

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LA
CUENCA DEL RIO MATAQUITO

TOMO F

HIDROLOGIA

4206

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION HIDROLOGICA GENERAL DE LA ZONA.	5
3. ESTUDIO CLIMATOLOGICO Y METEOROLOGICO	9
3.1. Introducción	9
3.2. Caracterización Climática General de la Región	12
3.3. Elementos Climáticos Básicos de la Región	13
3.3.1. Temperatura, Período sin Heladas y Grados-día	13
3.3.2. Humedad Relativa	30
3.3.3. Nubosidad, Insolación y Radiación Solar	45
3.3.4. Vientos	46
3.3.5. Evaporación	56
3.4. Estimación de Evapotranspiración Potencial	56
3.4.1. Introduucción	56
3.4.2. Método de Penman-Mac Ilroy	60
3.4.3. Método de Blaney y Criddle modificado	61
3.4.4. Resultados	63
3.5. Criterios Climatológicos	87
3.6. Zonificación Agroclimática	88
4. ESTUDIO DE PRECIPITACIONES	93
4.1. Introduucción	93
4.2. Recopilación de datos básicos. Análisis preliminar de la información y de los estudios Pluviométricos anteriores.	94
4.3. Análisis de los registros Pluviométricos.	96
4.3.1. Selección del Patrón Pluviométrico y del período de estudio.	96
4.3.2. Relleno y homogeneización de la estadística de las estaciones del Patron.	97
4.3.3. Relleno, homogeneización y extensión de la estadística pluviométrica de las estaciones consideradas en el estudio.	100

4.4.	Análisis de Frecuencia de las precipitaciones anuales.	101
4.5.	Análisis de Frecuencia de las precipitaciones mensuales.	104
4.6.	Distribución espacial de la precipitación anual sobre la cuenca.	105
4.7.	Análisis de precipitaciones máximas diarias anuales.	106
5.	ESTUDIO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL	183
5.1.	Introducción	183
5.2.	Estaciones Fluviométricas consideradas y recopilación de la información básica correspondiente.	183
5.2.1.	Información Fluviométrica básica en Cuenca Río Mataquito.	183
5.2.2.	Información Fluviométrica complementaria en Cuencas vecinas.	190
5.2.3.	Informes disponibles de estudios anteriores	191
5.3.	Análisis de homogeneidad de los registros <u>fluviométricos</u> anuales y mensuales.	192
5.3.1.	Elección de un Patrón Fluviométrico	192
5.3.2.	Análisis de homogeneidad de las Estaciones Fluviométricas N°3 , N°4 y N°6 + 7.	201
5.3.3.	Corrección por homogeneidad de los registros fluviométricos.	201
5.4.	Estimación de la escorrentía superficial en Subcuencas sin control fluviométrico o con registros cortos.	213
5.4.1.	Síntesis de caudales mensuales en Cuencas Nivales sin control fluviométrico.	214
5.4.2.	Síntesis de caudales en la estación Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo.	217
5.4.3.	Síntesis en Cuencas Pluviales y Nudos del Modelo de Operación.	218
5.4.3.1	Descripción general del Modelo.	219
5.4.3.2	Datos de entrada del Modelo de Simulación Hidrológica.	219

5.4.3.3	Variables Hidrológicas calculadas en la operación del Modelo de Simulación Hidrológica.	224
5.4.3.4	Calibración y verificación del Modelo.	224
5.5.	Estadística definitiva de los caudales medios anuales y mensuales en régimen actual.	228
5.6.	Reconstitución de estadísticas fluviométricas en régimen natural.	246
5.6.1.	Aspectos Generales	246
5.6.2.	Influencia de la operación del Embalse El Planchón.	248
5.6.3.	Influencia de las extracciones por canales de riego.	253
5.6.3.1	Influencia en la estación El Manzano en Desembocadura.	253
5.6.3.2	Influencia en la estación Teno en Puente FF.CC.	259
5.7.	Caracterización estadística de los caudales medios anuales, estacionales y medios mensuales en régimen actual y natural.	265
5.7.1.	Análisis de Frecuencia	265
5.7.1.1	Resultados del Análisis de Frecuencia de los caudales medios anuales en régimen actual y natural.	266
5.7.1.2	Resultados del análisis de frecuencia de los caudales medios estacionales en régimen actual y natural.	266
5.7.1.3	Resultados del análisis de frecuencia de los caudales medios mensuales en régimen actual y natural.	270
5.7.2.	Análisis de la Duración General de los caudales medios mensuales.	285
5.7.3.	Parámetros estadísticos básicos de caudales medios en régimen actual y natural.	293
5.8.	Estudio de Rendimientos Específicos	293
5.9.	Estudio de caudales de crecidas	302
5.9.1.	Introducción	302

5.9.2.	Estudio de caudales máximos registrados en la Cuenca del Río Mataquito.	311
5.9.3.	Crecidas de diseño para Embalses en Cuencas Nivales.	314
5.9.4.	Crecidas de diseño para Embalses en Cuencas Pluviales.	316
5.9.4.1	Parámetros fisiográficos de las Cuencas.	317
5.9.4.2	Lluvias de diseño	318
5.9.4.3	Caudales de diseño	322
5.9.5.	Valores definitivos de caudales máximos instantáneos de diseño.	325
5.10.	Análisis de caudales mínimos	326
5.11.	Estudio de pérdidas y recuperaciones	328
5.11.1.	Antecedentes Generales	328
5.11.2.	Antecedentes disponibles en el Río Teno	328
5.11.3.	Corridas de aforo efectuadas en el Río Teno durante el estudio.	331
5.11.4.	Conclusiones sobre pérdidas y recuperaciones en el Río Teno.	335
5.11.5.	Antecedentes de Pérdidas y Recuperaciones en el Río Lontué.	337
5.11.6.	Conclusiones preliminares sobre pérdidas y recuperaciones del sistema del Río Lontué.	344
5.11.7.	Aforos efectuados en el Río Mataquito	345
6.	ESTUDIO DE ARRASTRE DE SEDIMENTOS	347
6.1.	Introducción	347
6.2.	Metodología empleada	348
6.3.	Información disponible en Chile sobre producción de sedimentos en Cuencas controladas.	350
6.4.	Comparación de las curvas generalizadas de Fleming con los valores medidos en cuencas chilenas.	356
6.5.	Estimación del Arrastre de Sedimentos, en las subcuencas no controladas en la hoya del río Mataquito.	358
6.6.	Volúmenes de sedimentación y tiempos de colmatación de los embalses.	362

7.	ANALISIS HIDROLOGICO GENERAL	367
7.1.	Introducción	367
7.2.	Criterios para la sectorización hidrológica de la cuenca.	367.
7.2.1.	Régimen de precipitaciones	368
7.2.2.	Régimen de escorrentía	368
7.2.3.	Régimen de evapotranspiración	368
7.2.4.	Ubicación fisiográfica y red de drenaje	368
7.2.5.	Aspectos Meteorológicos	369
7.2.6.	Naturaleza y grado del aprovechamiento de agua	369
7.2.7.	Pérdidas y recuperaciones	369
7.2.8.	Producción de sedimentos	369
7.3.	Descripción y caracterización hidrológica de los sectores.	370
7.3.1.	Sector Cordillera.	370
7.3.2.	Sector Precordillera	371
7.3.3.	Sector de riego Norte y riego Sur	371
7.3.4.	Sector de riego Poniente	372
7.3.5.	Sector Cuenca Natural Intermedia	372
7.3.6.	Sectores de Cuencas Costeras	373
7.3.7.	Sectores Litorales	374
7.4.	Balances Hidrológicos	375
7.4.1.	Balance Hidrológico del Sector Cordillera	376
7.4.2.	Balance Hidrológico del Sector Precordillera	377
7.4.3.	Balance Hidrológico del Sector de Riego Norte y Sur.	379
7.4.3.1	Cálculo de la Precipitación (P)	380
7.4.3.2	Calculo de las escorrentías superficiales afluentes (Q ₁)	380
7.4.3.3	Cálculo de la escorrentía subterránea afluyente (Q ₂)	382
7.4.3.4	Cálculo de la Evapotranspiración real (ET)	382
7.4.3.5	Cálculo de las Extracciones por Canales (R ₂)	383
7.4.3.6	Cálculo del Balance Hidrológico y Conclusiones	383
7.4.4.	Balance Hidrológico en Sectores de Cordillera de la Costa.	385
7.4.5.	Balance Hidrológico en Sector de Riego Poniente.	387

8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	391
8.1	Introducción	391
8.2	Aspectos Climatológicos y Meteorológicos	391
8.3	Aspectos del Régimen de Precipitaciones	393
8.4	Aspectos del Régimen de Escorrentía Superficial	395
8.5	Aspectos de Arrastre de Sedimentos	399
8.6	Aspectos de Sectorización Hidrológica y Balances Hidrológicos	400

APENDICE El Apéndice, que incluye los Anexos a este Tomo, se presenta en un Tomo separado.

1.- INTRODUCCION

El objetivo general de este informe es caracterizar el régimen hidrológico y los recursos de agua superficiales de la hoya del río Mataquito y cuencas costeras adyacentes, en términos de la magnitud, variación temporal y espacial y grados de probabilidad de las principales variables hidrológicas. Esta caracterización incluyó aspectos climáticos y meteorológicos; el régimen de precipitaciones y de escorrentía superficial; el arrastre de sedimentos y, balances hidrológicos.

Se elaboró, 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 de la operación 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 facilitaran 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. El estudio aquí desarrollado detenta la modalidad de alcanzar los objetivos planteados en un contexto regional de mayor amplitud e integración de las variables hidrológicas y, con la mayor extensión posible de información actualizada.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los resultados y conclusiones que se desprenden del trabajo, son válidos sólo dentro del margen de la información actualmente disponible y en el contexto del objetivo básico del Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito. Por lo tanto, dichos resultados y conclusiones pueden ser mejorados o ampliados en el futuro.

Los aspectos climatológicos y meteorológicos, incluyen la caracterización climática general de la región y un análisis de las principales variables tales como : temperaturas y humedades del aire, período sin heladas, grados-día, nubosidad, radiación solar, vientos, evaporación y evapotranspiración potencial. Los principales resultados se expresan en gráficos y cartas regionales. Por último, se efectuó una identificación y caracterización de sectores agroclimáticamente homogéneos.

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 1926-1975. 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 se 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 1942-1975. Salvo en algunas estaciones fluviométricas y para algunos meses, en general, no se procedió a un análisis de curvas de descargas, ni a una retraducción de la estadística oficialmente disponible en los organismos pertinentes. El informe contiene la estadística fluviométrica originalmente registrada y la estadística ampliada, tanto en régimen actual como natural. En aquellos puntos y subcuencas no controlados donde se requería información de caudales, ésta se generó por métodos estadísticos de transposición o por medio de un modelo de simulación hidrológica. Se efectuaron análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales, del período de riego y mensuales, tanto en régimen actual como natural, y se analizaron las tendencias de los rendimientos específicos en diferentes subcuencas.

Para el prediseño de obras de embalse y para caracterizar en general la magnitud de las crecidas en la cuenca, se analizaron caudales máximos registrados y estimados por métodos estadísticos de transposición o por el método del hidrograma unitario instantáneo. Análogamente, se efectuó un análisis de frecuencia de los caudales medios diarios mínimos registrados.

El estudio de pérdidas y recuperaciones se concretó al río Teno y a un sector del río Lontué. En el río Teno se efectuaron aforos especiales que permitieron confirmar los antecedentes de estudios anteriores y precisar ciertos aspectos. En el sector del río Lontué sólo se pudo alcanzar resultados preliminares y recomendar estudios futuros al respecto.

En relación al arrastre de sedimentos, la información disponible en la cuenca es prácticamente nula, por lo que sólo se procedió a estimar cifras de producción específica en base a curvas generalizadas propuestas en la bibliografía y antecedentes de otras cuencas en Chile.

Finalmente, se procedió a efectuar 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 estos sectores permitió aportar nuevos antecedentes sobre déficit de escurrimiento y pérdidas reales por evapotranspiración.

Este estudio hidrológico consta de un cuerpo principal y diversos anexos pertinentes a algunos capítulos del texto principal. El texto principal explica las metodologías utilizadas y los principales resultados obtenidos. En los anexos se detalla las metodologías y se incluye además tablas y gráficos de registros básicos.

2. - DESCRIPCION HIDROLOGICA GENERAL DE LA ZONA

Este capítulo tiene por objeto describir en líneas generales las características hidrológicas más relevantes de la zona, con especial referencia a su fisiografía, hidrografía y regímenes climático, pluviométrico y fluviométrico típicos.

La zona bajo estudio pertenece administrativamente a la VI y VII Región y geográficamente se ubica en la zona comprendida entre los paralelos $34^{\circ} 30'$ y $35^{\circ} 30'$ latitud sur, y entre la línea divisoria de las aguas de altas cumbres de la Cordillera de Los Andes y la línea del litoral del océano Pacífico.

Esta zona comprende la cuenca del río Mataquito propiamente tal y las cuencas intermedias de la costa entre las que se incluyen la del Topocalma y Laguna Vichuquén por el Norte y la del Huenchullami por el Sur.

Hidrológicamente la cuenca del río Mataquito es la más importante. Es una cuenca de forma irregular, aproximadamente triangular que se extiende desde la Cordillera de Los Andes al Océano Pacífico, cubriendo una superficie de 6.200 Km^2 . Sus rasgos orográficos predominantes los constituyen las cordilleras de la Costa y de Los Andes, que la atraviesan de Norte a Sur en toda su extensión, y el Valle Central comprendido entre ambos cordones montañosos. Entre la línea del litoral y la cordillera de la Costa, existe una zona de transición conformada esencialmente por planicies litorales.

Esta constitución orográfica determina en gran medida las características climáticas e hidrológicas de las diversas regiones de la cuenca.

En cuanto a las primeras, la zona presenta en general una diferencia estacional marcada, condicionada por el paso de sistemas frontales provenientes del Sur. En términos anuales, la temperatura media es del orden de 12°C , existiendo mayores diferencias extremas en la Zona del Valle Central y Cordilleras, que en la Costa.

La humedad atmosférica imperante permite caracterizar el aire de la región como húmedo durante la temporada invernal y semi-seco durante el resto del año.

Los vientos de la zona son predominantemente vientos del Sur y Sur Oeste con velocidades medias moderadas. Durante el paso de los sistemas ciclónicos, la dirección predominante es la Nor-Oeste.

Estos rasgos climáticos generales se ven afectados por los factores locales antes mencionados. Así por ejemplo, existen zonas en que las temperaturas medias y extremas, lo mismo que otros factores climáticos, difieren notablemente de los valores medios regionales.

El régimen pluviométrico se caracteriza por precipitaciones anuales que oscilan entre 600 y 900 mm hasta el piedmont andino, con un aumento característico con la altura a medida que se alcanza la zona de la Cordillera de los Andes. Se estima que en las altas cumbres de esta cordillera las precipitaciones anuales alcanzan entre 2.500 y 3.000 mm anuales.

La distribución temporal de las lluvias es la típica de la zona Central del país. Los máximos ocurren en los meses de Junio y Julio; el período estival, comprendido entre los meses de Diciembre a Marzo, se caracteriza por precipitaciones casi nulas. Aproximadamente el 85% de la precipitación anual ocurre entre los meses de Abril a Septiembre.

La red de drenaje se compone principalmente por los ríos Mataquito, Teno y Lontué. Este último, se conforma con la unión de los ríos Palos y Colorado. El principal tributario del río Teno es el río Claro, que se le une en las cercanías de los Queñes.

El río Mataquito nace a la salida del Valle Central, inmediatamente al poniente de la ciudad de Curicó. Escurre a través de un angosto valle formado por los cerros de la cordillera de la Costa recorriendo una distancia de aproximadamente 102 Km hasta su desembocadura al mar.

El río Mataquito recibe los aportes de un sinnúmero de esteros en su recorrido hasta la desembocadura; el más

importante es el estero Rapilermo cuya hoya se extiende al sur del Mataquito e incluye el pueblo de Curepto.

El río Teno por su parte, tiene su origen en las altas cumbres Cordilleranas de la zona cercana a las lagunas del Planchón. Aquí recibe los aportes del río Malo y del río del Pellejo. En sus nacientes recibe el nombre de río de Nacimiento. Escurre predominantemente en dirección Oriente-Poniente, recorriendo una distancia de aproximadamente 108 Kms hasta su junta con el río Mataquito. A la entrada al Valle Central, recibe los aportes del río Claro y del Estero El Manzano. El río Claro presenta características similares a los del Teno, con una cuenca aportante alta, pero relativamente menor en cuanto a área.

Los ríos Palos y Colorado tienen también su origen en las altas cumbres de la Cordillera de los Andes, presentando características muy similares a las del Teno y Claro. Estos tributarios del Lontué tienen su confluencia a la entrada del Valle Central. Al igual que el Teno, el río Lontué recibe en su recorrido hasta su junta con el Mataquito (51 Kms), aportes de innumerables esteros. El principal aporte lo constituye el del Estero Upeo.

En cuanto a los caudales medios representativos de estos ríos, los del Teno y el Colorado son los más importantes con valores medios anuales del orden de $40 \text{ m}^3/\text{seg}$. Le siguen el Claro y el Palos con caudales aproximadamente la mitad de los anteriores.

Existen además una serie de esteros que nacen en la precordillera andina y confluyen en el valle central hacia los ríos Lontué y Teno. Entre estos debe mencionarse los esteros de Chequenlemillo y Guaiquillo.

Además, en el Valle Central mismo, se originan esteros cuyo régimen hidrológico principal queda condicionado al régimen de recuperaciones de riego del sector. Al respecto pueden mencionarse los esteros de Comalle, río Seco y el Patagual.

En la zona de la Costa los principales cursos los constituyen los del Estero Huenchullami (al Sur del río Mataquito) y los esteros Patacón y Baquil, que junto con el estero Vichuquén alimentan a la laguna del mismo nombre (al norte).

Estos cursos se caracterizan por altas concentraciones de gasto sólido durante la época pluvial, las que están condicionadas por la erosión acelerada que sufre la cordillera de la Costa en esta zona.

Los regímenes hidrológicos de estos ríos y esteros son esencialmente nivopluviales y pluviales. Los ríos de régimen nivo-pluvial corresponde a los que poseen hoyas aportantes que abarcan la zona de la Cordillera y de pre-cordillera. Entre éstos cabe mencionar los ríos Teno, Claro, Palos, Colorado y Lontué. El primero y el último tienden a aumentar su componente pluvial a medida que avanzan hacia la junta con el Mataquito.

Todos los esteros presentan un régimen hidrológico netamente pluvial, incluso el estero Upeo cuya hoya de forma alargada, se extiende hasta los primeros cordones andinos.

Las obras hidráulicas existentes modifican el comportamiento natural de algunos cursos. Entre éstas, las de mayor relevancia son la red de Canales de la zona de riego adyacente a los ríos Teno y Lontué, y las obras artificiales para la regulación y captación de las aguas de las lagunas del Planchón. La influencia de estas obras artificiales es importante en el período de riego comprendido entre los meses de Diciembre a Abril inclusivos.

Las obras de aprovechamiento hidroeléctrico de la cuenca son poco numerosas y no afectan el comportamiento natural de los cursos. (Por ejemplo, las plantas hidroeléctricas ubicadas en el estero río Seco y el Quete-Quete de propiedad de la CONAFE). Cabe mencionar eso sí, el canal Teno-Chimbarongo que trasvasa los excedentes de invierno del río Teno con fines de ampliación de la capacidad de regadío y generación hidroeléctrica de la Cuenca del río Rapel.

Las características climáticas e hidrológicas básicas de la zona pueden cuantificarse a través de los registros históricos disponibles de las redes meteorológica, pluviométrica y fluviométrica existentes. Sin embargo estas redes, especialmente la meteorológica y fluviométrica, se caracterizan por estar compuestas de un número bastante reducido de estaciones. Afortunadamente en el caso de las redes meteorológicas y pluviométricas, existen algunas estaciones cercanas, en las cuencas del Maule y Rapel, que sirven de eventual apoyo para los fines de caracterización climática de la zona.

3. ESTUDIO CLIMATOLOGICO Y METEOROLOGICO

3.1 INTRODUCCION

El presente estudio persigue definir los rasgos climáticos fundamentales que caracterizan la Hoya del río Mataquito, haciendo énfasis en su aplicación a fines agrícolas. El número de estaciones meteorológicas existentes en la región, impide un estudio detallado y en muchos aspectos las consideraciones tienen un carácter preliminar.

Dentro de la cuenca hay sólo cinco estaciones meteorológicas. Entre ellas, Curicó, en el Valle Central es la única de carácter climatológico y su serie de observación presenta bastante continuidad a partir de 1965. Con la excepción de la nubosidad y heladas, se ha considerado para el presente estudio el período de registro de 1966-1975

Las estaciones restantes, Molina, Hualañé, Llico y Potrero Grande, tienen períodos de recolección de datos aún más breve y son sólo de carácter termopluiométrico. En las tres primeras se ha considerado un período de registro de cinco a seis años (1971-1976) y en Potrero Grande el único año con información es 1976.

A consecuencia del escaso número de estaciones en la región en estudio, se incluyen como apoyo otras de cuencas adyacentes. Con el carácter de estación meteorológica, se incluye Constitución y con el carácter de climatológicas, se consideraron las de El Teniente, San Fernando, Talca y Faro Carranza, además de las observaciones termométricas de Convento Viejo.

Finalmente como estaciones de apoyo adicional se agregaron mediciones de evaporación de otras estaciones más alejadas tales como: Santa Cruz, Huertecilla, Laguna Invernada, Pangal y Quelentaro.

La Tabla 3.1 muestra una lista de las estaciones usadas con sus coordenadas geográficas y altitud sobre el nivel medio del mar. En la Tabla 3.2 se indican los períodos de registro usados en el estudio para cada variable.

TABLA 3. 1

ALTURAS Y COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LAS ESTACIONES
METEOROLOGICAS Y CLIMATOLOGICAS CONSIDERADAS

ESTACION	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD (*)
	Latitud S.	Longitud O.	
Curicó	34°59'	71°15'	211
Molina	35°06'	71°17'	235
Hualañé	34°59'	71°49'	(35)
Potrero Grande	35°03'	71°03'	430
Llico	34°46'	72°06'	4
Convento Viejo	34°46'	71°07'	220
Huertecilla	34°49'	70°34'	1250
Santa Cruz	34°39'	71°24'	250
San Fernando	34°35'	71°00'	350
Constitución	35°20'	72°26'	2
Talca	35°26'	71°40'	97
Faro Carranza	35°36'	72°38'	30
Pangal	34°15'	71°14'	920
Laguna Invernada	35°44'	70°47'	1325

(*) : Altura estimada de la plancheta 1:25.000 del I. G. M.

TABLA 3.2
PERIODO DE REGISTROS USADOS

ESTACION	VARIABLES						
	Tempe- ratura	Nubosidad	Humedad	Inso- lación	Radiación Solar	Evaporación	Vientos
Curicó	1966-75	1926-43; 1964-76	1966-75	1968-75	--	1968-75	1970-75
Molina	1974-76	1943-54	--	--	--	--	--
Hualañé	1971-76	--	--	--	--	--	--
Potrero Grande	1972-76	--	--	--	--	1976	--
Llico	1971-76	--	--	--	--	--	--
Convento Viejo	1976	--	--	--	1971-72	1974-76	--
Huertecilla	--	--	--	--	--	1963; 1965-66	--
Santa Cruz	--	--	--	--	--	1964-67	--
San Fernando	1916-45	1916-45	1916-45	--	1972-73	--	1916-45
Constitución	1966-75	1929-47; 1963-75	1966-75	--	--	1969-71	1970-75
Talca	1916-45	1916-45	1916-45	1973-75	--	--	1916-45
Faro Carranza	1916-45	1916-45	1916-45	--	--	--	1916-45
Pangal	--	--	--	--	--	1963-67	--
Laguna Invernada	--	--	--	--	--	1964-67; 1970-75	--

En la Figura 3.1 se muestra un mapa de la región en estudio con la ubicación de las estaciones meteorológicas consideradas.

