menores que la suma de los afluentes.

Para poner de manifiesto estas inconsistencias se recurrió a un método de correlaciones cruzadas entre las estadísticas mensuales de las distintas estaciones, lo que permite declarar malos o al menos dudosos a todos aquellos registros que muestren una dispersión mayor que la normal en más de una de las correlaciones en que participa.

Se confeccionaron correlaciones mes a mes entre las siguientes estaciones:

- Juncal en Juncal + Blanco en Río Blanco vs Aconcagua en Río Blanco
- Aconcagua en Río Blanco vs Aconcagua en Chacabuquito
- Aconcagua en Chacabuquito vs Juncal en Juncal + Blanco en Río Blanco
- Blanco en Río Blanco vs Juncal en Juncal
- Juncal en Juncal vs Aconcagua en Río Blanco

Este conjunto de correlaciones permitió detectar los datos que podrían ser considerados dudosos por la alta dispersión que presentaban. Estos fueron investigados en sus fuentes de origen (D.G.A. o ENDESA) y se comprobó que la mayoría de los casos correspondía a valores medios mensuales calculados con mediciones de pocos días en el mes, o coincidían con problemas de medición, tales como instrumentos defectuosos o extrapolaciones inciertas de las curvas de descarga.

Comprobada de esta manera la eficacia del método para detectar inconsistencias, se procedió tanto a corregir los errores manifiestos como a rellenar datos inexistentes y a extender la estadística del río Blanco en Río Blanco hasta el año 1942.

Cabe destacar que la estimación de los valores inexistentes se hizo, no a través de la ecuación de regresión de una correlación en particular, sino calzando un valor que hiciera mínima la dispersión en por lo menos dos correlaciones.

Las correlaciones obtenidas se incluyen en un Archivo Especial al final de este informe, que contiene los antecedentes de detalle, que quedan así documentados para estudios futuros de puesta al día de la información hidrológica.

Con los valores corregidos y extendidos se construyeron nuevas curvas doble acumuladas y se repitió el proceso hasta llegar a un tercer patrón cuyas curvas doble acumuladas mostraron una homogeneidad satisfactoria.

Las estadísticas definitivas de estas cuatro estaciones se incluyen en los Cuadros A3.37; A3.38; A3.39 y A3.40 distinguiéndose entre datos originales, corregidos y rellenados.

Con el propósito de darle mayor extensión territorial al patrón, se incorporó a él, tras verificar su homogeneidad, la estadística de la estación Choapa en Cuncumén, llegando así a constituirse el denominado PATRON 4. La homogeneidad de las estaciones del Aconcagua respecto a este nuevo patrón, se mantuvo, como puede apreciarse en las Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6.

3.3.1.2 Río Colorado en Desembocadura

La información disponible en la DGA respecto a esta estación es de corta duración, frecuentes interrupciones y de acuerdo a la propia DGA, de dudosa calidad. No corresponde además a régimen natural, ya que no incluye el caudal del canal Colorado - Los Quilos, que toma parte importante de los recursos en ciertas épocas del año. Para aumentar la base de información, se consideraron como estadísticas originales, datos antiguos presentados en los estudios de los ingenieros Srs. P. Kleiman y F. Rodríguez según se consigna en la bibliografía.

Para rellenar, extender y verificar esta estadística, se efectuaron correlaciones mensuales entre Colorado en Desembocadura vs la diferencia entre Aconcagua en Chacabuquito y Aconcagua en Río Blanco, apoyadas en algunos casos con aforos aislados disponibles en la DGA. Se impuso la condición de que Colorado en Colorado no podía ser mayor que la diferencia entre las estaciones señaladas más los recursos derivados por el canal Chacabuco - Polpaico.

La estadística rellenada y corregida, así obtenida, se incluye en el Cuadro A 3.36 y la homogeneidad con respecto al patrón 4 se verifica en la curva doble acumuladas de la Figura 3.7.

En todo caso, la estadística obtenida sólo debe considerarse como una estimación de los recursos del Río Colorado dada la escasa base de información original disponible.

CURVA DOBLE ACUMULADA
 AC-8 JUNCAL EN JUNCAL

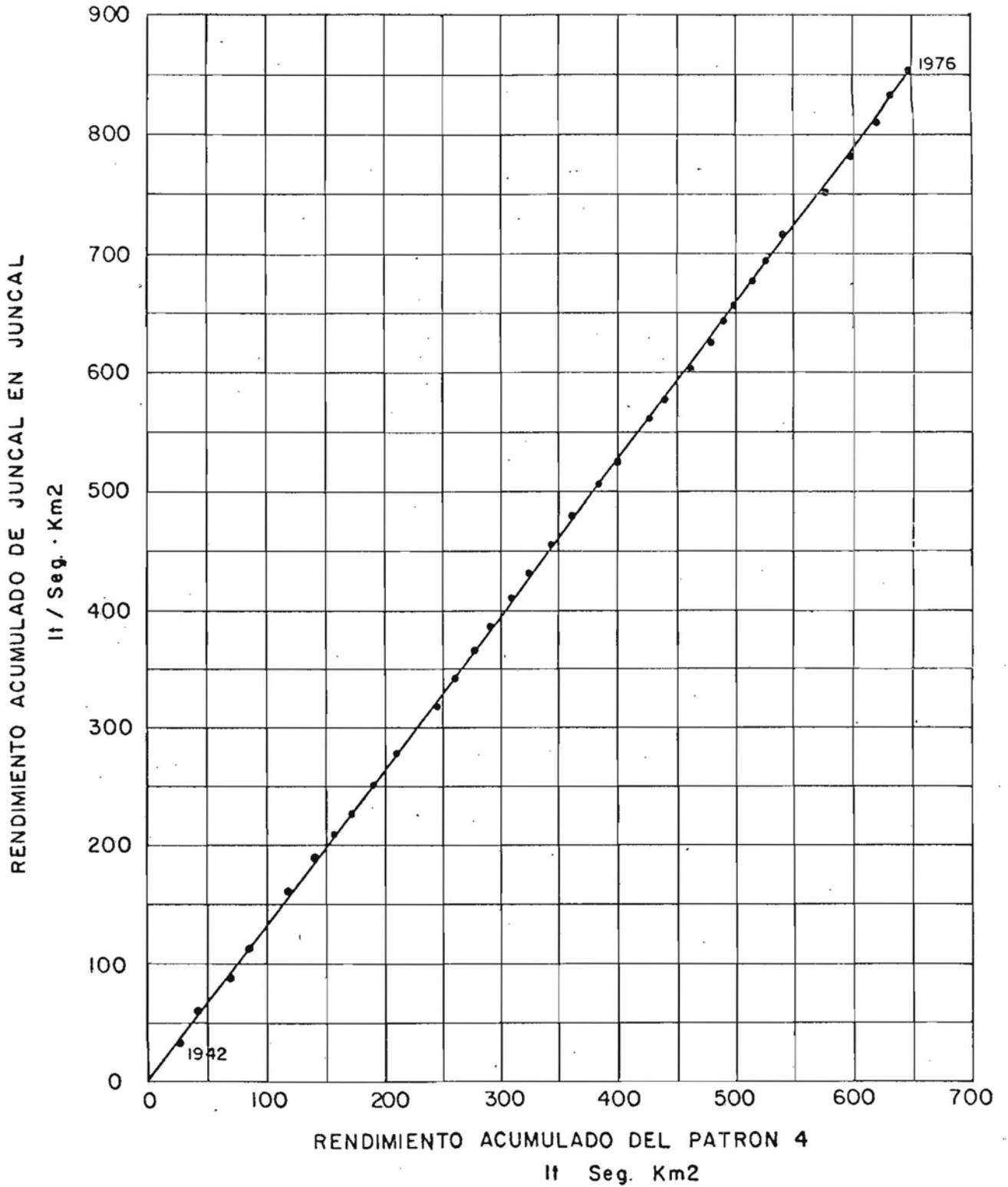


FIGURA 3.2

CURVA DOBLE ACUMULADA
AC-12 ACONCAGUA EN CHACABUQUITO

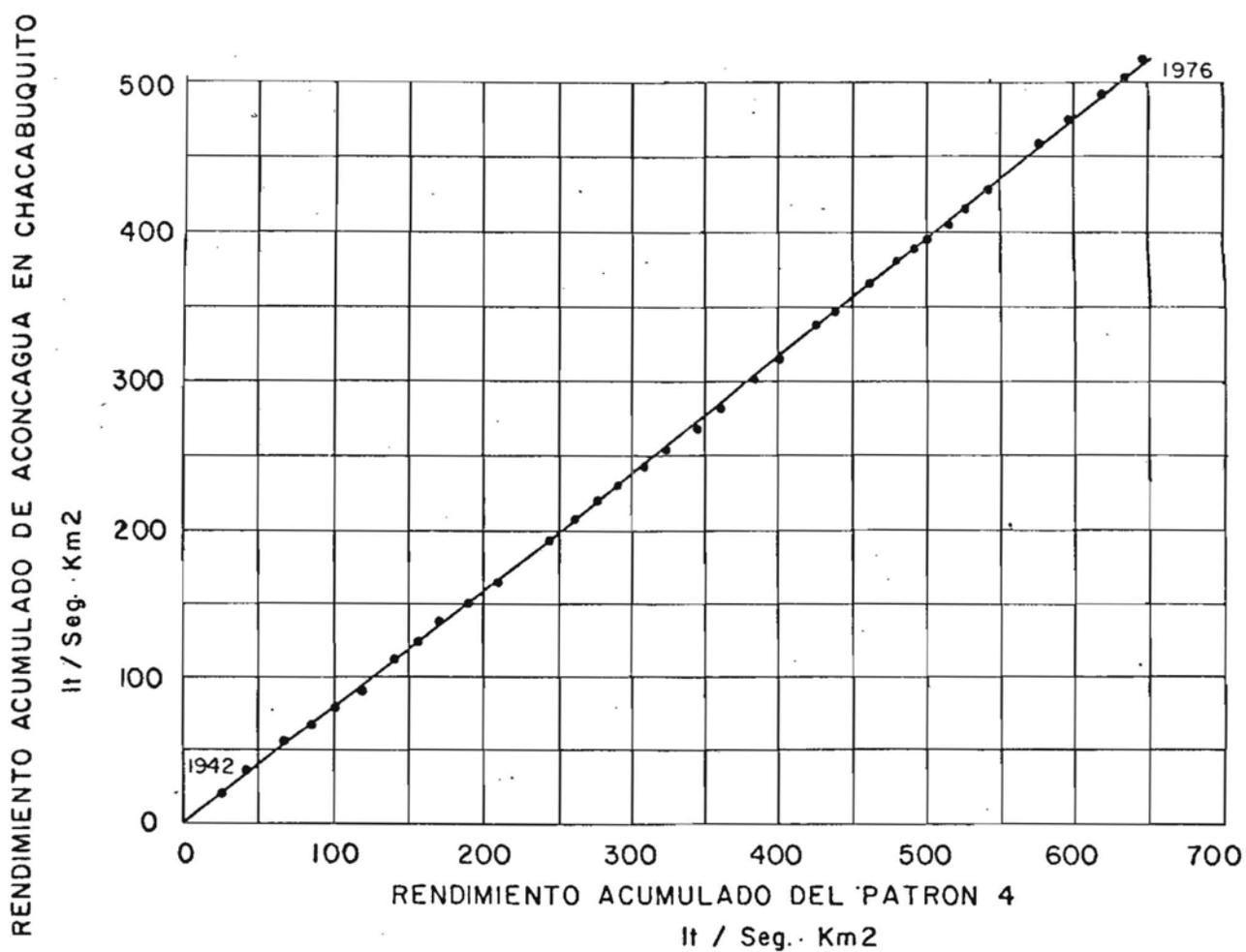


FIGURA 3.3

CURVA DOBLE ACUMULADA

AC-10 ACONCAGUA EN RIO BLANCO

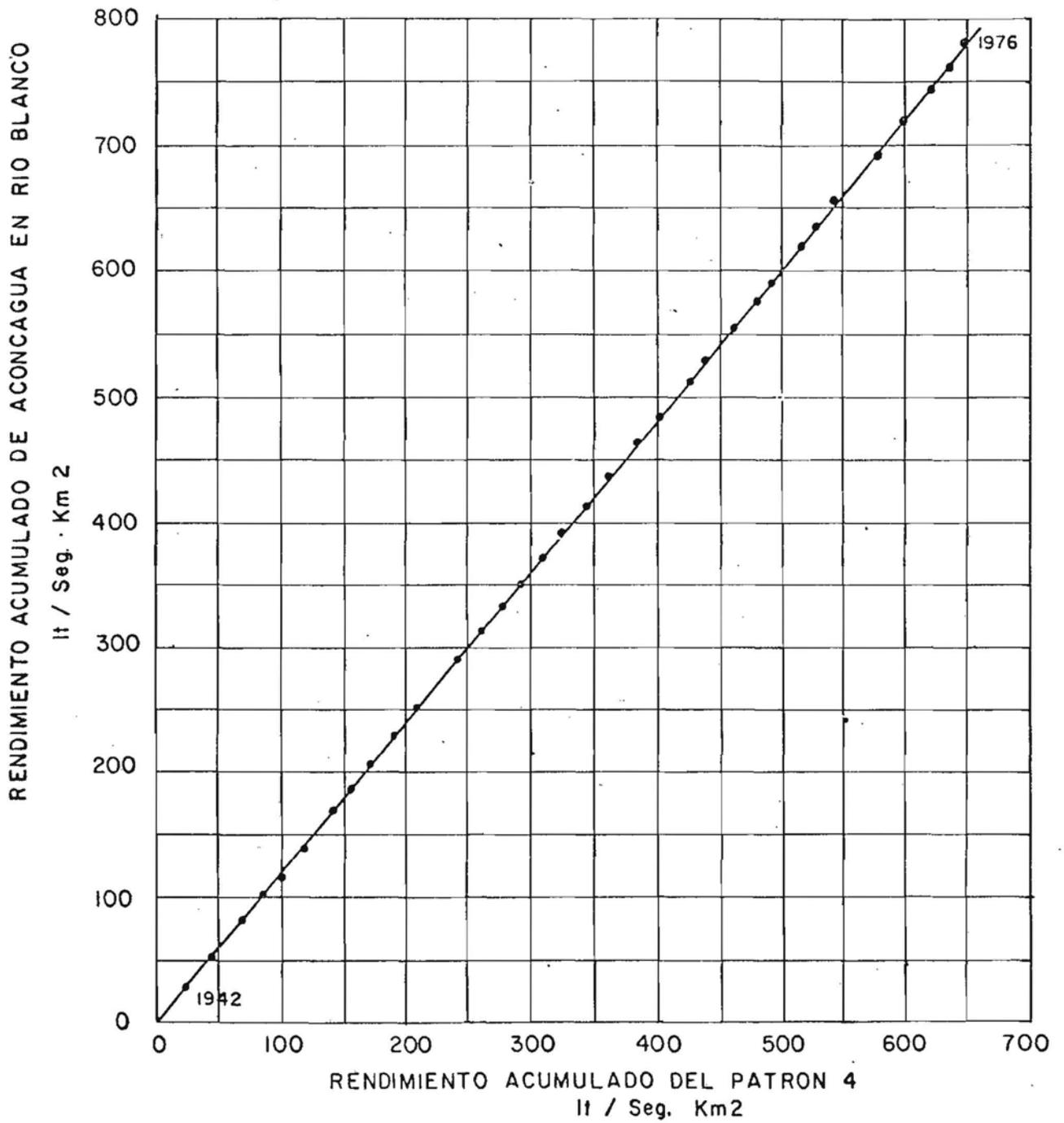


FIGURA 3.4

CURVA DOBLE ACUMULADA
 AC-9 BLANCO EN RIO BLANCO

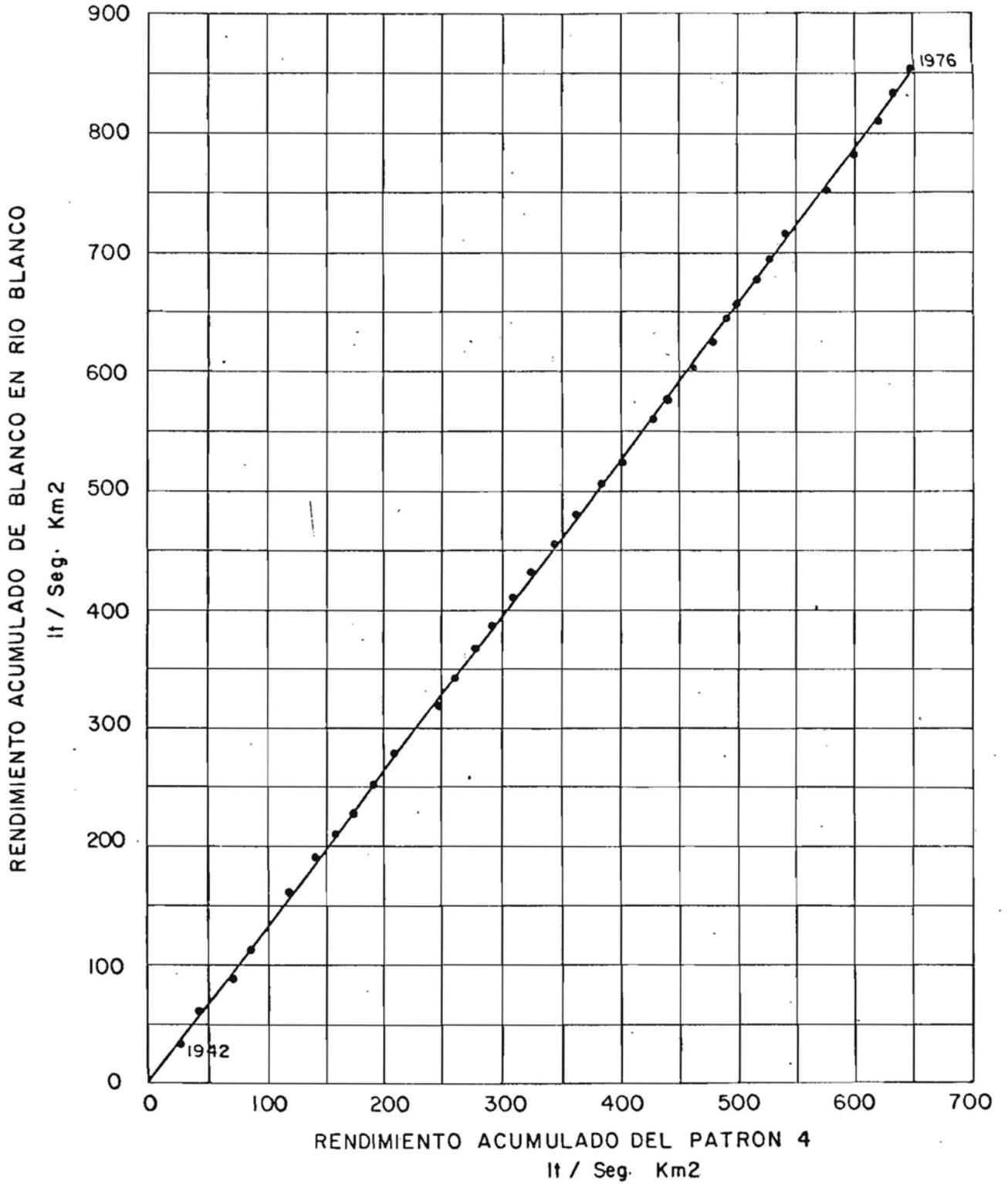


FIGURA 3.5

CURVA DOBLE ACUMULADA CHOAPA EN CUNCUMEN

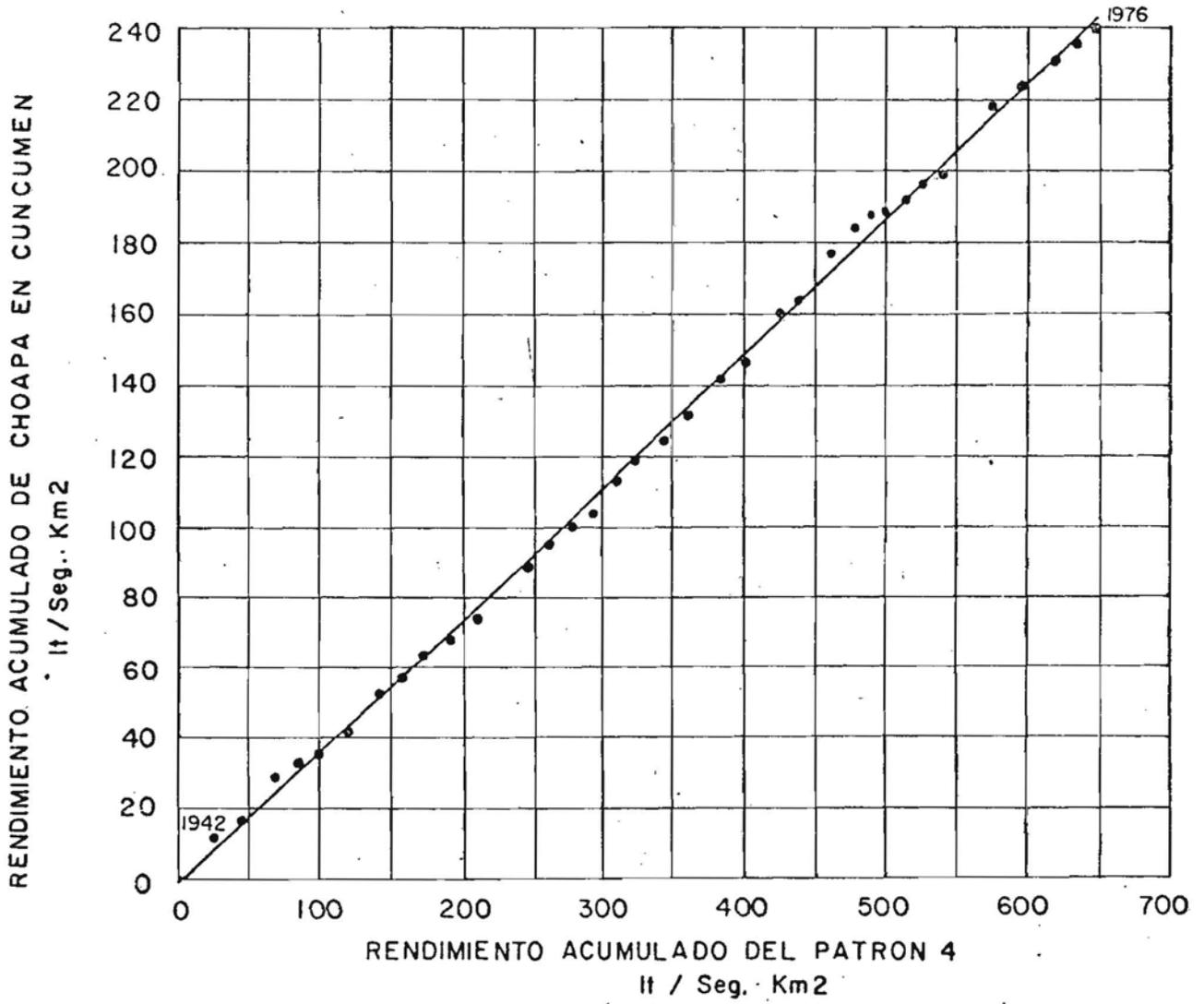


FIGURA 3.6

CURVA DOBLE ACUMULADA AC-7 COLORADO EN COLORADO

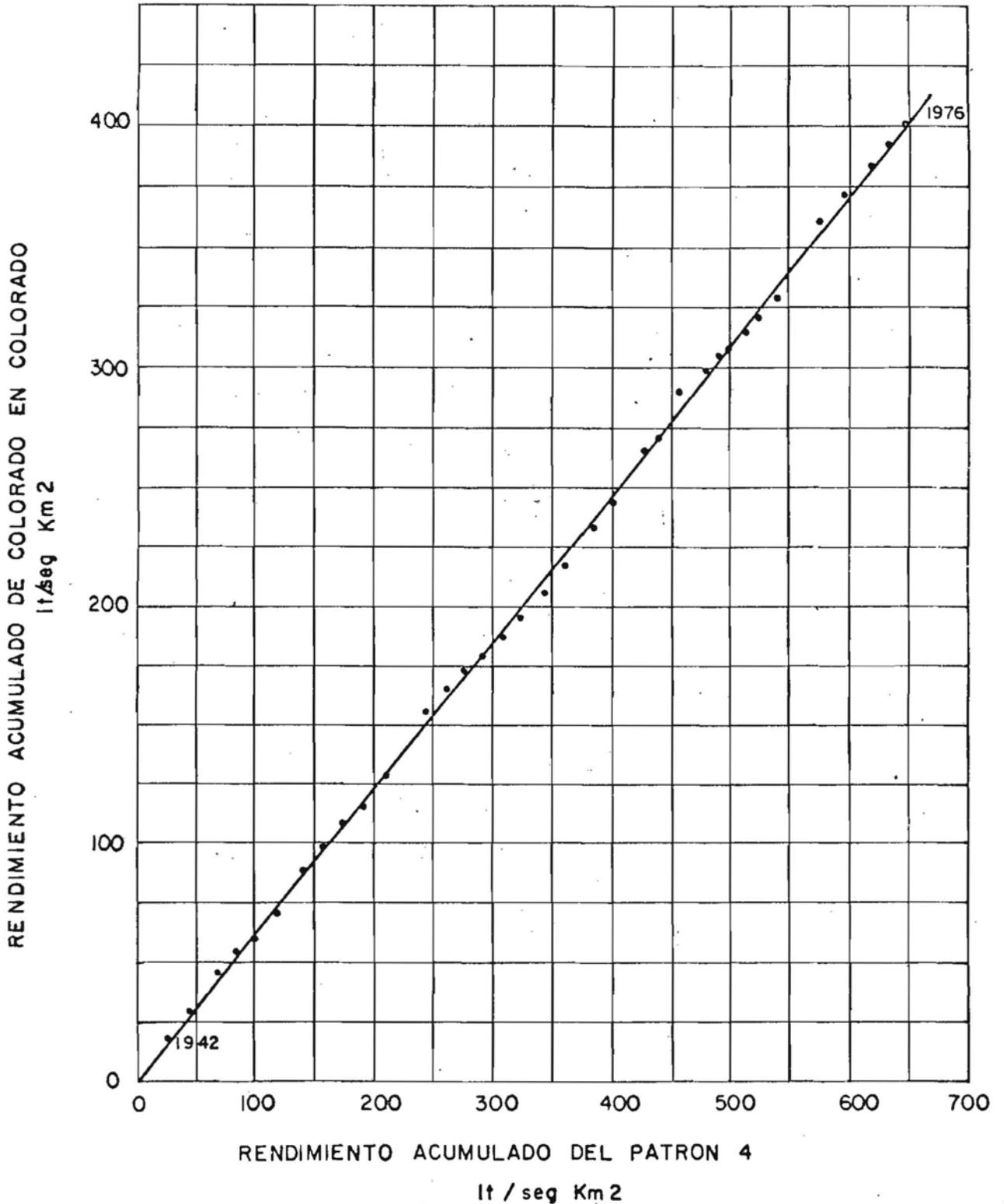


FIGURA 3.7

3.3.1.3 Pocuro en El Sifón

La corrección y relleno de la estadística de la estación Pocuro en el Sifón se apoyó en correlaciones mensuales entre las estaciones Pocuro en El Sifón, Aconcagua en Chacabuquito, Pocuro en Desembocadura y Arrayán en La Montosa (MAIPO), siguiendo el procedimiento descrito en 3.3.1.1.

La curva doble acumulada final obtenida vs el patrón 4 se incluye en la Figura 3.8 y la estadística definitiva correspondiente, en el Cuadro A 3.41.

3.3.2 Análisis de las estaciones de cabecera de valle de los ríos Putaendo, Ligua y Petorca

3.3.2.1 Putaendo en Resguardo Los Patos, Alicahue en Colliguay y Sobrante en Peñadero.

A pesar de que el Río Putaendo es afluente al Río Aconcagua, la estación Putaendo en Resguardo Los Patos fue analizada en conjunto con las estaciones de Ligua y Petorca, debido a que cálculos preliminares demostraron que poseía un régimen similar a éstas y que de esta manera es posible aumentar la escasa cantidad de información en estas cuencas. De hecho, ninguna de ellas cubre la totalidad del período estadístico de 35 años adoptado.

Para corregir, rellenar y extender las estadísticas de este Sector se aplicó el método de correlaciones cruzadas entre las siguientes estaciones:

Putaendo en Resguardo Los Patos vs Alicahue en Colliguay
 Alicahue en Colliguay vs Sobrante en Peñadero
 Sobrante en Peñadero vs Choapa en Cuncumén
 Choapa en Cuncumén vs Putaendo en Resguardo Los Patos

Las correlaciones obtenidas se incluyen en el Archivo Especial referido en 3.3.1.1.

Respecto a la estación de Alicahue en Colliguay controlada por la DGA, se consideró para su extensión la estadística Alicahue en Colliguay, Particular, proporcionada por el Ing. Sr. Jorge Silva M.

CURVA DOBLE ACUMULADO
 AC-13 POCURO EN EL SIFON

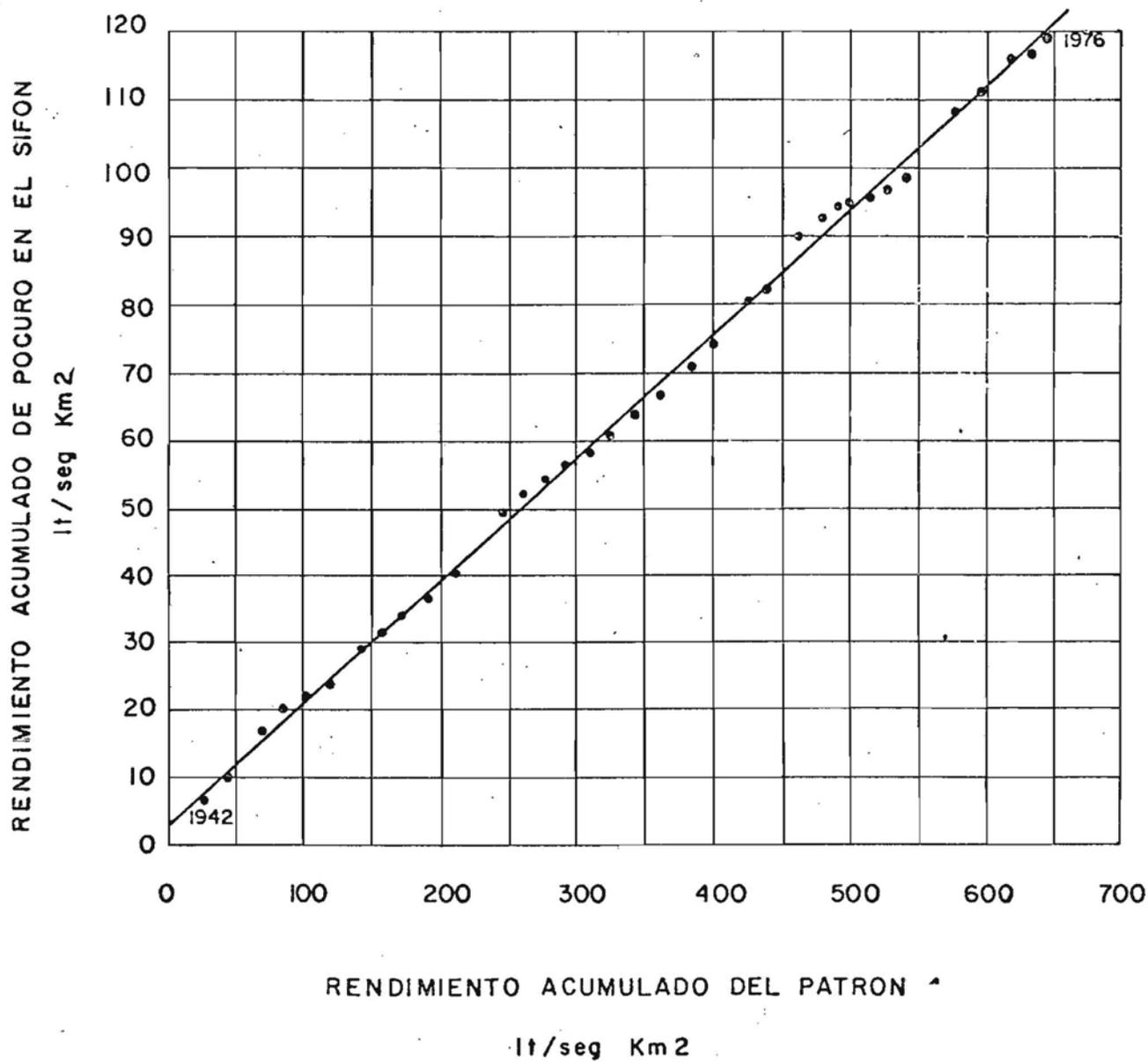


FIGURA 3.8

Se observó que la curva de Putaendo en Resguardo Los Patos resultaba poco satisfactoria y que las curvas de Alicahue en Colliguay y Sobrante en Peñadero mostraban, en ambos casos, quiebres significativos los años 1965 y 1971, en períodos que no habían sido modificados por las correlaciones.

Esta coincidencia en los quiebres llevó a pensar en una variación real del régimen de escorrentía, por lo que se confeccionó un nuevo patrón (PATRON 5), que representara mejor el régimen de escorrentía en las cuencas de Ligua y Petorca.

El Patrón 5 quedó integrado por Putaendo en Resguardo Los Patos, Alicahue en Colliguay, Sobrante en Peñadero y Choapa en Cuncumén.

Al trazar las curvas doble acumuladas de las cuatro estaciones vs el Patrón 5, éstas resultaron homogéneas. Las curvas doble acumuladas obtenidas se presentan en las Figuras 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 y las estadísticas definitivas en los Cuadros A 3.35, A 3.46 y A 3.48.

3.3.2.2 Tejada en Pedernal

Para la extensión y relleno de la estación Tejada en Pedernal se aplicó el método de las correlaciones cruzadas basado en las siguientes correlaciones:

Tejada en Pedernal vs Alicahue en Colliguay
 Alicahue en Colliguay vs Sobrante en Peñadero
 Sobrante en Peñadero vs Tejada en Pedernal

En este caso, los resultados se verificaron además a través de una correlación anual de Tejada en Pedernal vs Putaendo en Resguardo Los Patos, ya que esta última estación era la única que disponía de estadística original en los primeros años del período considerado.

Una vez rellena y extendida la estadística, se verificó su homogeneidad con el Patrón 5, resultando homogénea. La curva doble acumulada correspondiente se incluye en la Figura 3.13 y la estadística definitiva correspondiente, en el Cuadro A 3.47.

CURVA DOBLE ACUMULADA

AC-I PUTAENDO EN RESGUARDO LOS PATOS

RENDIMIENTO ACUMULADO DE PUTAENDO EN RESGUARDO LOS PATOS

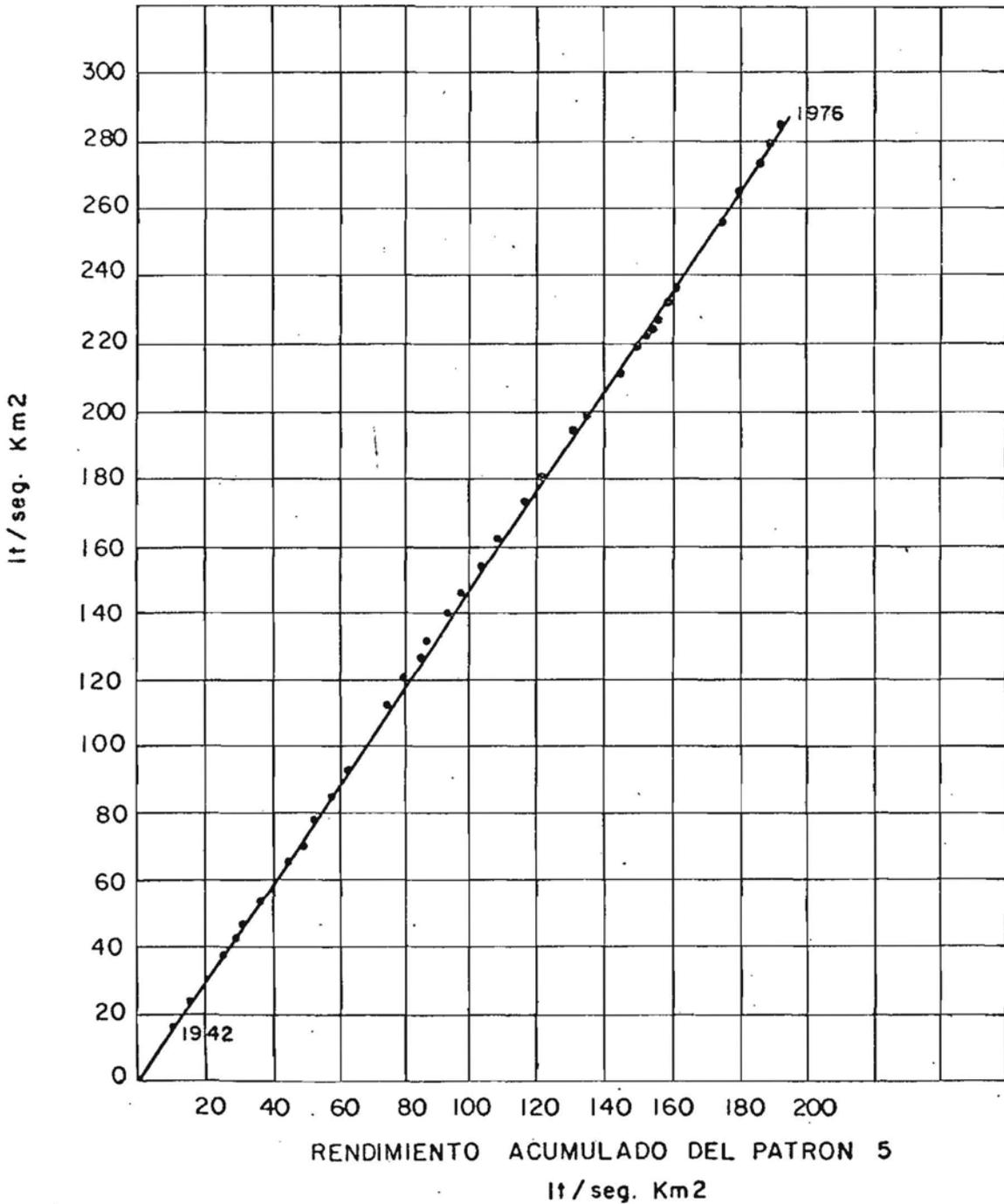


FIGURA 3.9

CURVA DOBLE ACUMULADA
 LI-1 ALICAHUE EN COLLIGUAY

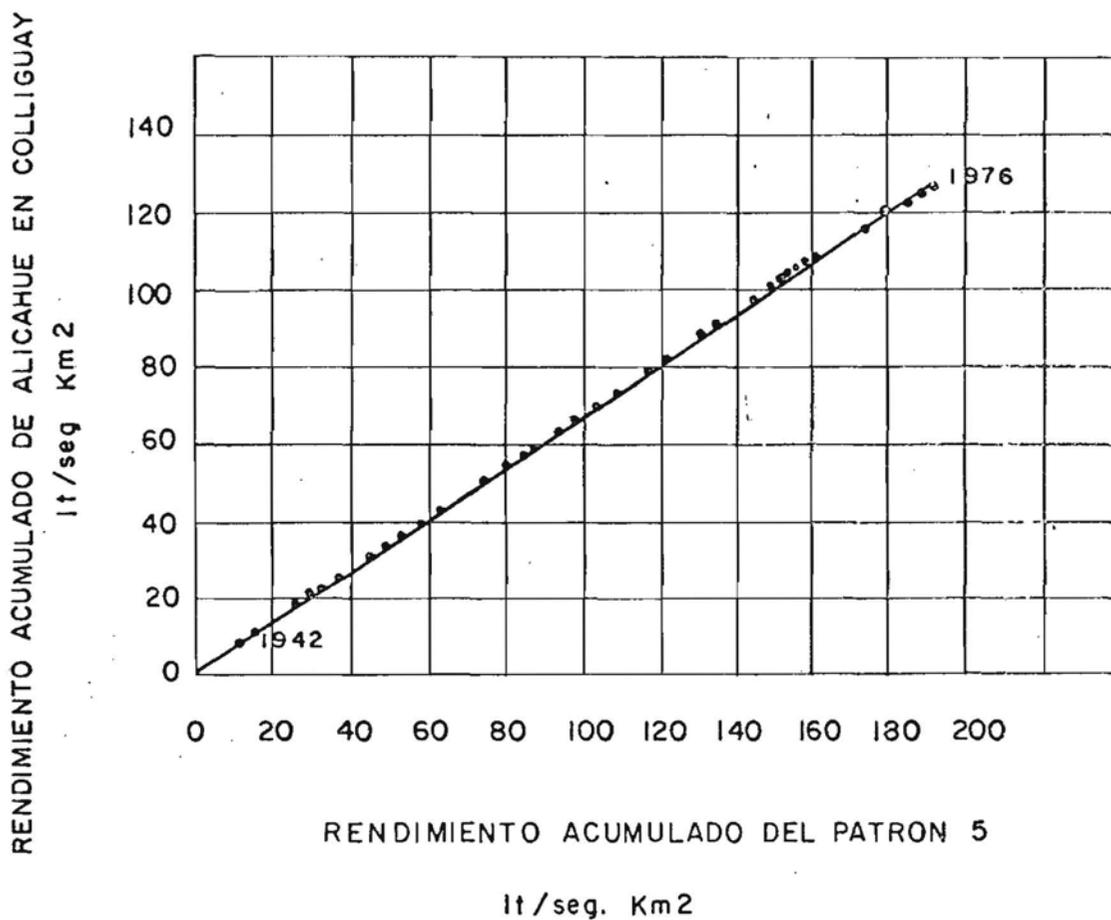


FIGURA 3.10

CURVA DOBLE ACUMULADA
PE-2 SOBRENTE EN PEÑADERO

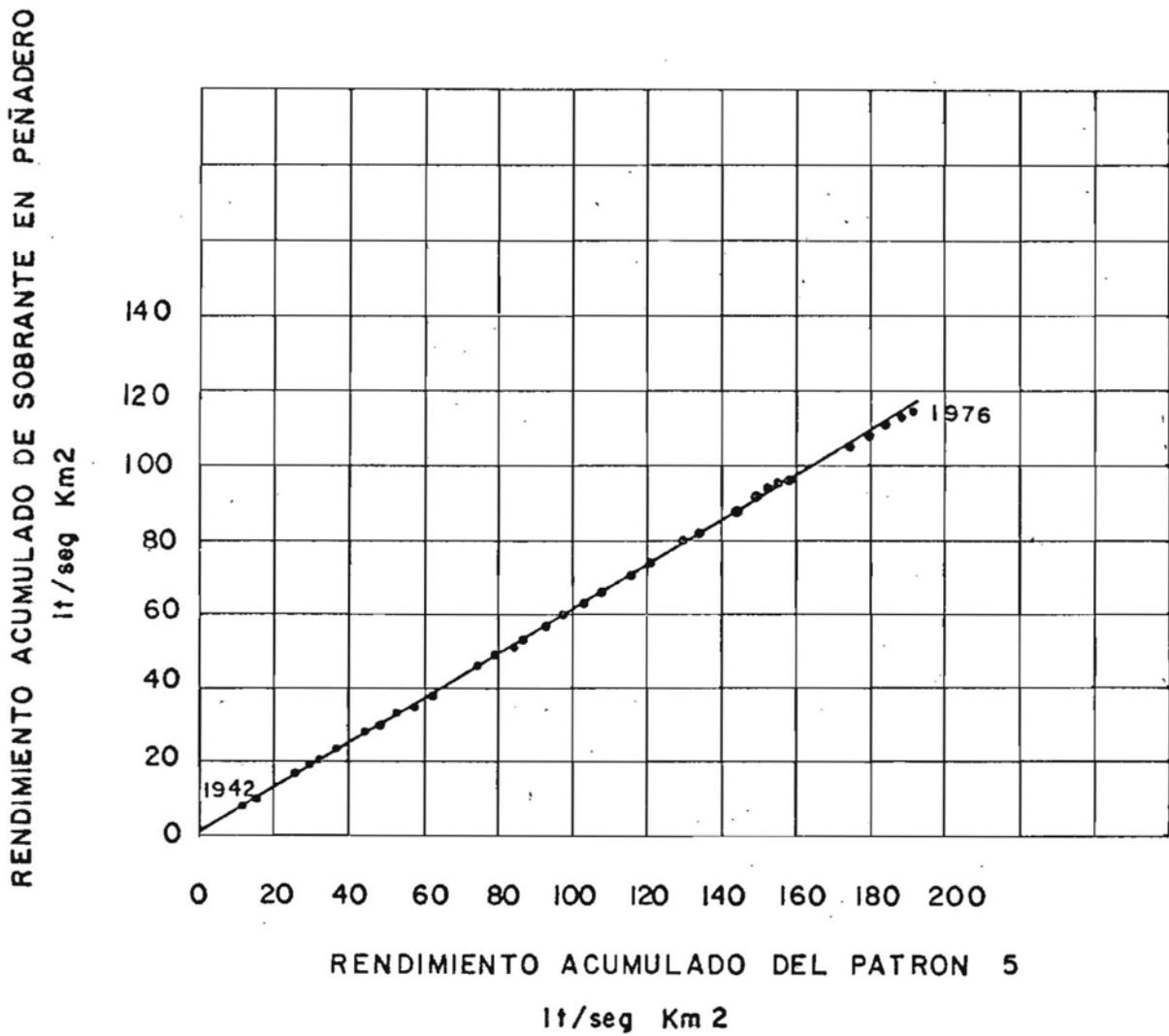


FIGURA 3.11

CURVA DOBLE ACUMULADA

CHOAPA EN CUNCUMEN

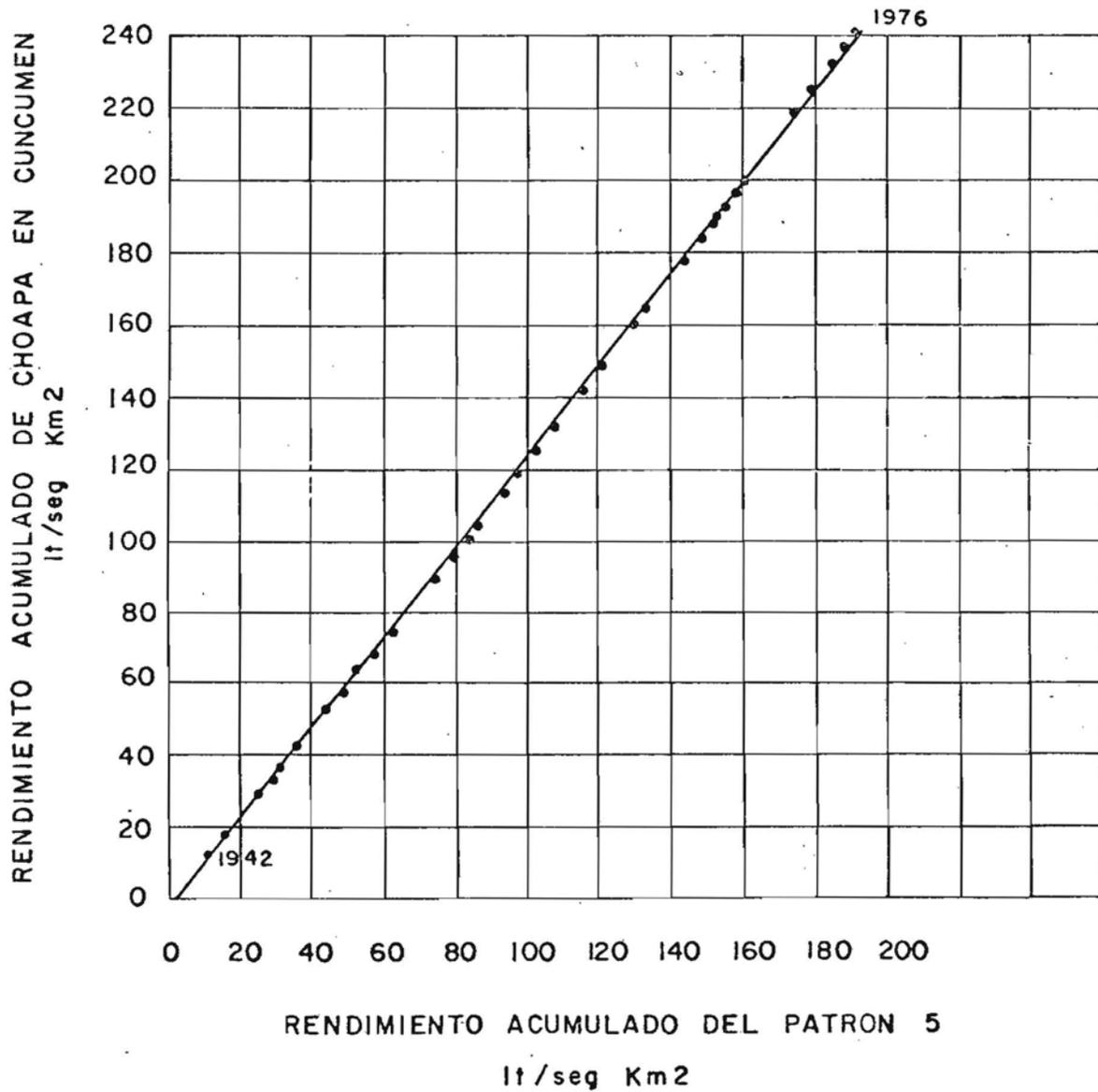


FIGURA 3.12

CURVA DOBLE ACUMULADA
PE-I TEJADA EN PEDERNAL

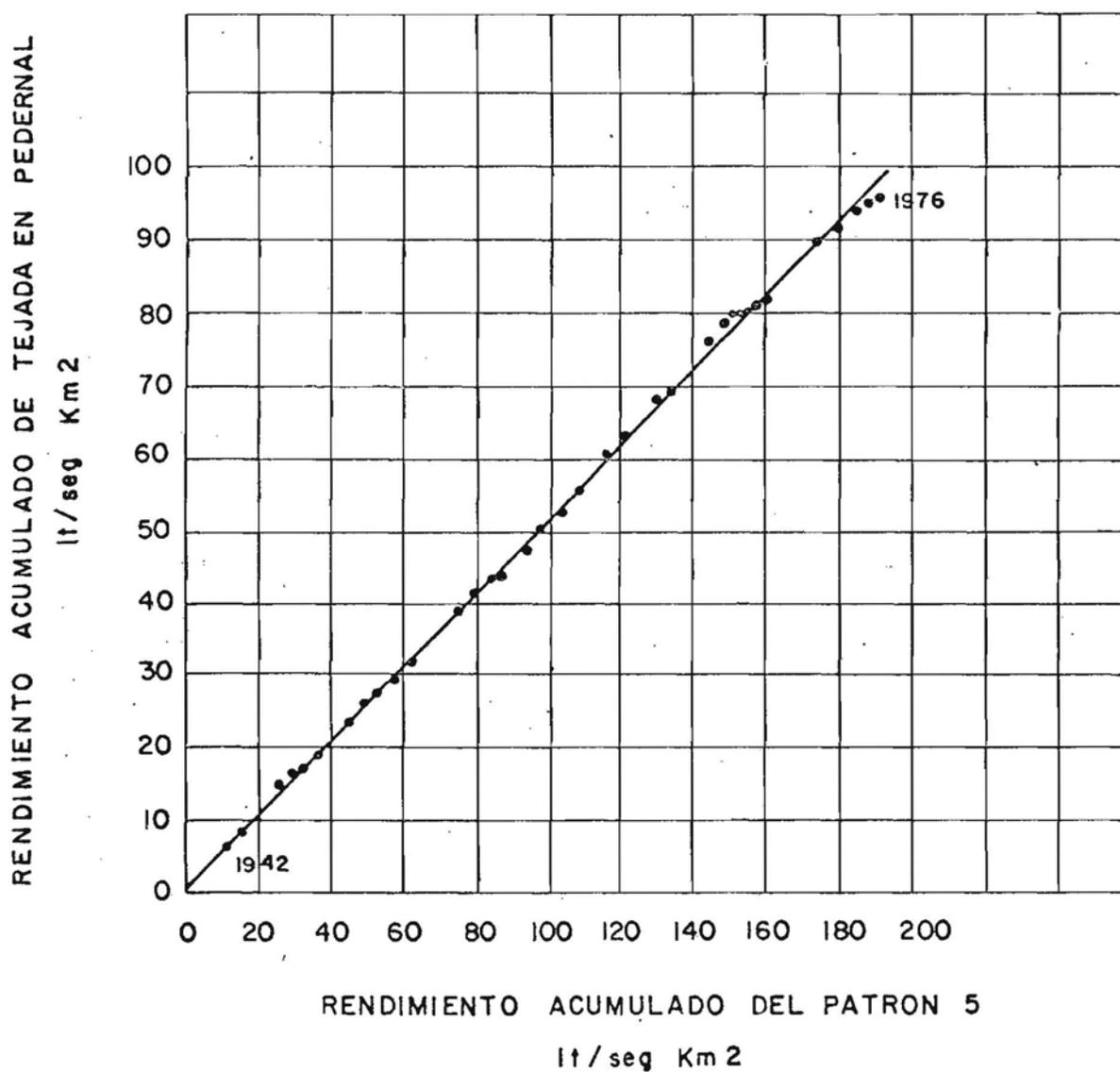


FIGURA 3.13

3.3.3 Estaciones Intermedias

Como se mencionó anteriormente, dada la menor calidad de la estadística de estas estaciones y considerando que ellas no cuantifican recursos de entrada al sistema de riego, estas estadísticas se rellenaron y extendieron sólo al período de 15 años comprendido entre 1962 y 1976.

3.3.3.1 Pocuro en Desembocadura y Aconcagua en San Felipe

Para el relleno, extensión y corrección de estas estaciones se procedió en principio, con la misma metodología de las estaciones anteriores.

Para ello se efectuaron las siguientes correlaciones:

Aconcagua en San Felipe vs Aconcagua en Chacabuquito + Pocuro
en el Sifón

Pocuro en el Sifón vs Pocuro en Desembocadura

Pocuro en Desembocadura vs Aconcagua en San Felipe

Para todos los efectos la estadística de Aconcagua en San Felipe considerada, corresponde a la suma de Aconcagua en San Felipe propiamente tal más la estadística de Canal Parry N° 2 que deriva aguas del Aconcagua, aguas arriba de la estación Aconcagua en San Felipe.

La menor cantidad de información disponible en estas estaciones, sumada al hecho de que ellas reflejan el manejo de las aguas de regadío e incluyen aportes más o menos importantes de recursos de cuencas laterales no controladas, derivó en un grado de correlaciones de calidad bastante inferior al obtenido con las estaciones de cabecera.

Esta deficiencia fue subsanada en parte estableciendo correlaciones adicionales entre cada una de las estaciones en referencia con el total de recursos afluentes a la cuenca hasta la sección de la estación correspondiente. Este total de recursos afluentes se estimó en base a los recursos medidos en cabecera y la generación de estadísticas en cuencas no controladas mediante los modelos de simulación hidrológica que se describen más adelante.

Estas nuevas correlaciones permitieron definir mejor la forma de algunas regresiones no bien definidas y rellenar, corregir y extender las estadísticas.

Las estadísticas definitivas adoptadas para Aconcagua en San Felipe y Pocuro en Desembocadura se incluyen en los Cuadros A 3.42 y A 3.43.

3.3.3.2 Aconcagua en Romeral y Aconcagua en Tabolango

Para el análisis de estas estaciones se efectuaron las correlaciones mensuales entre Aconcagua en San Felipe vs Aconcagua en Romeral, Aconcagua en Romeral vs Aconcagua en Tabolango y correlaciones entre ambas estaciones y el total de recursos afluentes a cada una de ellas.