3.2 CARACTERIZACION CLIMATICA GENERAL DE LA REGION

La región cubierta por la Hoya del Río Mataquito se caracteriza por un clima de tipo mediterráneo con estaciones estival seca e invernal húmeda. Este contraste resulta de la alternancia del dominio del anticiclón subtropical del Pacífico Sudoriental, que se presenta bien desarrollado y más avanzado en latitud durante el verano. Contribuye también a este contraste la frecuente invasión de masas de aire de origen polar, con los frentes de mal tiempo que caracterizan su llegada en los meses de invierno.

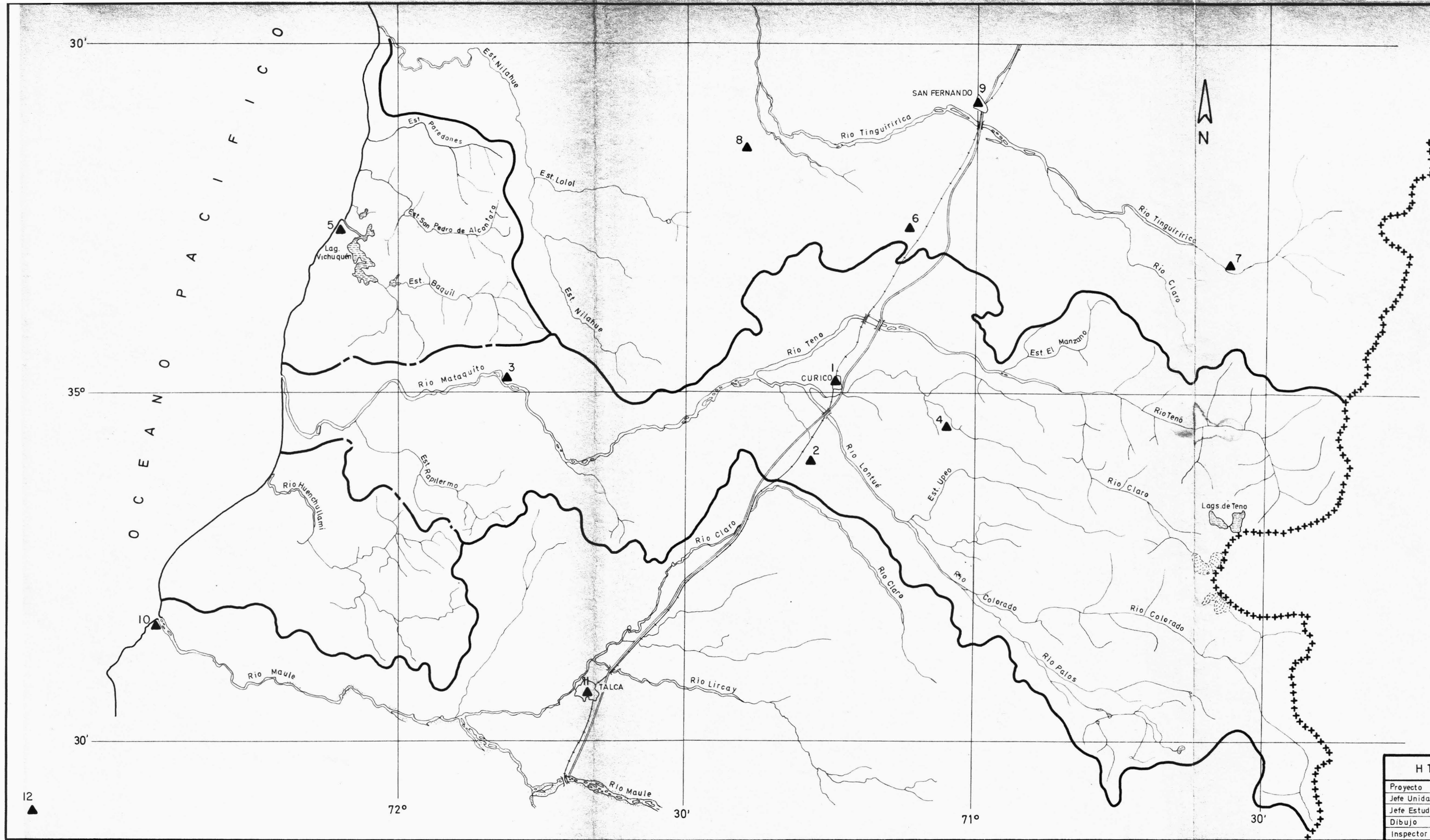
Las condiciones de verano se asocian con cielos despejados, salvo en el litoral donde domina la nubosidad estratiforme propia de las costas occidentales de régimen anticiclónico. A pesar de los ciclos despejados, las temperaturas se mantienen dentro de marcos moderados por la influencia marina. Las temperaturas superficiales del océano varían entre 12°C en invierno y 15° C en verano. Los vientos anticiclónicos del SW dominan la región, pero la influencia del relieve local modifica su dirección en grado importante.

El invierno se caracteriza por condiciones variables derivadas del paso de los sistemas frontales que visitan la región, trayendo la precipitación que afecta la zona baja y acumula la nieve en las alturas andinas.

Las tormentas traen asociados vientos del NW que son responsables de un incremento de las precipitaciones en las laderas expuestas a él y de déficit en aquellas ubicadas a sotavento.

El número de sistemas depresionarios se estima en dos por mes. La duración media de las precipitaciones es de dos días de lluvia por perturbación y el período seco entre ellas, fluctúa entre 30 y 5 días en verano e invierno, respectivamente.

Durante el invierno los lugares próximos al piedmont andino, como Curicó, reciben el drenaje frío nocturno de los



N°	ESTACION	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTITUD m. s. n. m.
		LATITUD	LONGITUD	
1	CURICO	34° 59'	71° 15'	211
2	MOLINA	35° 06'	71° 17'	235
3	HUALAÑE	34° 59'	71° 49'	(35) *
4	POTRERO GRANDE	35° 03'	71° 03'	430
5	LLICO	34° 46'	72° 06'	4
6	CONVENTO VIEJO	34° 46'	71° 07'	220
7	HUERTECILLA	34° 49'	70° 34'	1250
8	SANTA CRUZ	34° 39'	71° 24'	250
9	SAN FERNANDO	34° 35'	71° 00'	350
10	CONSTITUCION	35° 20'	72° 26'	2
11	TALCA	35° 26'	71° 40'	97
12	FARO CARRANZA	35° 36'	72° 38'	30
13	PANGAL	34° 15'	71° 14'	920
14	LAGUNA INVERNADA	35° 44'	70° 47'	1325

* () : ALTURA ESTIMADA DE LA PLANCHETA 1:100.000 DEL I.G.M.

FIGURA 3.1

HTS	CICA	B&P
Proyecto : HIDROLOGIA	Plano N°	
Jefe Unidad : B. Espildora C.	Escala : 1:500.000	
Jefe Estudio : J. Zegers A.	Fecha : Febrero 1978	
Dibujo : A. Valle C.		
Inspector : C.N.R.	Vº Bº	

MAPA DE LA ZONA EN ESTUDIO CON UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS, CLIMATOLOGICAS TERMOMETRICAS Y EVAPORIMETRICAS UTILIZADAS.

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO
VI - VII REGION NIVEL PREFACTIBILIDAD

cajones cordilleranos. Si la humedad es suficiente el aire frío genera nieblas matinales.

Las características generales descritas son representativas de toda la región, a excepción de la localidad de Hualañe. Esta exhibe condiciones propias, en especial en lo que se refiere a sus elevadas temperaturas mínimas a lo largo del año.

3.3 ELEMENTOS CLIMATICOS BASICOS DE LA REGION

Los elementos climáticos básicos que se analizan a continuación corresponden a: Temperaturas y Humedad relativa del aire, Nubosidad, Insolación, Radiación Solar, Vientos y Evaporación. Los antecedentes de precipitación, dada su importancia adicional en el estudio hidrológico, se trata separadamente en el Capítulo 4.

3.3.1 Temperatura, período sin heladas y grados-día

La información obtenida de los campos térmicos de la región, se resume en las Tablas A 3.1, A 3.2 y A 3.3 del Anexo 3, las que incluyen los valores de temperaturas medias diarias y temperaturas extremas medias para cada mes y año en cada estación. La misma información se ha esquematizado gráficamente en las Figuras 3.2 a 3.8 a continuación. En la Figura 3.9 se muestra un mapa de la región en estudio, en el que se indica la distribución geográfica de las temperaturas medias para los meses de Enero y Julio. La Figura 3.10, exhibe la repartición de los valores promedio máximos diarios y mínimos diarios de la temperatura del aire, para los meses más cálidos y fríos del año, respectivamente.

En términos anuales la región muestra una notable homogeneidad térmica, con valores promedio entre 12 y 13° C. Sólo las temperaturas de Hualañe se ubican fuera de este intervalo. Talca forma parte de un núcleo cálido centrado en la hoya del río Maule y ajeno a la región estudiada. Hualañe, única estación meteorológica en el curso medio del río Mataquito, debe sus valores medios anuales elevados a lo moderado de sus temperaturas mínimas de invierno, (similares a las de Constitución) y a los valores estivales altos, (análogos a los del Valle Central).

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
CURICO

(°C)

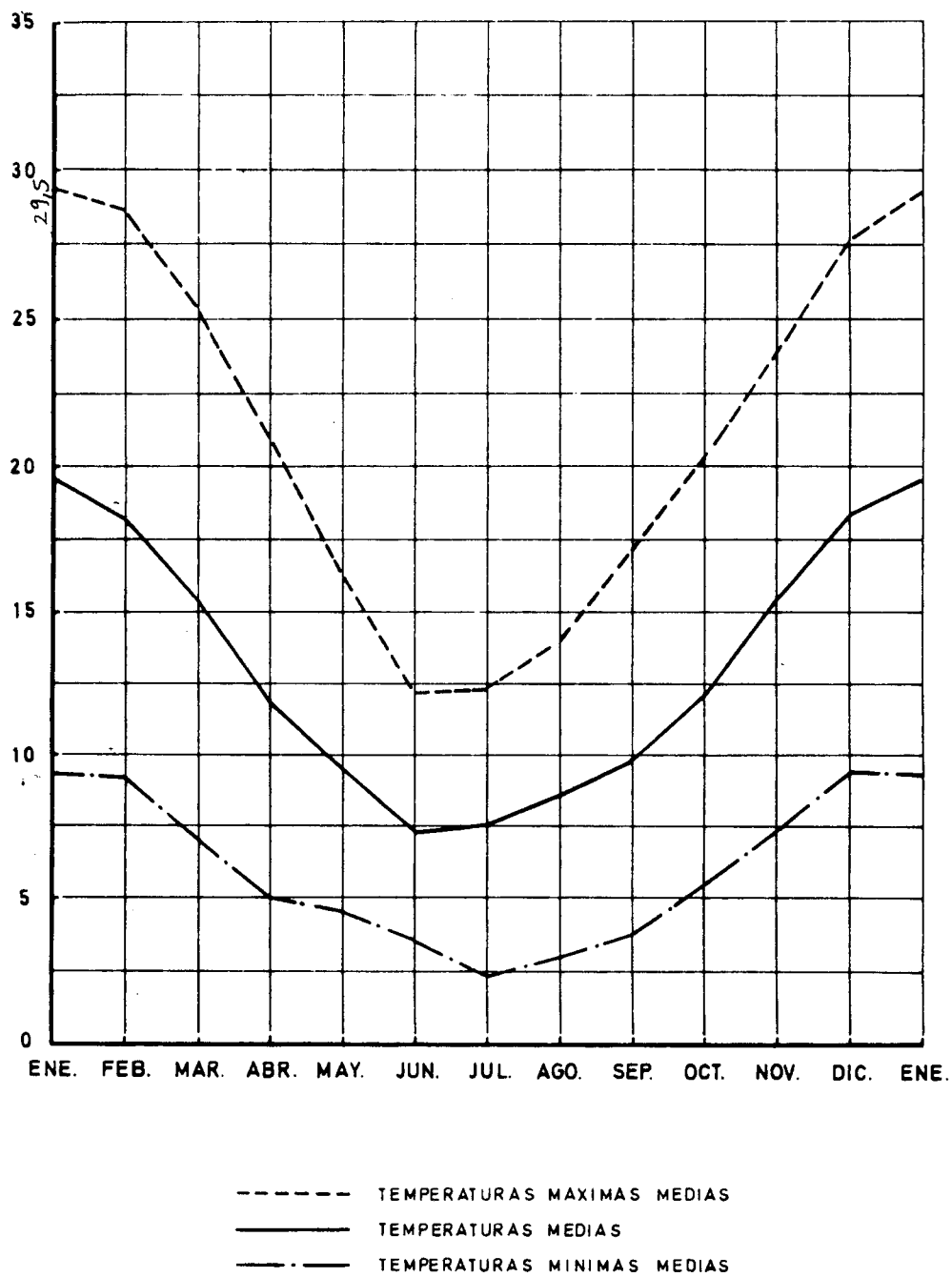
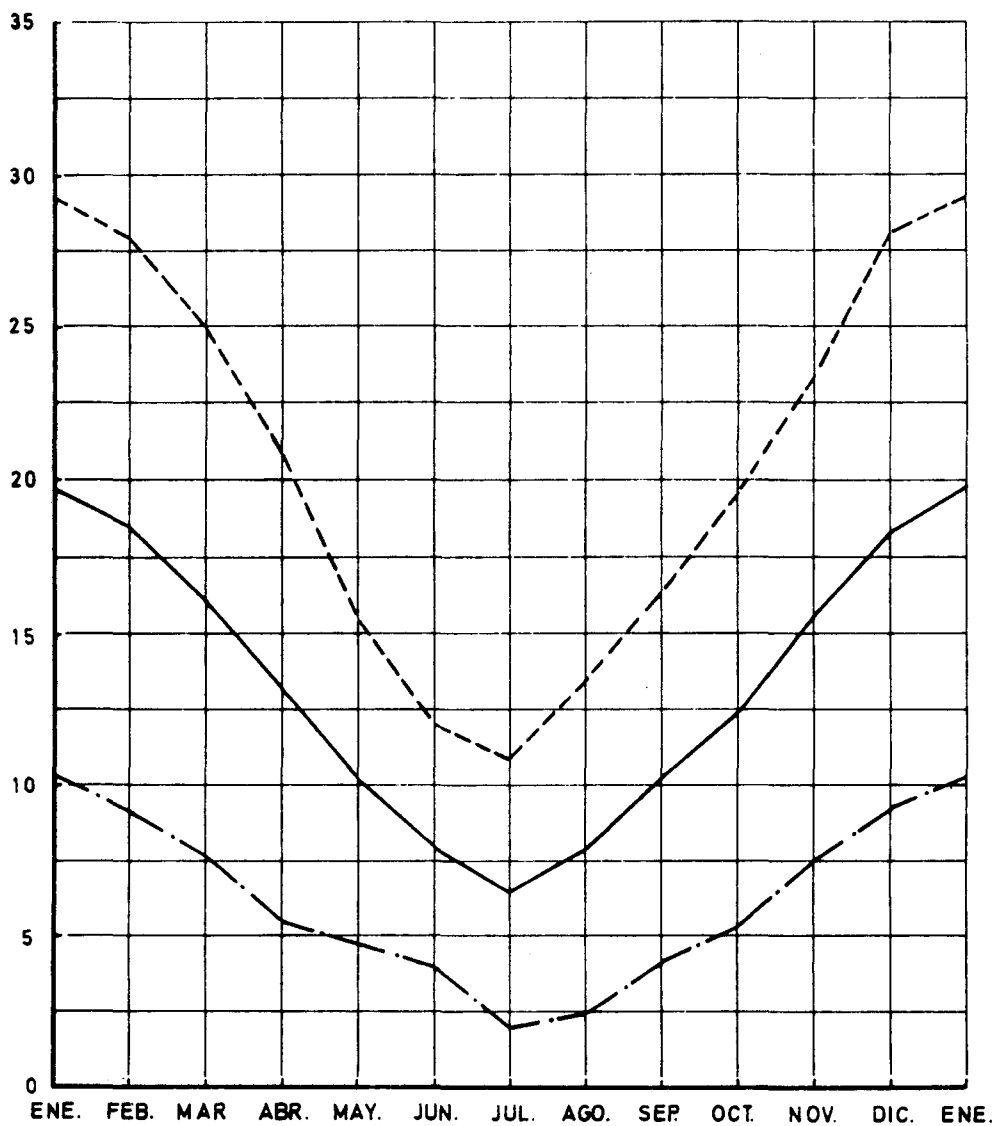


FIGURA 3.2

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
MOLINA

(°C)

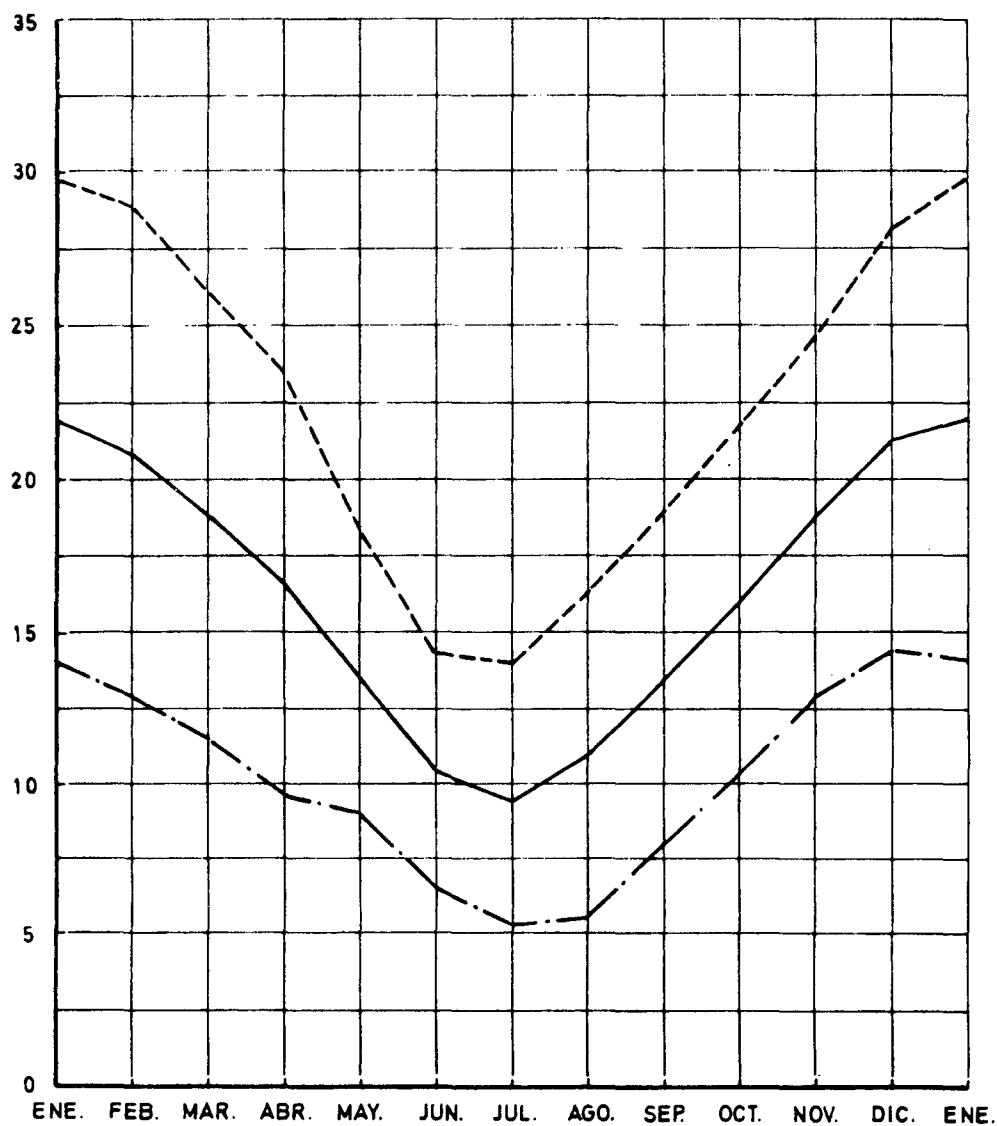


----- TEMPERATURAS MAXIMAS MEDIAS
———— TEMPERATURAS MEDIAS
- · - · - TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS

FIGURA 3.3

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
HUALAÑE

(°C)

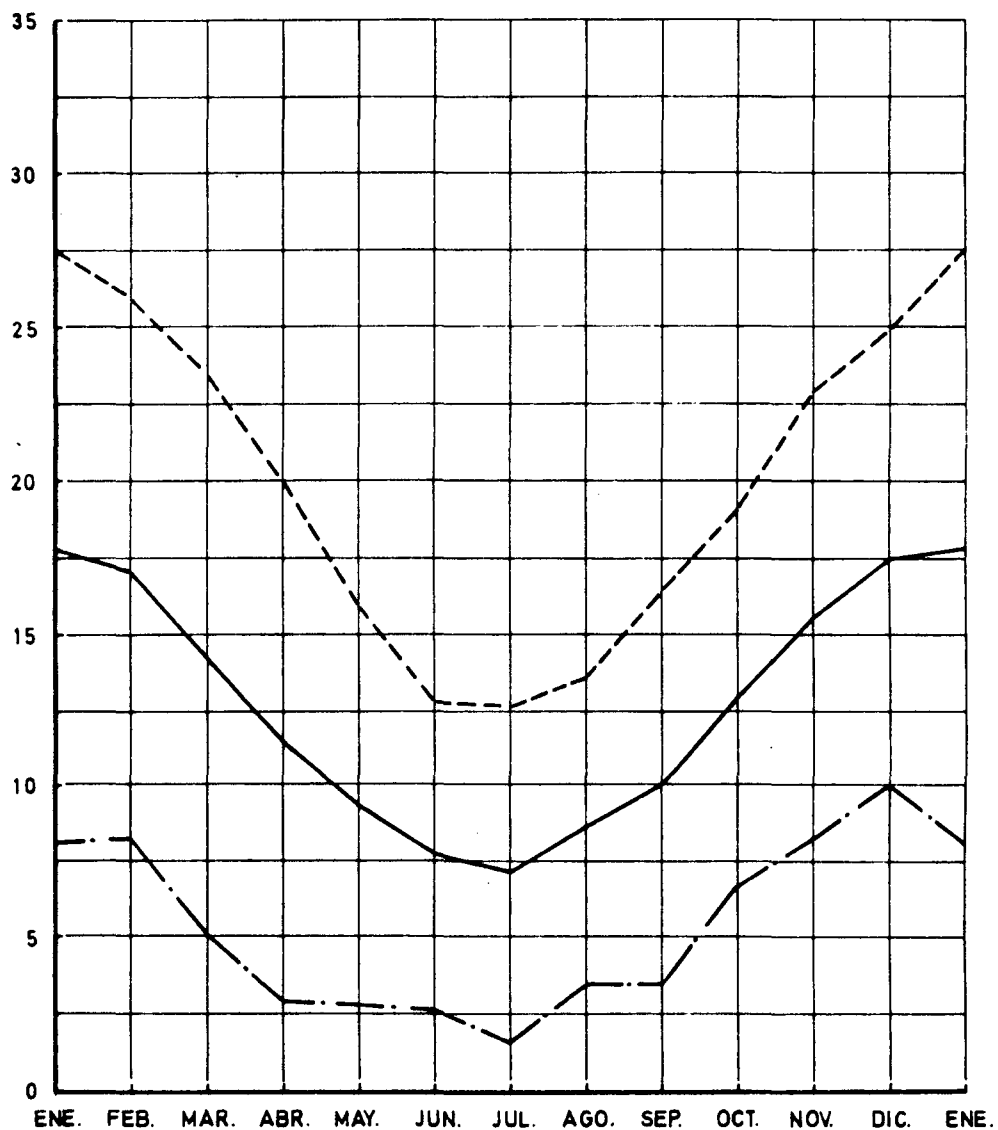


----- TEMPERATURAS MAXIMAS MEDIAS
———— TEMPERATURAS MEDIAS
-.-.-.- TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS

FIGURA 3.4

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
POTRERO GRANDE

(°C)



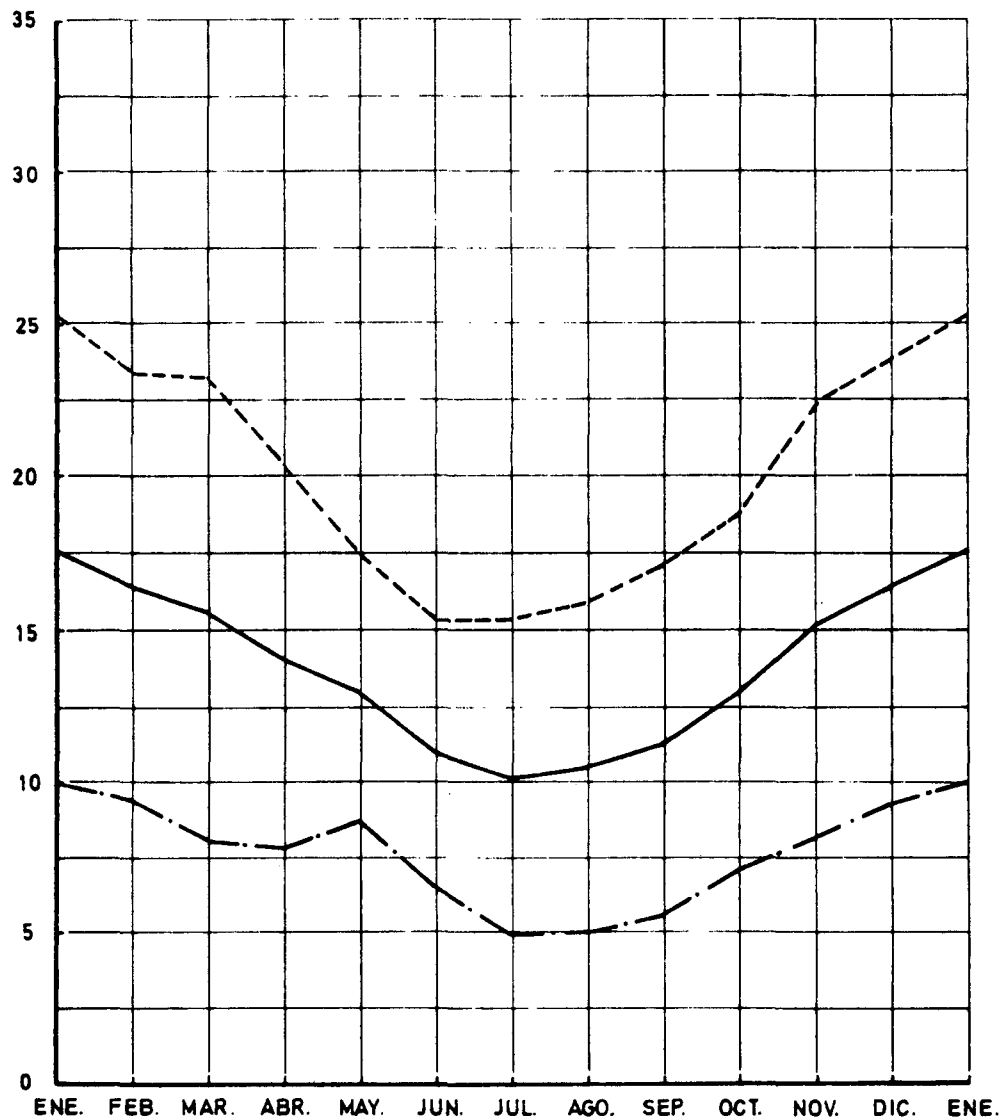
----- TEMPERATURAS MAXIMAS MEDIAS
———— TEMPERATURAS MEDIAS
- · - · - TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS

FIGURA 3.5

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS

LLICO

(°C)

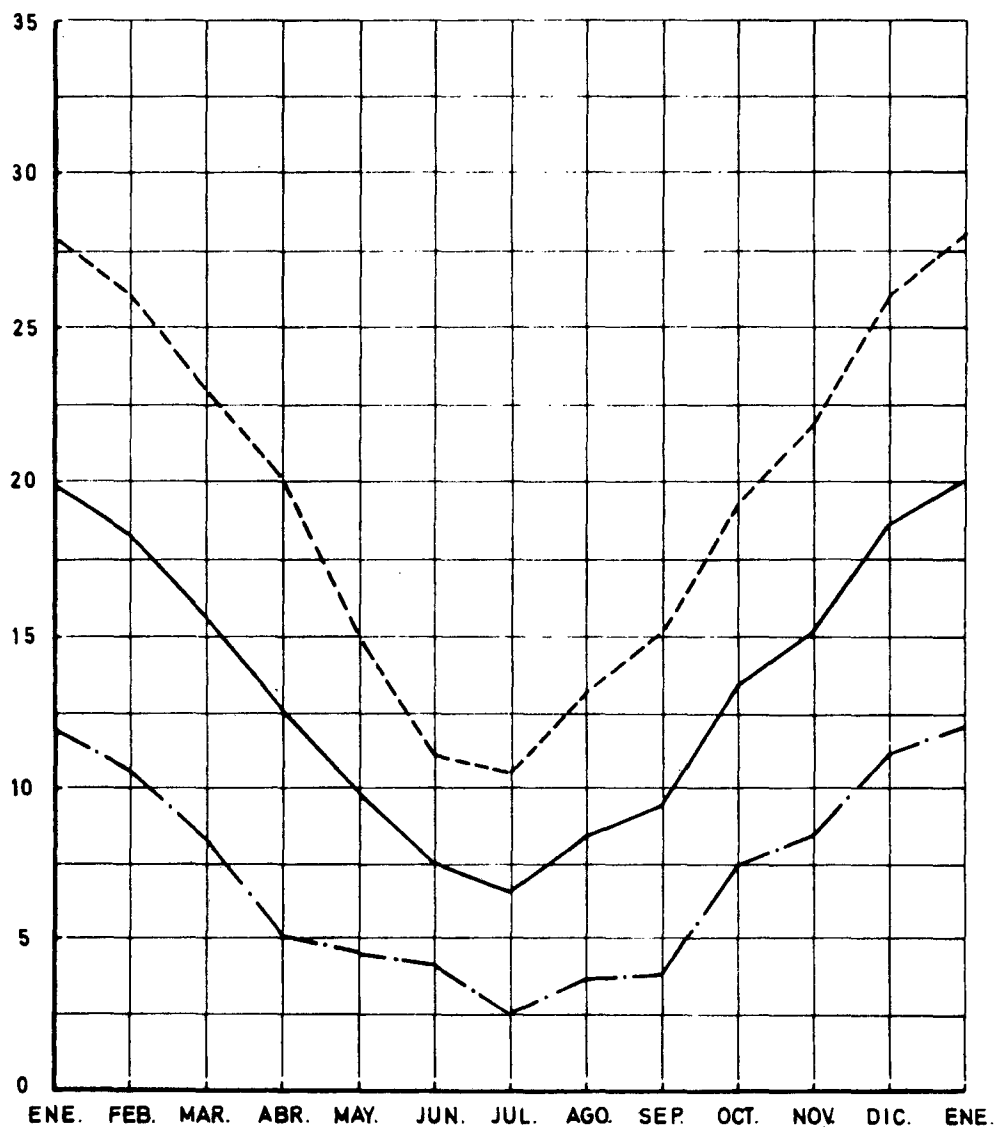


----- TEMPERATURAS MAXIMAS MEDIAS
———— TEMPERATURAS MEDIAS
- · - · - TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS

FIGURA 3.6

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
CONVENTO VIEJO

(°C)



----- TEMPERATURAS MAXIMAS MEDIAS
———— TEMPERATURAS MEDIAS
-.-.-.- TEMPERATURAS MINIMAS MEDIAS

FIGURA 3.7

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS Y MEDIAS EXTREMAS
CONSTITUCION

(°C)

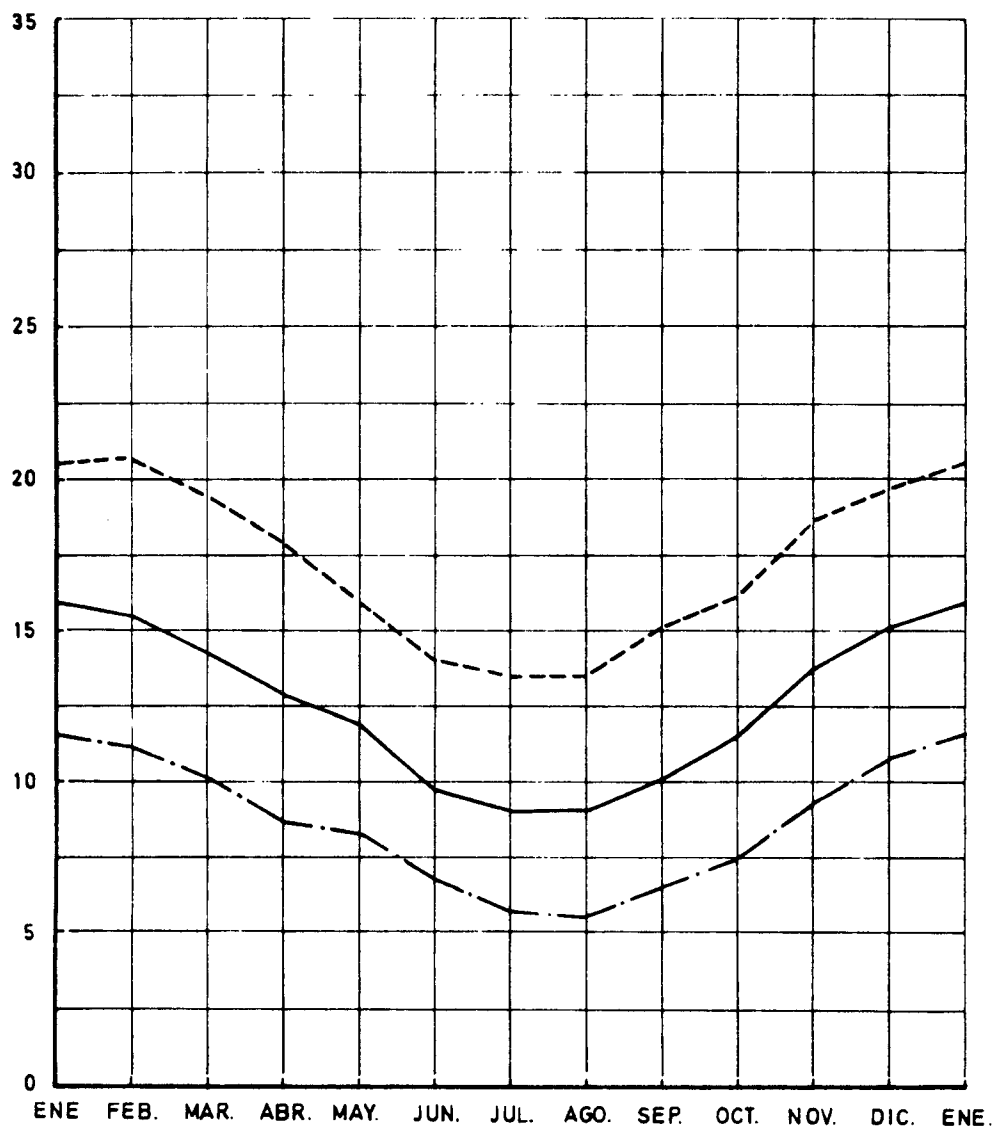


FIGURA 3.8

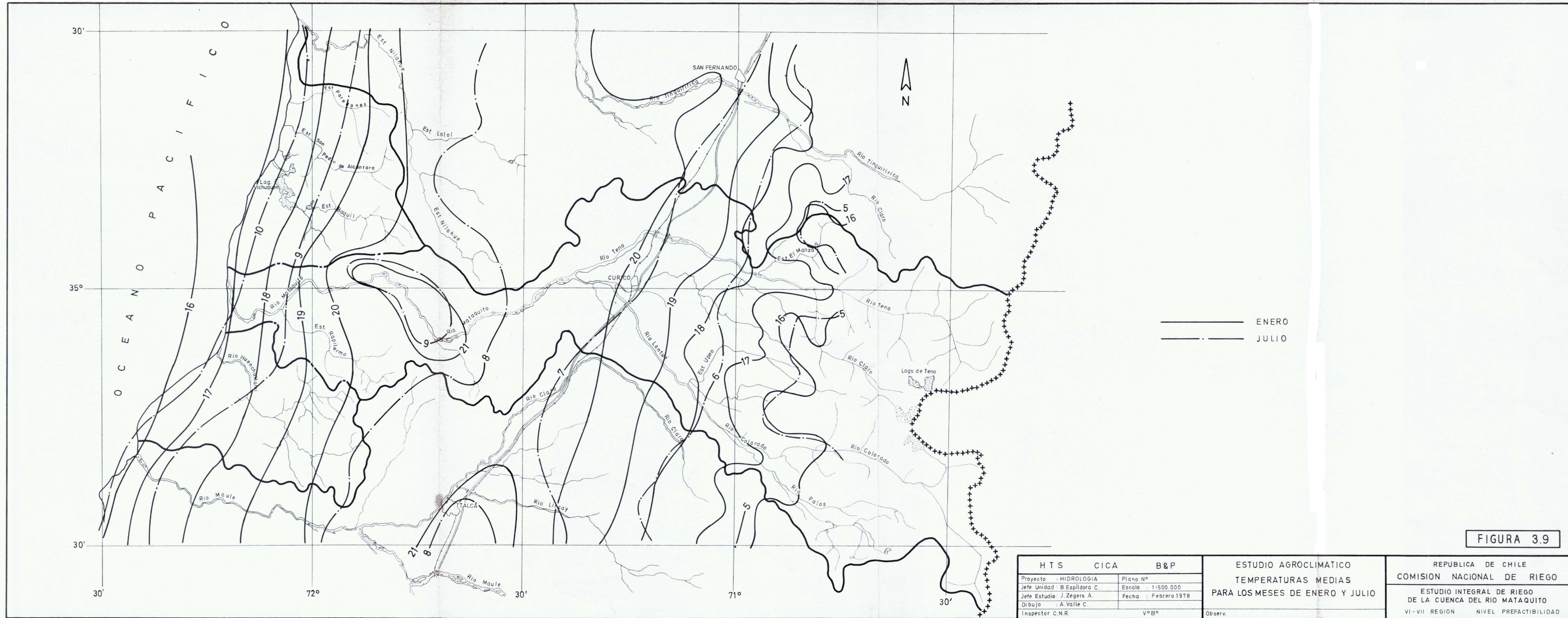
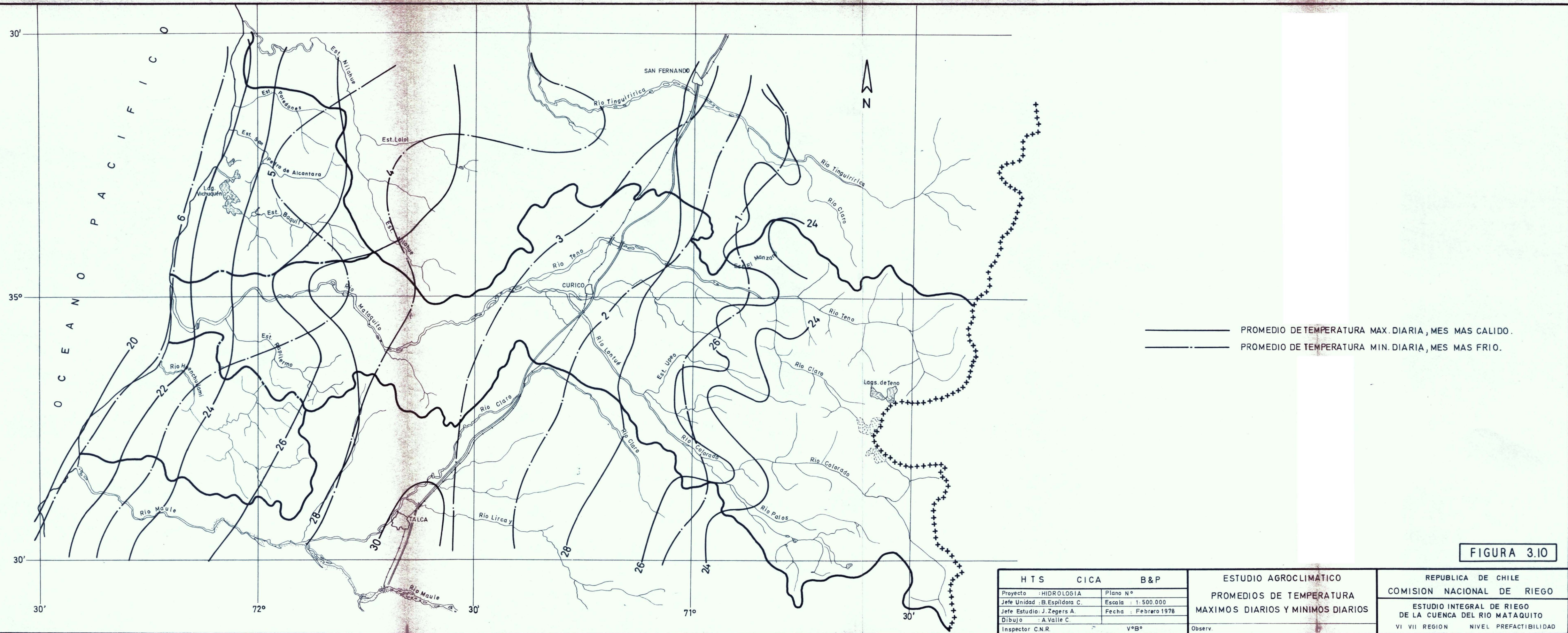


FIGURA 3.9

H T S		C I C A		B & P		ESTUDIO AGROCLIMATICO		REPUBLICA DE CHILE	
Proyecto : HIDROLOGIA		Plano N°				TEMPERATURAS MEDIAS		COMISION NACIONAL DE RIEGO	
Jefe Unidad : B Espildora C.		Escala : 1:500.000				PARA LOS MESES DE ENERO Y JULIO		ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO	
Jefe Estudio : J. Zegers A.		Fecha : Febrero 1978						DE LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO	
Dibujo : A. Valle C.								VI - VII REGION	
Inspector C.N.R.		Vº Bº		Observ.				NIVEL PREFACTIBILIDAD	



La oscilación anual es del orden de 7°C en el litoral y alcanza a 12.3° y 12.5° en Curicó y Hualañé, respectivamente. El contraste diario en Constitución es muy parejo a lo largo del año, con un valor promedio de 9°C , en tanto que en Llico existe una variación anual de 15° en verano y 10° en invierno. Hacia el interior, la amplitud aumenta en los meses de verano, alcanzando 20° en Curicó, por ejemplo. En el invierno la oscilación diaria se mantiene alrededor de los 10°C .

La distribución geográfica mensual muestra en Enero un campo térmico intermedio muy homogéneo, con variaciones marcadas en las proximidades del litoral y en el piedmont andino. El gradiente costero es consecuencia del contraste océano-continente y señala el sector afectado por las brisas marinas. En Julio el campo térmico muestra una estructura similar a la estival, con una faja de influencia costera más reducida y una variación Oeste - Este más suave.

Las temperaturas máximas del año tienen una distribución análoga a la de los valores medios estivales, en tanto que las temperaturas mínimas se distribuyen con una disminución suave hacia Los Andes.

A fin de caracterizar el período vegetativo en duración e intensidad, se estimó el período sin heladas y la cantidad de grados-día sobre 10°C . Para tal efecto, se consideró como helada la ocurrencia de temperaturas iguales o inferiores a 0°C , medidas en el cobertizo meteorológico. Dada la variabilidad interanual de las fechas de la primera y última helada, se tomaron valores medios sobre un número aproximado de 20 años (aunque ellos no fueran consecutivos) para Constitución y Curicó y de sólo seis años para Llico, Hualañé y Molina. Para las dos primeras estaciones mencionadas, se tomó la duración media del período y para las restantes, el lapso comprendido entre la helada más tardía y la más temprana.

Las heladas ocurren principalmente en los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre en la zona del Valle Central, donde se ubican las estaciones de Curicó y Molina. En Hualañé, el período con heladas se reduce a Junio, Julio y Agosto y para Llico en la costa, ella ocurre en Julio y Agosto. En Constitución casi no se presentan heladas durante el año. El número de heladas por

mes y el período libre de heladas (día/año) aparecen indicados en la Tabla A 3.4 del Anexo 3 para las estaciones consideradas. En esta misma Tabla, se incluyen las fechas extremas de heladas, considerando para este efecto, en Curicó y Constitución, un período de registro de sólo 10 años y en las estaciones restantes el mismo señalado anteriormente. En la costa, Constitución presenta 328 días libres de heladas y Llico 300. A su vez en Hualañé se tienen 303 días sin heladas, valor que decrece hacia el interior del valle Central, alcanzando 210 días en Curicó y 209 días en Molina.

La extensión del período sin heladas, considerando para Curicó y Constitución valores medios del período de 20 años, se muestran en las Figuras 3.11 a 3.17, salvo en los casos de Convento Viejo y Potrero Grande en que la información obtenida es muy escasa. El total de grados-día para cada mes se indica gráficamente en las mismas Figuras anteriores. La cantidad de grados-día sobre 10°C se indica en la Tabla A 3.5 del Anexo 3 para las 7 estaciones consideradas. Como es lógico, el número de grados-día durante el período con heladas es muy reducido y es posible considerar a la suma anual como buena medida del valor acumulado en el período libre de ellas. El total de grados-día anuales es de 1.100 en Constitución y 1.390 en Llico; mientras que Hualañé registra el valor mayor alcanzado a 2.270 grados-día. En el Valle Central se tienen valores entre 1.300 y 1.400 grados-día anuales. Existe en general una variación Oeste-Este con un máximo a la altura de Hualañé, disminuyendo hacia la costa y hacia el macizo Andino. El ciclo anual es muy acentuado en el interior, con magnitudes máximas de 300 grados-día por mes en Enero y valores mínimos despreciables en Julio y Agosto. En la costa, los valores correspondientes son 100 y 20 grados-día por mes.