Estas correlaciones se apoyaron en un perfil de caudales del río que incluía aforos aislados y la escasa estadística disponible en estaciones intermedias (Aconcagua en Puente Lo Rojas y Aconcagua en Puente Boco), que sirvió para comparar la tendencia de los caudales.

Aún así, debido a la escasa cantidad y calidad de la información, resultó que en algunos meses (en particular el mes de Noviembre) no fue posible encontrar correlaciones aceptables. En estos casos fue necesario interpolar las regresiones obtenidas para meses vecinos, verificando la consistencia de estos valores con los resultados que daba el modelo de simulación general del sistema.

La estadística definitiva adoptada para estas estaciones se incluye en los Cuadros A 3.44 y A 3.45.

3.3.4 Esteros Laterales en Desembocadura

Para analizar la estadística de estos esteros, se intentaron correlaciones tanto anuales como mensuales de las estaciones entre sí, de las estaciones con estaciones vecinas en el cauce principal del río y de las estaciones con los recursos propios de las cuencas en cabecera, generados con el modelo de simulación hidrológica. En ninguno de los casos se lograron correlaciones aceptables, lo que no hace más que confirmar que los caudales controlados en la desembocadura de estos esteros corresponden fundamentalmente a sobrantes de aguas de riego derivadas artificialmente hacia los esteros, no mostrando ni aún en invierno, correlaciones aceptables con el régimen natural.

El análisis de esta información sólo podrá abordarse si se conocen los caudales obtenidos artificialmente a través de un método de balance de las aguas de riego.

Para los propósitos de este estudio, se mantuvo, en consecuencia, la estadística original disponible sin someterla a rellenos o correcciones.

3.4 CONCLUSIONES REFERENTES A LA CONFIABILIDAD DE LA ESTADISTICA ANALIZADA

De acuerdo a los diferentes análisis efectuados y atendiendo al tipo y características de las secciones de aforo, a la longitud de los registros disponibles y a la cantidad de correcciones y rellenos que fue necesario efectuar, puede concluirse que sólo las estaciones Juncal en Juncal, Blanco en Río Blanco, Aconcagua en Río Blanco y Aconcagua en Chacabuquito son de buena confiabilidad. Cabe hacer notar al respecto, que para los propósitos de evaluación de recursos hídricos en la zona de regadío, todas estas estaciones se reducen a sólo una, ya que la estación Aconcagua en Chacabuquito incluye los caudales de todas las demás. Afortunadamente la buena calidad de esta información coincide con la importancia de ella ya que Aconcagua en Chacabuquito controla una parte importante de todos los recursos hídricos disponibles.

En virtud a la menor longitud de sus registros y/o al mayor número de correcciones que fue necesario efectuar para homogeneizar la estadística se consideran de menor calidad pero de confiabilidad aún aceptable, las estaciones de Putaendo en Resguardo, Alicahue en Colliguay y Sobrante en Peñadero.

Calidad inferior y menor confiabilidad es la apreciación que merecen las estaciones Tejada en Pedernal, Pocuro en el Sifón, Pocuro en Desembocadura y Aconcagua en San Felipe.

Con respecto a las estaciones Colorado en Colorado, Aconcagua en Romeral y Aconcagua en Tabolango, las estadísticas incluidas como definitivas en los Cuadros correspondientes deben considerarse como valores muy aproximados, debido a la poca cantidad y mala calidad de la estadística original disponible.

El resto de las estaciones fluviométricas existentes no fue analizado debido a que no poseían el mínimo de información necesaria para estable-

cer las correlaciones base o, como en el caso de los esteros laterales controlados en desembocadura, {debido a que sus caudales están constituidos fundamentalmente por sobrantes de aguas de riego derivadas hacia los esteros, no mostrando ninguna correlación con el régimen natural.

✓ 3.5 ESTIMACION DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL EN SUBCUENCAS SIN CONTROL O CON REGISTROS CORTOS

Con el objeto de disponer de información hidrológica completa para analizar la factibilidad de diversos embalses posibles y permitir la aplicación del modelo de planificación general, se requiere estimar los caudales medios mensuales en diversos puntos y nudos específicos de diversos ríos y esteros de las cuencas en estudio y de las cuencas afluentes a los embalses, donde no se dispone de registros fluviométricos.

Por otra parte, para cuantificar debidamente los recursos disponibles en cada nudo del modelo de simulación general es necesario sintetizar o estimar los aportes de las áreas laterales a los sectores de riego.

Los lugares donde se requiere sintetizar las escorrentías mensuales para la aplicación del modelo de simulación general del Sistema y para el estudio de los embalses se especifican en el Cuadro 3.3. En la Figura 3.14 se indican dichos lugares con el código que corresponde.

La estimación de los caudales medios mensuales se realizó mediante dos modelos hidrológicos que simulan el ciclo de escorrentía. Uno de ellos simula las cuencas pluviales y el otro las cuencas nivales y nivopluviales. A continuación se describen los procedimientos adoptados y los resultados obtenidos.

✓ 3.5.1 Síntesis de caudales mensuales en cuencas pluviales y nudos del modelo de planificación

La síntesis de los caudales medios mensuales en las cuencas laterales de tipo pluvial afluentes a los ríos Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca se efectuó mediante un modelo de simulación hidrológica (programado en lenguaje Fortran IV), que idealiza el ciclo de escorrentía basándose en la aplicación de la ecuación de continuidad o balance hidrológico sobre un elemento de área o volumen de control de la cuenca:

CUADRO 3.3

NOMINA DE LAS CUENCAS EN QUE SE REQUIERE SINTETIZAR
 ESCORRENTIA MENSUAL Y NODO DEL MODELO DE SIMULACION
 GENERAL EN QUE APORTAN

NOMBRE O CODIGO	AREA	NODO
Cuenca de la Laguna del Inca *	44.1	E01
Estero San Francisco *	199.1	N03
Estero El Cobre *	131.2	N03
Estero Jahuel*	73.0	N03
Cuenca del embalse Tabón	17.2	E04
Cuenca del embalse Las Peñas	30.9	E04
Estero Catemu en Cabecera	92.0	N17
Estero Los Litres en Cabecera	255.9	N24
Cuenca del embalse Pucalán ✓	61.6	E05
CL01 ✓	129.2	N3
CL02 ✓	193.1	N4
CL05 ✓	34.4	N16
CL06 ✓	64.3	N13
CL07	197.8	N17
CL09	240.5	N20
CL10	150.9	N27
CL11	140.4	N23
CL12	64.4	N27

* Cuencas nivales o nivo-pluviales.

CUADRO 3.3
(Continuación)

NOMINA DE LAS CUENCAS EN QUE SE REQUIERE SINTETIZAR
ESCORRENTIA MENSUAL Y NODO DEL MODELO DE SIMULACION
GENERAL EN QUE APORTAN

NOMBRE O CODIGO	AREA	NODO
CL13 ✓	112.6	N28
CL14 ✓	265.5	N30
Estero Pelumpén en Ojos Buenos	134.2	N29
Cuenca del Embalse Lliu-Lliu ✓	61.5	N29
Quebrada Lajarilla	60.7	N33
Cuenca del embalse Rocín *	559.0	E03
Cuenca intermedia entre embalse Rocín y Los Patos *	283.0	E03
Quebrada Los Maquis	60.8	N09
Cuenca del embalse Minillas ✓	21.6	E03
CL03 ✓	117.5	N10
CL04	198.0	N10
CL16	110.3	N38
Cuenca del embalse La Cerrada	119.1	E07
Cuenca del embalse Los Angeles	380.7	N37
Estero La Patagua	131.2	N41
Cuenca del embalse Quebradilla	54.6	E09
CL17	239.5	N38
CL18 ✓	110.1	N39
CL19	176.2	N40

* Cuencas nivales o nivo-pluviales.

CUADRO 3.3
(Continuación)

NOMINA DE LAS CUENCAS EN QUE SE REQUIERE SINTETIZAR
ESCORRENTIA MENSUAL Y NODO DEL MODELO DE SIMULACION
GENERAL EN QUE APORTAN

NOMBRE O CODIGO	AREA	NODO
CL20 ✓	111.7	N41
CL21 ✓	35.9	N42
Quebrada Chalaco en Zanjón Hondo *	47.7	N48
Quebrada Cortadera en Santa Gabriela *	21.0	N48
CL23 ✓	85.9	N46
CL24	152.2	N47
CL25 ✓	41.6	N48
CL26	310.8	N49
CL27	164.6	N50
Cuenca del embalse Las Palmas	360.4	E12
CL28 ✓	323.7	N51
CL22 ✓	80.4	N44
CL15 ✓	149.4	N34
Quebrada El Cobre - Espinal ✓	83.6	N43
Quebrada La Ceniza	37.8	-
Cuenca de la Laguna Catapilco	59.2	E10
Cuenca del estero Catapilco bajo la Laguna	148.5	N45
Estero Puchuncaví ✓	92.7	-

* Cuencas nivales o nivo-pluviales.

SUBCUENCAS SINTETIZADAS POR LOS MODELOS HIDROLOGICOS

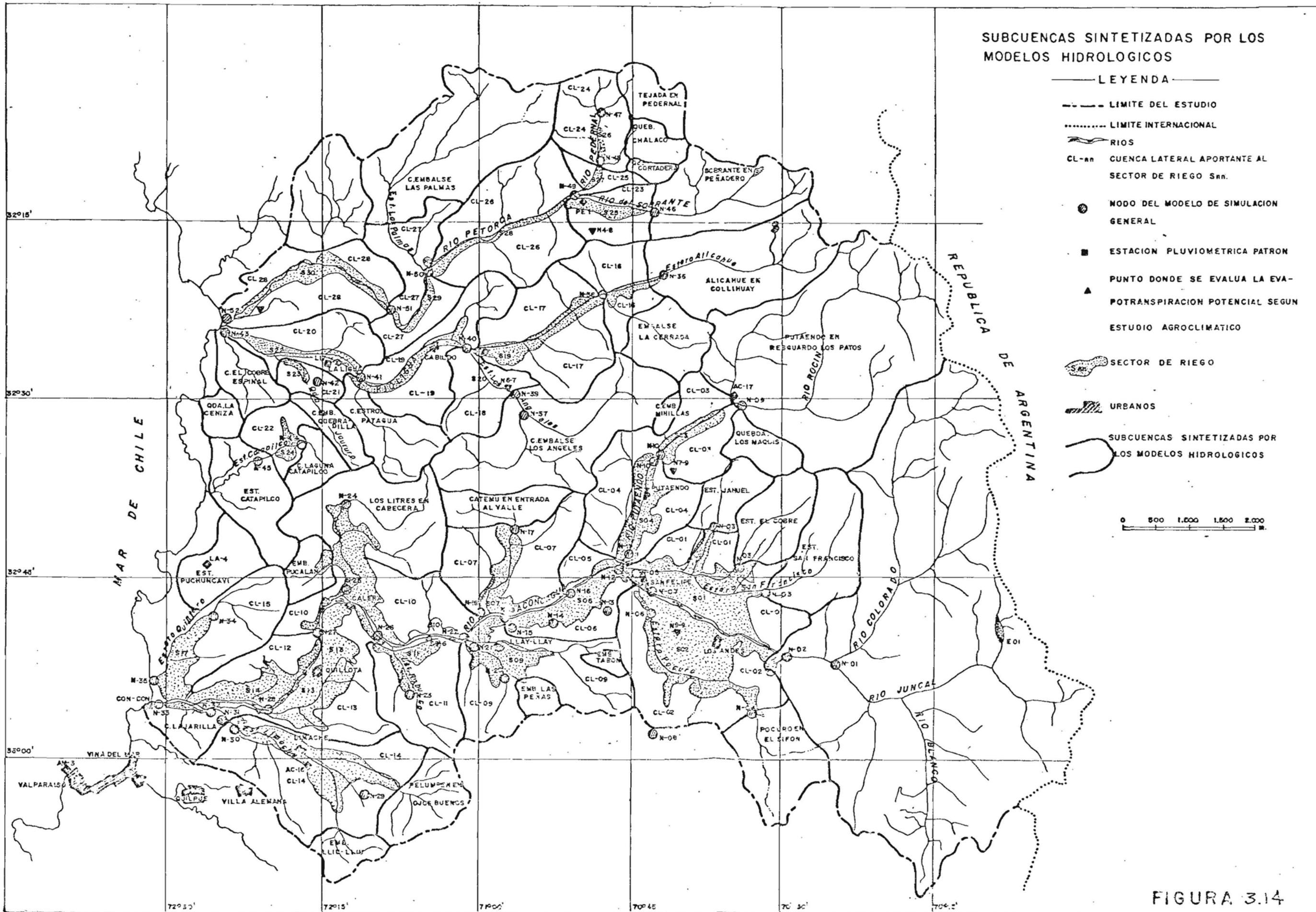


FIGURA 3.14

✓3.5.1.1 Base Conceptual del Modelo

El modelo desarrollado, se basa en la ecuación de continuidad:

$$I - Q = \frac{dH}{dt}$$

aplicada sobre un área unitaria en la zona no saturada del suelo. I es el flujo de entrada al volumen de control y corresponde a la tasa de infiltración desde la superficie: Q es el flujo de salida y corresponde a la evapotranspiración E más la percolación profunda PP por unidad de área: y dH/dt es la variación en el tiempo de la lámina de agua almacenada en forma de humedad del suelo.

La lámina de agua almacenada en un instante dado en el suelo se puede expresar como:

$$H = s \times n \times D$$

donde

- D : es la profundidad total del suelo
 $n = V_p/V_t$: es el cuociente entre el volumen de poros y el volumen total o porosidad del suelo.
 $s = V_l/V_p$: es el cuociente entre el volumen de líquido y el volumen de poros o grado de saturación del suelo. Este índice puede variar entre cero, para suelo seco, hasta la unidad para suelo saturado.

En forma más compacta, la humedad almacenada en el suelo se puede expresar como

$$H = s \times HMAX$$

donde

- HMAX : es la lámina de agua correspondiente al estado de saturación y corresponde a un parámetro del modelo.

El procedimiento adoptado fue el de expresar todas las variables de la ecuación de continuidad en función del grado de saturación del suelo y resolver la ecuación diferencial resultante mediante el método de Runge y Kutta de 4° orden.

3.5.1.2 Estimación de la infiltración

Para evaluar la infiltración se supuso que la capacidad de infiltración del suelo varía en forma lineal con el grado de saturación de acuerdo a la relación:

$$f = f_c + \text{ALFA} (1 - s) \cdot \text{mm/día}$$

donde

ALFA y f_c (la capacidad de infiltración del suelo saturado), son parámetros del modelo.

En consecuencia, la tasa de infiltración real media en un mes queda dada por las expresiones:

$$\begin{aligned} I &= t_p * \text{NDLL} && \text{si } t_p < f \\ I &= f * \text{NDLL} && \text{si } t_p > f \end{aligned}$$

donde

t_p es la intensidad media diaria de la precipitación en un mes y NDLL es el número de días de lluvia del mes.

Dado que el modelo trabaja con valores mensuales, la intensidad media diaria de las precipitaciones se evalúa como:

$$t_p = \frac{P}{\text{NDLL}} = \frac{\text{Precipitación mensual}}{\text{Número de días con lluvia}}$$

siendo estas últimas dos variables, datos de entrada del modelo.

3.5.1.3 Estimación de la evapotranspiración

La evapotranspiración se evalúa relacionándola con el grado de saturación del suelo, para lo cual se adoptan dos valores umbrales paramétricos de humedad del suelo, SCRIT y SMIN. Además se supone una tasa de evapotranspiración igual a la potencial para humedades mayores a SCRIT y una tasa de evaporación decreciente en forma lineal hasta anularse, para una humedad equivalente al punto de marchitez permanente, SMIN.

En consecuencia:

$$\begin{aligned}
 E &= ETP && \text{si } s > \text{SCRIT} \\
 E &= ETP \frac{(s - \text{SMIN})}{(\text{SCRIT} - \text{SMIN})} && \text{si } \text{SMIN} \leq s \leq \text{SCRIT} \\
 E &= 0 && \text{si } s < \text{SMIN}
 \end{aligned}$$

donde

ETP, la evapotranspiración potencial, es dato de entrada al modelo.

3.5.1.4 Estimación de la percolación profunda

Para evaluar la percolación profunda (PP), se supuso que ésta ocurriría sólo para humedades mayores a un nivel umbral equivalente a una capacidad de campo, SCC, y que aumenta en relación cúbica (1) con la humedad, hasta alcanzar en estado de saturación un equilibrio con la tasa de infiltración f_c . Es decir

$$\begin{aligned}
 PP &= 0 && \text{si } s < \text{SCC} \\
 PP &= f_c \frac{(s - \text{SCC})^3}{(1 - \text{SCC})^3} && \text{si } s > \text{SCC}
 \end{aligned}$$

Dado, finalmente un valor inicial conocido del grado de saturación del suelo y un intervalo de tiempo $\Delta t = 1$ mes, se determina mediante el método de Runge y Kutta, el valor final s_f del grado de saturación y los valores mensuales de la infiltración, percolación profunda y evapotranspiración real.

3.5.1.5 Cálculo de la Escorrentía Superficial

La precipitación mensual en exceso, resulta en forma directa como la diferencia entre la precipitación del mes y el total de infiltración. Sin embargo, dado que la ecuación de continuidad, válida para

(1) Viessman Jr., Harbaugh, T.E., Knapp, J.N.; Introduction to Hydrology. London - New York, 1972.

valores instantáneos sobre una superficie unitaria homogénea, se aplica a toda una cuenca y con un intervalo de tiempo de un mes, se ha supuesto que un porcentaje paramétrico, PMIN, de la precipitación se manifiesta como escorrentía sin sufrir procesos de infiltración y que la escorrentía superficial sufre un retardo, de tal manera que una fracción paramétrica, RET, de la precipitación en exceso del mes, es retardada y se suma a la precipitación en exceso del mes siguiente. En consecuencia la escorrentía superficial mensual se evalúa como

$$EI(t) = ((1-PMIN) * P(t) - I(t) + ARET(t-1)) * (1-RET) + P(t) * PMIN$$

donde

P(t) es la precipitación del mes, I es la infiltración del mes, PMIN es la fracción de lluvia que escurre en forma inmediata, RET es la fracción de la precipitación en exceso que es retardada y ARET es la precipitación retenida del mes anterior y se evalúa recursivamente como:

$$ARET(t) = RET * ((1-PMIN) * P(t) - I(t) + ARET(t-1))$$

3.5.1.6 Cálculo de la Escorrentía Subterránea

Para evaluar la escorrentía subterránea se supone la existencia de un embalse subterráneo lineal con recarga constante durante el mes e igual a la percolación profunda estimada PP, y una descarga EZ proporcional al volumen V embalsado en el embalse subterráneo, de acuerdo a un coeficiente paramétrico CK. Aplicando la ecuación de continuidad se tiene

$$PP - EZ = \frac{dV}{dt}$$

como la descarga EZ vale

$$EZ = CK * V$$

resulta que

$$PP - EZ = \frac{1}{CK} * \frac{dEZ}{dt}$$

Separando variables e integrando entre 0 y t resulta

$$EZ(t) = PP + (EZ_0 - PP)e^{-ckt}$$

expresión para el caudal subterráneo en un instante "t", dada la recarga constante PP y el caudal subterráneo inicial EZ₀.

El caudal al final del mes ($t=1$) e inicial del mes siguiente, EZ_f , vale entonces:

$$EZ_f = PP + (EZ_0 - PP) e^{-CK}$$

El caudal subterráneo promedio en el mes es

$$\overline{EZ} = \int_0^1 EZ(t) dt = PP + 1/ck (EZ_0 - PP) (1 - e^{-ck})$$

3.5.1.7 Escorrentía Total

La escorrentía total de la cuenca se calcula como la suma de la escorrentía superficial más la escorrentía subterránea:

$$Et = EI + \overline{EZ}$$

Un diagrama de bloques simplificado del programa se incluye en la Figura 3.15.

3.5.1.8 Datos de Entrada al Modelo

Los datos de entrada para la operación del modelo corresponden a información mensual de precipitación, número de días de lluvia y evapotranspiración potencial.

Como los datos a usar corresponden a valores puntuales medidos en alguna estación meteorológica cercana, que no tienen porqué coincidir con el promedio espacial a nivel de toda la cuenca, se han incorporado dos parámetros que permiten corregir estas deficiencias. Así, la precipitación mensual sobre la cuenca se estima como

$$P = A * PM$$

y la evapotranspiración potencial como

$$ETP = B * EM * C$$

donde:

PM y EM son la precipitación y evaporación medidas respectivamente, A y B son parámetros del modelo y C es el cociente entre la evaporación potencial media de la cuenca y la evaporación media medida.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS PLUVIALES

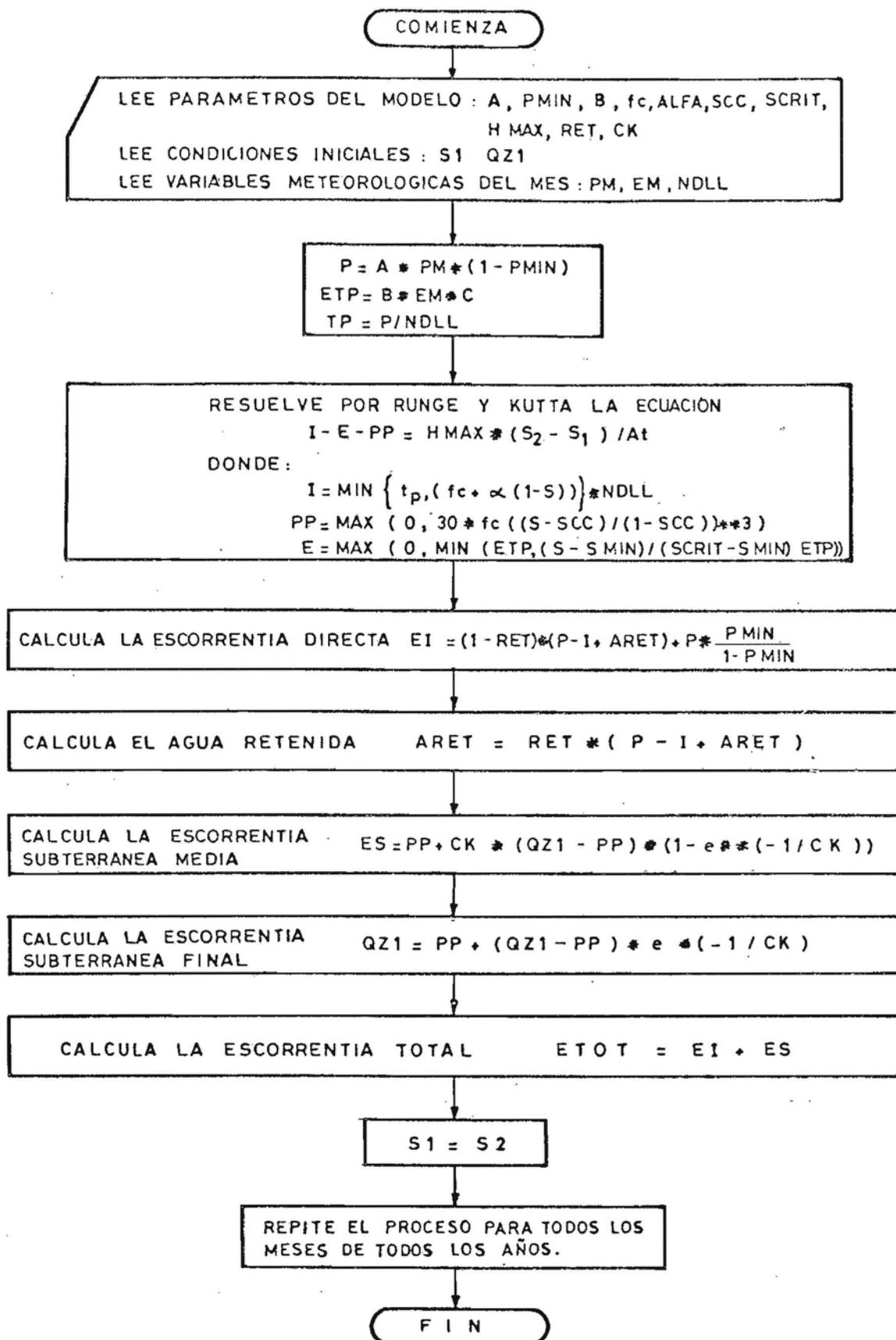


FIGURA 3.15

3.5.1.9 Resumen de Parámetros

En resumen, el modelo cuenta con 11 parámetros, a saber:

1. A Coeficiente de Precipitación
2. B Coeficiente de Evapotranspiración
3. f_c Tasa de infiltración bajo saturación
4. ALFA Variación de la tasa de infiltración con el grado de saturación.
5. SCC Grado de Humedad en capacidad de campo
6. SMIN Grado de Humedad en punto de marchitez permanente.
7. SCRIT Grado de Humedad bajo el cual se restringe la tasa de Evapotranspiración.
8. HMAX Máxima lámina de agua contenida en el suelo saturado.
9. CK Constante de tiempo del embalse subterráneo.
10. RET Fracción de la precipitación en exceso que sufre un retardo.
11. PMIN Porcentaje de la precipitación que se manifiesta en forma inmediata como escorrentía superficial.

3.5.1.10 Calibración del modelo

Para la calibración de los parámetros del modelo, se utilizó la estadística de caudales, precipitaciones y evaporaciones medidas en la cuenca experimental de Lliu-Lliu, de la Universidad de Chile, única cuenca pluvial no influenciada por el riego en la zona en estudio y que posee la información mínima necesaria para el proceso de calibración.

Se utilizó una subrutina especial que permite sistematizar la búsqueda automática de un conjunto de parámetros óptimos, utilizando una función objetivo basada en las diferencias relativas entre caudales medidos y simulados.

Para la calibración se utilizó un período de 5 años (1962-1966), verificándose la calibración para otros 5 años (1967-1971). Los resultados de la calibración se indican en la Figura 3.16, que corresponden al juego de parámetros óptimos que se presentan en el Cuadro 3.4.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS PLUVIALES
CALIBRACION EN LLIU-LLIU

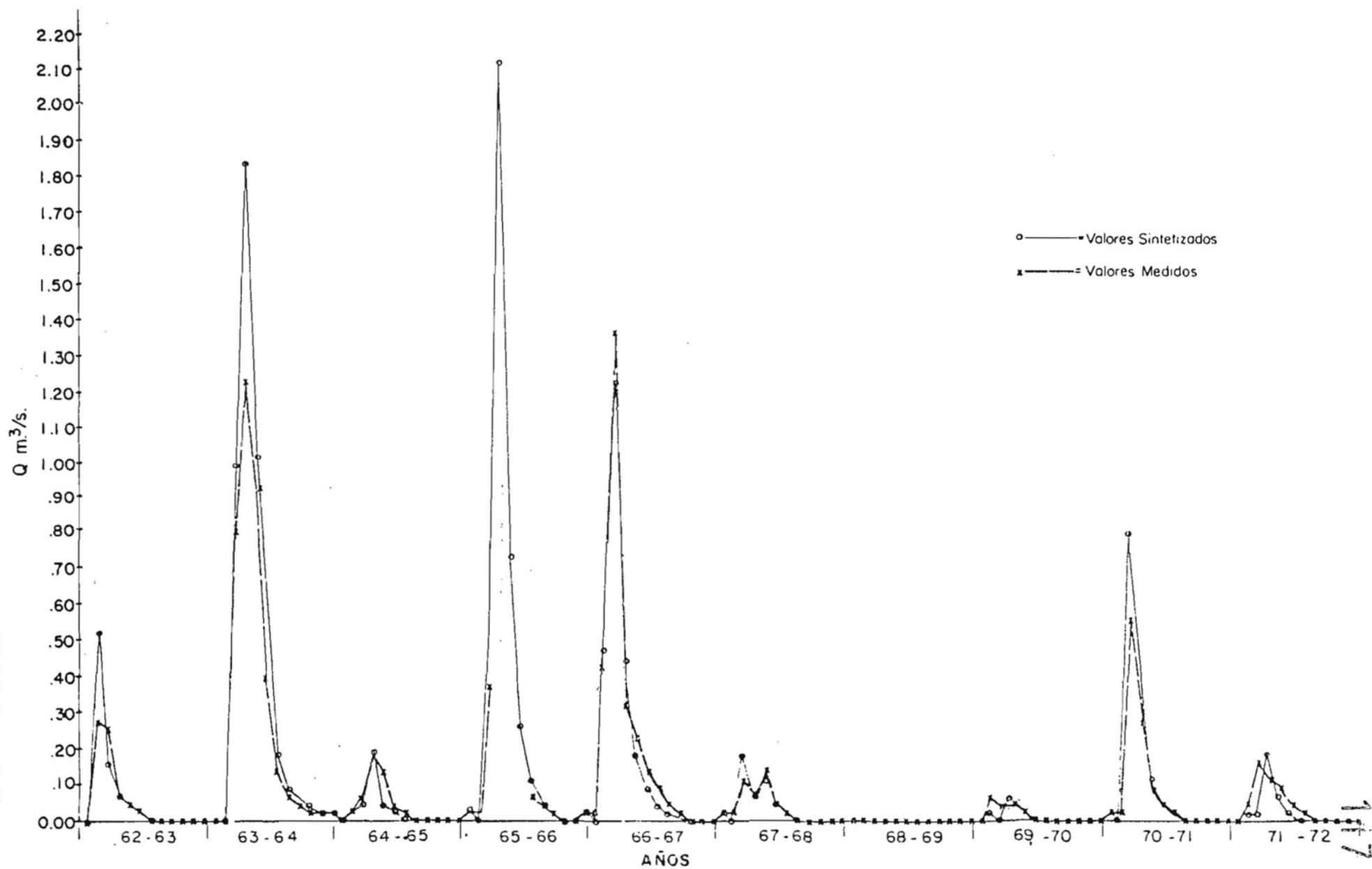


FIGURA 316

CUADRO 3.4

PARAMETROS OPTIMOS DE CALIBRACION DEL
MODELO PLUVIAL

Nº	Parámetro	Calibración Lliu-Lliu
1	A	0.968
2	B	0.8437
3	FC	2.00
4	ALFA	120.00
5	SCC	0.73
6	S MIN	0.21
7	SCRIT	0.26
8	HMAX	370.00
9	CK	3.00
10	RET	0.32
11	PMIN	0.02

Cabe señalar que el valor 0.968 del parámetro A no es resultado de una calibración, sino que fue impuesto al modelo y corresponde al cociente entre la precipitación media sobre la cuenca, evaluada de acuerdo al plano de isoyetas determinado en el estudio de precipitaciones y la precipitación media medida en la estación pluviométrica El Lliu en Lliu Lliu, cuya estadística índice fue usada como dato de entrada al modelo. Este criterio hace consistente el uso del mismo plano de isoyetas para estimar el coeficiente de precipitación en las cuencas cuyas estadísticas se desea sintetizar, usando el cociente entre el valor dado por las isoyetas y la estación índice de cada cuenca.

Análogamente, el coeficiente de evaporación B a usar en la generación de estadísticas en cuencas no controladas, se evalúa como 0.8437 veces el cociente entre el valor dado por el plano de evapotranspiraciones y la estación índice a utilizar.

3.5.1.11 Generación de Caudales en Cuencas Pluviales

Con los valores de los parámetros obtenidos en la etapa de calibración y el criterio establecido para la estimación de los parámetros, se generó la estadística de gastos medios mensuales en las cuencas pluviales sin control y nudos del modelo de planificación. La estadística de gastos medios mensuales sintetizada para cada cuenca se incluye en los Cuadros A 3.49 a A 3.94 del Anexo 3.

3.5.2 Síntesis de caudales medios mensuales en cuencas nivales sin control fluviométrico

3.5.2.1 Introducción

La síntesis de caudales medios mensuales en las cuencas nivales sin control fluviométrico se efectuó mediante un modelo de simulación hidrológica de balance de aguas sobre una superficie unitaria del manto de nieve, basado en los resultados de los balances hidrológicos efectuados para evaluar los planos de isoyetas (Informe de Pluviometría).

De acuerdo a dichos balances, fue posible determinar la precipitación caída sobre distintas bandas de altura de las cuencas, en base a datos fluviométricos e información sobre valores potenciales de evapotranspiración de suelos y evaporación de nieve.

Las bandas que se usaron con más frecuencia fueron:

Bajo 2.000 msnm.
entre 2.000 y 3.500 msnm
entre 3.500 y 4.500 msnm
sobre 4.500 msnm

En casos excepcionales, alguna de estas bandas se subdividieron para considerar en mejor forma la influencia pluvial cuando ésta tuviera mayor importancia relativa.

Las variables físicas y meteorológicas se determinaron para cada banda, variándose las que correspondieran según las características de cada cuenca.

El derretimiento y la escorrentía producida en cada banda se calculó mes a mes, mediante la aplicación de una función de derretimiento y una modelación del ciclo de escorrentía subsecuente

basada fundamentalmente en la ecuación de balance hídrico.

Los valores correspondientes obtenidos para cada banda se ponderaron de acuerdo al porcentaje de superficie de cada una de ellos con respecto al total de la cuenca, obteniendo así finalmente los valores integrados a nivel de cuenca.

La base conceptual del modelo correspondiente se explica a continuación.

Un diagrama de flujo simplificado de los procesos, se incluye en la Figura 3.17.

3.5.2.2 Base conceptual del modelo

Para cada una de las bandas definidas, el modelo opera en base a la aplicación de la ecuación del balance hídrico sobre una área unitaria de la superficie de la cuenca. Para la aplicación de esta ecuación de balance, previamente se define para cada banda dos períodos estacionales: Un período invernal en que la precipitación cae en forma sólida sin provocar escurrimiento y en el cual la evapotranspiración potencial corresponde a la evaporación desde la superficie de nieve, y un período estival, en que la precipitación ocurre en forma líquida, escurriendo un porcentaje en forma directa y en el cual la evapotranspiración potencial corresponde a la evaporación desde agua líquida. Durante el período invernal las fuentes que satisfacen la evaporación son la precipitación y el manto de nieve existente; durante el período estival la evaporación es provista por la precipitación y la humedad del suelo.

a) Balance superficial durante el período invernal

Durante este período el manto de nieve se ve incrementado por la precipitación y disminuido por la evaporación y el derretimiento.

Dado, en consecuencia, un equivalente en agua inicial del mes HNI, el equivalente en agua final en la banda resulta

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS NIVALES

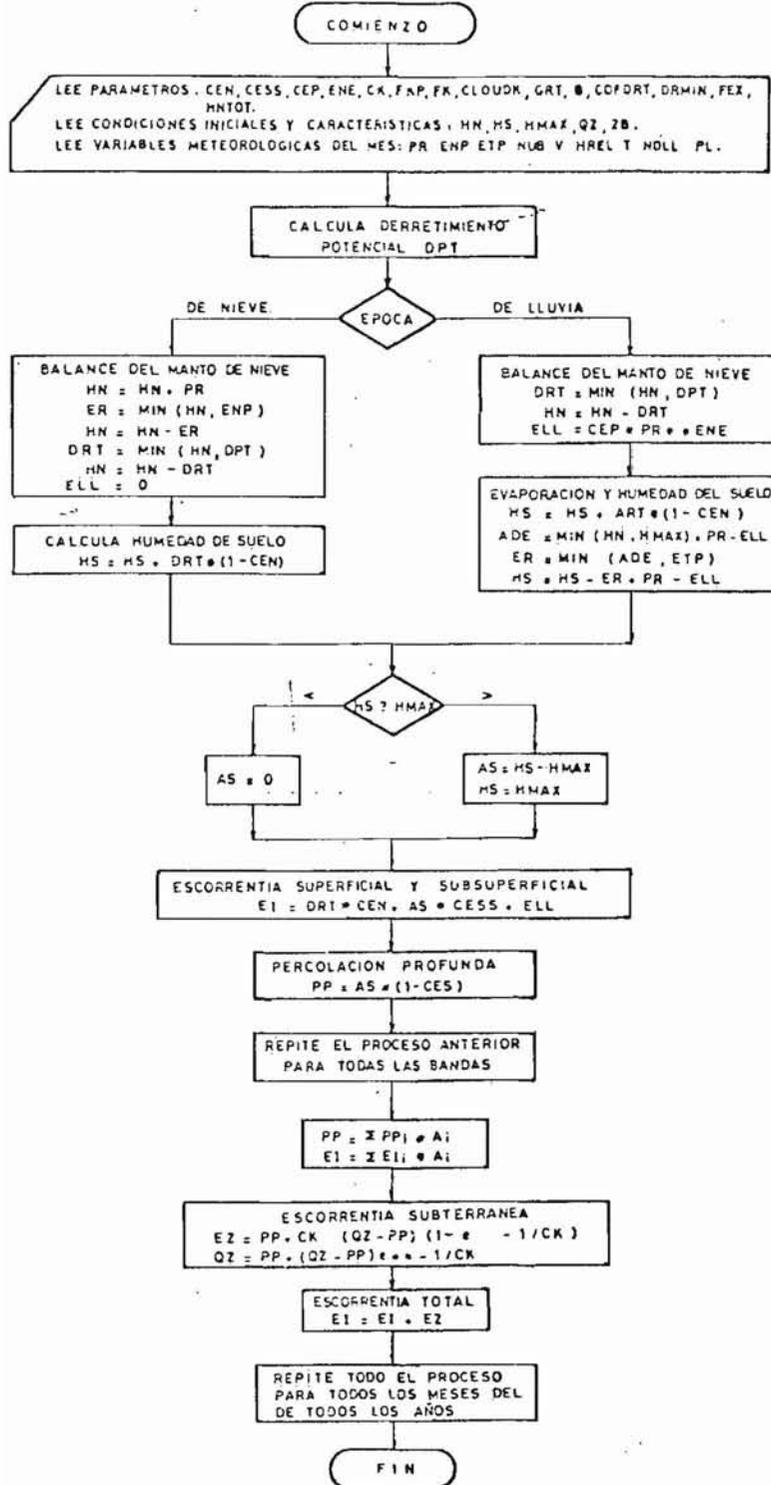


FIGURA 3.17

$$\text{HNF} = \text{HNI} + \text{PR} - \text{ER} - \text{DRT}$$

Donde PR es la precipitación del mes en la banda

ER = min (HN, EVSB) es la evaporación real y corresponde al mínimo entre la evaposublimación potencial de nieve EVSB y la nieve disponible HN, y

DRT = min (HN, DPT) es el derretimiento real del mes, que corresponde al mínimo entre el derretimiento potencial calculado para la banda y la cantidad de nieve remanente HN.

Del agua de derretimiento, una fracción escurre provocando una escorrentía inmediata EI definida por :

$$\text{EI} = \text{DRT} \times \text{CEN}$$

Donde CEN es un coeficiente de escorrentía de nieve, parámetro del modelo.

El agua restante, incrementa la humedad de los suelos, de manera que dada una humedad inicial HSI, la humedad final resulta

$$\text{HSF} = \text{HSI} + \text{DRT} \times (1 - \text{CEN})$$

b) Balance superficial durante el período estival

Durante este período se supone que la precipitación es pluvial y la evaporación es de agua líquida. En consecuencia, el manto de nieve sólo sufre la ablación debida al derretimiento y el balance en el manto de nieve se reduce a:

$$\text{HNF} = \text{HNI} - \text{DRT}$$

donde DRT = min. (HNI, DPT) es el derretimiento real del mes que corresponde al mínimo entre el derretimiento potencial calculado para la banda DPT y la cantidad de nieve disponible HNI.

Un porcentaje de la precipitación líquida PR escurre en forma inmediata, de acuerdo a la relación:

$$ESCLLU = CEP \times (PR)^{ENE}$$

donde el coeficiente CEP y el exponente ENE, son parámetros del modelo.

El resto de la precipitación queda disponible para evaporación. En consecuencia, la evaporación real se calcula como:

$$ER = \min (EPS, (PR - ESCLLU))$$

donde EPS es la evapotranspiración potencial del mes, y constituye un dato del modelo.

En los meses que siguen a la desaparición de la cubierta de nieve, se supone que la humedad almacenada en el suelo está también disponible para evaporar. Luego en estos meses la evaporación real se calcula como:

$$ER = \min (EPS, (PR - ESCLLU + HS))$$

Finalmente, el agua sobrante incrementa la humedad del suelo, de acuerdo a la expresión:

$HSF = HSI + PR - ESCLLU - ER + DRT \times (1 - CEN)$ y la escorrentía superficial del mes es la suma de las escorrentías de lluvia y de derretimiento

$$EI = ESCLLU + DRT \times CEN$$

c) Balance de humedad de suelos

En cada banda, el suelo no saturado es capaz de retener agua hasta un valor máximo de humedad definido paramétricamente como HMAX. En consecuencia si el total de humedad incorporado al suelo en el balance superficial excede este valor umbral, se define un agua sobrante, AS, como:

$$AS = HSF - HMAX$$

donde HSF es la humedad final de suelo, resultante del balance superficial.

Esta agua sobrante es drenada del suelo como escorrentía sub-superficial o percolación profunda de escorrentía subsuperficial y se evalúa como:

$$ESS = AS \times CESS$$

donde CESS es un coeficiente de escorrentía sub-superficial paramétrico.

La percolación profunda resulta por lo tanto

$$PERC = AS \times (1 - CESS)$$

d) Balance de aguas subterráneas

El Balance de aguas subterráneas se modela en forma concentrada en base a un embalse de comportamiento lineal, en forma idéntica a la descrita en el modelo de cuencas pluviales.

De esta manera la escorrentía subterránea se evalúa como:

$$EZ = PERC + CK \times (QZ1 - PERC) \times (1 - \exp(-1/CK))$$

donde PERC es la percolación total de la cuenca calculada como la suma ponderada de la percolación de cada banda

$$PERC = \frac{\sum_{j=1}^{NB} PERC(j) \cdot AREA(j)}{\sum_{j=1}^{NB} AREA(j)}$$

CK es la constante de tiempo del embalse lineal, parámetro del modelo y

QZ1 es el caudal subterráneo inicial, evaluado recursivamente como:

$$QZ1 = PERC + (QZ1 - PERC) \times (EXP (- 1/CK))$$

e) Escorrentía Total

La escorrentía total de la cuenca se calcula como la suma de la escorrentía subterránea más la suma ponderada de las escorrentías superficial y sub-superficial de cada una de las bandas.

$$ET\sigma T = EZ + \frac{\sum_{j=1}^{NB} AREA (J) \cdot (EI (J) + ESS (J))}{\sum_{j=1}^{NB} AREA (J)}$$

f) Cálculo del derretimiento potencial

Para el cálculo del derretimiento potencial se usó una adaptación de la fórmula empírica propuesta por el Corps of Engineers (2).

$$DF = 3.871 * FKP * HINS * (1 - ALB) + (1 - NUB) * (29.078 * (TA - TN) - 640.08) \\ + NUB * 39.78 * (TC - TN) + 7.16 * FK * V * (0.22 * (TA - TN) + 0.78 * (TR - TN)) \\ + PR * TA / 80 \quad (\text{mm/mes})$$

donde

DPF	=	derretimiento potencial (mm/mes)
FKP	=	factor paramétrico de exposición a la radiación
HINS	=	radiación solar total (Ly/mes)
ALB	=	albedo de la nieve
NUB	=	fracción de cielo cubierto de nubes
TA	=	temperatura del aire (°C)
TN	=	temperatura de la nieve (°C)
TC	=	temperatura de las nubes (°C)
FK	=	factor paramétrico de exposición al viento
V	=	velocidad del viento (Km/hr)
TR	=	temperatura de punto de rocío (°C)
PR	=	precipitación (mm)

Con el objeto de lograr un mejor ajuste a los propósitos del modelo, la fórmula empírica del cálculo del derretimiento se generalizó en la forma:

$$DP = COFDRT * DPF + DRMIN$$

donde

DP	=	derretimiento potencial adoptado en el modelo
DPF	=	derretimiento dado por la fórmula (se adopta un valor nulo si resulta negativo).
COFDRT y DRMIN	=	parámetros del modelo

(2) Corps of Engineers, U.S.ARMY, Snow Hydrology. Portland, Oregon 1956.

f. 1) Cálculo de la radiación solar

Se empleó una fórmula empírica, desarrollada en el Laboratorio de Nieves de la Universidad de Chile en La Parva, Farellones (3), adaptándola para la estimación de radiación media mensual.

$$HINS = 1.211,7 \cos Z * PL * e^{-\frac{(0.0173 * H + NK * NUB)}{\cos Z_0}} \quad (\text{ly/mes})$$

donde:

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \frac{2}{\pi} \cos \varphi \cos \delta$$

en que:

- Z = ángulo zenital medio del sol
- φ = latitud del lugar
- δ = declinación solar
- H = presión de vapor del aire (mb)
- NK = coeficiente paramétrico del tipo de nubes
- Z_0 = ángulo zenital al medio día
- PL = factor del número de horas de luz respecto a un día de 12 horas.
- NUB = fracción del cielo cubierto de nubes

f. 2) Cálculo del albedo

Se emplearon curvas de albedo en función de la edad de la nieve y época del año, propuesta por Amorocho y Espíldora (4).

La edad media de la nieve se evaluó a su vez en función del número de días de precipitación del mes como

$$AGE(t) = (AGEIN(t) + 15.0) / (NDLL(t) + 1)$$

(3) Espíldora B., y Stowhas B., L.; Instalación y operación de un Laboratorio de Hidrología de Nieves. U. de Chile, 1968.

(4) Amorocho, J. y Espíldora B.; Mathematical Simulation of Snow Melting Processes. U. de California. Davis, 1966.

donde:

$$\begin{aligned} \text{AGEIN}(t) &= 30. / (\text{NDLL}(t-1) + 1) && \text{Si } \text{NDLL}(t-1) \geq 0. \\ \text{AGEIN}(t) &= \text{AGE}(t-1) + 15.0 && \text{Si } \text{NDLL}(t-1) = 0. \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} \text{AGE}(t) &= \text{edad media de la nieve del mes} \\ \text{NDLL}(t) &= \text{número de días de lluvia del mes} \\ \text{AGEIN}(t) &= \text{edad de la nieve al comienzo del mes} \end{aligned}$$

f.3) Cálculo de las temperaturas

Las temperaturas del aire y de las nubes se evaluaron adoptando un gradiente término paramétrico en la atmósfera a partir de información medida en una estación meteorológica base

$$T_Z = T_B - \text{GRT} (Z - Z_B) + 2.6$$

donde:

$$\begin{aligned} T_Z &= \text{temperatura en la cota } Z \\ T_B &= \text{temperatura medida en la estación base} \\ \text{GRT} &= \text{gradiente térmico de la atmósfera} \\ Z_B &= \text{cota de medida de la temperatura base} \end{aligned}$$

Para las nubes se adoptó una cota media base entre un mínimo de 200 m y un máximo de 5.200 m. sobre el nivel medio de la cuenca.

La temperatura de la nieve se supuso igual a la del aire para temperatura negativa de éste y de 0° C para temperatura positiva del aire.

La temperatura de punto de rocío se evaluó a través de la fórmula de Clausius-Clapeyron en base a información de humedad relativa y temperatura del aire.

g) Cálculo del derretimiento real para cobertura de nieve parcial de la banda

El derretimiento dado por la fórmula del Corp of Engineers en unidades de mm/mes corresponde al derretimiento de una superficie unitaria cubierta de nieve. Por esta razón, debe afectarse por un factor que corresponda a la fracción de la banda que esté efectivamente cubierta por nieve, a fin de hacerlo representativo del derretimiento medio por unidad de área de la banda.

De esta manera, la ablación de la altura media de nieve en la banda dHN, queda dada por

$$dHN = \frac{A}{A_T} dH$$

donde

A_T : es el área total de la banda

A : el área cubierta de nieve

dH : es la ablación dada por la fórmula de derretimiento

Para considerar la variación espacial de la cobertura de nieve en la banda, se supuso una distribución de la acumulación de nieve de tipo piramidal o cónica, introduciendo un parámetro HNTOT definido como la altura de nieve media sobre la cuenca, por sobre la cual la cobertura de nieve es total.

Geoméricamente se demuestra que la razón entre el área cubierta de nieve y el área total se puede expresar en términos de las alturas de nieve medias, mediante la relación

$$\frac{A}{A_T} = \left(\frac{HN}{HNTOT} \right)^{2/3} \quad \text{para } HN \leq HNTOT$$

Introduciendo esta expresión en la relación entre ablaciones resulta

$$dHN = \left(\frac{HN}{HNTOT} \right)^{2/3} dH$$

Integrando entre dos niveles, inicial I y final F, queda

$$HNF^{1/3} - HNI^{1/3} = \frac{HF - HI}{3 HNTOT^{2/3}}$$

En esta expresión, $HI - HF = \Delta H$ es el derretimiento mensual por unidad de área DP, de donde resulta que el derretimiento medio en la cuenca cuando la cobertura de nieve no es total ($HNI < HNTOT$) queda dado por

$$DPT = HNI - HNF = HNI - \left(HNI^{1/3} - \frac{DP}{3 HNTOT^{2/3}} \right)^3$$

sujeto a que el total derretido no resulta mayor que el total de nieve disponible.

3.5.2.3 Datos de entrada al modelo

Los datos de entrada al modelo corresponden a información mensual de precipitación en cada banda, número de días de lluvia, evapotranspiración potencial de nieve, evapotranspiración potencial y temperatura, humedad relativa, nubosidad y velocidad del viento en una estación meteorológica cercana.

Se requieren además las características de las bandas en lo que se refiere a área, altura media, humedad máxima de suelos, separación de la época de lluvias de la de nieve y condiciones iniciales de altura de nieve, humedad de suelos y escorrentía subterránea inicial.

3.5.2.4 Resumen de parámetros

En resumen, el modelo cuenta con 14 parámetros, a saber.

- | | | |
|-----|--------|---|
| 1. | CEN | Coefficiente de escorrentía de nieve |
| 2. | CESS | Coefficiente de escorrentía sub-superficial |
| 3. | B | Coefficiente de evaporación potencial de suelo |
| 4. | HNTOT | Altura media de nieve a partir de la cual la banda se cubre de ella |
| 5. | CEP | Coefficiente de escorrentía de lluvia |
| 6. | ENE | Exponente de escorrentía de lluvia |
| 7. | CK | Constante de tiempo del embalse subterráneo |
| 8. | FKP | Factor de exposición al viento |
| 9. | FK | Factor de exposición al viento |
| 10. | GRT | Gradiente térmico de la atmósfera |
| 11. | CLOUDK | Coefficiente del tipo de nubes |
| 12. | DRMIN | Constante de la fórmula de derretimiento |
| 13. | COFDRT | Factor de corrección a la fórmula de derretimiento |
| 14. | FEX | Coefficiente mensual de DZ MIN |

3.5.2.5 Calibración del modelo

Para la calibración del modelo se escogieron las cuencas de Aconagua en Río Blanco, Putaendo en Resguardo y Alicahue en Colliguay.

Considerando que esta modelación es el proceso inverso del balance hidrológico efectuado para estimar la precipitación en cuencas cordilleranas descrito en el informe de pluviometría, se adoptó la misma subdivisión en bandas que en dicho balance, usándose además los mismos valores para la estimación de valores potenciales de evapotranspiración y evaporación de nieve, la misma subdivisión en temporada in-

vernal y estival por cada banda y la misma capacidad máxima de retención de agua de suelos HMAX. Se adoptó como dato de entrada de precipitación, la estadística mensual de alguna estación cercana, corregida por un factor tal que reprodujera la misma precipitación media por banda que la que se obtiene por el plano de isoyetas confeccionado a partir del referido balance.

Para la calibración se utilizó la estadística de temperaturas, humedades relativas y nubosidad medida en Los Andes, única estación que cuenta con un registro suficiente de mediciones. Los datos de velocidad del viento fueron aproximados como los promedios medidos en el Laboratorio de Nieves de la Universidad de Chile en La Parva, Farellones.

El período usado para la calibración y validación del modelo fue 1942-1951, que es el período en que hay datos meteorológicos medidos. Se calibró el modelo con los 5 primeros años del período y se verificó la calibración en los otros cinco. Los resultados de las calibraciones en las tres cuencas escogidas se presentan en las Figuras 3.18 a 3.20 y corresponden a los juegos de parámetros que se indican en el Cuadro 3.5.

3.5.2.6 Generación de Caudales en Cuencas Nivales

Sobre la base de los valores de los parámetros establecidos en las calibraciones, se asignaron valores a dichos parámetros para las distintas cuencas nivales y nivopluviales en los que se aplicaría el modelo y se generó una estadística de caudales para dichas cuencas.

Especial mención requieren las estadísticas generadas para los esteros Jahuel, El Cobre y San Francisco y el río Rocín, así como la hoya intermedia entre el Rocín y la estación Putaendo en Resguardo Los Patos.