En la Figura 3.18 se ha resumido la información analizada, mostrando un mapa de la zona en el que se han trazado curvas de igualdad de grados-día anuales y de períodos libres de heladas expresados en días/año.

3.3.2 Humedad relativa

La información básica utilizada provino de mediciones realizadas en las estaciones Constitución y Curicó. En la Tabla 3.3 se indican los valores de humedades relativas medias y anuales de estas dos estaciones.

GRADOS-DIA SOBRE 10°C Y PERIODO LIBRE DE HELADAS
CURICO

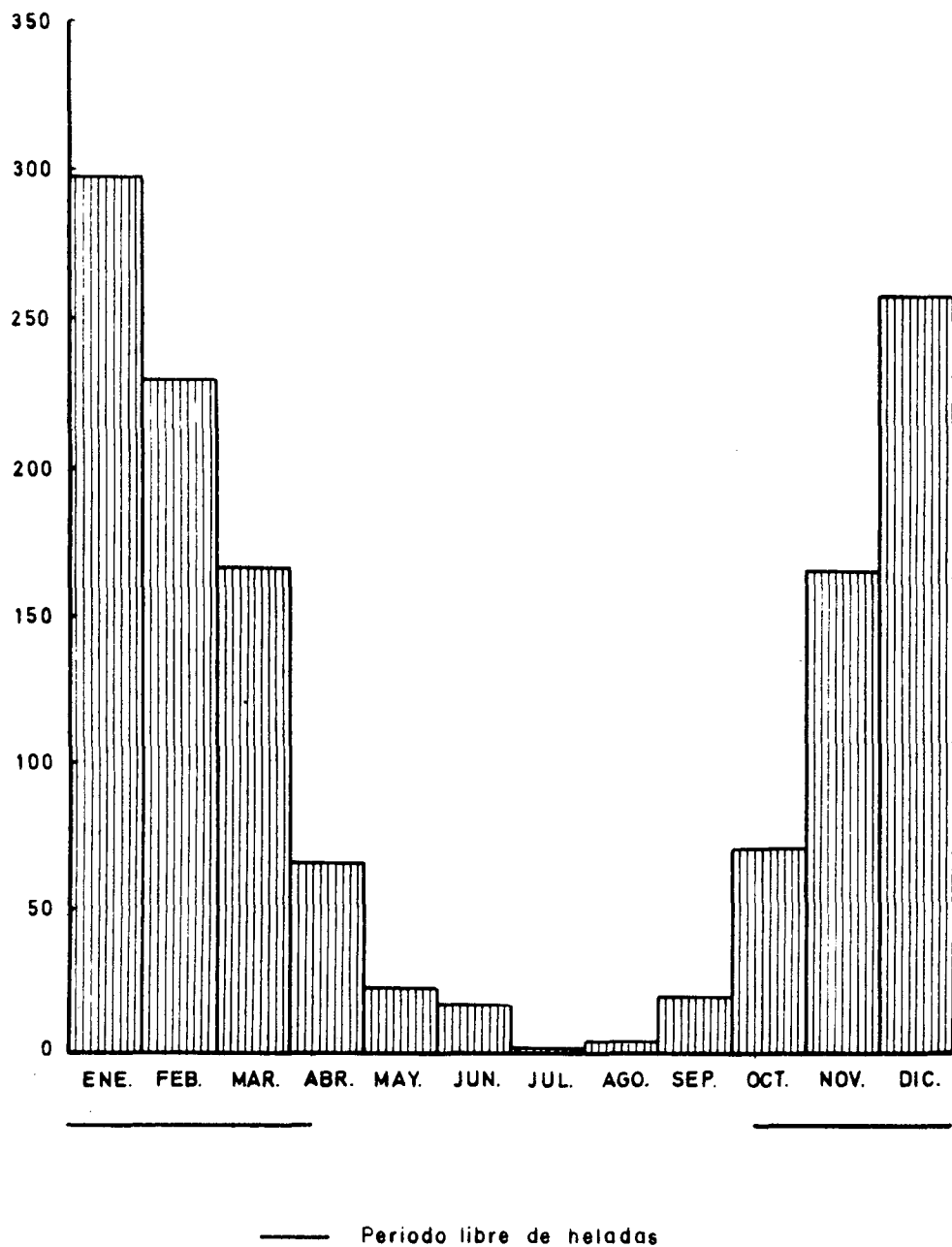


FIGURA 3.11

GRADOS-DIA SOBRE 10°C Y PERIODO LIBRE DE HELADAS
MOLINA

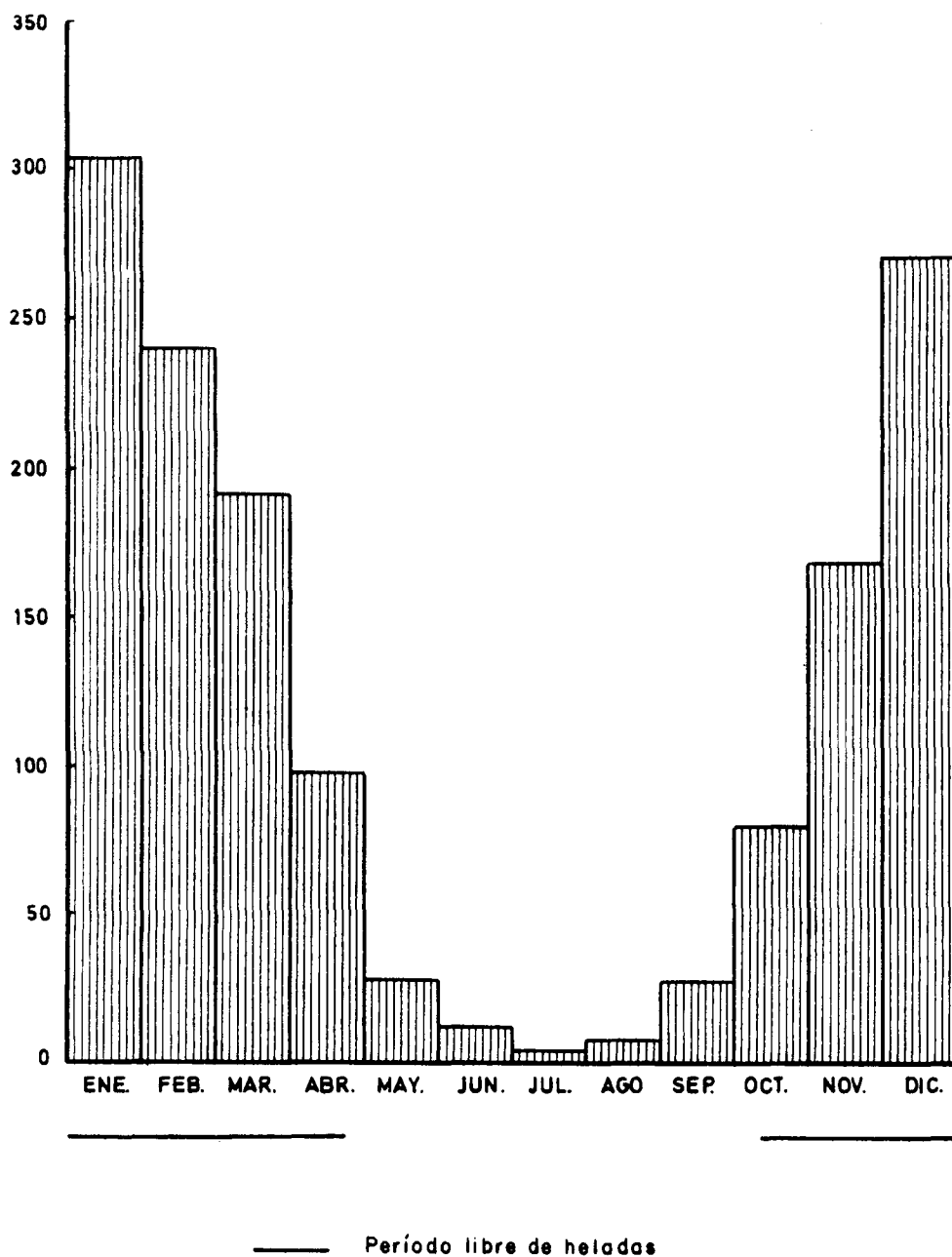


FIGURA 3.12

GRADOS-DIA SOBRE 10°C Y PERIODO LIBRE DE HELADAS
HUALAÑE

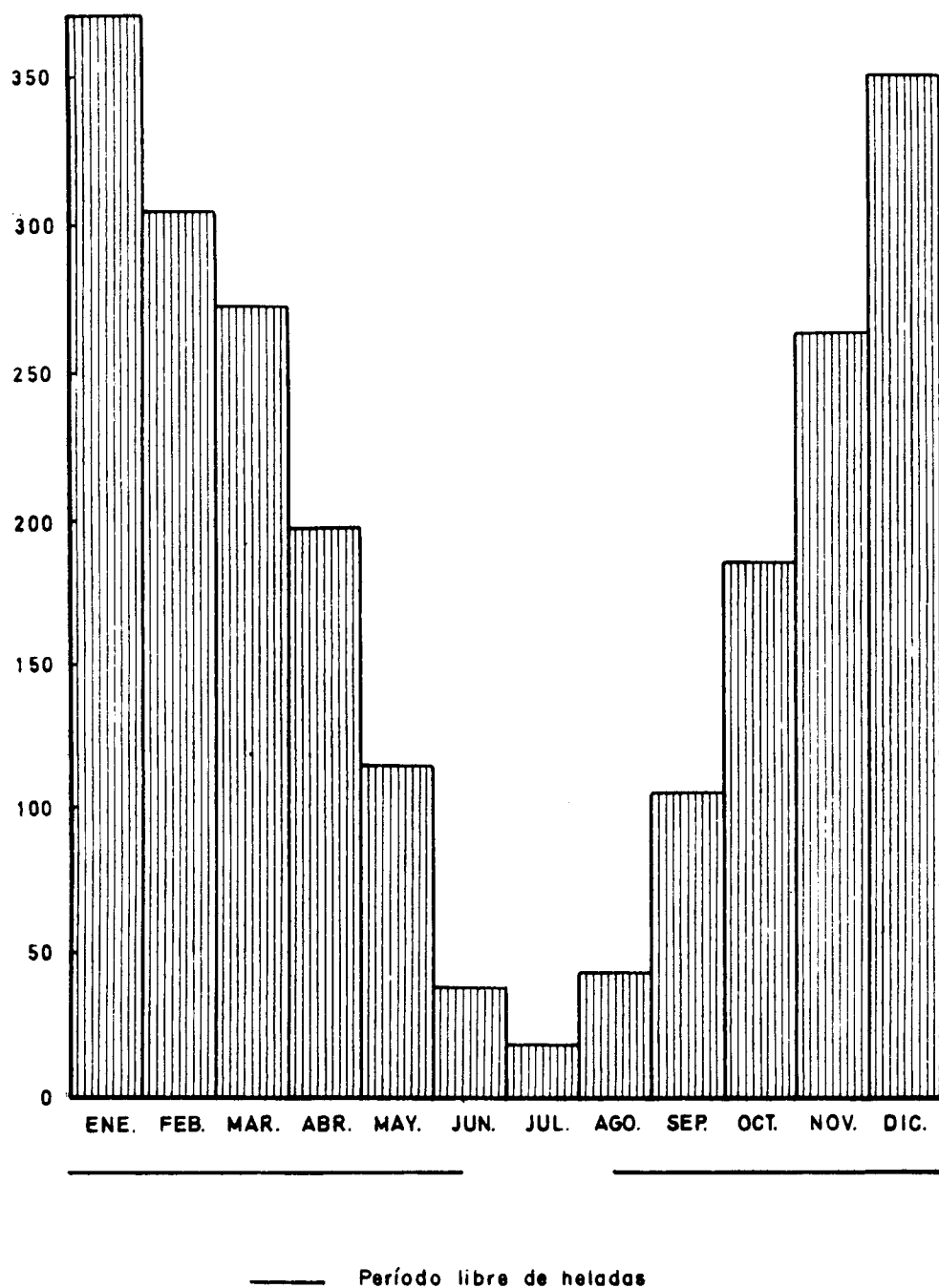


FIGURA 3.13

GRADOS-DIA SOBRE 10°C
POTRERO GRANDE

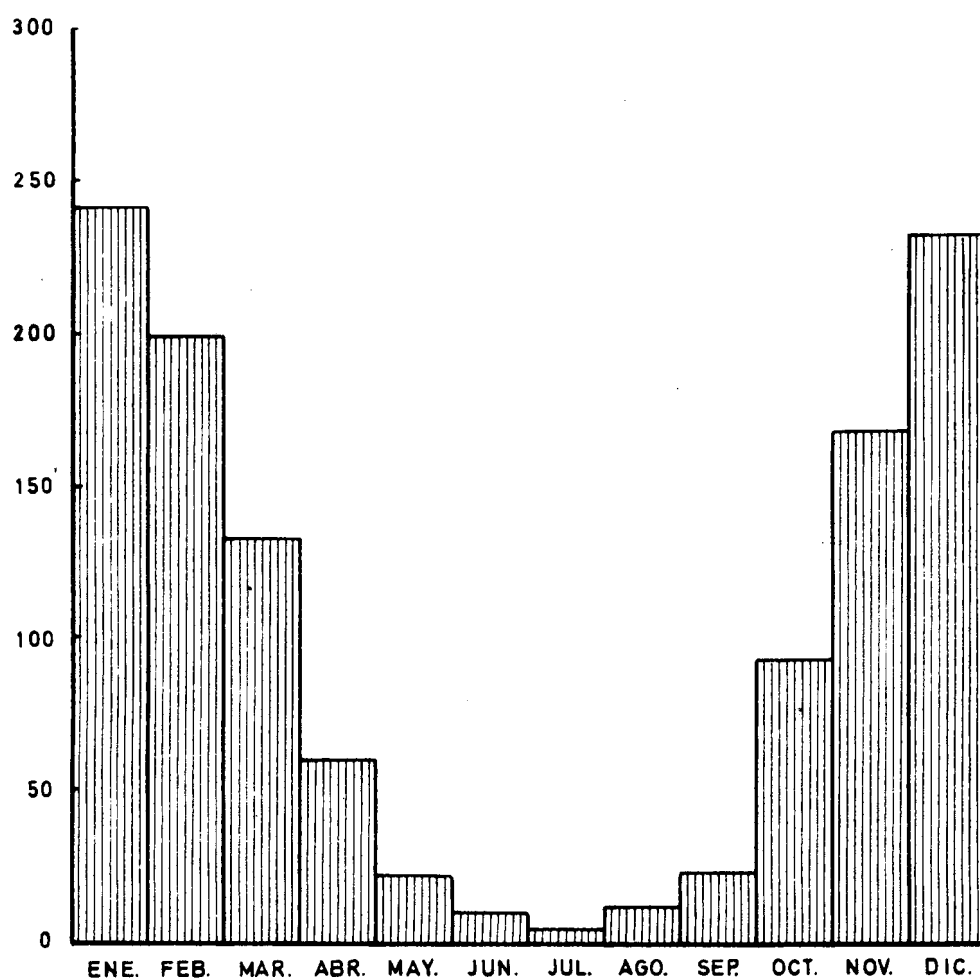


FIGURA 3.14

GRADOS-DIA SOBRE 10°C Y PERIODO LIBRE DE HELADAS
LLICO

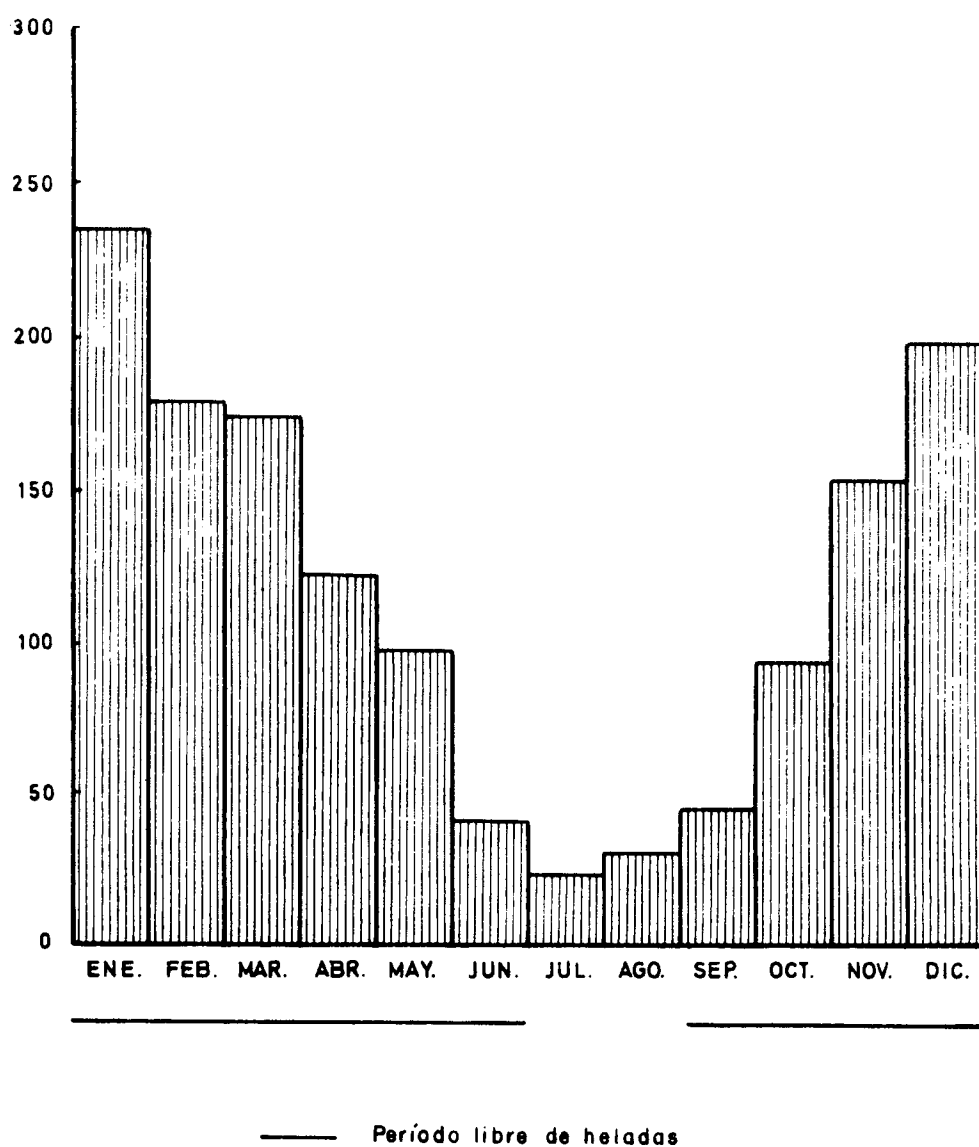


FIGURA 3.15

GRADOS-DIA SOBRE 10°C Y PERIODO LIBRE DE HELADAS
CONSTITUCION

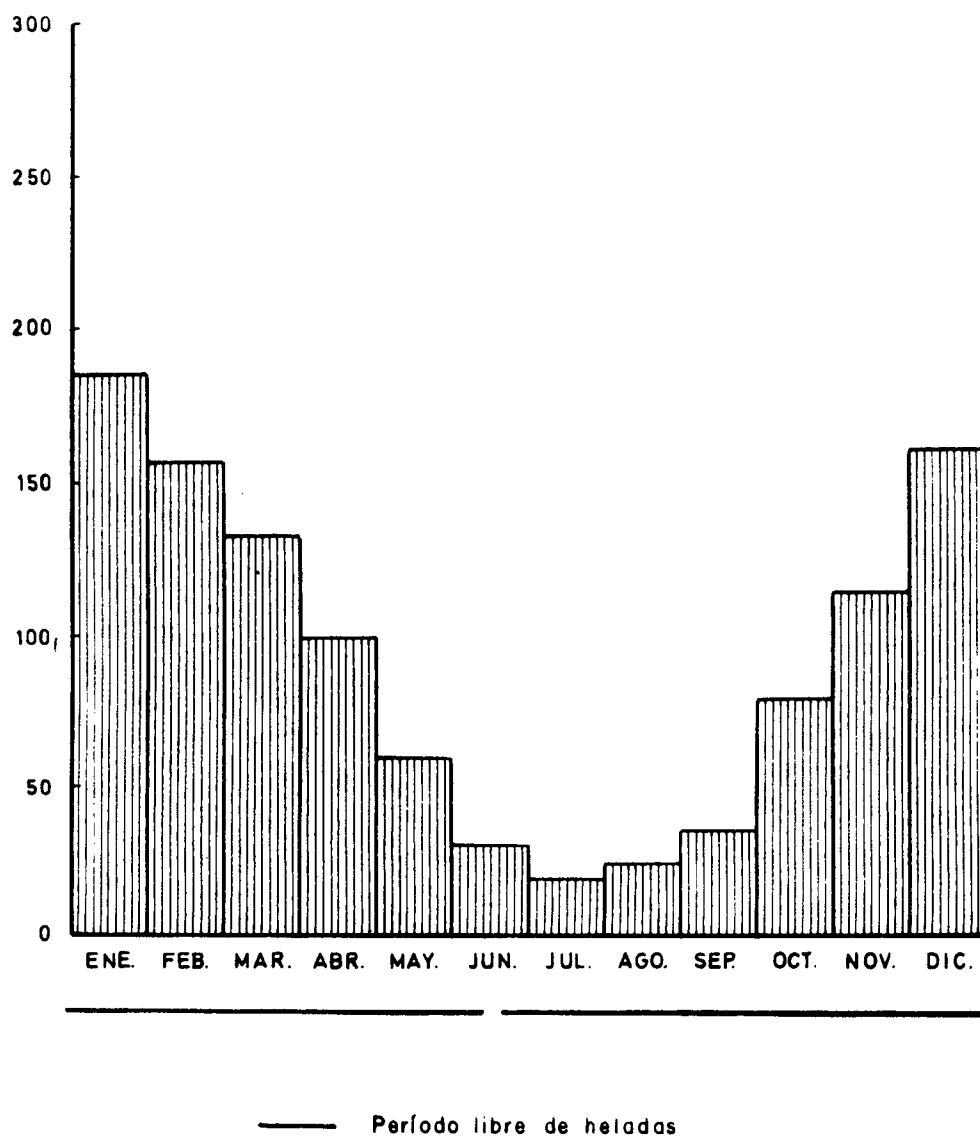


FIGURA 3.16

GRADOS-DIA SOBRE 10°C
CONVENTO VIEJO

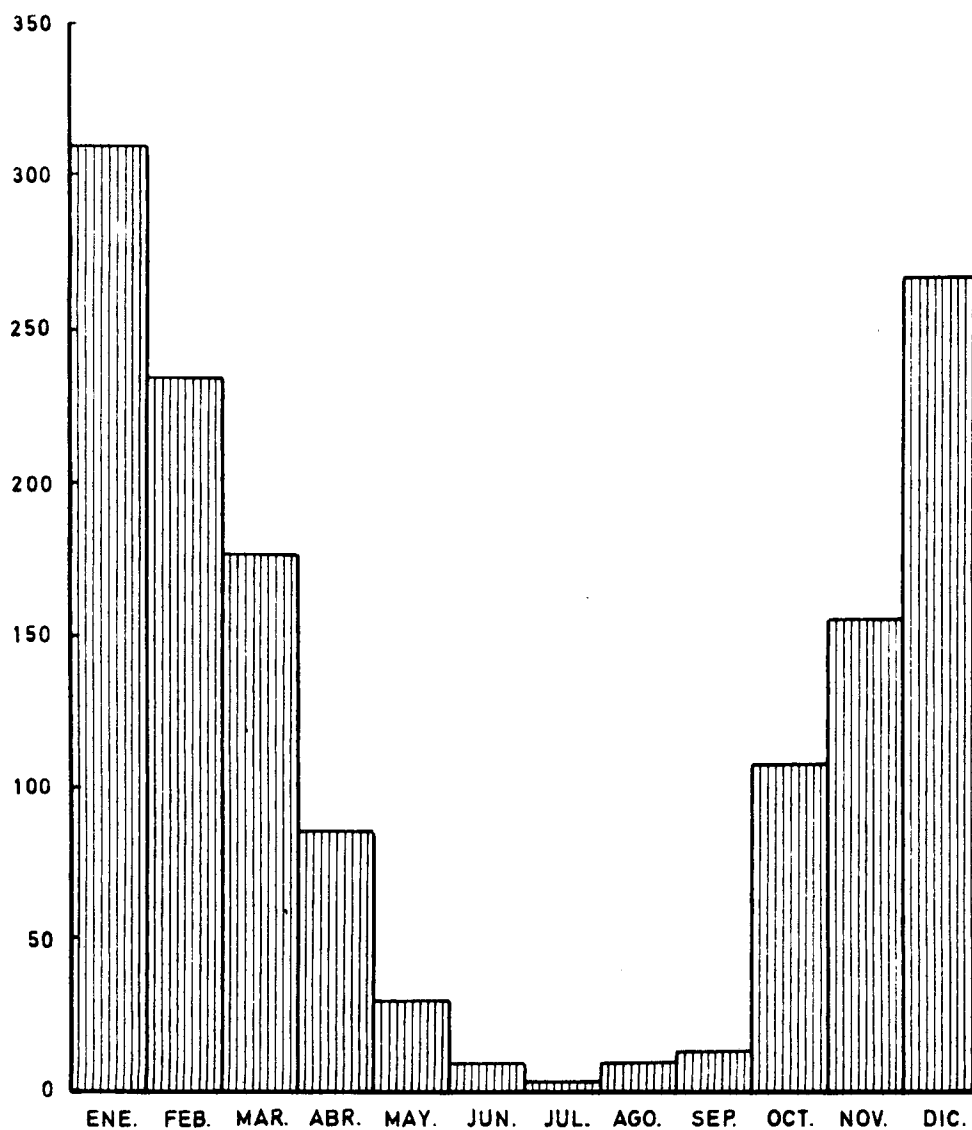
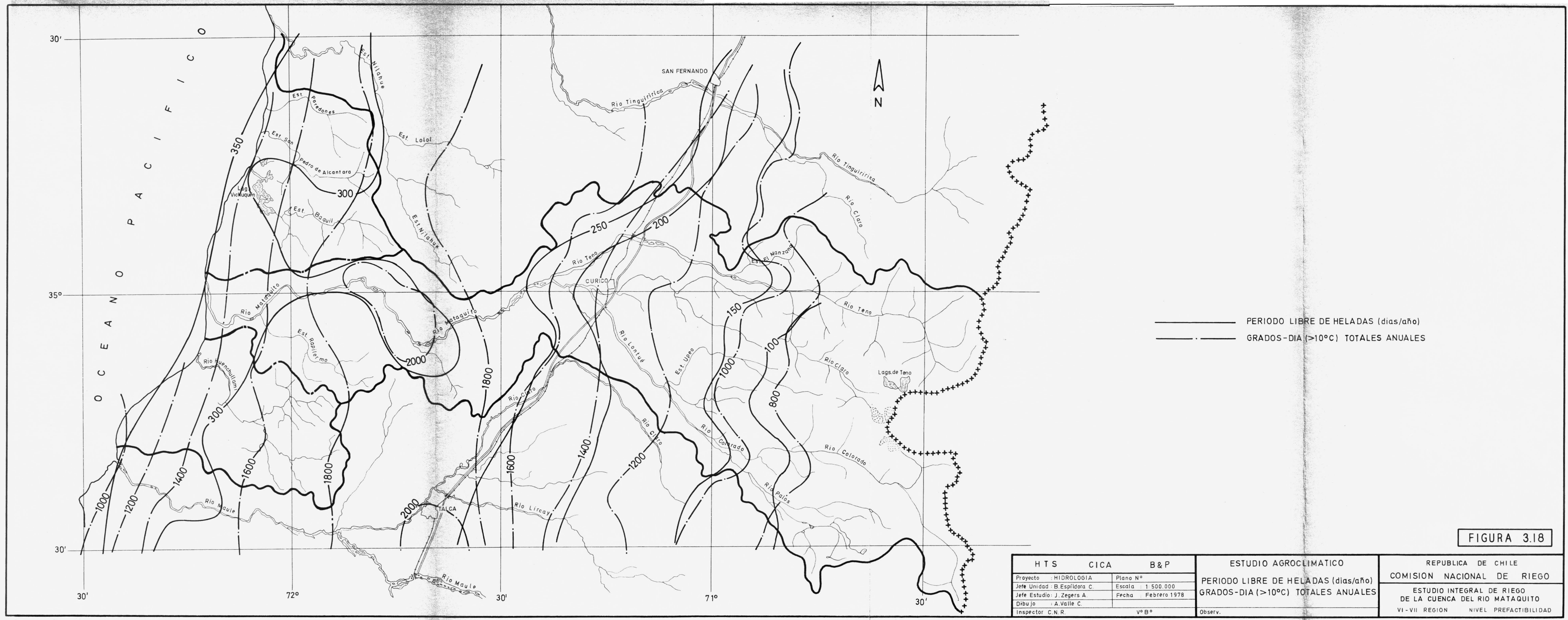


FIGURA 3.17



De acuerdo a los valores observados, existe una diferencia de sólo 3% en las humedades relativas medias anuales de Constitución y Curicó. La diferencia más importante entre ambas estaciones está en las amplitudes anuales, que en la costa y el interior alcanzan a 12% y 25%, respectivamente. En todo caso, el aire de la región se caracteriza por ser húmedo durante el invierno y no alcanza a ser seco en ninguna estación.

3.3.3 Nubosidad, Insolación y Radiación Solar

En cuanto a la información básica de nubosidad, se utilizaron cinco estaciones, de las cuales Curicó, Constitución, San Fernando y Talca poseen registros de 30 años y Molina sólo 12 años de observaciones. En la Tabla A 3.6 del Anexo 3, se muestran los promedios mensuales y anuales de nubosidad de las estaciones Constitución, Curicó y Molina. Se observa que las magnitudes anuales muestran poca diferencia entre la costa y el interior, con valores de alrededor del 45% de cielo cubierto.

Las variaciones anuales de nubosidad muestran todas una cierta asimetría. En efecto, a partir del mínimo de los meses de verano, se produce un aumento rápido en los meses de Abril y Mayo, que lleva a los valores máximos del año; luego el descenso es suave hasta el mes de Enero. La amplitud anual es levemente menor en el litoral, con mayor nubosidad en verano y algo menor en invierno.

El ciclo diario de nubosidad en la costa presenta un máximo en la madrugada, disminuyendo a lo largo del día con la excepción de los meses de invierno en que la variación diaria se reduce. En el interior, el mismo ciclo diario se presenta con el máximo matinal más acusado.

Sólo existen registros de insolación en Curicó y Molina durante cinco y cuatro años, respectivamente. En la Tabla A 3.7 del Anexo 3, se indican los promedios mensuales y anuales de horas de sol diarias para ambas estaciones. Para la estación Curicó se estimó la nubosidad con la información de insolación. Se obtuvieron valores que exceden de los observados en cantidades menores que una décima, lo que confirma que la medición subjetiva de la nubosidad, si bien algo baja, es confiable. Algo similar es válido para Molina.

En las Figuras 3.19 y 3.20 se muestran esquemas gráficos donde aparecen los promedios mensuales de nubosidad por día, de horas de sol diarias y las horas máximas posibles de sol diarias para cada mes, correspondientes a las estaciones Curicó y Molina. En la Figura 3.21 se indican los promedios mensuales de nubosidad medidos en la estación Constitución.

No existen mediciones de radiación solar en la región estudiada ni en sus inmediaciones. En la Tabla 3.4 se indican valores estimados de la radiación solar por medio de la fórmula de Berliand, que considera la influencia de la latitud, la fecha y la nubosidad total, para las estaciones Constitución y Curicó.

3.3.4 Vientos

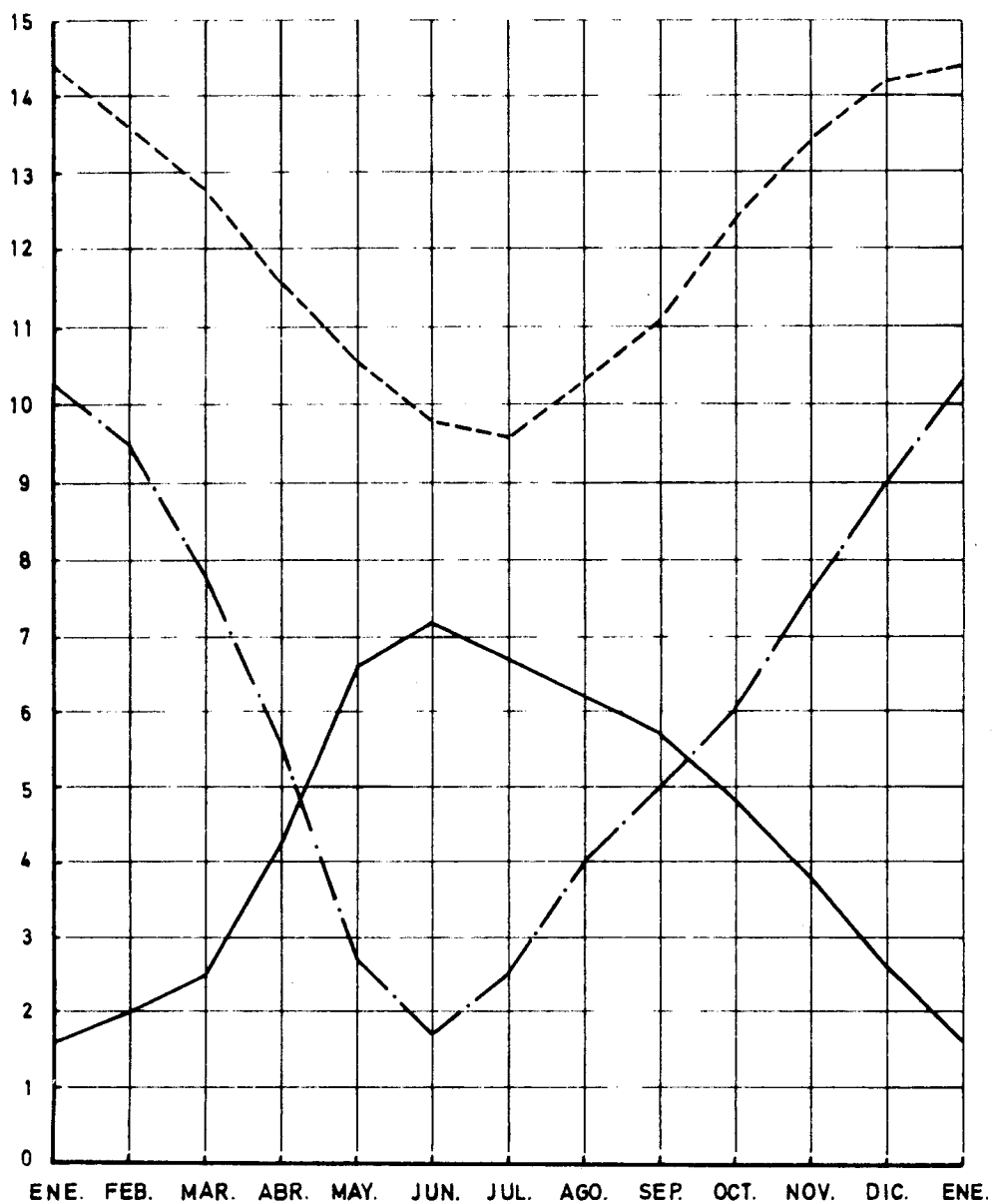