Los tres primeros, que constituyen el aporte al estero Quilpué, fueron analizados correlacionando su suma con la estadística de Aconcagua en Chacabuquito y con los escasos datos medidos de Quilpué en desembocadura. Mediante estas correlaciones se efectuaron algunas correcciones a la estadística generada para homogeneizarla con el régimen del Aconcagua.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS NIVALES
CALIBRACION EN ALICAHUE EN COLLIGUAY

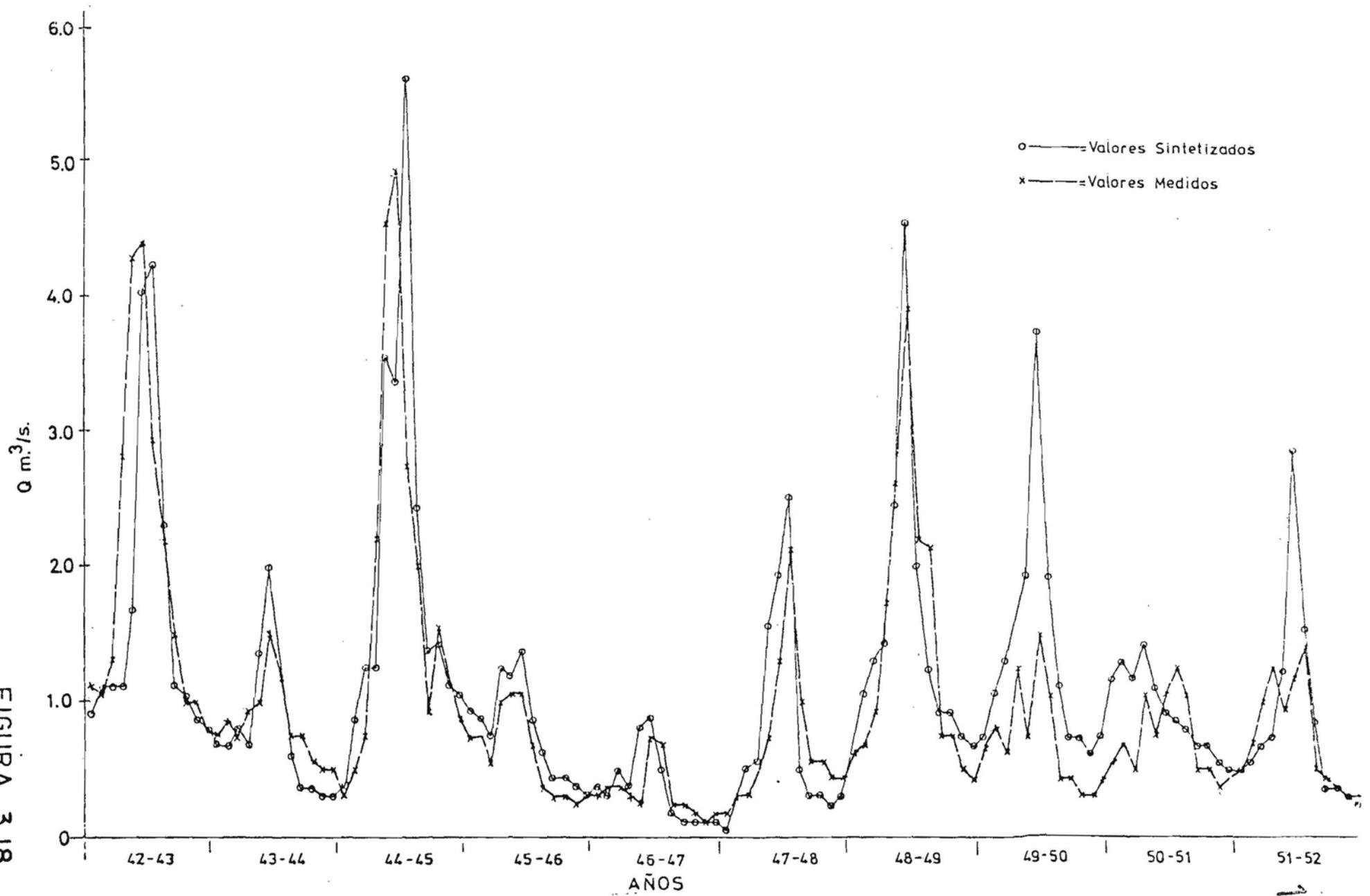


FIGURA 3.18

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS NIVALES
CALIBRACION EN PUTAENDO EN RESGUARDO LOS PATOS

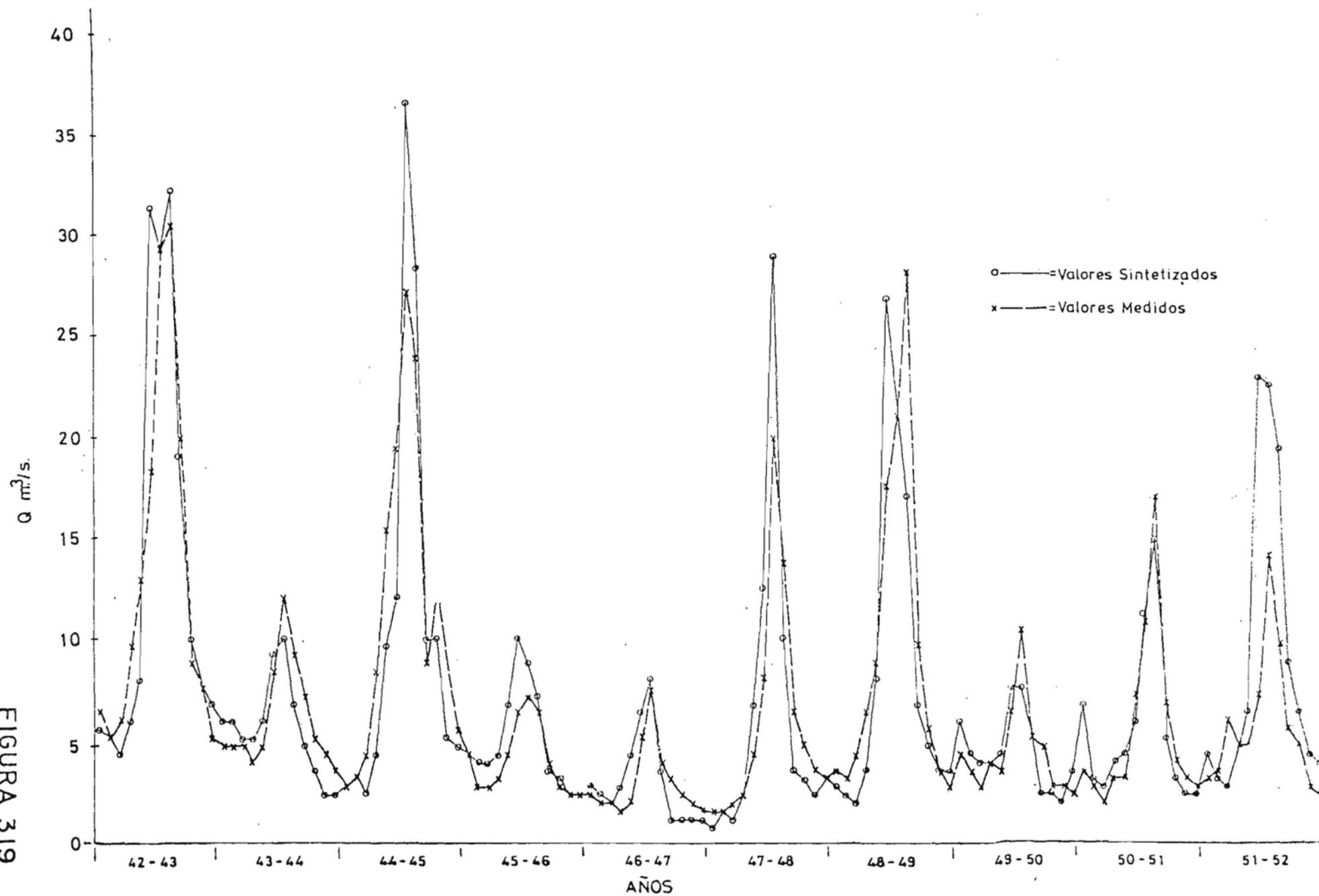


FIGURA 3.19

RESULTADOS DE LA CALIBRACION DEL MODELO DE SINTESIS DE CAUDALES EN CUENCAS NIVALES
CALIBRACION EN ACONCAGUA EN RIO BLANCO

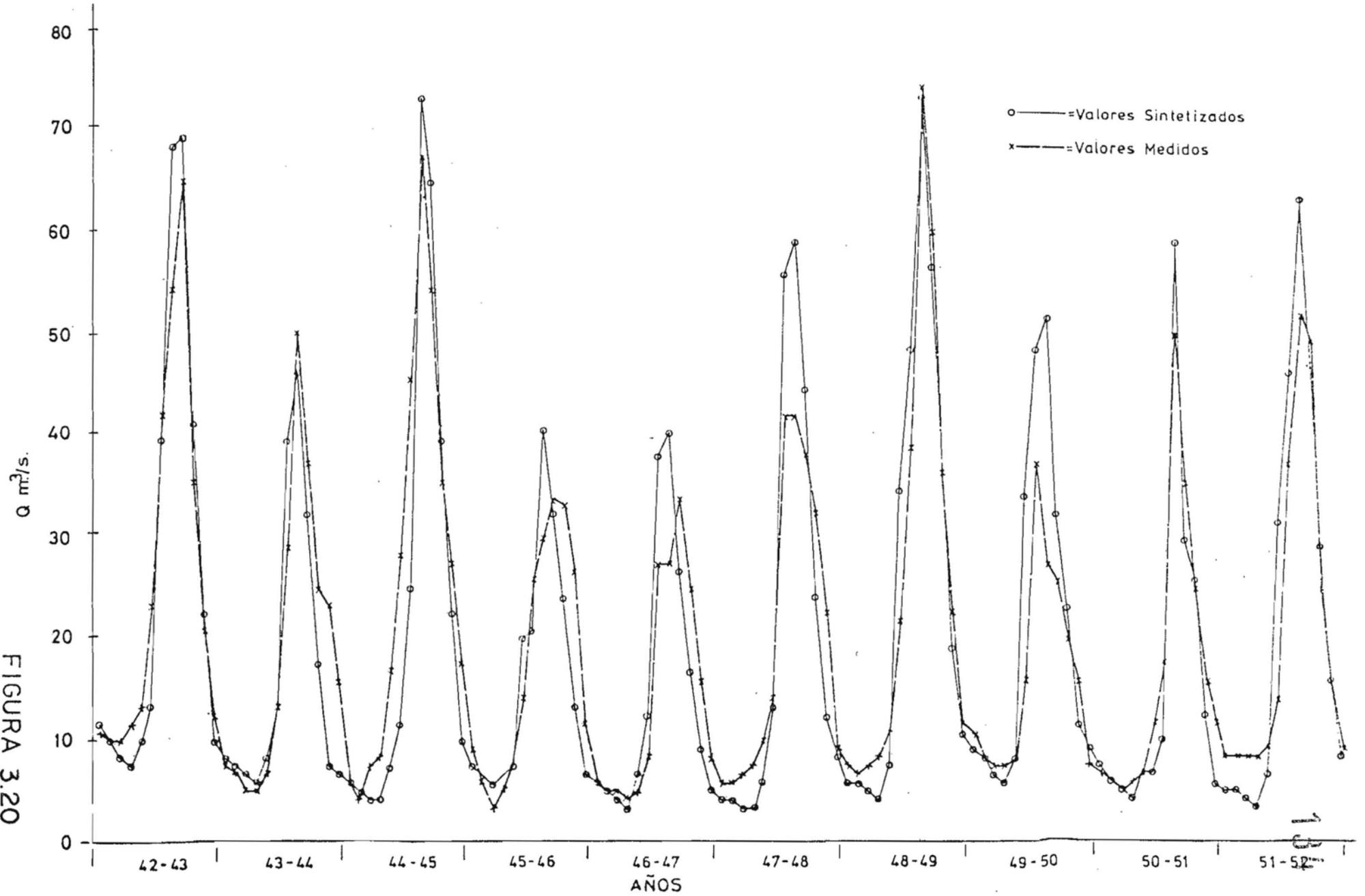


FIGURA 3.20

CUADRO 3.5

PARAMETROS OPTIMOS DE LA CALIBRACION
DEL MODELO NIVAL

N°	Parámetro	Aconcagua en Río Blanco	Putando en Resg. Los Patos	Alicahue en Colliguay
1	CEN	0.680	0.470	0.400
2	CESS	0.000	0.000	0.000
3	B	1.000	1.000	1.000
4	HNTOT	350.000	310.000	275.000
5	CEP	0.002	0.002	0.001
6	ENE	1.750	1.680	1.500
7	CK	6.500	11.000	10.000
8	FKP	0.554	0.572	0.550
9	FK	0.583	0.948	1.166
10	GRT	7.250	6.700	6.600
11	CLOUDK	0.500	0.500	0.500
12	DRMIN	3.000	4.000	8.000
13	COFDRT	0.360	0.500	0.600
14	FEX	5.000	3.000	2.000

La estadística generada para el río Rocín en embalse y la cuenca intermedia hasta Putaendo en Resguardo Los Patos, fue ponderada de modo que su suma diera como resultado la estadística medida en esta última estación. Luego se correlacionaron ambas estadísticas ponderadas y se corrigieron de manera de que fueran homogéneas entre sí, siempre manteniendo la suma igual a lo medido en Putaendo en Resguardo Los Patos.

Las estadísticas generadas y generadas corregidas se incluyen en los Cuadros A 3.95 a A 3.103 del Anexo 3.

3.5.3 Producción específica de las cuencas en función de la precipitación

En base a los resultados de la generación y de los datos disponibles en las estaciones fluviométricas de las escorrentías de las diversas subcuencas identificadas, se han confeccionado relaciones regionales para diferentes tipos de cuencas, entre la precipitación media anual y el rendimiento hidrológico o productividad media anual ($l/s/km^2$) correspondiente. Tales relaciones se incluyen en forma gráfica y analítica en la Figura 3.21.

De dicha figura se observa una clara diferenciación de leyes de rendimiento hidrológico entre cuencas nivales, nivo-pluviales y pluviales. Tales relaciones son de interés y utilidad para efectuar estimaciones rápidas de escorrentías medias anuales en sectores o subcuencas no controladas.

PRODUCCION ESPECIFICA DE LAS CUENCAS EN FUNCION DE
LA PRECIPITACION

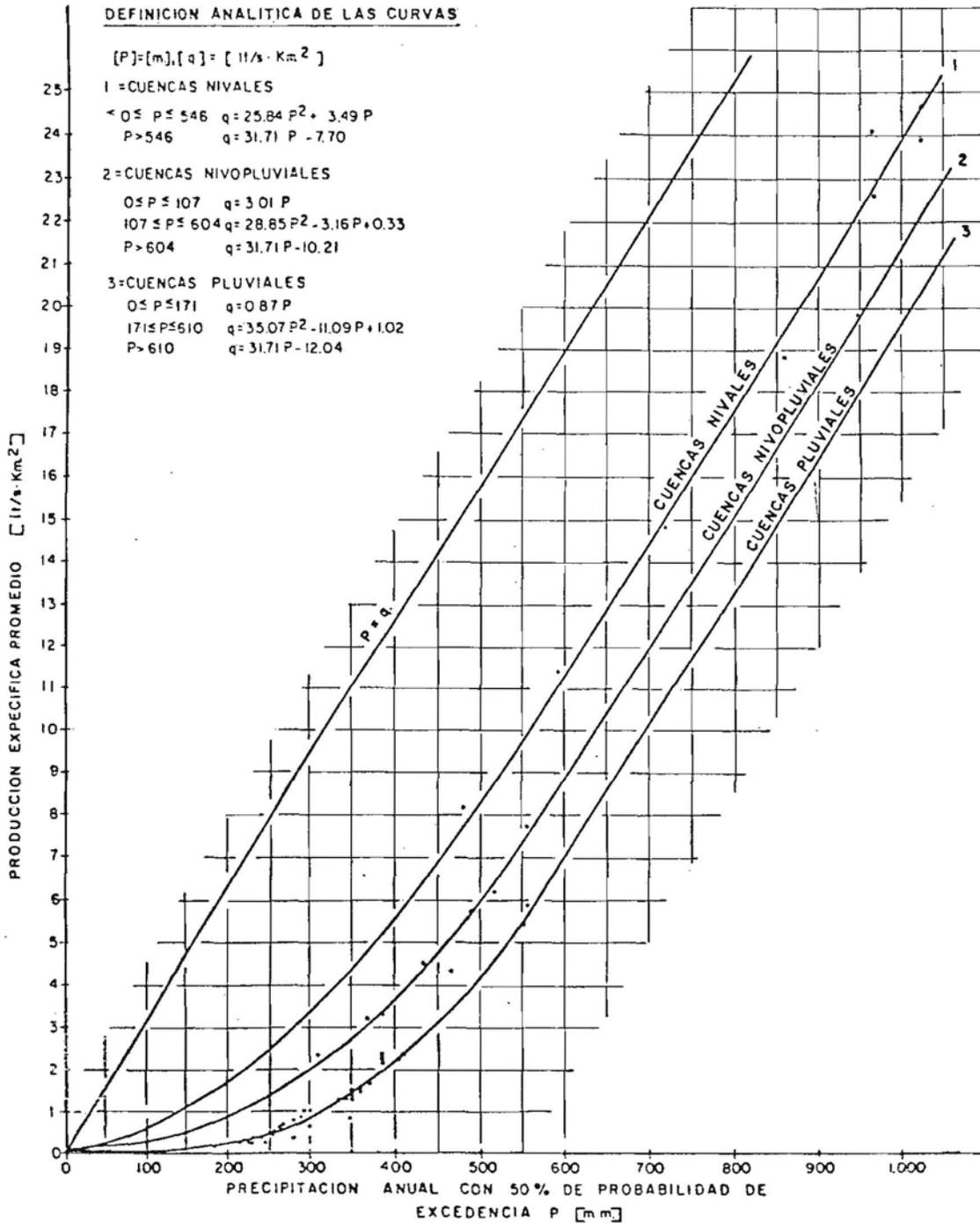


FIGURA 3.21

3.6 CARACTERIZACION ESTADISTICA DE LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES, ESTACIONALES Y MEDIOS MENSUALES

Con la información fluviométrica procesada y analizada de las distintas estaciones según se explicó en el punto 3.3 se efectuó una caracterización estadística de los caudales medios anuales, estacionales (períodos de riego) y mensuales. Esta caracterización consistió en:

- a) Análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales y mensuales.
- b) Análisis de la duración general de los caudales medios mensuales.
- c) Determinación de una serie de parámetros estadísticos básicos para los caudales medios anuales, estacionales y mensuales.

A continuación se presenta un resumen de la metodología empleada y los resultados obtenidos.

3.6.1 Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales y mensuales, se efectuó por métodos analíticos utilizando el programa de computación especial, mencionado en el Capítulo 2 del Estudio de Precipitaciones.

3.6.1.1 Resultados del análisis de frecuencia de los caudales medios anuales.

En el Cuadro 3.6 se incluye la nómina de las distribuciones de probabilidad de mejor ajuste. Puede observarse que en ningún caso se ajusta la distribución GAMA 3, compartiéndose los casos por partes iguales entre la distribución LOG NORMAL 3 y GUMBEL.

En las Figuras A.3.1 a A.3.10 del Anexo 3 se presentan las curvas de frecuencia de las distribuciones óptimas analíticas ajustadas a los puntos utilizados, las cuales se comparan con un

CUADRO 3.6
DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA DE MEJOR
AJUSTE A LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES

CODIGO	ESTACION	DISTRIBUCION DE MEJOR AJUSTE
AC-1	Putando en Resguardo Los Patos	Log. Normal 3
AC-7	Colorado en Colorado	Log. Normal 3
AC-8	Juncal en Juncal	Log. Normal 3
AC-9	Blanco en Río Blanco	Gumbel
AC-10	Aconcagua en Río Blanco	Gumbel
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	Gumbel
AC-13	Pocuro en el Sifón	Log. Normal 3
LI-1	Alicahue en Colliguay	Log. Normal 3
PE-1	Tejada en Pedernal	Gumbel
PE-2	Sobrante en Peñadero	Gumbel

RESUMEN

DISTRIBUCION AJUSTADA	N° DE OCURRENCIAS
Log. Normal 3	5
Gumbel	5
Gama 3	0

análisis de frecuencia gráfico asignándoseles a los puntos probabilidades de excedencia de acuerdo a la fórmula de Weibull.

De estas figuras, puede concluirse que los ajustes entre los métodos analíticos y gráficos son altamente satisfactorios. La excepción a *ello* la constituye el punto correspondiente al año 1968 que correspondió a un año excepcionalmente seco, lo que queda explicado por la longitud de la muestra y la fórmula empírica de asignación de probabilidades.

En el Cuadro 3.7 se resumen los resultados de estos análisis de frecuencia para algunas probabilidades de excedencia seleccionadas.

3.6.1.2 Resultados del análisis de frecuencia de los caudales medios estacionales

Los caudales medios estacionales durante el período de riego (septiembre-abril) se sometieron a un análisis de frecuencia análogo al indicado anteriormente.

Las distribuciones de mejor ajuste se indican en el Cuadro 3.8 pudiéndose apreciar que con una ligera predominancia de la distribución LOG NORMAL 3, las tres distribuciones intentadas comparten los casos en forma bastante pareja.

En las Figuras A.3.11 a A.3.20 del Anexo 3 se indican los resultados gráficos de las distribuciones ajustadas y en el Cuadro 3.9 se incluye un resumen de los caudales medios estacionales para probabilidades de excedencia seleccionadas.

3.6.1.3 Resultados del análisis de frecuencia de los caudales medios mensuales

En el análisis de frecuencia de los caudales medios mensuales se obtuvieron las distribuciones de mejor ajuste que se indican en el Cuadro 3.10. Los resultados de los ajustes analíticos de frecuencia se resumen en las Figuras 3.22 a 3.31 que presentan las curvas de variación estacional o de frecuencia mensuales para probabilidades de excedencia 5%, 20%, 50% y 85%.

Estas curvas permiten identificar claramente el régimen de es-correntía de las diferentes cuencas.

CUADRO 3.7
RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LOS
CAUDALES MEDIOS ANUALES

CODIGO	ESTACION	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA				
		5	20	50	85	95
AC-1	Putando en Resg. Los Patos	14.06	9.35	6.05	3.47	2.46
AC-7	Colorado en Colorado	19.50	12.86	8.35	4.96	3.68
AC-8	Juncal en Juncal	8.09	6.69	5.46	4.22	3.61
AC-9	Blanco en Río Blanco	14.17	11.07	8.68	6.56	5.60
AC-10	Aconcagua en Río Blanco	30.75	24.00	18.80	14.18	12.08
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	48.44	36.72	27.68	19.66	16.01
AC-13	Pocuro en El Sifón	1.80	1.10	0.65	0.33	0.21
LI-1	Alicahue en Colliguay	2.08	1.35	0.84	0.44	0.29
PE-1	Tejada en Pedernal	0.50	0.33	0.19	0.07	0.01
PE-2	Sobrante en Peñadero	1.52	1.03	0.65	0.31	0.15

CUADRO 3.8
DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA DE MEJOR AJUSTE
A LOS CAUDALES MEDIOS ESTACIONALES

CODIGO	ESTACION	DISTRIBUCION DE MEJOR AJUSTE
AC-1	Putando en Resg. Los Patos	Gumbel
AC-7	Colorado en Colorado	Log Normal 3
AC-8	Juncal en Juncal	Gumbel
AC-9	Blanco en Río Blanco	Gumbel
AC-10	Aconcagua en Río Blanco	Log Normal 3
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	Gama 3
AC-13	Pocuro en El Sifón	Log Normal 3
LI-1	Alicahue en Colliguay	Log Normal 3
PE-1	Tejada en Pedernal	Gama 3
PE-2	Sobrante en Peñadero	Gama 3

RESUMEN

DISTRIBUCION AJUSTADA	N° DE OCURRENCIAS
Log Normal 3	4
Gumbel	3
Gama 3	3

CUADRO 3.9
RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LOS
CAUDALES MEDIOS ESTACIONALES

CODIGO	ESTACION	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA				
		5	20	50	85	95
AC-1	Putando en Resg. Los Patos	16.48	11.42	7.52	4.06	2.49
AC-7	Colorado en Colorado	26.38	16.85	10.48	5.76	4.01
AC-8	Juncal en Juncal	11.40	8.96	7.08	5.41	4.66
AC-9	Blanco en Río Blanco	19.28	14.96	11.62	8.66	7.32
AC-10	Aconcagua en Río Blanco	38.85	31.29	24.75	18.27	15.14
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	62.89	48.67	36.09	23.83	18.17
AC-13	Pocuro en El Sifón	1.84	1.10	0.63	0.31	0.20
LI-1	Alicahue en Colliguay	2.56	1.53	0.88	0.44	0.28
PE-1	Tejada en Pedernal	0.73	0.42	0.20	0.06	0.02
PE-2	Sobrante en Peñadero	1.87	1.19	0.67	0.28	0.15

CUADRO 3.10

DISTRIBUCIONES DE MEJOR AJUSTE A LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES

CODIGO	ESTACION	DISTRIBUCION DE MEJOR AJUSTE											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
AC - 1	Putando en Resguardo Los Patos	Gumbel	Gama 3	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel
AC - 7	Colorado en Colorado	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gama 3	Log Normal 3
AC - 8	Juncal en Juncal	Gama 3	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Gama 3	Gama 3
AC - 9	Blanco en Rfo Blanco	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Gama 3
AC - 10	Aconcagua en Rfo Blanco	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Gama 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gama 3	Gumbel
AC - 12	Aconcagua en Chacabuquito	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gumbel	Log Normal 3	Gama 3	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Log Normal 3	Gumbel
AC - 13	Pocuro en El Sifón	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3
LI - 1	Alicalmé en Colliguay	Log Normal 3	Gama 3	Gumbel	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Log Normal 3	Gama 3	Gama 3	Log Normal 3
PE - 1	Tejada en Pedernal	Gumbel	Log Normal 3	Gumbel	Log Normal 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Log Normal 3	Gumbel	Gama 3	Log Normal 3	Gama 3	Gama 3
PE - 2	Sobrante en Peñadero	Gama 3	Log Normal 3	Gama 3	Gumbel	Gumbel	Gama 3	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gama 3	Log Normal 3	Log Normal 3

RESUMEN

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA	N° DE OCURRENCIAS
Log Normal 3	53
Gumbel	40
Gama 3	27

100

AC-I RIO PUTAENDO EN RESG. LOS PATOS

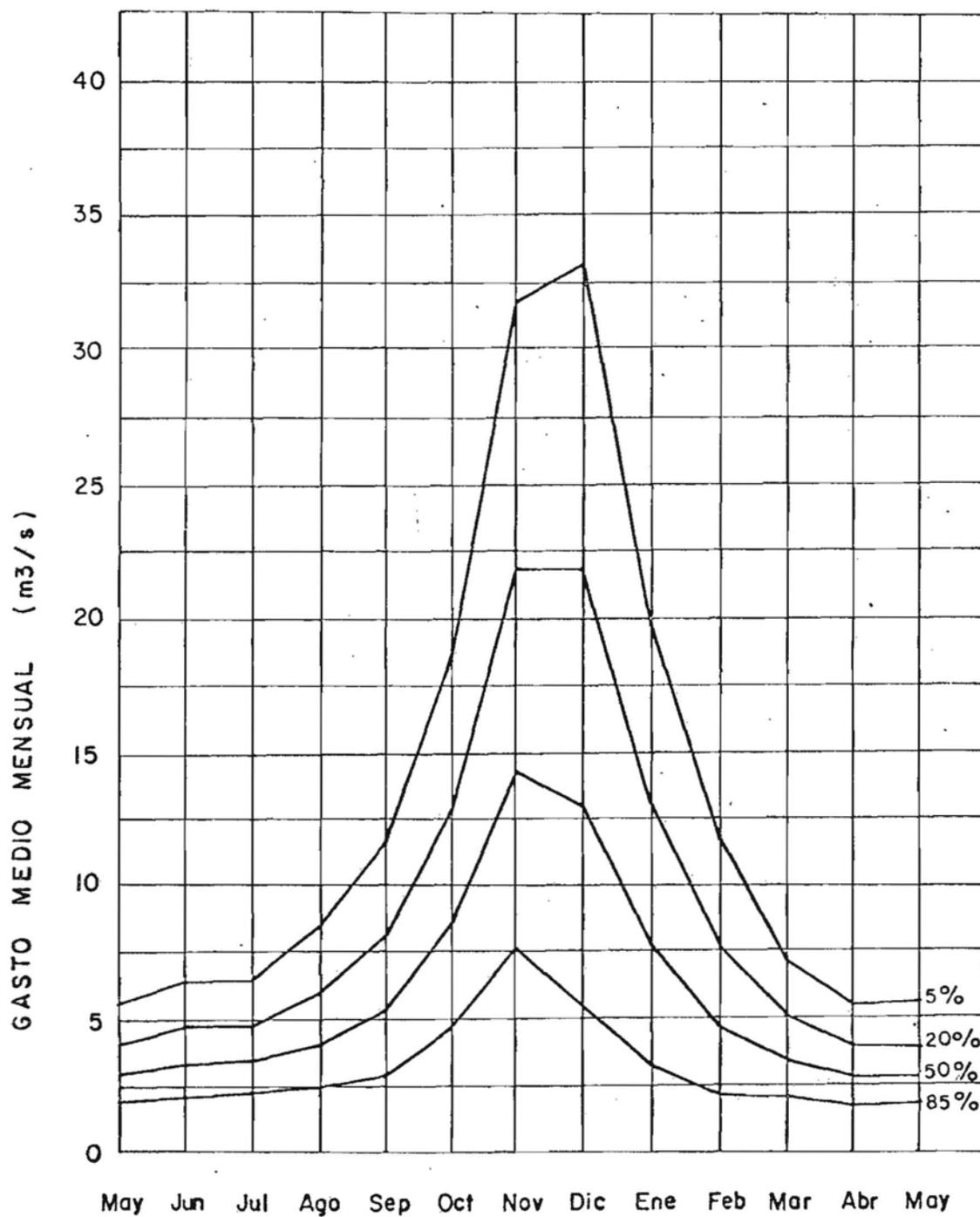


FIGURA 322

AC-7 COLORADO EN COLORADO

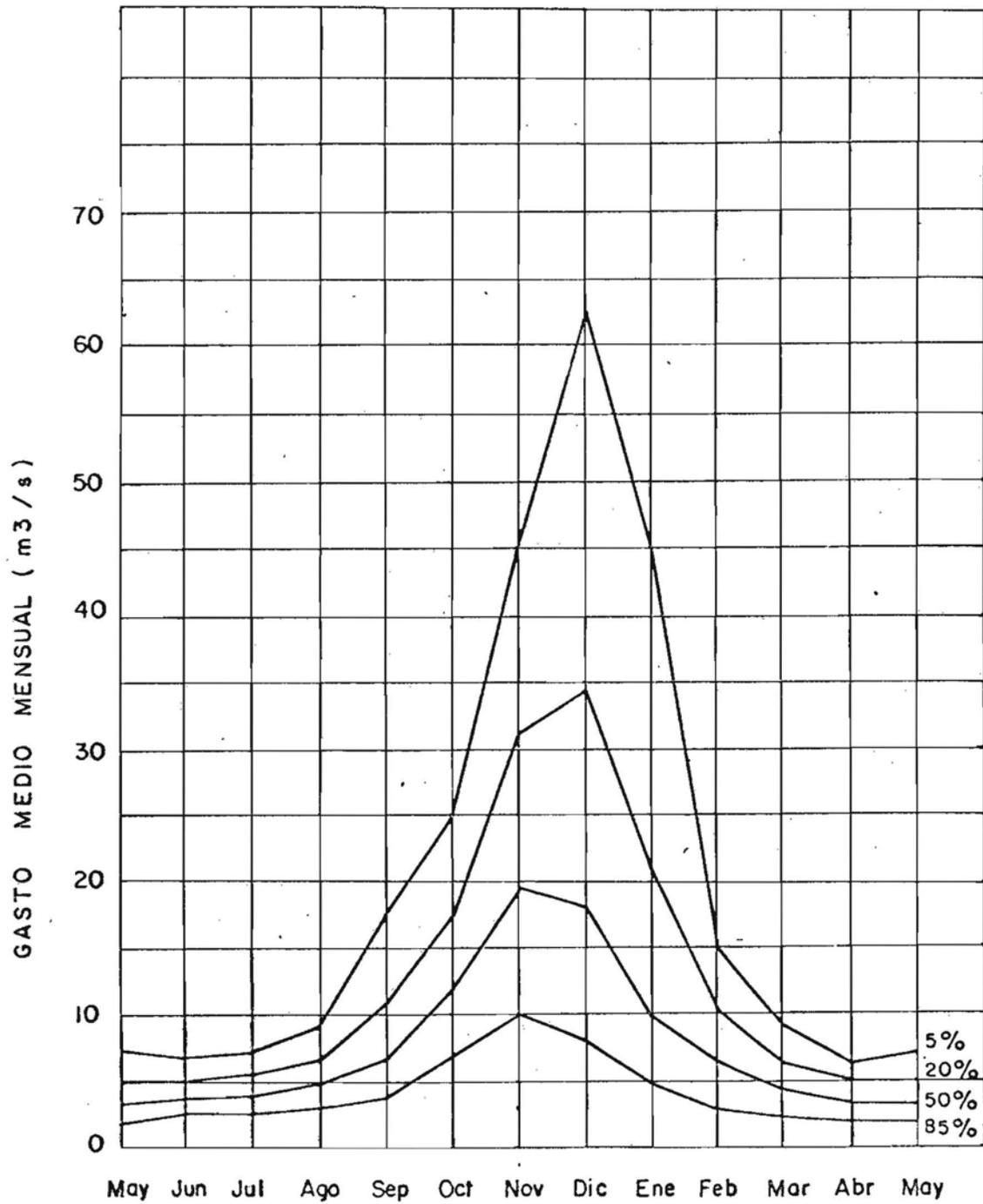


FIGURA 3.23

AC-8 RIO JUNCAL EN JUNCAL

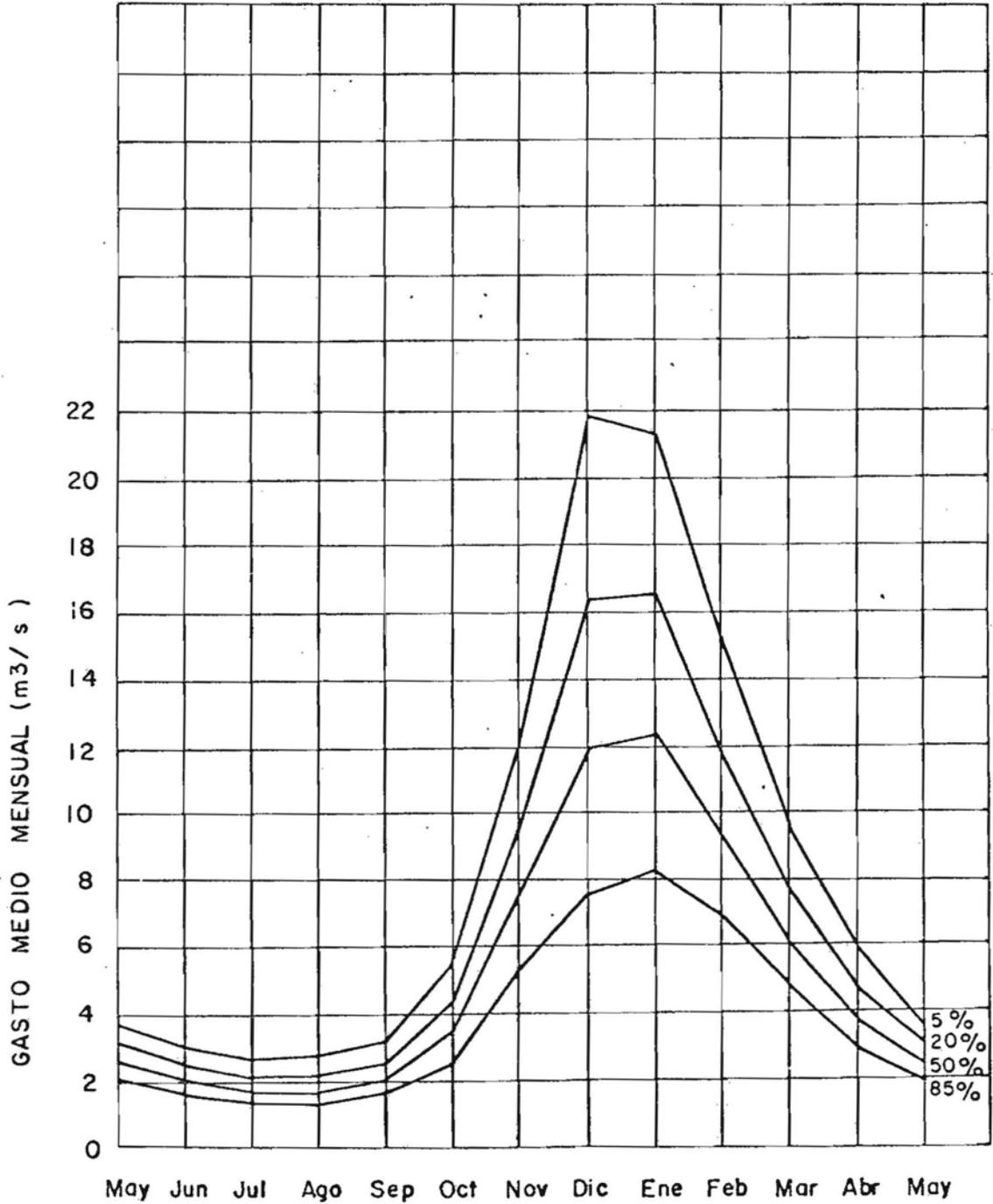


FIGURA 3.24

AC-9 RIO BLANCO EN BLANCO

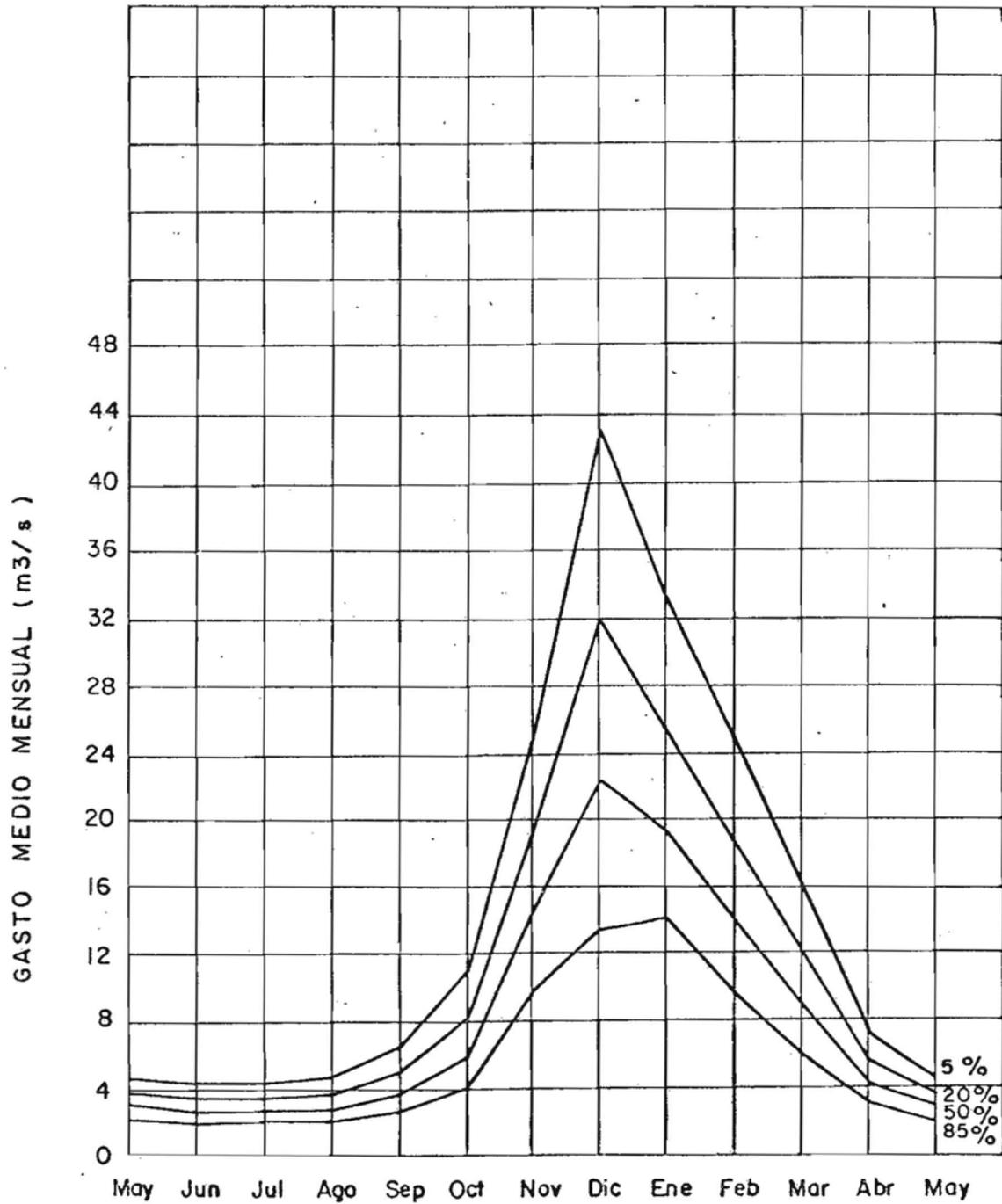


FIGURA 3.25

AC-10 RIO ANCONCAGUA EN RIO BLANCO

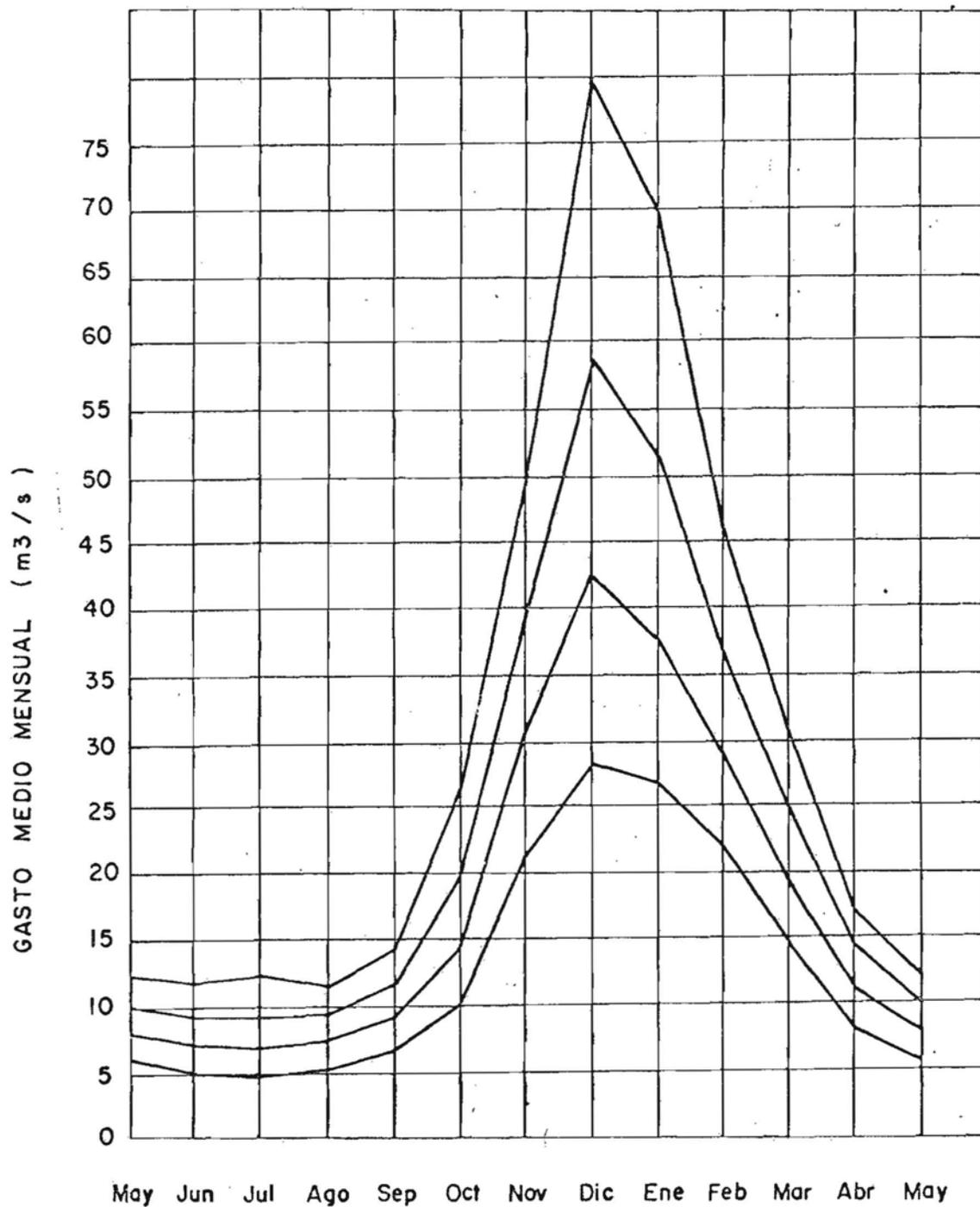


FIGURA 3.26

AC-12 RIO ACONCAGUA EN CHACABUQUITO

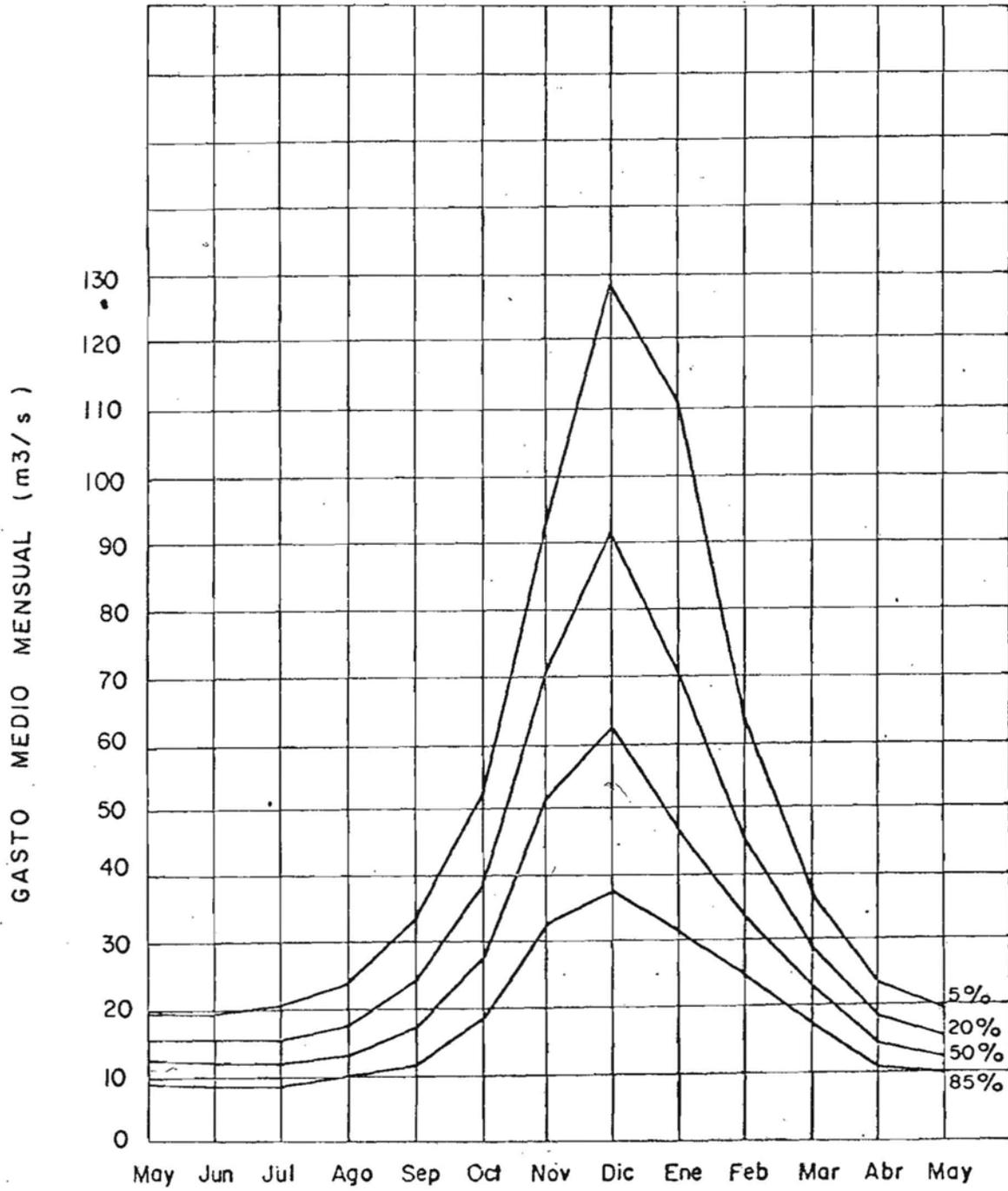


FIGURA 3.27

AC-13 ESTERO POCURO EN EL SIFON

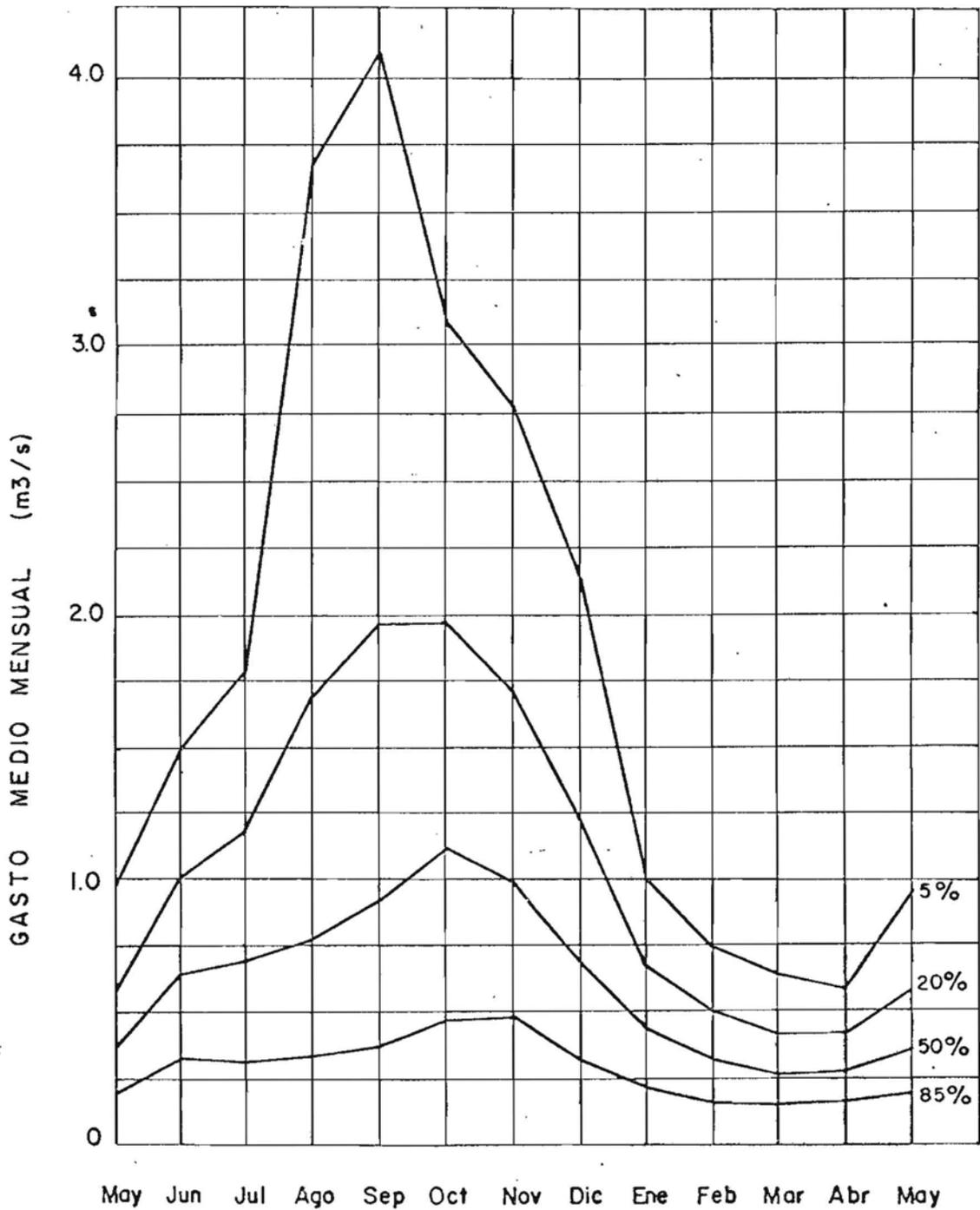


FIGURA 3.28

LI-I RIO ALICAHUE EN COLLIGUAY

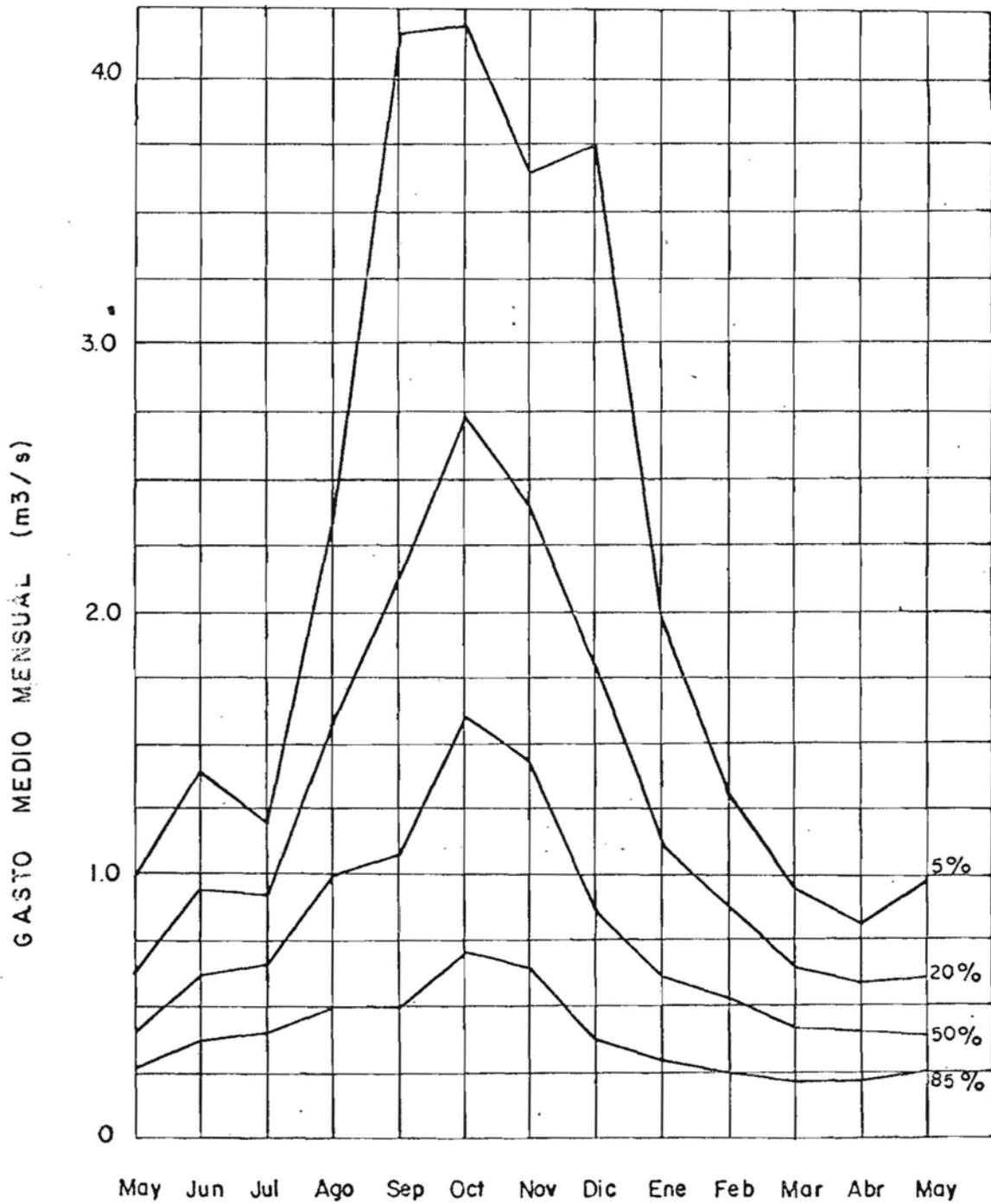


FIGURA 3.29

PE-I TEJEDA EN PEDERNAL

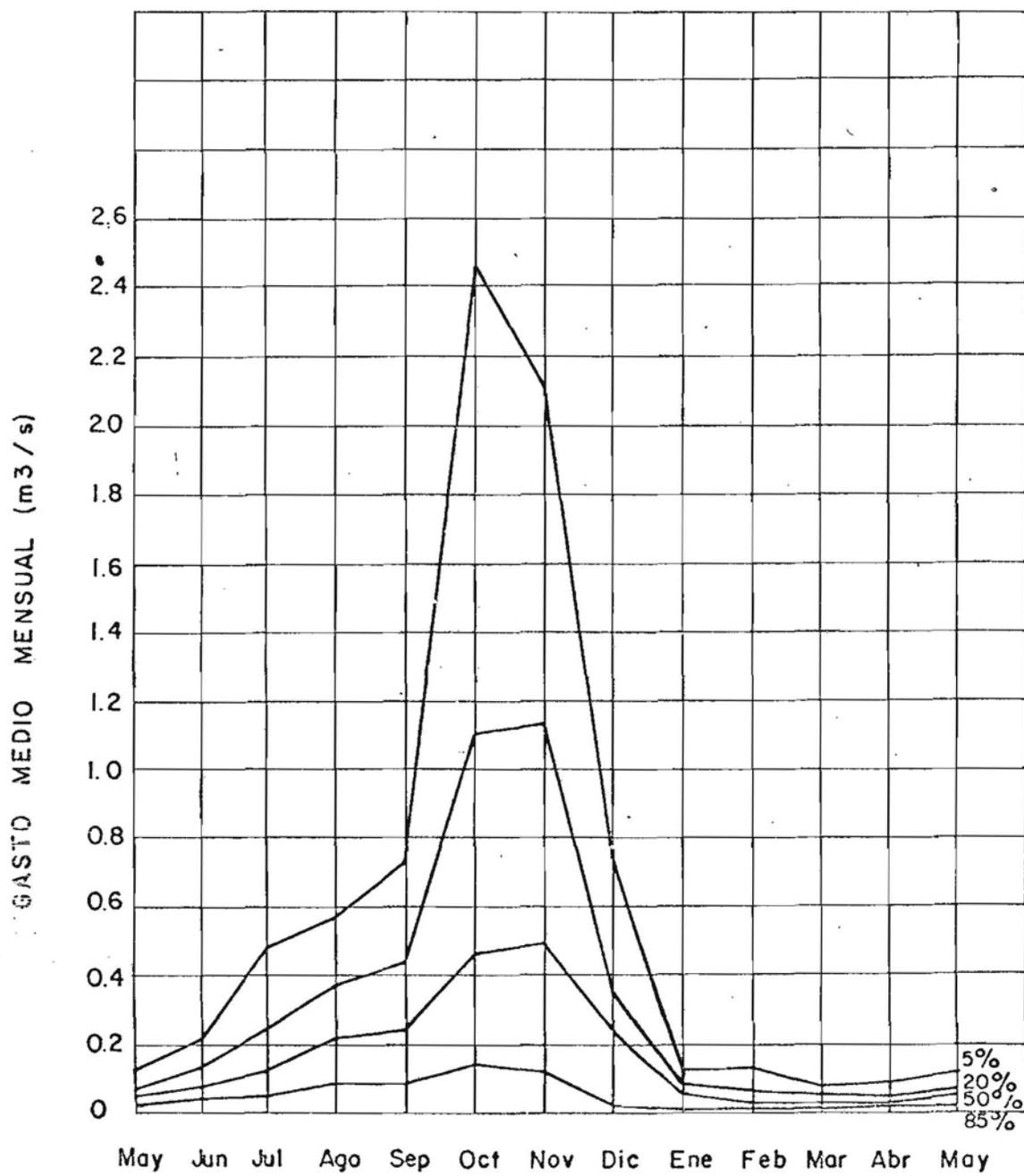


FIGURA 3.30

PE-2 RIO SOBRANTE EN PEÑADERO

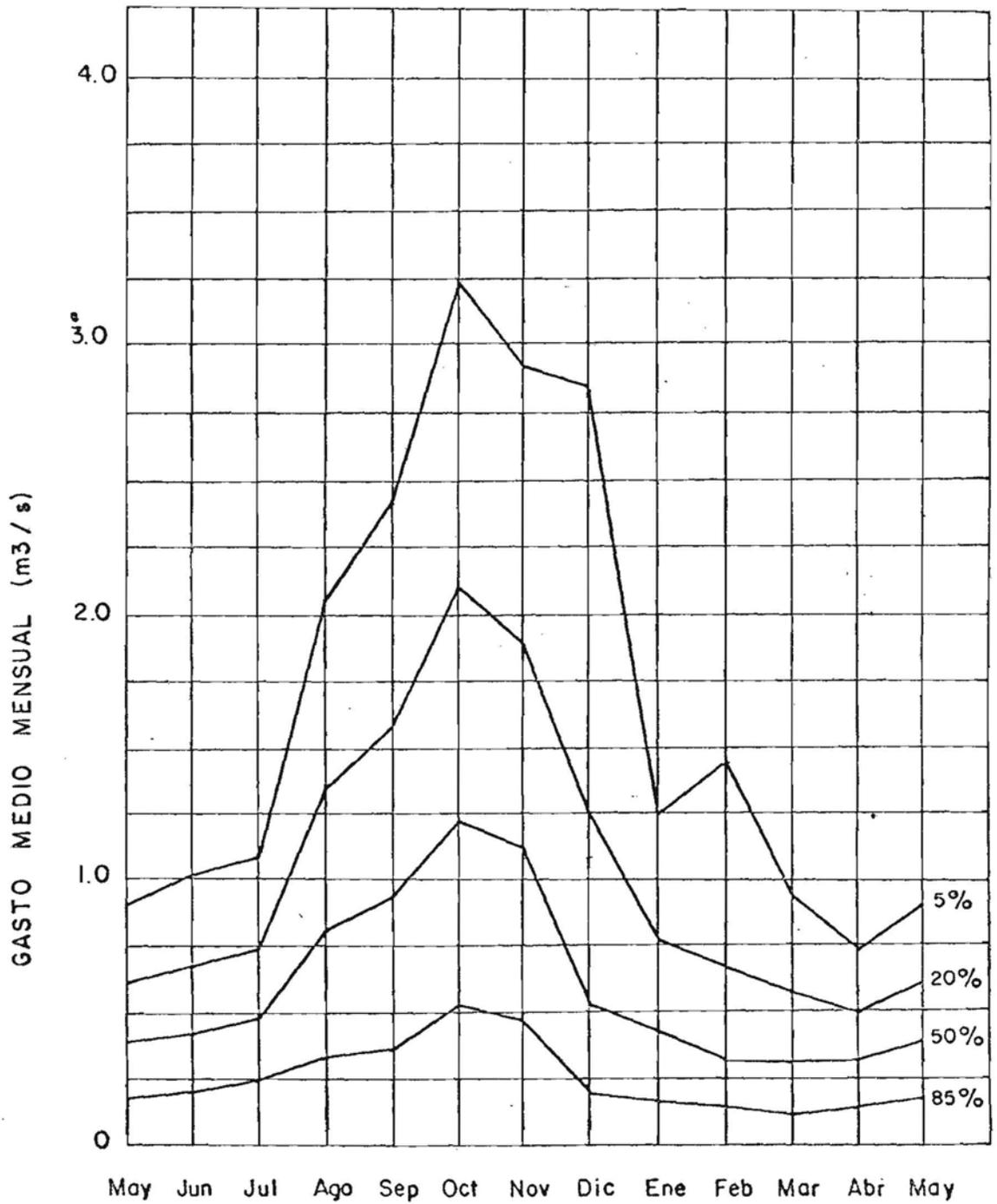


FIGURA 3.31

3.6.2 Análisis de la duración general de los caudales medios mensuales.

La información fluviométrica de caudales medios mensuales se sometió también a un análisis de duración general, para lo cual se determinaron las curvas correspondientes.

Estas curvas de duración, o de gastos clasificados, corresponden a funciones de distribución de frecuencias acumuladas que indican el porcentaje de tiempo o número promedio de meses en que un caudal medio mensual iguala o excede diferentes valores especificados.

Las curvas de duración se calcularon utilizando caudales específicos (en $\text{lt}/\text{seg. Km}^2$) para facilitar la comparación entre diversas cuencas.

Los resultados obtenidos se incluyen en las Figuras 3.32 y 3.33.

3.6.3 Parámetros estadísticos básicos de caudales medios

Para todas las estaciones analizadas se calcularon los siguientes parámetros estadísticos básicos a los caudales medios anuales, estacionales y mensuales: Valor 50% de probabilidad de excedencia, desviación típica, coeficientes de variación, promedio aritmético, valores máximos y mínimos registrados y rango.

Los valores obtenidos para cada una de las estaciones fluviométricas con registros adecuados se incluyen en el Cuadro 3.11.

CURVAS DE DURACION GENERAL DE CAUDALES
ESPECIFICOS MEDIOS MENSUALES

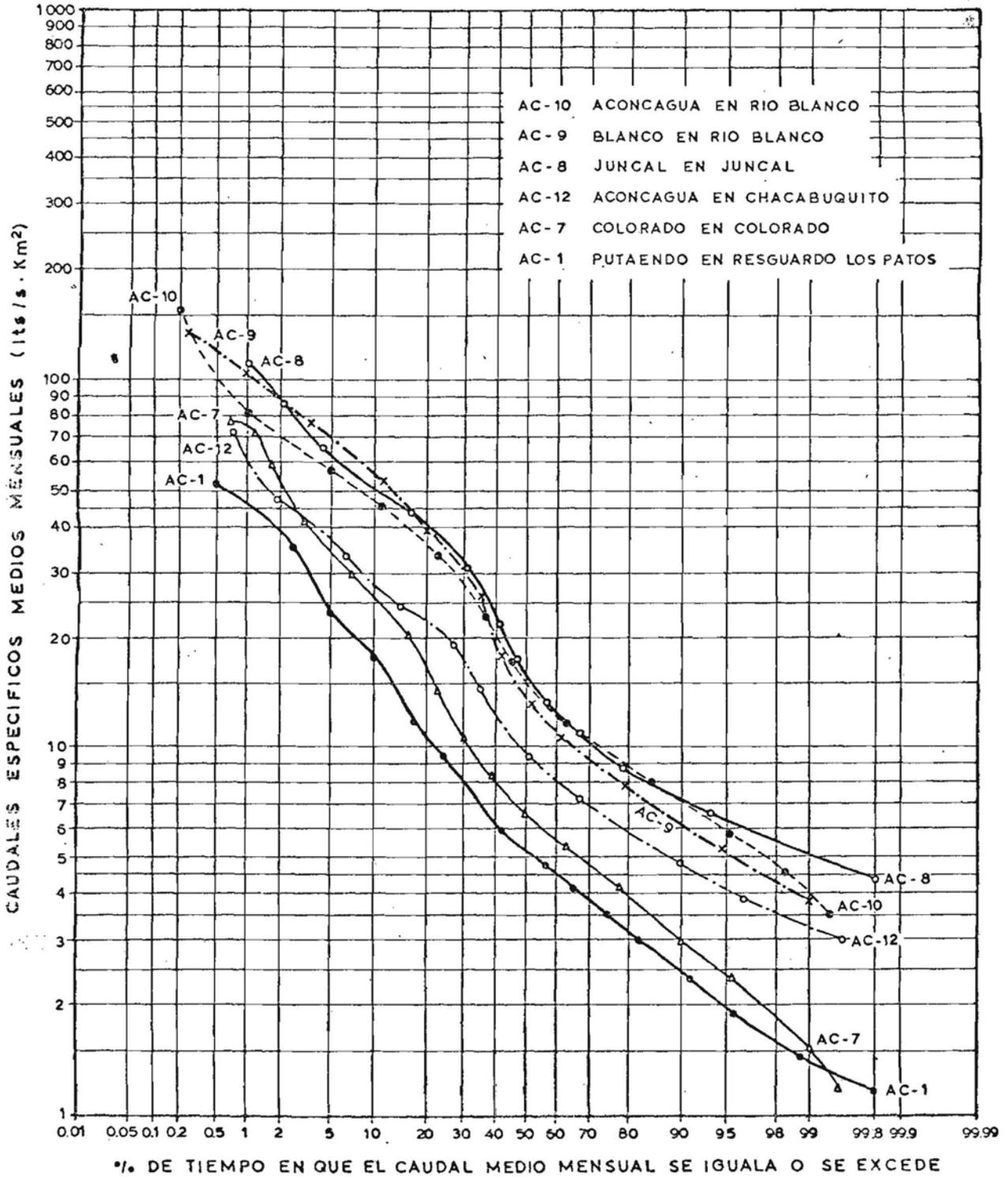


FIGURA 332

CURVAS DE DURACION GENERAL DE CAUDALES
ESPECIFICOS MEDIOS MENSUALES

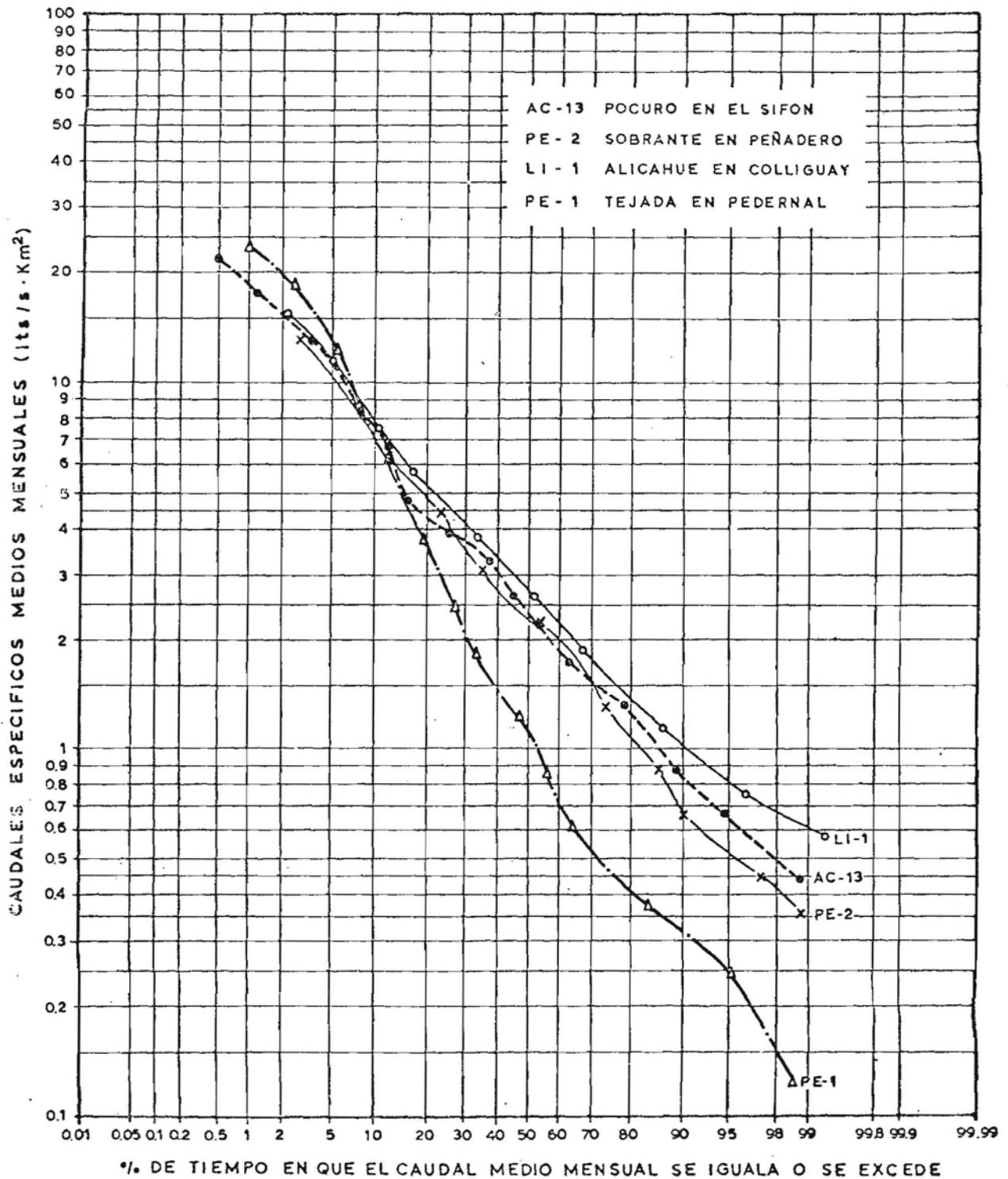


FIGURA 3.33

CUADRO 3.11

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-1 PUTAENDO EN RESGUARDO LOS PATOS

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	6.05	7.52	7.72	4.56	3.44	2.77	2.87	3.28	3.41	4.05	5.30	8.49	14.13	13.11
\bar{x}	6.85	8.45	9.47	5.23	3.81	3.01	3.10	3.51	3.59	4.43	5.82	9.32	15.58	15.32
σ	3.69	5.13	9.63	3.96	2.05	1.43	1.22	1.44	1.33	2.09	3.27	4.64	8.20	12.08
Cv	0.54	0.61	1.02	0.76	0.54	0.48	0.39	0.41	0.37	0.47	0.56	0.50	0.53	0.79
Valor Máximo	17.28	23.31	44.00	18.70	9.63	6.80	6.47	7.00	6.11	10.00	15.20	19.50	36.00	52.00
Valor Mínimo	1.47	1.52	1.36	1.30	1.09	0.87	1.25	1.14	1.27	1.32	1.70	1.83	2.20	1.43
Rango	15.81	21.79	42.64	17.40	8.54	5.93	5.22	5.86	4.84	8.68	13.50	17.67	33.80	50.57

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-7 COLORADO EN COLORADO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	8.35	10.48	9.89	6.51	4.33	3.50	3.43	3.71	3.93	4.80	6.77	11.97	19.72	18.
\bar{x}	9.54	12.20	15.02	7.61	4.79	3.65	3.69	3.96	4.15	5.13	8.00	12.84	22.04	23.
σ	5.23	7.35	14.95	6.13	2.56	1.61	1.62	1.60	1.62	2.08	4.63	5.48	12.19	18.
C _v	0.55	0.60	1.00	0.81	0.54	0.44	0.44	0.41	0.39	0.41	0.58	0.43	0.55	0.
Valor Máximo	26.70	35.51	74.30	30.90	10.90	8.30	7.00	10.70	9.40	11.40	22.40	23.50	60.10	76.
Valor Mínimo	2.41	2.33	3.00	1.40	1.30	0.60	0.60	1.60	1.50	1.80	2.40	2.80	3.80	3.
Rango	24.29	33.18	71.30	29.50	9.60	7.70	6.40	9.10	7.90	9.60	20.00	20.70	56.30	72.

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-8 JUNCAL EN JUNCAL

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS														
	Anuales	Estaciones		MENSUALES											
		(Períodos de riego)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
$X_{50\%}$	5.46	7.08	12.37	9.20	6.15	3.78	2.54	2.01	1.72	1.68	2.04	3.44	7.51	11.95	
\bar{x}	5.60	7.38	12.93	9.70	6.43	3.95	2.58	2.07	1.79	1.76	2.13	3.57	7.75	12.61	
σ	1.36	1.94	4.96	3.09	1.73	1.01	0.58	0.46	0.41	0.48	0.51	0.93	2.28	5.29	
Cv	0.24	0.26	0.38	0.32	0.27	0.26	0.22	0.22	0.23	0.27	0.24	0.26	0.29	0.42	
Valor Máximo	9.21	12.48	26.30	21.40	13.30	7.14	4.17	2.84	2.80	2.80	3.50	5.55	14.40	27.50	
Valor Mínimo	2.92	3.61	6.53	5.01	3.87	2.15	1.47	1.23	1.00	0.90	1.26	1.70	3.35	4.00	
Rango	6.29	8.87	19.77	16.39	9.43	4.99	2.70	1.61	1.80	1.90	2.24	3.85	11.05	23.50	

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-9 BLANCO EN RIO BLANCO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	8.68	11.62	19.29	13.80	8.74	4.32	2.97	2.63	2.72	2.77	3.72	6.01	14.59	22.32
\bar{x}	9.17	12.32	20.58	14.80	9.32	4.49	3.02	2.71	2.83	2.90	3.92	6.40	15.20	23.85
σ	2.92	4.19	7.33	6.40	3.54	1.54	0.87	0.84	0.72	0.83	1.23	2.13	5.33	12.05
Cv	0.32	0.34	0.36	0.43	0.38	0.34	0.29	0.31	0.25	0.29	0.32	0.33	0.35	0.51
Valor Máximo	18.78	26.36	45.00	41.10	22.50	9.04	5.29	4.57	4.63	4.75	7.20	10.30	32.00	76.00
Valor Mínimo	4.70	6.20	11.10	5.45	3.84	2.20	1.30	1.20	1.52	1.30	1.61	1.79	6.43	9.08
Rango	14.08	20.16	33.90	35.65	18.66	6.84	3.99	3.37	3.11	3.45	5.59	8.51	25.57	66.92

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-10 ACONCAGUA EN RIO BLANCO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones			MENSUALES									
		(Períodos de riego)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	D
$X_{50\%}$	18.80	24.75	37.85	28.75	19.06	11.05	7.93	7.16	6.94	7.45	9.26	14.67	30.47	4
\bar{x}	19.58	25.56	40.90	30.37	20.08	11.33	8.15	7.41	7.34	7.60	9.47	15.44	31.58	4
σ	5.26	7.30	14.94	9.53	6.21	3.31	2.33	2.26	2.31	2.30	2.81	5.07	9.61	1
Cv	0.27	0.29	0.37	0.31	0.31	0.29	0.29	0.31	0.32	0.30	0.30	0.33	0.30	
Valor Máximo	33.65	45.84	83.70	62.10	43.80	23.20	15.80	11.40	12.30	12.60	16.60	28.00	55.00	10
Valor Mínimo	8.61	11.15	18.40	17.30	11.60	6.44	3.58	2.75	2.55	3.49	4.00	4.54	12.10	1