En la región considerada sólo se cuenta con información de vientos provenientes de las estaciones de Constitución y Curicó en el período 1971-1975. Como estaciones de apoyo se han usado observaciones de Faro Carranza, San Fernando y Talca. En las Tablas 3.5 y 3.6 se indican promedios mensuales de dirección dominante de los vientos, fuerza media en nudos y frecuencias de calmas en porcentaje, para Constitución y Curicó respectivamente.

Constitución se caracteriza por una alta frecuencia de calmas, particularmente en Otoño e Invierno, cuando éstas alcanzan valores de alrededor de 40%, contra cerca de 20% en los meses de verano. La dirección netamente dominante es la Sur-Oeste con frecuencias de un 60%. En el período entre Mayo y Agosto la dirección Norte es la dominante con frecuencias entre 20 y 30%. Esta última dirección es propia de los sistemas depresionarios que traen el mal tiempo. Los vientos Sur-Oeste tienen velocidades medias entre 8 y 10 nudos y los del Norte, entre 10 y 12 nudos.

El ciclo diario de vientos en Constitución, muestra que la actividad eólica se concentra luego de mediodía, alcanzándose fuerzas medias de 14 nudos en verano. Durante la noche y la madrugada dominan las calmas. Estos rasgos delatan el origen térmico de los vientos. Las velocidades máximas corresponden a los vientos Norte durante el invierno y exceden con relativa frecuencia los 30 nudos.

NUBOSIDAD , HORAS DE SOL POR DIA Y HORAS DE SOL POSIBLES POR DIA

CURICO



— NUBOSIDAD EN DECIMAS
 - · - HORAS DE SOL POR DIA EN H/DIA
 - - - HORAS DE SOL POSIBLES POR DIA EN H/DIA

FIGURA 3.19

NUBOSIDAD, HORAS DE SOL POR DIA Y HORAS DE SOL POSIBLES POR DIA

MOLINA

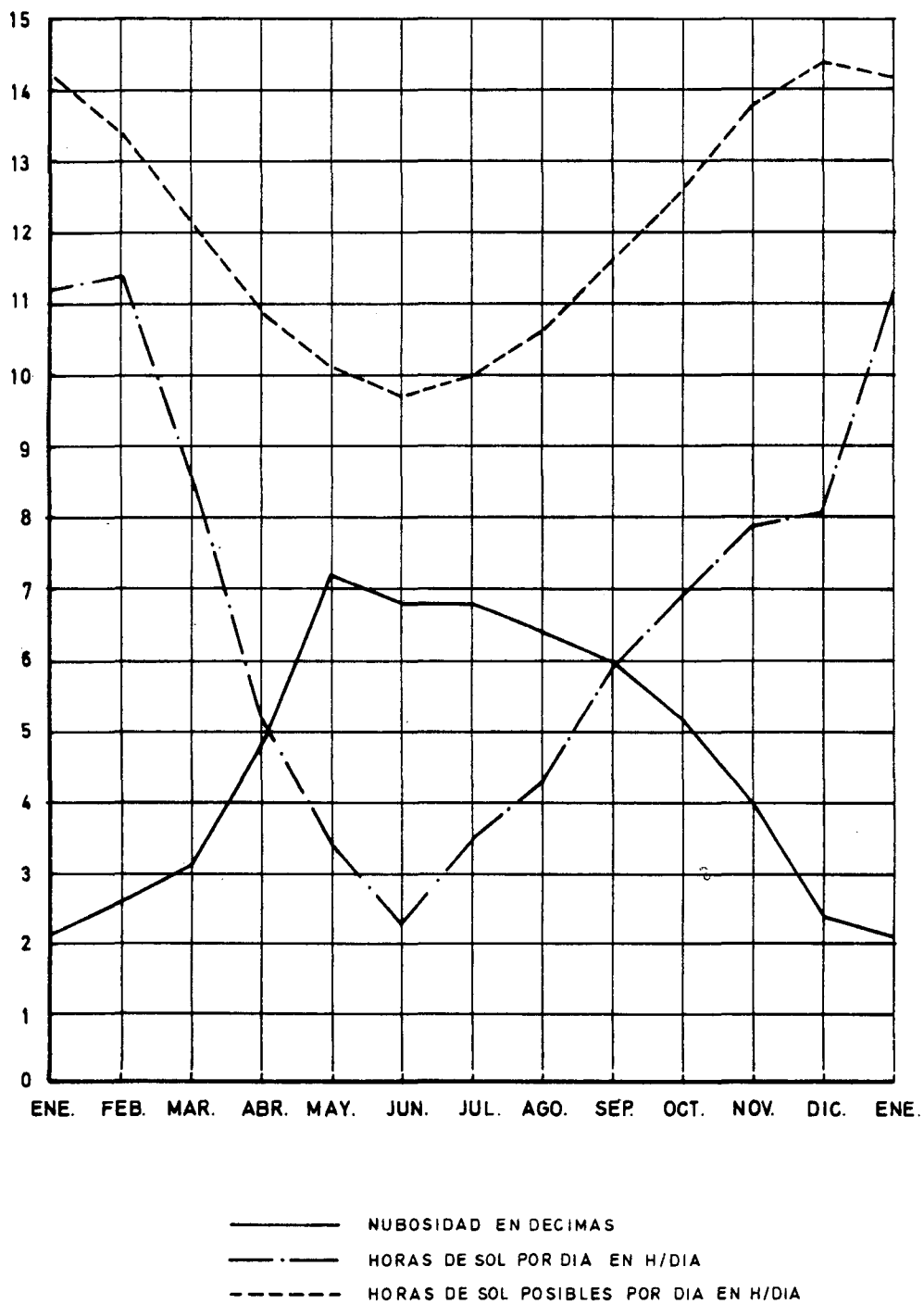
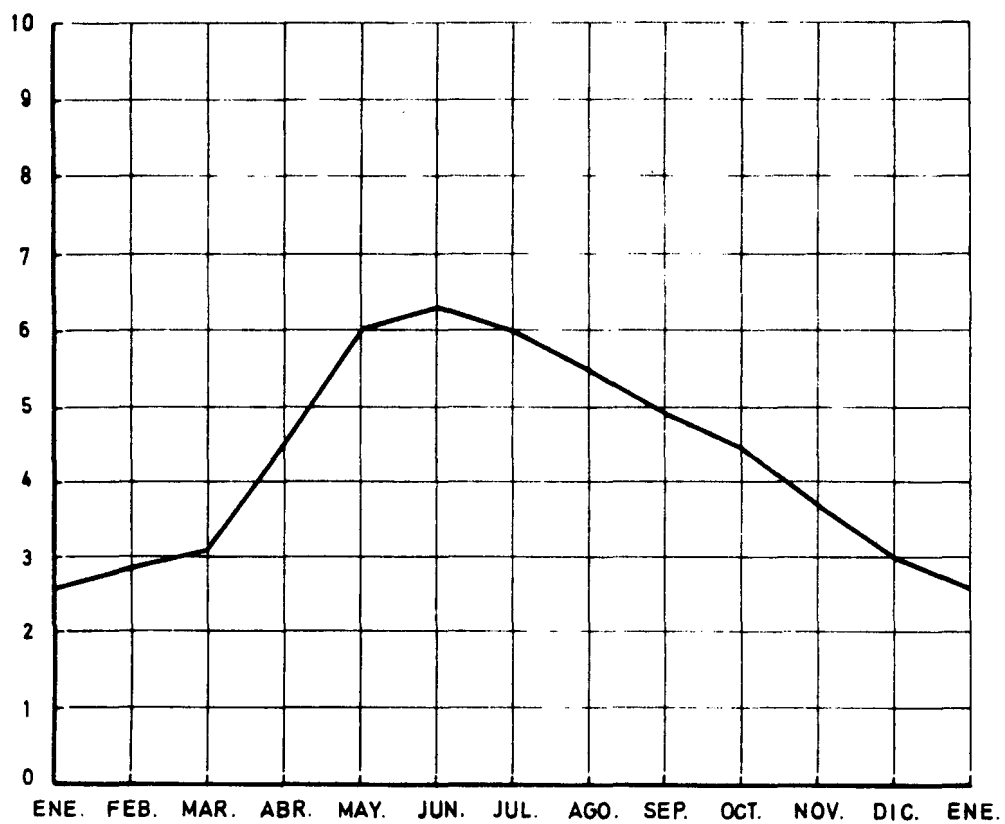


FIGURA 3.20

NUBOSIDAD
CONSTITUCION



— NUBOSIDAD EN DECIMAS

FIGURA 3.21

TABLA 3.3

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL Y MEDIA ANUAL (%)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Curicó	66	70	73	81	88	91	90	86	82	77	70	66	78
Constitución	75	76	77	80	85	87	87	84	82	81	77	77	81

TABLA 3.4

RADIACION SOLAR MEDIA MENSUAL Y MEDIA ANUAL ESTIMADA SEGUN FORMULAS DE BERLIAND (Ly/día)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Curicó	598	529	409	274	165	121	142	202	284	378	490	589	348
Constitución	569	493	392	273	164	153	160	238	309	396	499	570	351

TABLA 3.5
VIENTOS
ESTACION CURICO

PARAMETRO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Período de Observ.
Dirección dominante	S-W	S-SW	S-SW	S-SW	NE	NE	NE	S-SW	S-SW	S-SW	SW	SW	1971-75
Fuerza media (nudos)	7	6	6	6	5	8	7	5	6	7	7	6	
Frecuencia de calmas (%)	5	9	8	12	12	15	17	12	9	9	6	3	

TABLA 3.6
VIENTOS
ESTACION CONSTITUCION

PARAMETRO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Período de Observ.
Dirección dominante	W-SW	W-SW	W-SW	W-SW	N-W	Var.	N-W	W-SW	W-SW	W-SW	W-SW	W-SW	1971-75
Fuerza media (nudos)	10	10	9	9	10-6	9	10-6	7	8	8	9	9	
Frecuencia de calmas(%)	20	27	35	43	42	40	41	39	34	32	23	18	

Curicó muestra el dominio de vientos del Sur y Sur-Oeste con velocidades medias entre 6 y 8 nudos durante ocho meses del año. De Mayo a Julio la dirección más frecuente es del Nor-Oeste con velocidades de 8 nudos en promedio. El número de calmas es reducido y varía entre un 3% en Diciembre y un 17% en Agosto. Las direcciones más frecuentes con un 40% del tiempo en Diciembre y Enero, son del Sur y Sur-Oeste, en tanto que el viento Norte durante Mayo a Julio, alcanza una frecuencia entre 25% y 30%.

El ciclo diario de Curicó indica que las velocidades mayores se miden en la madrugada, disminuyendo a lo largo del día. Esta circunstancia sugiere que los vientos cuentan con una importante componente orográfica (viento catabático).

La Figura 3.22 muestra rosas de frecuencia de vientos durante Enero-Febrero y Junio-Julio para el año 1970, en las estaciones de Curicó y Constitución.

3.3.5 Evaporación

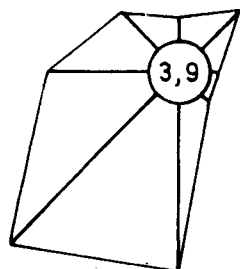
Los valores de evaporación registrados en las ocho estaciones consideradas, se han obtenido a partir de mediciones en evaporímetros de bandeja tipo clase A del U.S. Weather Bureau. En la Tabla 3.7 se presentan los promedios mensuales y valores anuales de evaporación para cada una de las estaciones consideradas. De acuerdo a esta tabla, todas las sumas anuales exceden los 1.000 mm. Constitución muestra un valor algo menor a los registrados en estaciones del Valle Central. Las variaciones anuales alcanzan los valores extremos alrededor de los solsticios, siguiendo las variaciones de la altitud solar.