Rango	25.04	34.69	65.30	44.80	32.20	16.76	12.22	8.65	9.75	9.11	12.60	23.46	42.90	8

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-12 ACONCAGUA EN CHACABUQUITO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	D
X _{50%}	27.68	36.09	46.88	33.39	22.64	14.37	12.29	12.10	11.94	13.07	17.30	27.62	51.88	6.
\bar{x}	29.44	37.77	55.00	36.86	23.88	15.01	12.76	12.48	12.56	13.97	18.79	29.17	54.07	6.
σ	10.67	14.98	29.43	14.72	7.50	4.17	3.75	3.93	3.77	5.06	7.71	10.17	20.94	3.
Cv	0.36	0.40	0.54	0.40	0.31	0.28	0.29	0.32	0.30	0.36	0.41	0.35	0.39	0.
Valor Máximo	61.05	83.66	159.00	91.70	51.90	27.60	22.50	25.50	20.20	27.20	41.00	47.20	119.00	17.
Valor Mínimo	11.33	13.80	22.30	18.80	13.80	7.07	6.12	5.87	5.72	6.01	6.84	7.70	16.30	1.
Rango	49.72	69.86	136.70	72.90	38.10	20.53	16.38	19.63	14.48	21.19	34.16	39.50	102.70	15.

CUADRO 3:11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

AC-13 POCURO EN EL SIFON

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$X_{50\%}$	0.65	0.63	0.43	0.32	0.26	0.28	0.36	0.64	0.69	0.77	0.92	1.11	0.99	0.66
\bar{x}	0.78	0.77	0.48	0.35	0.30	0.31	0.43	0.71	0.80	1.23	1.38	1.32	1.19	0.84
σ	0.51	0.53	0.31	0.20	0.17	0.18	0.25	0.42	0.53	1.31	1.38	0.93	0.79	0.63
C_v	0.65	0.69	0.65	0.56	0.56	0.58	0.59	0.59	0.66	1.07	1.00	0.70	0.66	0.75
Valor Máximo	2.20	2.33	1.44	0.90	0.85	0.97	1.20	2.50	2.20	5.53	6.00	3.60	3.70	2.60
Valor Mínimo	0.11	0.10	0.06	0.04	0.07	0.08	0.13	0.13	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.11
Rango	2.09	2.23	1.38	0.86	0.78	0.89	1.07	2.37	2.05	5.38	5.86	3.46	3.56	2.49

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

LI-1 ALICAHUE EN COLLIGUAY

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$X_{50\%}$	0.84	0.88	0.61	0.53	0.42	0.41	0.40	0.62	0.66	1.00	1.08	1.60	1.42	0.85
μ	0.96	1.07	0.79	0.61	0.48	0.44	0.47	0.69	0.69	1.12	1.48	1.85	1.64	1.27
σ	0.54	0.70	0.65	0.40	0.30	0.22	0.22	0.29	0.28	0.67	1.16	1.24	0.98	1.25
C_v	0.57	0.65	0.82	0.66	0.62	0.50	0.48	0.43	0.41	0.60	0.78	0.67	0.60	0.99
Valor Máximo	2.23	2.77	3.10	1.60	1.20	1.04	1.15	1.29	1.34	2.80	4.50	4.90	3.70	5.26
Valor Mínimo	0.20	0.19	0.15	0.12	0.13	0.13	0.19	0.25	0.22	0.25	0.26	0.25	0.20	0.17
Rango	2.03	2.58	2.95	1.48	1.07	0.91	0.96	1.04	1.12	2.55	4.24	4.65	3.50	5.09

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

PE-1 TEJADA EN PEDERNAL

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	0.19	0.20	0.050	0.030	0.030	0.030	0.050	0.080	0.120	0.220	0.240	0.460	0.490	0.1
\bar{x}	0.22	0.26	0.058	0.044	0.037	0.039	0.053	0.089	0.161	0.255	0.291	0.716	0.705	0.2
σ	0.17	0.23	0.061	0.041	0.029	0.025	0.030	0.045	0.126	0.183	0.228	0.660	0.600	0.3
C _v	0.77	0.86	1.053	0.918	0.779	0.650	0.567	0.503	0.779	0.715	0.785	0.922	0.851	1.4
Valor Máximo	0.63	0.83	0.290	0.160	0.120	0.120	0.150	0.180	0.550	0.900	0.850	2.400	2.150	1.3
Valor Mínimo	0.02	0.01	0.000	0.000	0.010	0.010	0.010	0.020	0.030	0.030	0.030	0.020	0.010	0.0
Rango	0.61	0.82	0.290	0.160	0.110	0.110	0.140	0.160	0.520	0.870	0.820	2.380	2.140	1.3

CUADRO 3.11
(Continuación)

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS

PE-2 SOBRENTE EN PEÑADERO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estaciones (Períodos de riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$X_{50\%}$	0.65	0.67	0.42	0.31	0.31	0.32	0.38	0.42	0.48	0.81	0.94	1.22	1.11	0.52
\bar{x}	0.73	0.80	0.51	0.47	0.38	0.36	0.43	0.47	0.53	0.94	1.10	1.42	1.27	0.86
σ	0.45	0.56	0.45	0.44	0.29	0.23	0.28	0.26	0.27	0.71	0.88	0.92	0.81	0.96
C_v	0.63	0.71	0.89	0.94	0.78	0.65	0.64	0.54	0.52	0.76	0.80	0.65	0.63	1.11
Valor Máximo	1.80	2.17	2.16	1.90	1.15	1.00	1.35	1.10	1.24	3.00	3.40	3.50	3.38	3.88
Valor Mínimo	0.10	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.13	0.12	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
Rango	1.70	2.08	2.10	1.80	1.05	0.90	1.22	0.98	0.14	2.93	3.33	3.43	3.31	3.80

3.7 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

Con el fin de caracterizar en términos comparativos, los regímenes de escorrentía superficial de las diversas cuencas con control fluvio-métrico, se procedió a analizar sus rendimientos específicos medios anuales en lt/seg/km^2 .

Para dichos efectos, se utilizaron los caudales medios anuales asociados con las probabilidades de excedencia 5%, 20%, 50%, 85% y 95%, obtenidos del análisis de frecuencia de los caudales medios anuales (Ver punto 3.6.1.1). Los resultados de este análisis se incluyen en el Cuadro 3.12.

En este cuadro se puede apreciar que las cuencas esencialmente nivales (Juncal en Juncal, Blanco en Río Blanco y Aconcagua en Río Blanco) tienen rendimientos específicos muy superiores al resto en las que la porción pluvial de la cuenca adquiere mayor importancia. Así mismo se aprecia el efecto de disminución de la pluviosidad con la latitud que se traduce en menores rendimientos específicos en las cuencas nivopluviales de Ligua (Alicahue, en Colliguay) y Petorca (Sobrante en Peñadero y Tejada en Pedernal). Este efecto comienza a ser significativo en la cuenca de Putaendo en Resguardo Los Patos, en el mismo valle del Aconcagua.

El bajo rendimiento específico de la cuenca del estero Pocuro, se explica por la escasa influencia nival que posee.

Se estudió además la variación temporal de los rendimientos específicos de las cuencas, los que se muestran en los gráficos que se indican en las Figuras 3.34 a 3.38. De este análisis, se puede concluir que en general se observa una tendencia descendente en el tiempo en los rendimientos específicos.

A pesar de que el período de 35 años es apenas suficiente para analizar una serie de tiempo, la importancia de las pendientes observadas permiten suponer que se trata de una tendencia sostenida que puede explicarse por una disminución en el tiempo de la pluviosidad en la zona.

En las Figuras 3.34 a 3.38 se han acotado los rendimientos específicos anuales correspondientes a probabilidades de excedencia de 30% y 70%. Ello permite visualizar los años que pueden clasificarse como húmedos, normales y secos.