3.4 ESTIMACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

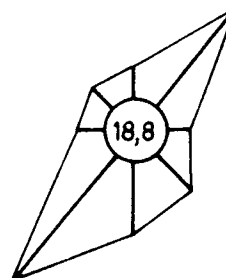
3.4.1 Introducción

La evapotranspiración potencial de cultivos puede calcularse para dos fines específicos bien diferentes. Desde el punto de vista climatológico e hidrológico general, es necesario conocer una evapotranspiración potencial de referencia en una cuenca, con el fin de establecer una sectorización climatológica y servir de base para efectuar balances hídricos. Por otra parte, desde el pun-

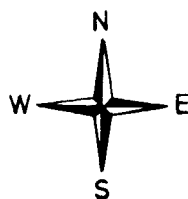
CURICO



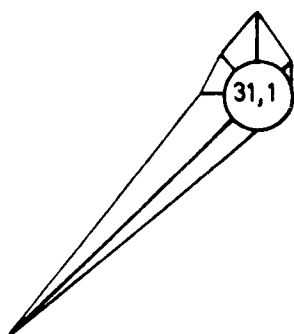
ENERO Y FEBRERO



JUNIO Y JULIO



CONSTITUCION



ENERO Y FEBRERO



JUNIO Y JULIO

LEYENDA

| = 10% DE FRECUENCIA

(a,b) = PORCENTAJE DE CALMAS

FIGURA 3.22

TABLA 3.7

EVAPORACION MEDIA MENSUAL EN mm/mes (*)

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Curicó	231	179	131	74	32	32	26	46	74	109	170	208	1320
Potrero Grande	208	157	133	78	37	30	28	43	54	102	138	174	1182
Convento Viejo	234	175	137	92	44	26	38	41	57	97	145	200	1286
Huertecilla	254	216	180	180	126	85	96	86	115	182	250	282	2052
Santa Cruz	234	187	143	84	62	29	29	42	66	116	158	207	1357
Constitución	159	112	118	76	36	18	22	37	67	99	156	178	1083
Laguna Invernada	372	311	277	182	92	55	59	86	132	184	255	298	2119
Pangal	303	224	180	132	79	26	35	41	76	128	166	228	1685

(*) : Evaporímetro de bandeja tipo clase A del Weather Bureau.

to de vista agrológico, es necesario conocer la evapotranspiración potencial de cultivos específicos en sectores de riego para la posterior definición de tasas de riego.

En el presente estudio se han elegido tres de los diversos métodos actualmente en uso para estimar evapotranspiración potencial.

Con fines climatológicos, se ha considerado el método de Penman - Mc Ilroy, ya que considera en su totalidad los principales fenómenos físicos que provocan la evapotranspiración. Sin embargo, debido a que la información meteorológica disponible es insuficiente en la mayoría de las estaciones de la zona estudiada, se ha incluido también un método modificado de Blaney y Criddle, que sólo requiere disponer de temperaturas medias del aire y de rangos de variación de insolación, humedad relativa mínima y velocidad del viento para cada lugar y período considerado.

Con fines agrológicos, se ha estimado que las medidas de evaporación desde bandeja, afectadas por coeficientes de cultivo determinados en el campo experimental de La Platina, son suficientes para estimar el uso consumo de cultivos específicos.

En este punto se analizan los dos métodos utilizados con fines de sectorización climatológica. La estimación de la evapotranspiración potencial de cultivos específicos se incluye en el Estudio de Agronomía.

3.4.2 Método de Penman-Mac Ilroy

Este método permite estimar el poder evaporante de la atmósfera mediante una relación derivada del balance de energía en la interfase atmósfera-suelo (agua).

Dada su sólida fundamentación analítica y su probada validez, es el que se utiliza preferentemente en la práctica para fines de sectorización climatológica de una cuenca, toda vez que se disponga de la información meteorológica necesaria.

La radiación neta, factor meteorológico fundamental en este método, se calculó como la diferencia entre la radia-

ción solar disponible en la superficie y la radiación efectiva de onda larga emitida por ella.

La radiación solar disponible se estimó a partir de la energía solar recibida en el límite exterior de la atmósfera, que depende sólo de factores astronómicos para un lugar dado, de la nubosidad y turbidez atmosférica media y del albedo superficial. La radiación solar disponible en la superficie se ha determinado utilizando el método de Berliand (Budyko, 1974), con un albedo superficial estimado en 0.18.

La radiación neta efectiva de onda larga es una función de la temperatura y humedad relativa del aire cerca de la superficie, además de la emisividad y temperatura superficial, y de la cantidad y tipo de nubes. El método de Brunt (Sellers, 1964) considera esta dependencia, como una extensión de la ley de Stefan - Boltzmann para cuerpos grises.

La conducción de calor hacia el suelo se estimó sobre la base de la teoría de conducción de calor en un medio homogéneo. La amplitud de la onda térmica superficial se calculó con la diferencia de temperatura media entre el mes más cálido y el mes más frío. Las propiedades físicas del medio relevantes a este proceso están condensadas en la admitancia térmica del suelo, a la que se le dió un valor estimativo de $11.75 \text{ cal/cm}^2 \text{ }^\circ\text{K día}^{1/2}$.

Otros factores que intervienen en el método de Penman-Mc Ilroy son la constante psicrométrica, la pendiente de la función termodinámica de Clasius Clapeyron y la depresión de bulbo húmedo. El coeficiente efectivo de transferencia de vapor de agua, cuyo valor es de pequeña importancia frente a otros en este método, se ha estimado en $6 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ suponiendo una velocidad media del viento a 2 metros sobre la superficie. En el punto 3.4.4 se analizan los resultados obtenidos de la aplicación de este método a los registros de las estaciones de Curicó y Constitución, únicas estaciones en que se dispuso de información suficiente para hacerlo.

3.4.3 Método de Blaney y Criddle modificado

Debido a la escasez de estaciones meteorológicas con información suficiente para la aplicación del método de Penman-Mc Ilroy, se estableció la necesidad de recurrir a otro método más

simple que pudiera aplicarse al resto de las estaciones de la cuenca. De esta forma, relacionando este método con el anterior en los puntos en que la evapotranspiración potencial de Penman-Mc Ilroy se hubiera calculado, se pensó transponer sus resultados al resto de la cuenca. Tomando en cuenta esta posibilidad, se determinó que el método de Blaney y Criddle modificado era el más adecuado.

El método de Blaney y Criddle utiliza originalmente la temperatura media y el porcentaje de horas con luz diurna durante el período considerado. Sin embargo, se ha determinado que a igualdad de temperatura media hay otros factores meteorológicos que influyen significativamente en el cálculo de la evapotranspiración potencial de referencia. Los factores considerados son la humedad relativa mínima, la insolación relativa y el viento medio en el período diurno a 2 metros sobre la superficie. La incidencia cuantitativa de estos factores ha sido empíricamente determinada (Doorembos y Pruitt, 1976) y se utiliza definiendo tres categorías generales para cada variable que son las siguientes:

Categoría	Humedad Relativa mínima	Velocidad del Viento diurna	Insolación relativa
1	< 20 %	> 5 m/s	> 80 %
2	20 - 50 %	2 - 5 m/s	60 - 80 %
3	> 50 %	0 - 2 m/s	30 - 60 %

La definición climática dentro de cada categoría para las tres variables meteorológicas se hace a partir de descripciones generales del clima de la zona en estudio y/o mediante interpolación utilizando estaciones meteorológicas de apoyo.

En la cuenca del río Mataquito se han estimado estas condiciones medias en diversos puntos, para definir los coeficientes que modifican los valores obtenidos de la aplicación del método tradicional de Blaney y Criddle. Con ello se ha calculado para esos puntos la evapotranspiración potencial de referencia y los resultados obtenidos se han utilizado para transponer los valores de Penman-Mc Ilroy en Curicó y Constitución al resto de la cuenca.

Los resultados obtenidos se discuten en el punto

3.4.4.

3.4.4 Resultados

Como se indicó, para la zona considerada en este estudio se contó sólo con las estaciones meteorológicas de Curicó y Constitución para aplicar el método de Penman-Mc Ilroy en la determinación de la evapotranspiración potencial de referencia. Para tal efecto se usaron promedios mensuales de los registros disponibles entre 1966 y 1975.

El método de Blaney y Criddle modificado se aplicó a las estaciones de Llico, Molina, Hualañé, Potrero Grande y Convento Viejo, (además de las dos anteriormente señaladas), considerando promedios mensuales de los registros de temperatura media y el coeficiente correspondiente a las condiciones medias de la estación.

A fin de transponer los valores del método de Penman-Mc Ilroy al resto de las estaciones, se calculó mensualmente en Curicó y Constitución el cuociente entre la evapotranspiración potencial según este método y el de Blaney y Criddle (*). Los cuocientes obtenidos en Curicó se multiplicaron por los valores según Blaney y Criddle de Molina, Potrero Grande y Convento Viejo para obtener en estas estaciones la evapotranspiración potencial de referencia según Penman-Mc Ilroy. Análogamente, los cuocientes de Constitución permitieron hacer lo mismo en las estaciones Llico y Hualañé. En las Tablas A 3.8 y A 3.9 del Anexo 3 se incluyen los valores de evapotranspiración potencial según Blaney y Criddle y Penman-Mc Ilroy, respectivamente. Además, en la Tabla A 3.10 del Anexo 3 se presentan los cuocientes entre valores medios mensuales de ambos métodos que fueron usados en la transposición.

En las Figuras 3.23 a 3.33 se han graficado los valores mensuales de evapotranspiración potencial según Penman - Mc Ilroy y Blaney - Criddle, junto a los promedios mensuales de medidas evaporimétricas para cada una de las estaciones consideradas. Del análisis de estas curvas se detecta que en general los valores

(*) Los cuocientes finalmente utilizados corresponden a los obtenidos del trazado de una curva media de ajuste a los valores mensuales obtenidos.

EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CURICO

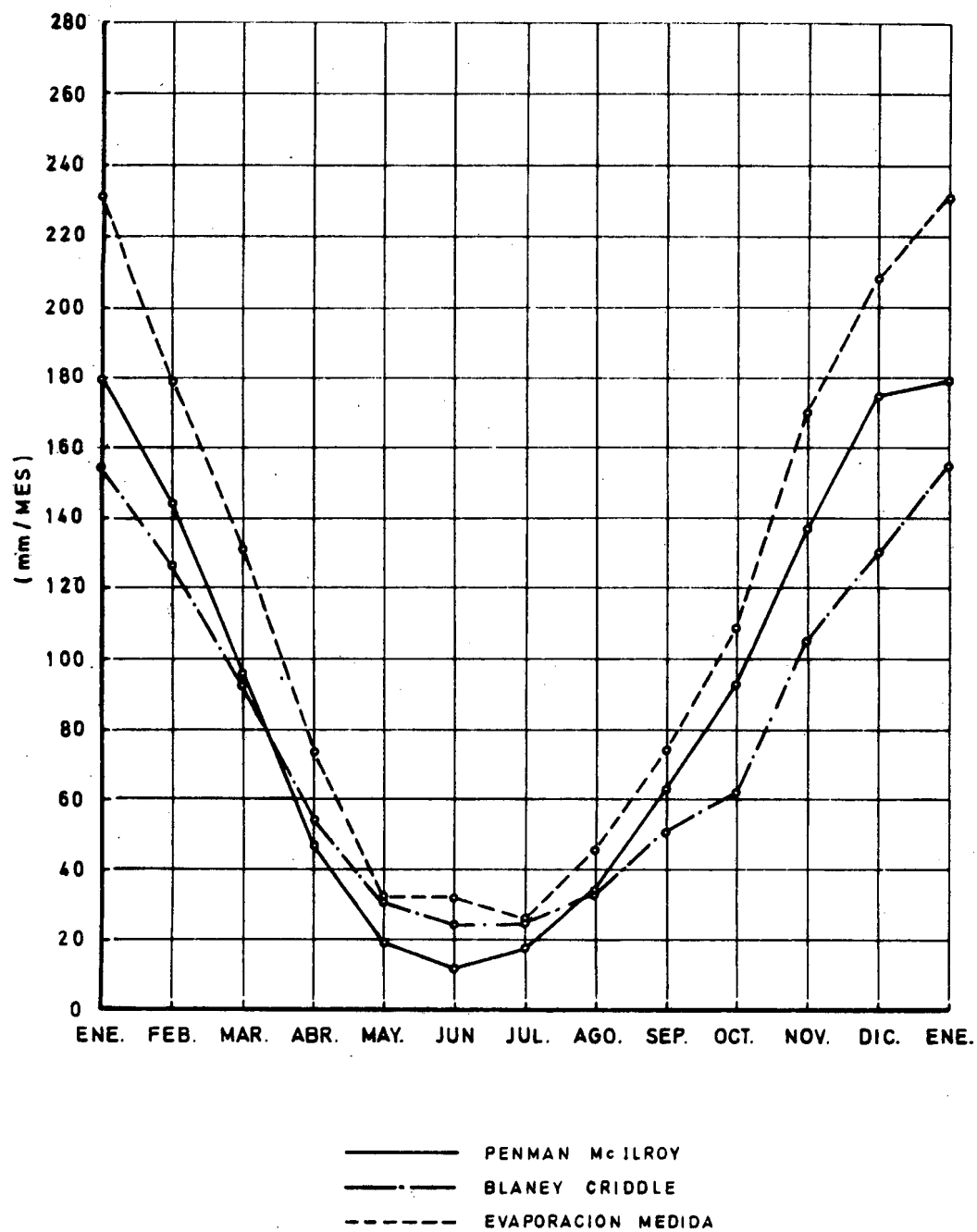


FIGURA 3.23

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

MOLINA

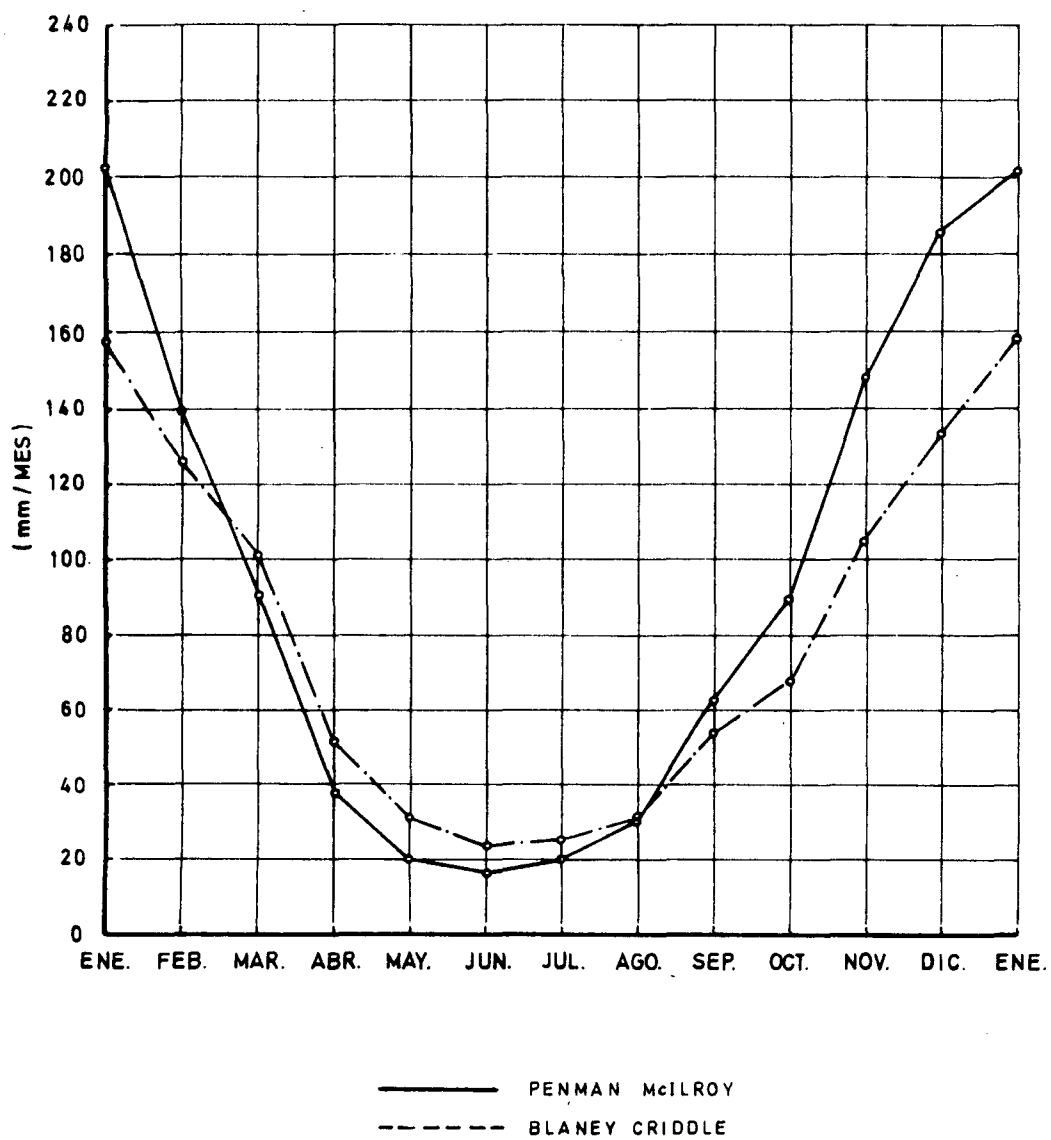


FIGURA 3.24

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

HUALAÑE

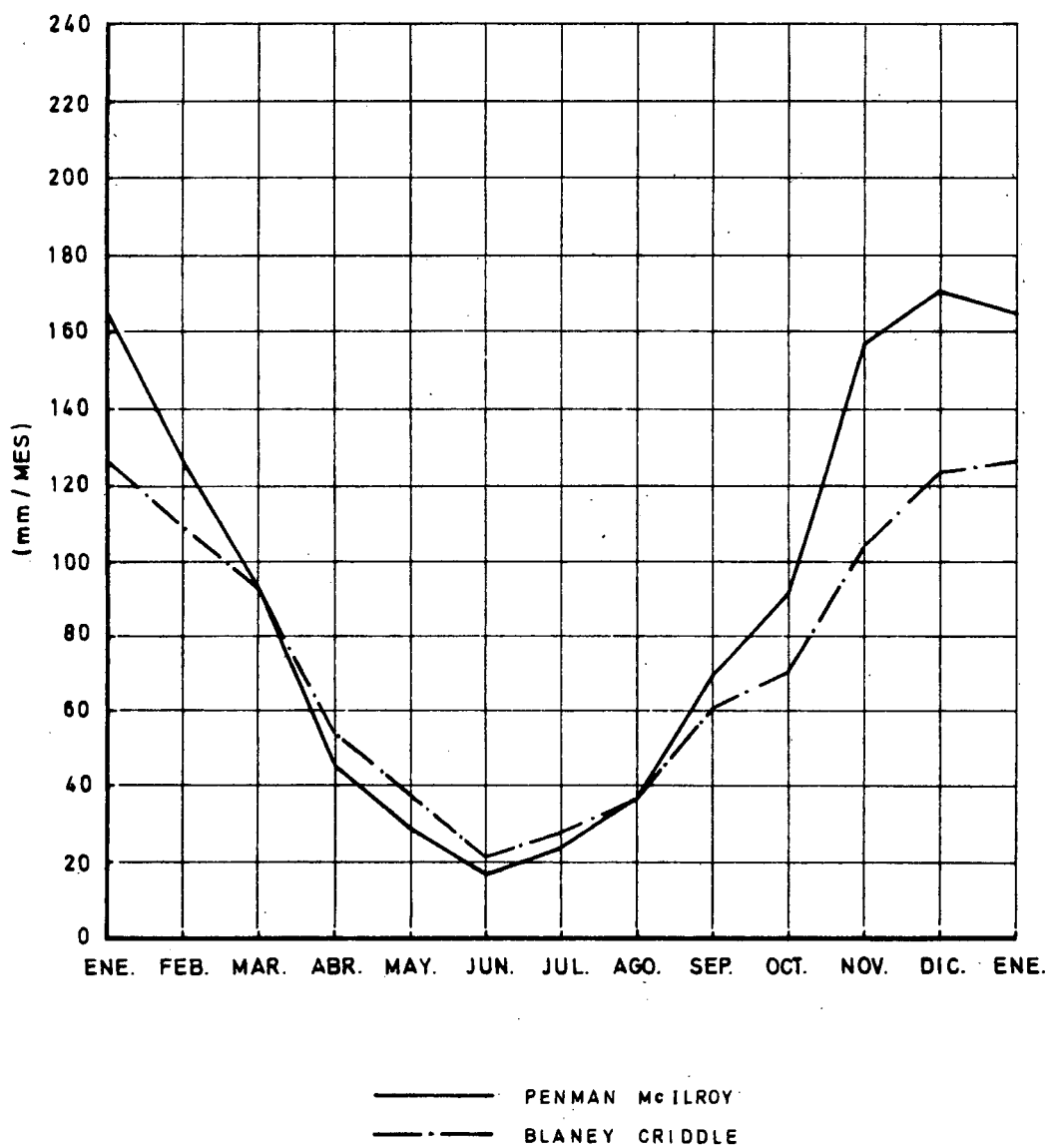


FIGURA 3.25

EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
POTRERO GRANDE

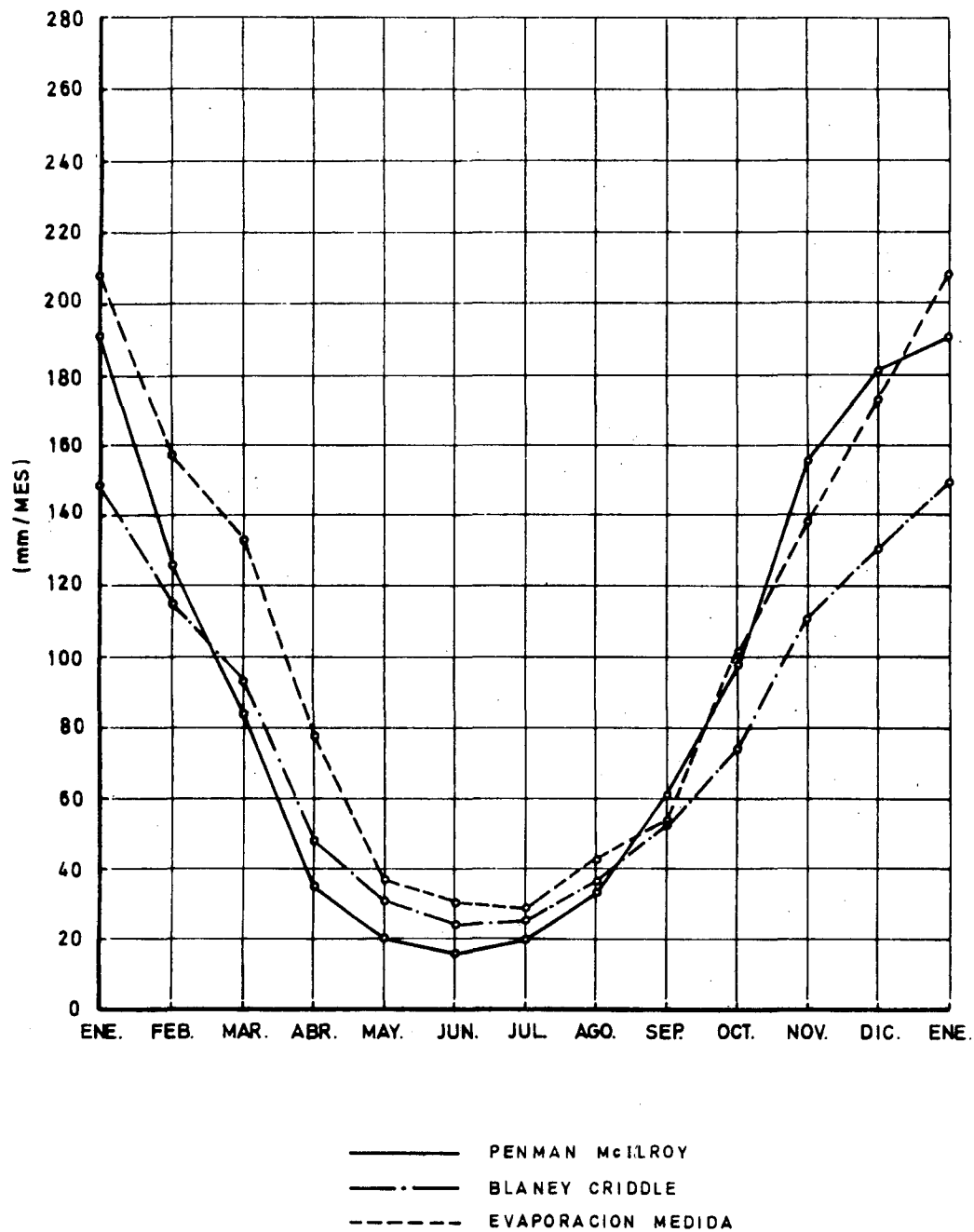


FIGURA 3.26

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

LLICO

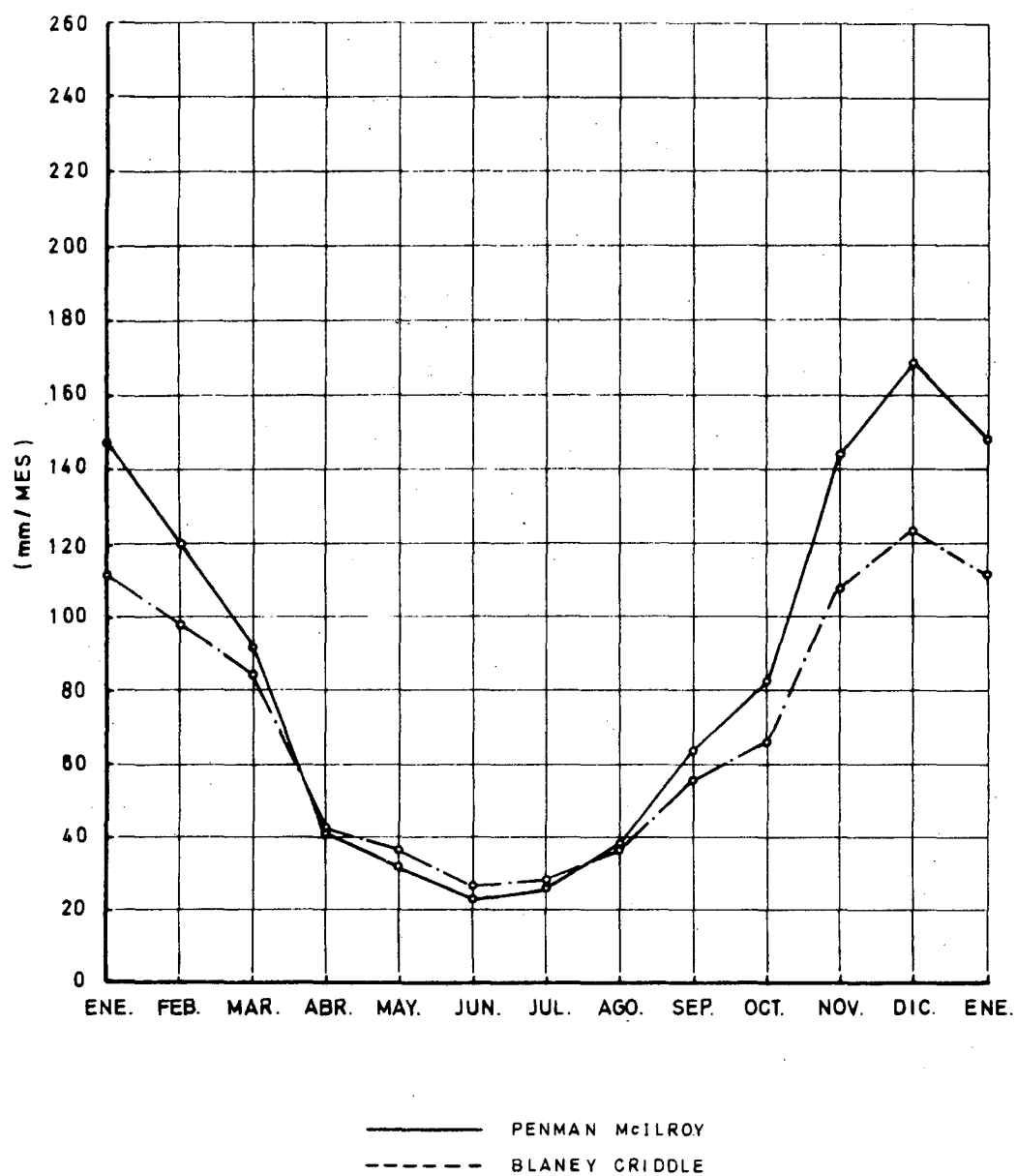


FIGURA 3.27

EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
CONVENTO VIEJO

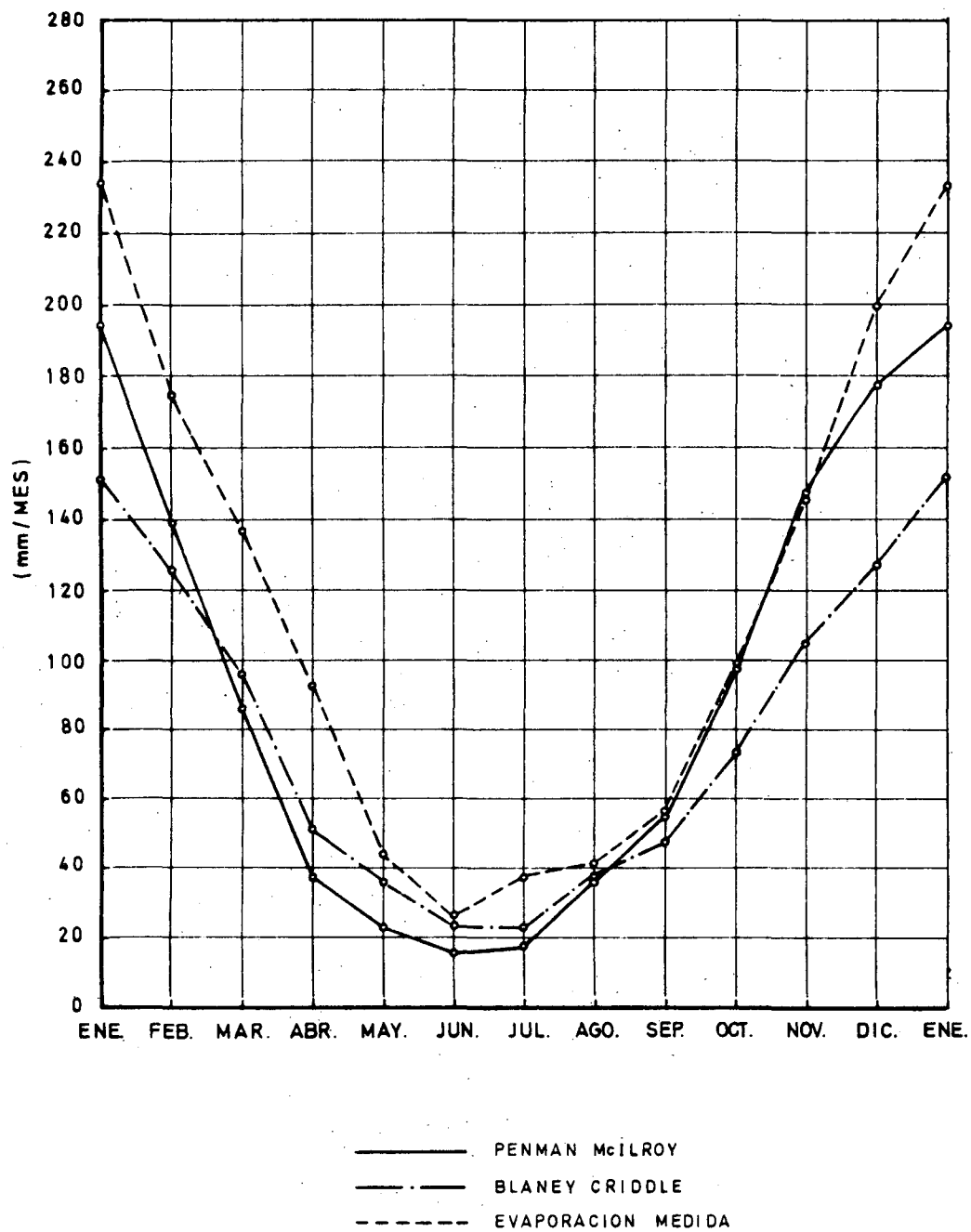
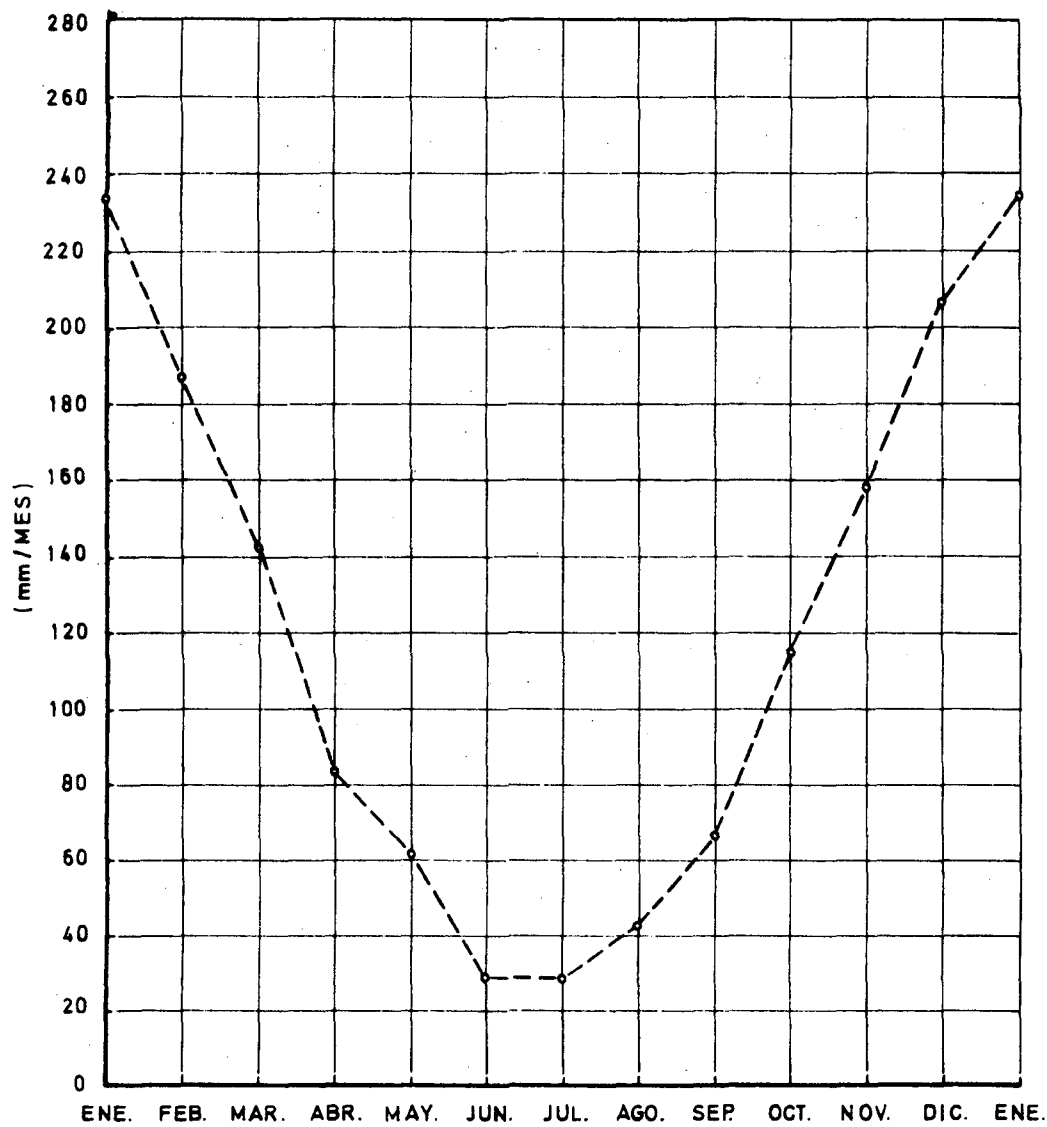


FIGURA 3.28

EVAPORACION MEDIDA (mm/MES)

SANTA CRUZ



----- EVAPORACION MEDIDA

FIGURA 3.29

EVAPORACION MEDIDA (mm/MES)