CUADRO 3.12
 RENDIMIENTOS ESPECIFICOS ANUALES PARA DIFERENTES
 PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA
 (Lt/s. Km²)

CODIGO	ESTACION	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA				
		5	20	50	85	95
AC-1	Putando en Resguardo Los Patos	16.70	11.10	7.19	4.12	2.92
AC-7	Colorado en Colorado	23.33	15.38	9.99	5.93	4.40
AC-8	Juncal en Juncal	35.64	29.47	24.05	18.59	15.90
AC-9	Blanco en Río Blanco	37.29	29.13	22.84	17.26	14.74
AC-10	Aconcagua en Río Blanco	35.51	27.71	21.71	16.37	13.95
AC-12	Aconcagua en Chacabuquito	23.55	17.85	13.46	9.56	7.78
AC-13	Pocuro en el Sifón	7.89	4.82	2.85	1.45	0.92
LI-1	Alicahue en Colliguay	7.85	5.09	3.17	1.66	1.09
PE-1	Tejada en Pedernal	6.13	4.05	2.33	0.86	0.12
PE-2	Sobrante en Peñadero	6.79	4.60	2.90	1.38	0.67

VARIACION TEMPORAL DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

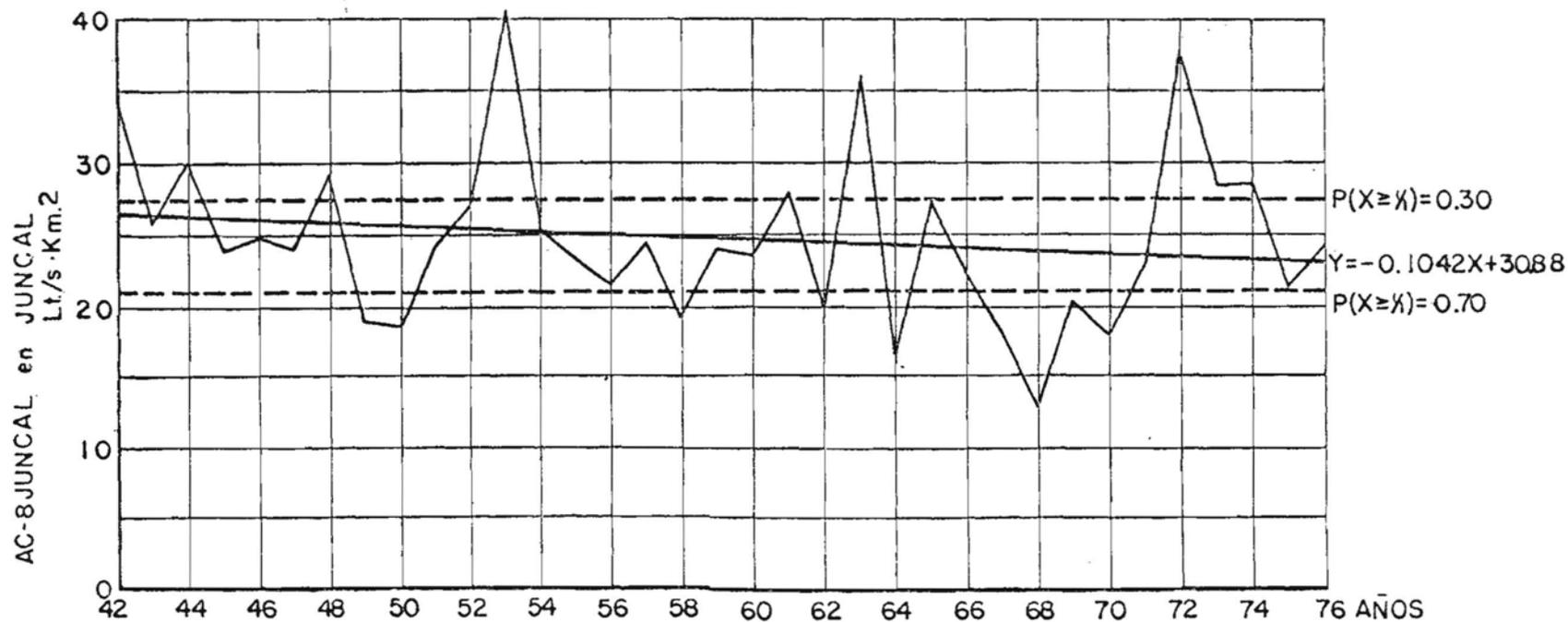
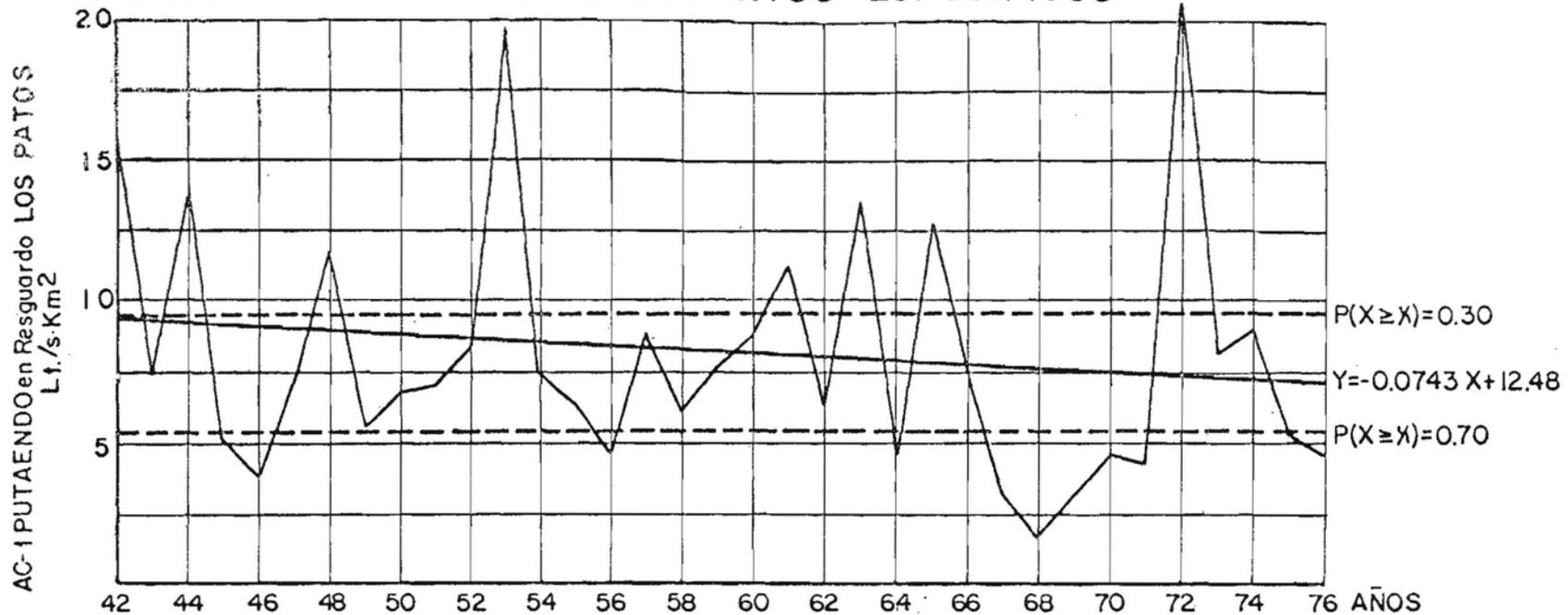


FIGURA 3.34

VARIACION TEMPORAL DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

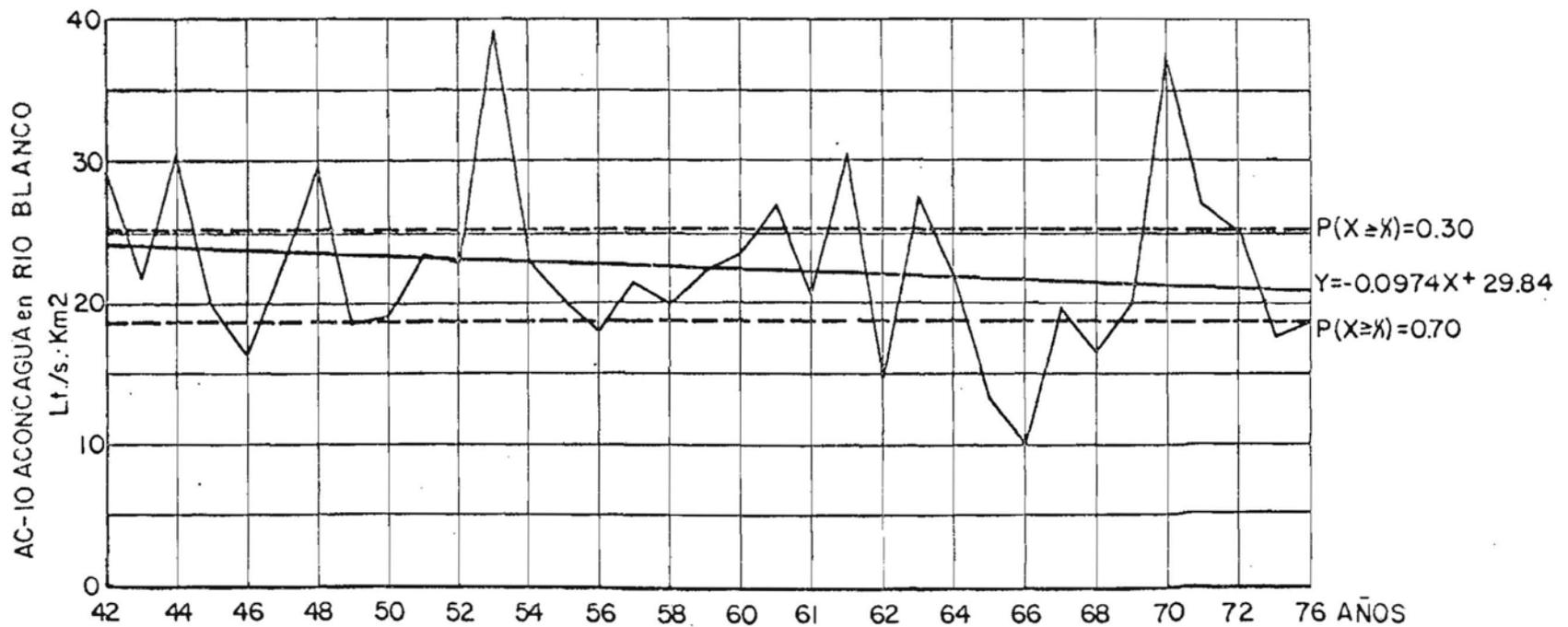
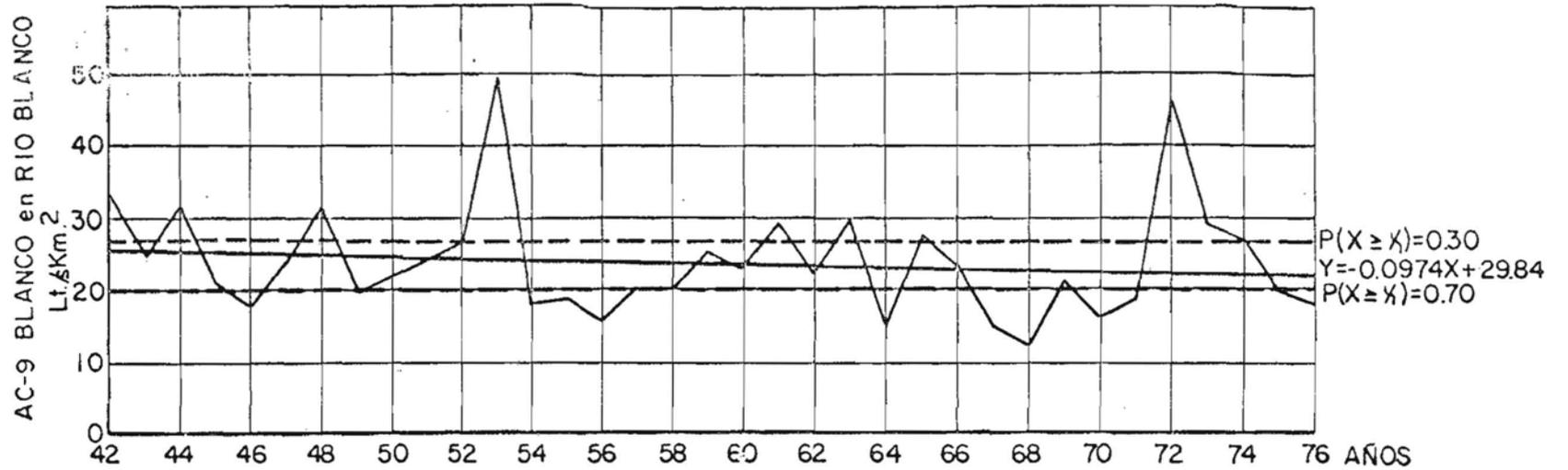
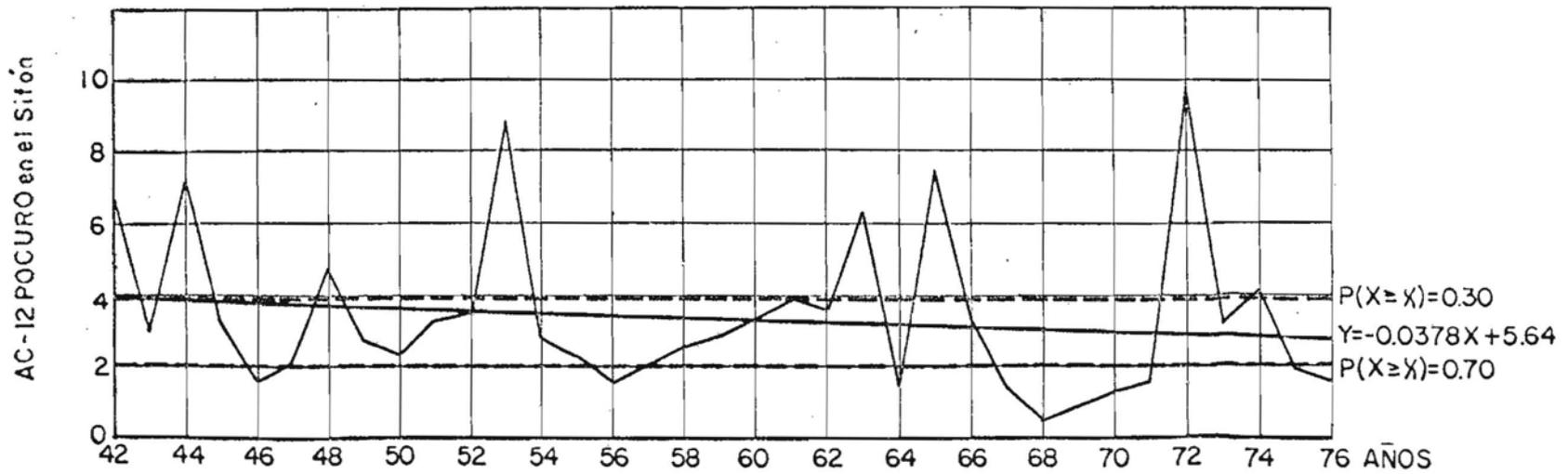
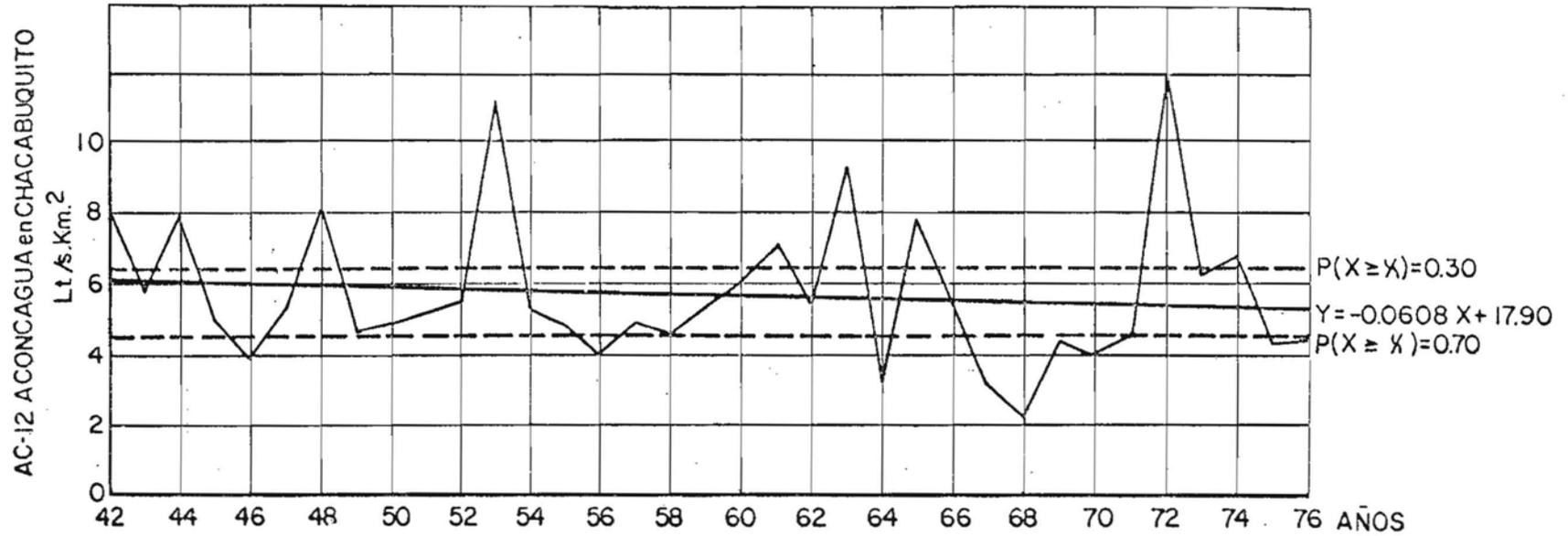


FIGURA 3.35

VARIACION TEMPORAL DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS



VARIACION TEMPORAL DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

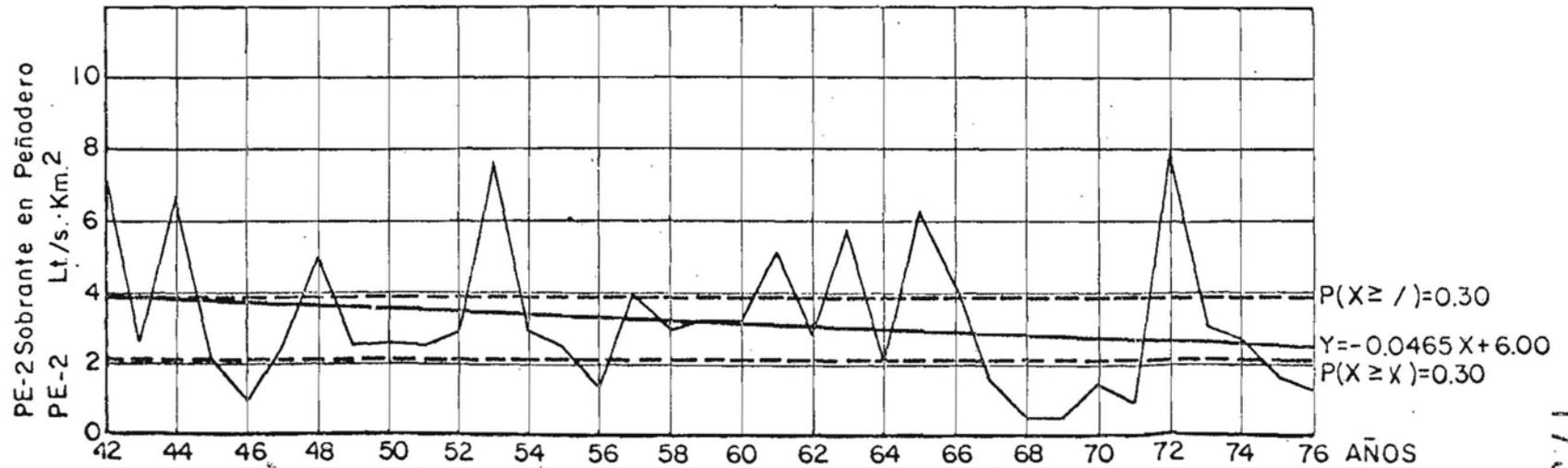
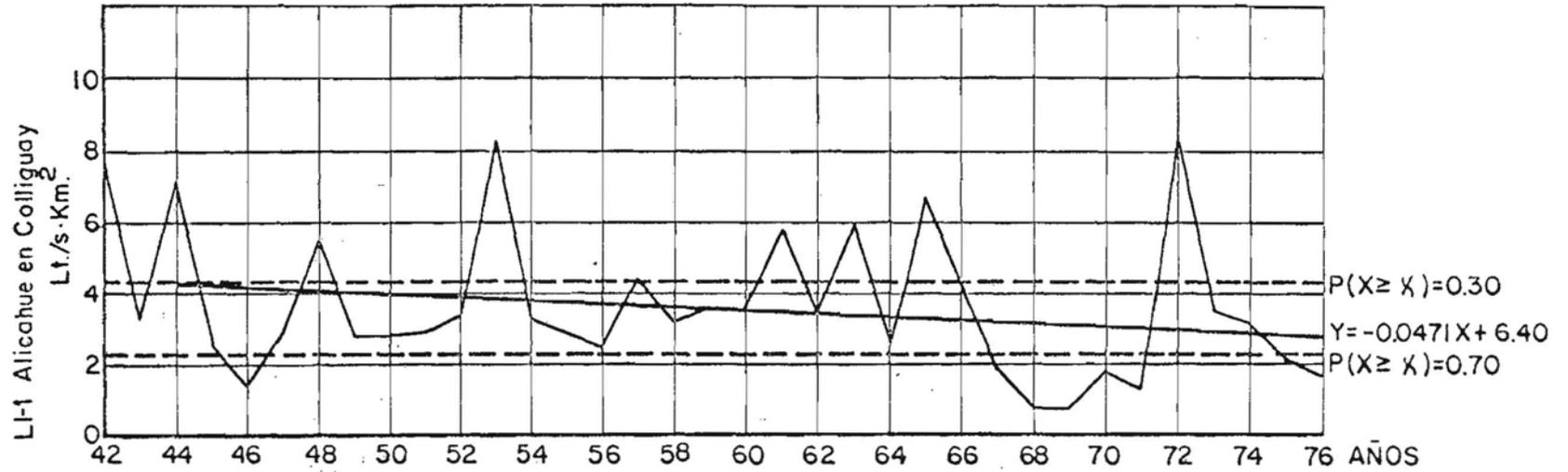


FIGURA 3.37

VARIACION TEMPORAL DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

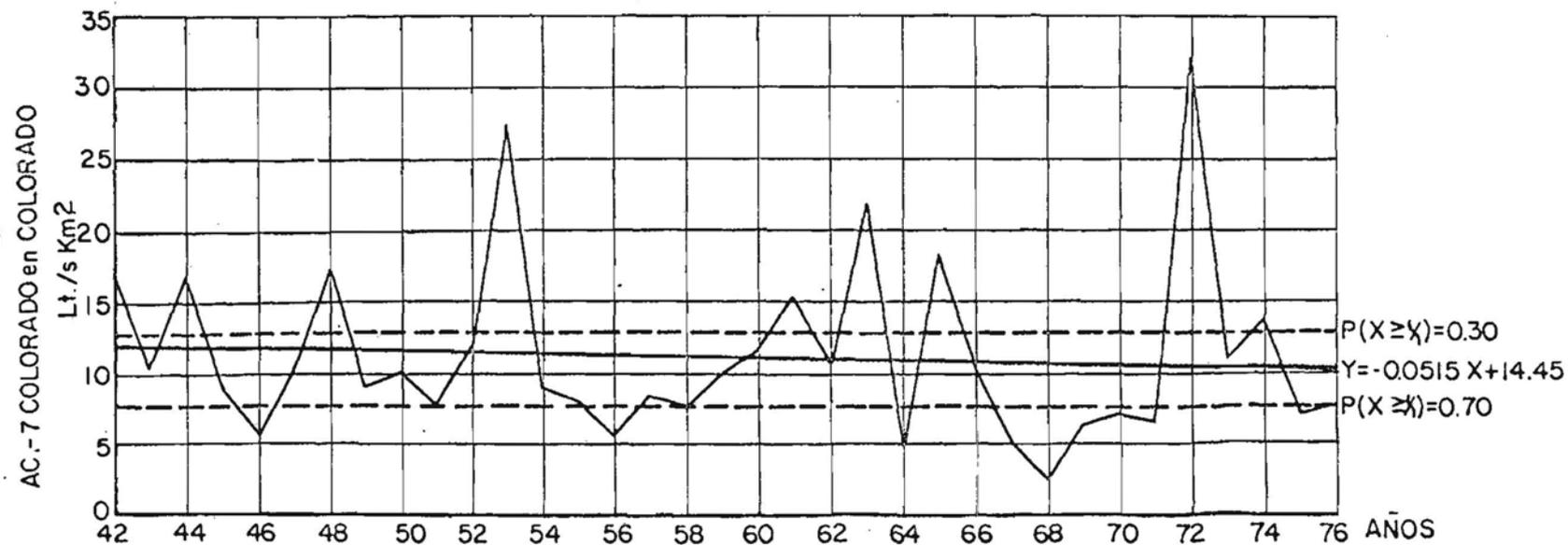
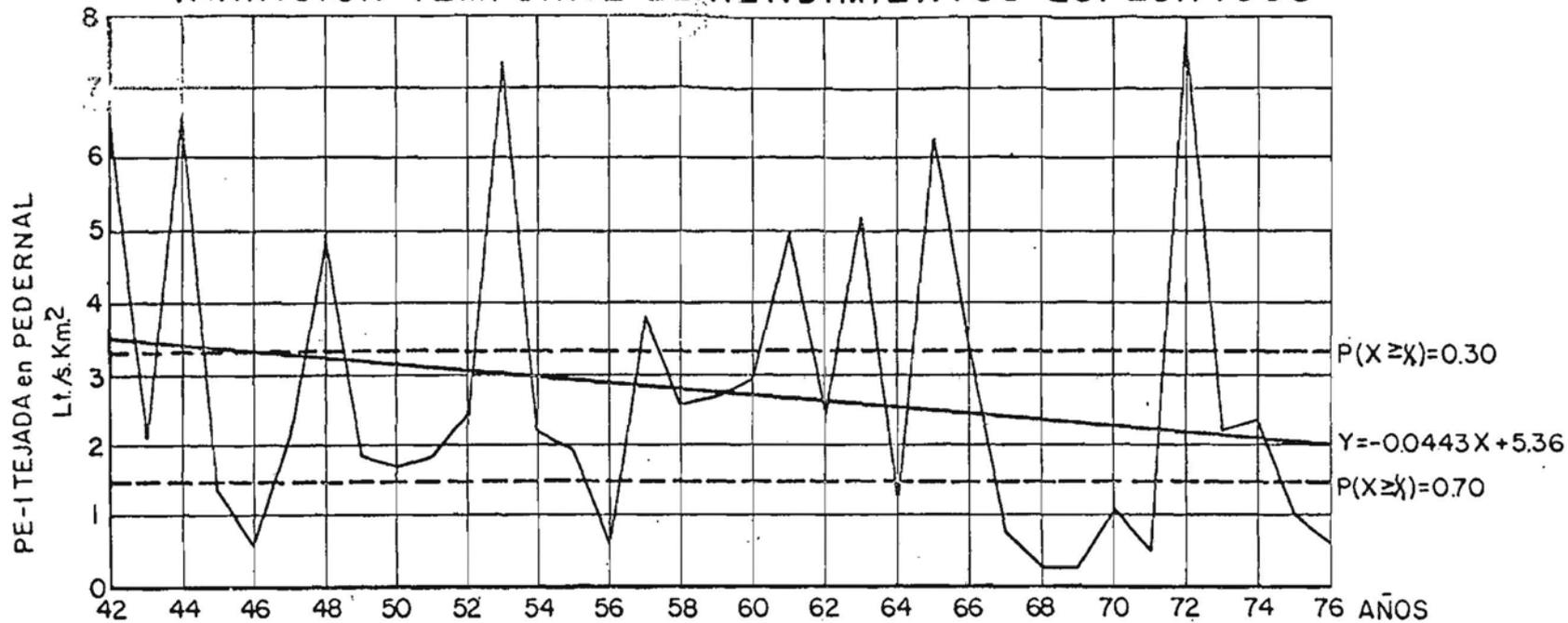


FIGURA 3.38