HUERTECILLA

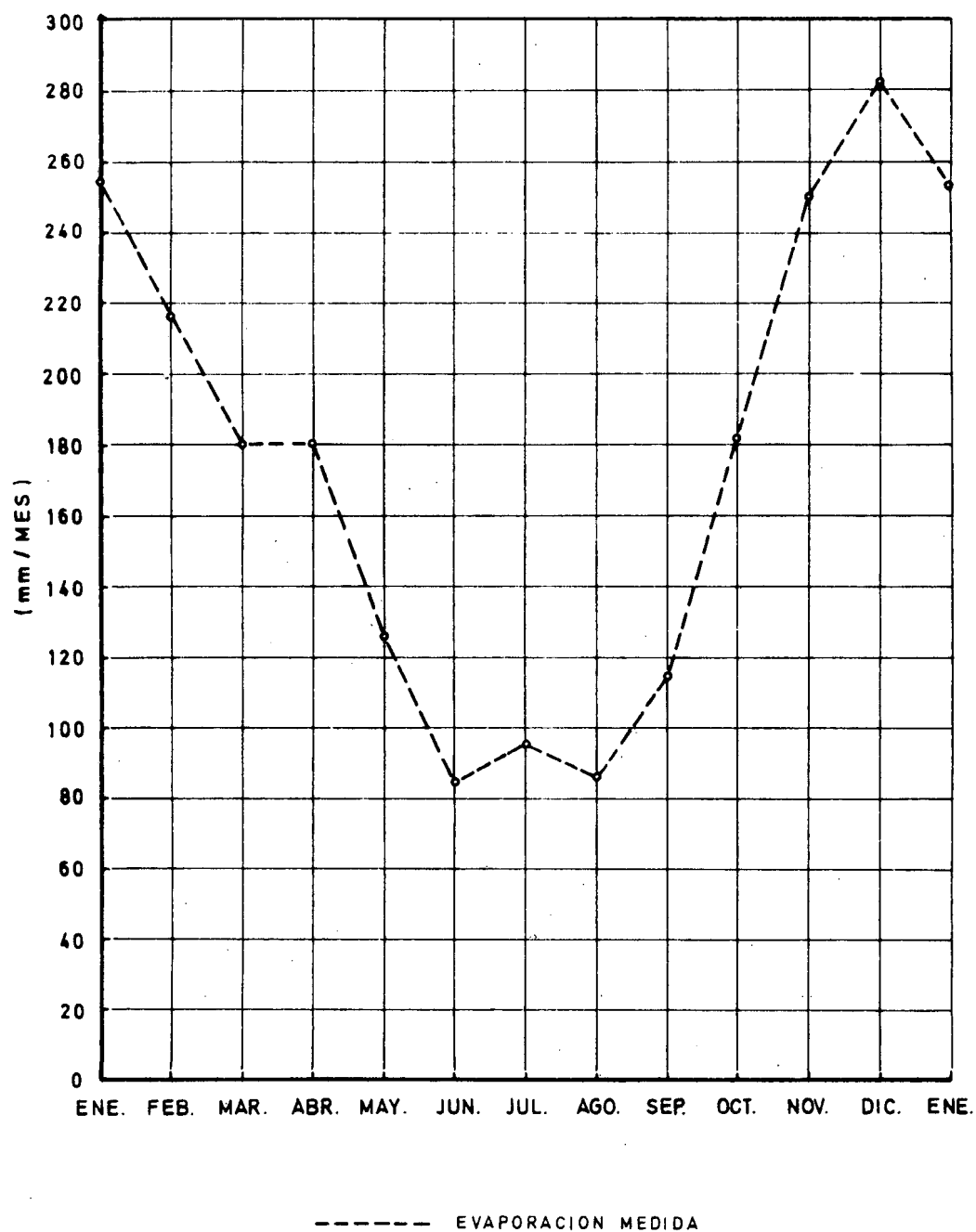


FIGURA 3.30

LAGUNA INVERNADA

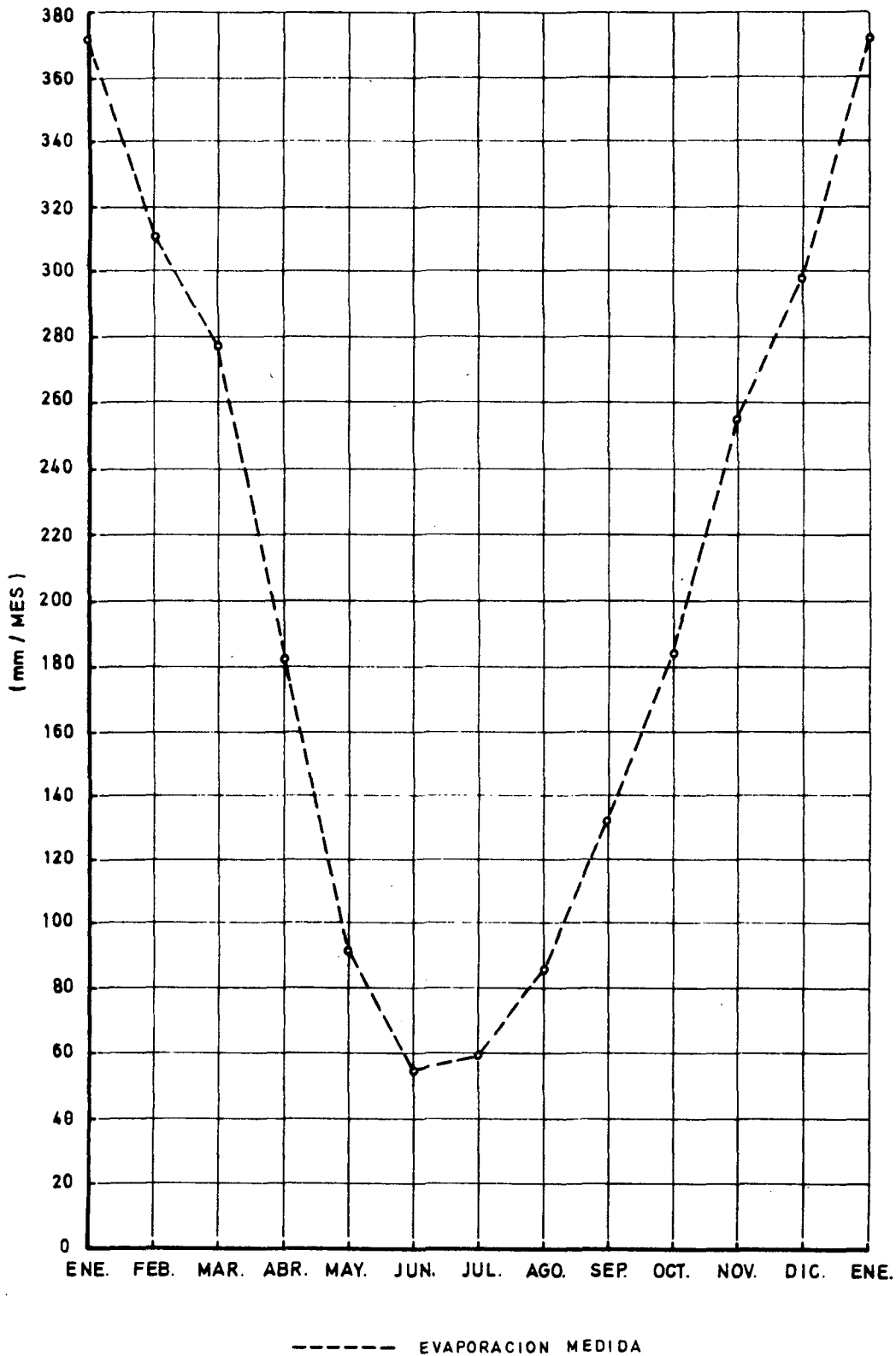


FIGURA 3.31

PANGAL

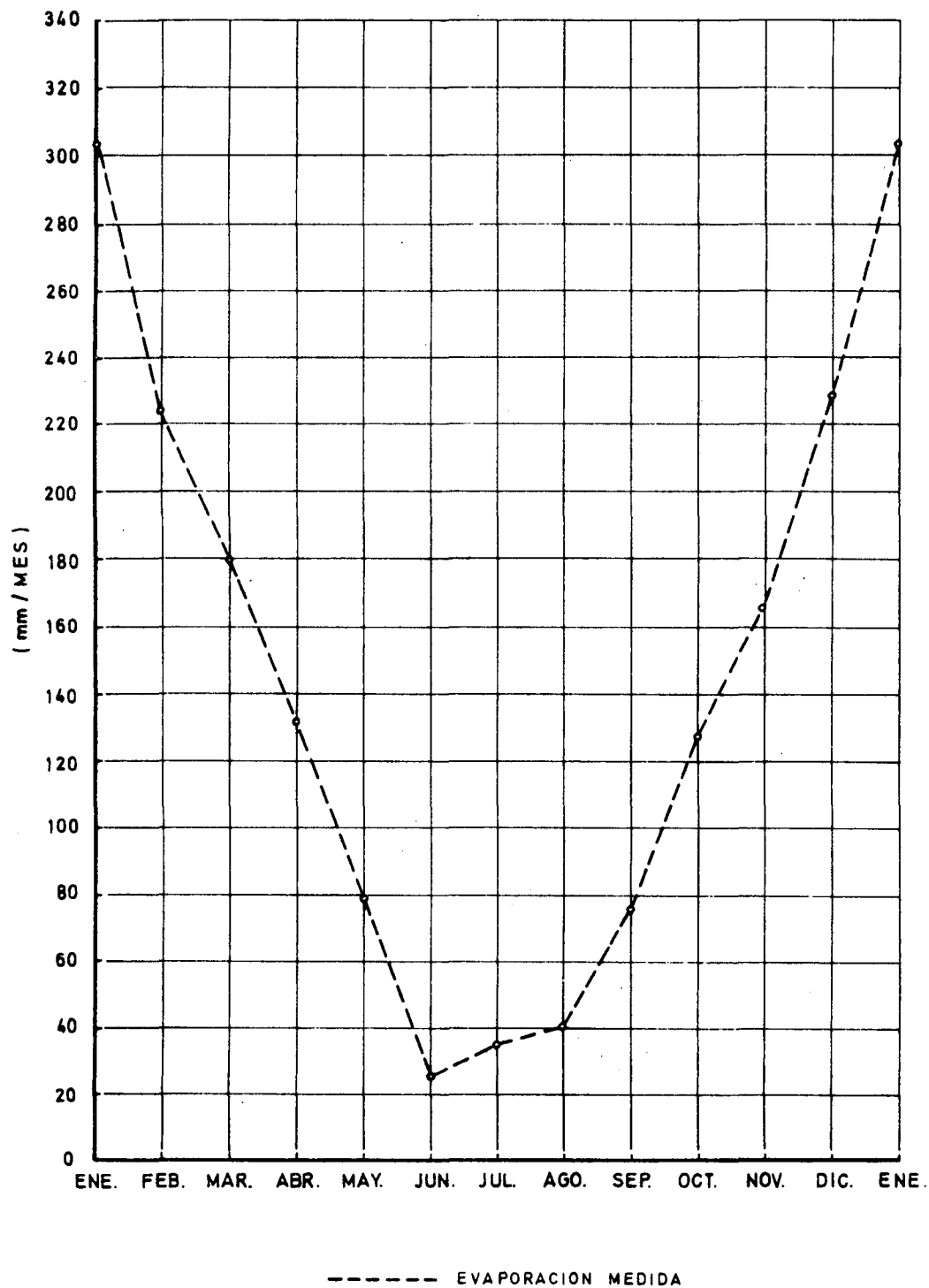
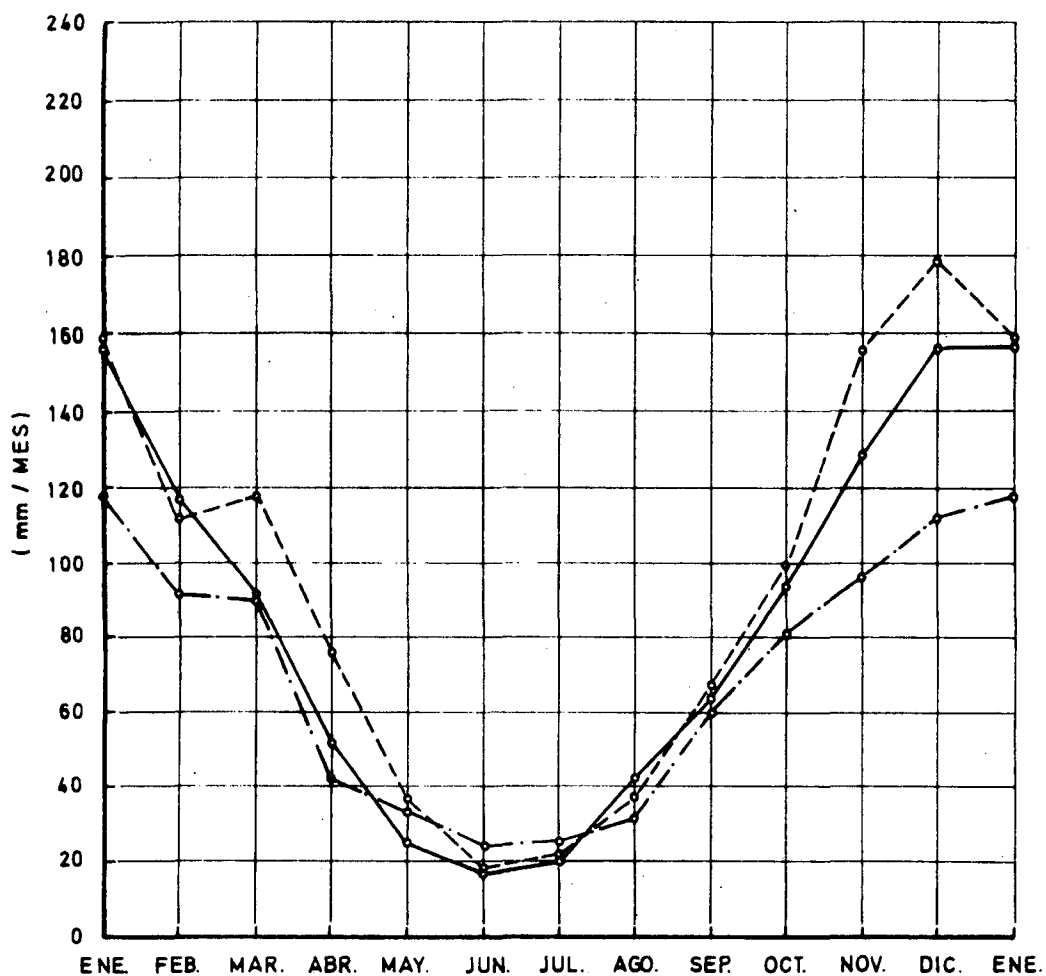


FIGURA 3.32

EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CONSTITUCION



— PENMAN McILROY
- · - BLANEY CRIDDLE
- - - EVAPORACION MEDIDA

FIGURA 3.33

obtenidos mediante el método de Penman-Mc Ilroy se sitúan entre los calculados según Blaney y Criddle y las medidas evapormétricas. Estas últimas superan a las anteriores en la mayoría de los casos. Por otra parte, las diferencias son máximas en verano y mínimas en invierno.

En el mapa de la Figura 3.34 se han trazado curvas de igual evapotranspiración potencial anual para la cuenca del río Mataquito, utilizando los valores correspondientes al método de Penman-Mc Ilroy.

Los totales anuales de evapotranspiración potencial en milímetros indican un aumento desde la costa hacia el interior. La zona de Hualañé presenta valores comparativamente mayores que su entorno, debido fundamentalmente a temperaturas mínimas más altas. El Valle Central presenta valores altos en su margen occidental disminuyendo levemente hacia el Este para aumentar nuevamente en el piedmont andino. Esto se explica debido a que el Valle Central presenta mayor nubosidad cerca de la cordillera en tanto que el aumento de la evapotranspiración potencial con la altura se debe a la mayor insolación por efecto topoclimático y a la mayor sequedad atmosférica en combinación con intensidades de viento más altas.

3.5 CRITERIOS CLIMATOLOGICOS

Las estaciones de la región estudiada, fueron clasificadas según los criterios climatológicos de Koeppen, Thornthwaite y Budyko.

La clasificación climática de Koeppen ubica prácticamente a todas las estaciones en la categoría de clima templado, con verano seco y cálido, Csb, Talca se clasifica marginalmente como Csa en virtud de su verano caluroso. Hualañé y Convento Viejo alcanzan el límite que separa el clima Csa del Csb, sin transponer el umbral. Llico y Faro Carranza se singulariza por un invierno templado, condición que Constitución no alcanza del todo.

La aplicación de los criterios de Thornthwaite, se hizo sólo para Curicó y Constitución, junto a los otros índices. Se ofrece también, los valores del Índice de Humedad de Thornthwaite y Mather.

Budyko recomienda como índices climáticos el índice radiactivo de aridez, definido como la razón entre la radiación neta y la precipitación, medida en las mismas unidades. Sus valores fluctúan entre 1,77 a 1,92 de la costa hacia el Valle Central. Con este índice, se estimó la razón de escorrentía, es decir, la relación entre escorrentía y precipitación por medio de una fórmula empírica recomendada por Budyko, obteniéndose valores entre 12 y 15% para las estaciones en la hoya del Mataquito. En consecuencia, según esta fórmula, se evapora alrededor del 85 a 88% del agua caída.

En la Tabla 3.8 se presenta un resumen de cada una de estas clasificaciones y la explicación de la nomenclatura usada.

3.6 ZONIFICACION AGROCLIMATICA

El mapa de la Figura 3.35 muestra la ubicación de los distritos climáticos que se describen a continuación:

El primer distrito, denominado Litoral, está caracterizado por la influencia marina, con temperaturas extremas moderadas y un período libre de heladas que cubre casi todo el año.

Los tres distritos agroclimáticos que siguen hacia el interior: Patacón, Licantén y Coipué, se diferencian poco en cuanto a temperaturas extremas, grados-día sobre 10°C y período libre de heladas. Se los ha definido como una transición hacia el distrito de Hualañé pudiendo establecerse diferencias entre ellos derivadas de su ubicación geográfica y de la variación meridional de la precipitación anual. Licantén se encuentra en el Valle de Mataquito mientras que los pequeños valles interiores de Coipué y Patacón, reciben periódicamente la influencia marina.

El distrito de Hualañé muestra en todas las variables meteorológicas térmicas algún tipo de singularidad, lo que le confiere el carácter de microclima. En esta área se producen temperaturas máximas medias típicas del Valle Central y mínimas medias con un largo período libre de heladas, similar al del distrito Litoral.

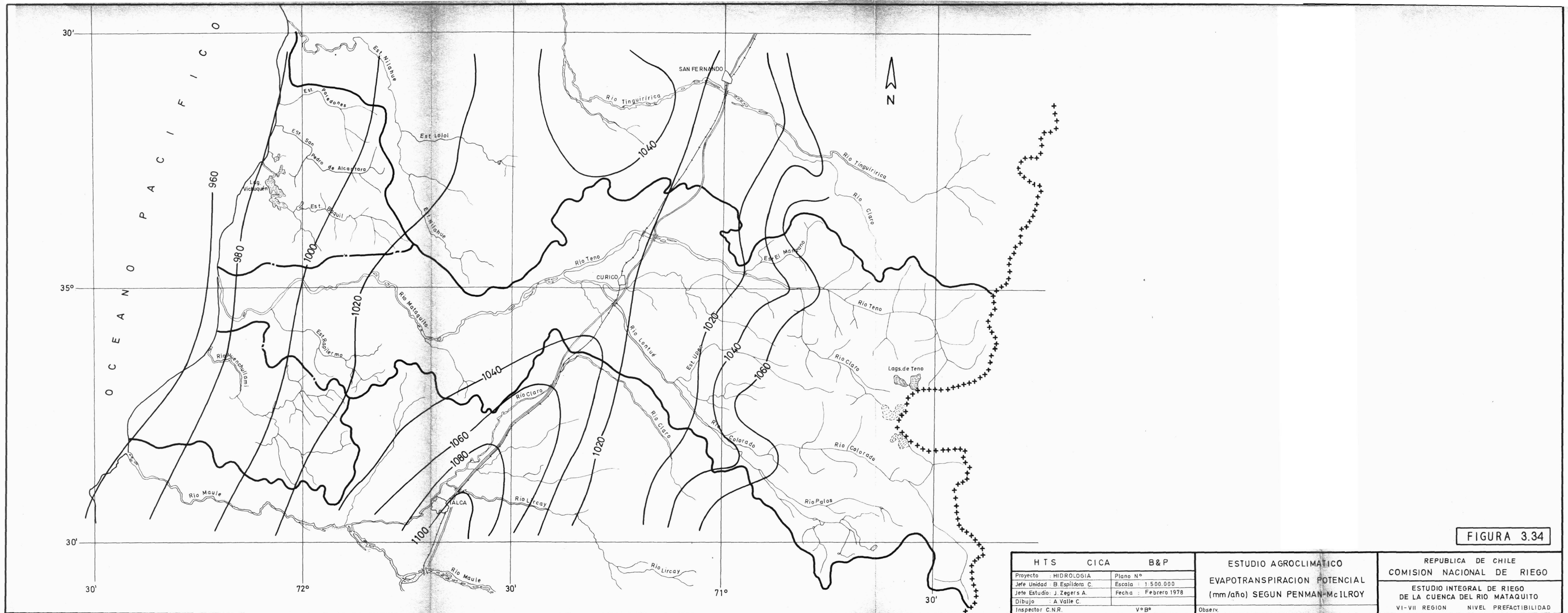


TABLA 3. 8
CRITERIOS CLIMATICOS

ESTACION	KOEPPEN	Indice de Humedad de Thornthwaite y Mather	THORNTHWAITE	BUDYKO		
				Indice Radioactivo de Aridez	Razón de Escorrentía	<u>Evaporación</u> <u>Precipitación</u>
Curicó	C _{sb}	- 48	C ₁ S ₂ B' ₄ a'	1, 92	0, 115	0, 885
Molina	C _{sb}					
Hualañé	C _{sb}					
Potrero Grande	C _{sb}					
Llico	C _{sb}					
Convento Viejo	C _{sb}					
Talca	C _{sa}	- 51		2, 05	0, 101	0, 899
Constitución	C _{sb}	- 44	C ₂ S ₂ B' ₃ a'	1, 77	0, 133	0, 867
Faro Carranza	C _{sb}	- 25		1, 34	0, 209	0, 791

Ver nomenclatura Criterios Climáticos en Tabla 3. 8 (Continuación)

TABLA 3.8
CRITERIOS CLIMATICOS
(Continuación)

Clasificación de Koeppen

- C : temperatura media mes más frío entre 18°C y -3°C.
 s : época seca corresponde al verano.
 a : temperatura media del mes más cálido es mayor de 22°C.
 b : temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C y durante cuatro meses por lo menos la temperatura media mensual está por encima de 10°C.

Clasificación de Thornthwaite

C₁: Índice global de humedad (I_m) entre -20 y 0 : clima seco a subhúmedo.

$$(I_m = \frac{100s - 60d}{n} \quad ; \quad \text{donde:}$$

s = exceso hídrico anual

d = déficit hídrico anual

n = evapotranspiración potencial anual)

C₂: Igual a C₁; pero con I_m entre 0 y 20: clima subhúmedo a húmedo.

S₂: Caracteriza una gran variación estacional de la humedad efectiva. Para climas C₂, indica I_a < 33,3 ; con I_a = $100 \frac{d}{n}$; y para climas C₁ indica I_h < 20 con I_h = $100 \frac{s}{n}$.

B₃¹: Índice de eficacia térmica correspondiente a una evapotranspiración po_tencial anual entre 855 y 997 mm.

B₄¹: Análogo a B₃¹ ; pero con límites 997 y 1140 mm.

a¹ : Caracteriza la concentración estival de la evapotranspiración potencial a través de la fracción que corresponde a los 3 meses de verano. Para esta categoría, ella debe ser inferior a 48%.

Curicó representa el distrito agroclimático correspondiente al Valle Central, tipificado por una oscilación térmica media de considerable amplitud y valores relativamente bajos de la longitud del período libre de heladas y grados - día sobre 10°C . Las características de este distrito se deben fundamentalmente a su continentalidad, acentuada por la influencia nocturna de la brisa de cordillera que concentra el aire frío en la angosta planicie central.

El distrito de Peteroa, entre Curicó y Hualañé, aparece como una zona de transición que, al igual que Patacón, Licantén y Coipué, no puede definirse mejor por la escasa información meteorológica disponible.

El distrito correspondiente al piedmont andino, se extiende desde los primeros faldeos cordilleranos hasta una altitud aproximada de 1.000 metros. Las temperaturas máximas medias son relativamente altas debido a la exposición de la ladera a los rayos solares y al efecto orográfico en el aumento de la precipitación anual.

El distrito Andino, ostenta rasgos de clima de altura con todas las variables climáticas disminuyendo con la altura. Los grados-día sobre 10°C son menores que 1.000, hay menos de 100 días libres de helada y la evapotranspiración potencial excede por menos de 100 mm al año a una precipitación acentuada por la orografía.

La Tabla 3.9 resume los valores que alcanzan las diferentes variables usadas para esta zonificación en cada distrito.

TABLA 3.9
ZONIFICACION CLIMATICA
RANGOS DE LAS VARIABLES UTILIZADAS

DISTRITO CLIMATICO	Temperatura máx. del mes más cálido (°C)	Temperatura mín. del mes más frío (°C)	Grados-día sobre 10°C (Miles de grados-día)	Período sin helada (Centenas de días)
Litoral	20 - 24	5 - 6	1,0 - 1,6	3,0 - 3,5
Patacón	24 - 27	5	1,6 - 1,8	<3,0
Licantén	26	5,5	1,8	3,0
Coipué	25 - 26	5	1,6 - 1,8	<3,0
Hualañé	28 - 29	4 - 5	1,8 - 2,0	<3,0
Peteroa	29	3	1,7 - 1,8	2,5 - 3,0
Curicó	28 - 29	2 - 3	1,2 - 1,6	2,0
Piedmont	26 - 27	1 - 1,5	1,1	1,5 - 2,0
Andino	<25	<1	<1,0	<1,0

4. - ESTUDIO DE PRECIPITACIONES

4.1 INTRODUCCION

Este estudio tiene como objetivo el de caracterizar adecuadamente el régimen de precipitaciones de la cuenca del río Mataquito, lo que servirá como base para los estudios agronómicos; los sistemas de aprovechamiento de recursos hidráulicos ; y los estudios hidrológicos específicos.

Se ha utilizado la información proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile del Ministerio de Defensa Nacional, la Dirección General de Aguas del M.O. P., la ENDESA, y antecedentes obtenidos 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 29 estaciones pluviométricas elegidas en base a dos criterios:

- a) Estaciones cuyos períodos de registro completo alcanzaran como mínimo un número de años comprendido entre 10 y 15, según su ubicación dentro de la cuenca.
- b) Estaciones de cuencas colindantes (Rapel y Maule), que por su cercanía con la cuenca en estudio, sirvieron de apoyo para el trazado de isoyetas.

De acuerdo a estos criterios, se seleccionaron

10 estaciones que pertenecen a la cuenca del río Mataquito, 7 a las cuencas costeras de las zonas Rapel-Mataquito y Mataquito-Maule, 7 a la cuenca de Rapel y 5 a la cuenca de Maule.

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 se explican de la manera siguiente:

- MT Cuenca Mataquito
- RM Cuenca Rapel-Mataquito
- MM Cuenca Mataquito-Maule
- RF Cuenca Rapel
- ML Cuenca Maule

En la Figura 4.1 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.

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

De acuerdo a la información recopilada en la Dirección Meteorológica de Chile del Ministerio de Defensa Nacional (D. M. C.), la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Publicas (D. G. A.), la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), y datos obtenidos en la misma zona, se confeccionó el diagrama de barras de la figura 4.2, en el que se indica la longitud de la estadística de precipitaciones anuales hasta el año 1975. En este diagrama se han incluido todas las estaciones de la cuenca del río Mataquito y de las cuencas costeras de los sistemas Rapel-Mataquito y Mataquito-Maule, además de algunas ubicadas en las cuencas de Rapel y Maule que se usaron de apoyo al presente estudio.

Del análisis preliminar de la información recopilada, se detectaron diversas anomalías relacionadas con los siguientes aspectos:

- Errores significativos en las alturas **s.n.m.** de dos estaciones contiguas. (Ej. Los Queñes Retén y Los Queñes).
- Errores significativos en las coordenadas geográficas de algunas estaciones. (Ej. La Candelaria).
- La misma denominación a dos estaciones con diferencias significativas de coordenadas, apareciendo éstas como dos estaciones diferentes. (Ej. Santa Susana).
- Diversos nombres para una misma estación (Ej. Invernada Cipreses).
- Registros de distintas estaciones contiguas consideradas como un solo registro de un lugar.

Por efecto de problemas como los señalados, en estudios anteriores se han cometido errores como el de generar series de precipitaciones anuales completamente distintas para estaciones ubicadas físicamente muy cerca, o bien generar series diferentes para dos estaciones que son una sola.

El problema de mayor importancia detectado en estudios anteriores fue que en uno de ellos, existían varios años para algunas estaciones en que la suma de precipitaciones mensuales no correspondía a la precipitación anual de acuerdo a la estadística original recopilada. En este mismo estudio se mostraban anomalías en las estaciones tales como las señaladas anteriormente.

En la Tabla A 4.1 del Anexo 4 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 los planos 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar. La verificación de las coordenadas geográficas de las estaciones pluviométricas fue fundamental para un correcto trazado del plano de isoyetas.

En las Tablas A 4.2 a A 4.20 del Anexo 4, se presentan las estadísticas originales de precipitaciones mensuales y anuales de las estaciones consideradas de la cuenca del Mataquito, de las cuencas intermedias Rapel-Mataquito y Mataquito-Maule, y de las estaciones Talca y Constitución que formaron parte del patrón pluviométrico.

De las Tablas mencionadas se concluye que solamente tres estaciones poseen más de 50 años con registros anuales completos.

Además de la información descrita, se revisaron los antecedentes respecto a rutas de nieve en las cuencas de Rapel, Mataquito y Maule. La ruta de nieve El Flaco en Rapel, dispone de sólo un registro el año 1970; la de Corral de Mora en Mataquito, posee registros aislados entre 1969 y 1975; y la de Calabozo Frente al Salto en Maule, tiene estadística completa entre 1960 y 1975. Debido a que sólo una de las estadísticas aparecía confiable, y que correspondía a la ruta de nieve en la cuenca del río Maule, la información recopilada no fue utilizada en el presente estudio.

4.3 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.

4.3.1 Selección del Patrón Pluviométrico y del Período de Estudio

De acuerdo a la longitud de los registros de las estaciones pluviométricas indicadas en el diagrama de barras de la figura 4.2, se estimó que el período de estudio podría abarcar como máximo 50 años, vale decir desde 1926 a 1975 inclusivos. 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 en 34 años, entre 1942 y 1975 inclusive.

Sin embargo, el estudio de precipitaciones

desarrollado considera ambos períodos, a fin de verificar hasta qué punto se manifiesta la tendencia de disminución de las precipitaciones en nuestro país al comparar los períodos de los 34 y 50 últimos años.

Para integrar el patrón en los períodos definidos, se seleccionaron las estaciones cuyos registros estuvieran más completos. De acuerdo a esto, y desde el punto de vista de longitud de registros exclusivamente, se determinó que las estaciones de Lolol, Talca, Constitución y Curicó podrían incorporarse al patrón de precipitaciones. Con el fin de incluir en el patrón una estación pluviométrica ubicada relativamente en el sector alto de la cuenca, se consideró además la de Los Queñes Retén, aunque ella posee registros continuos de precipitaciones solamente desde 1941 en adelante.

De acuerdo a lo anterior, el patrón de precipitaciones quedó formado por las siguientes estaciones pluviométricas:

MT-7	Curicó
MT-9	Los Queñes Retén
RM-4	Lolol
ML-1	Talca
ML-4	Constitución

Finalmente, en relación a la selección del patrón de precipitaciones, es conveniente indicar que aunque en estudios anteriores se incluyó en el patrón la estación Curepto, en el presente estudio ella se desestimó, ya que en el período 1942-1975 esta estación posee sólo 17 años de registros anuales completos, 8 años incompletos y 9 años sin datos.

4.3.2 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, fue necesario construir las curvas doble acumuladas (CDA). Para ello, es preciso que las estaciones del patrón tengan registros completos y homogéneos.

Como 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 utilizando el método de los promedios ponderados. Este método consiste en estimar la precipitación en cierta estación, en base a la ponderación de los valores observados en estaciones próximas, uniformemente distribuidas en torno a la estación en cuestión con respecto al promedio anual de precipitación en ellas. Para el caso de tres estaciones vecinas:

$$Px = \frac{Nx}{3} \left(\frac{Pa}{Na} + \frac{Pb}{Nb} + \frac{Pc}{Nc} \right)$$

en que: Px: precipitación en la estación en estudio durante el período considerado, en mm

Nx: promedio anual de precipitaciones de la estación en estudio, en mm

Pa, Pb, Pc: precipitación observada en cada una de las estaciones vecinas a la estudiada, durante el período considerado, en mm

Na, Nb, Nc: promedio anual de precipitaciones de cada una de las estaciones vecinas, en mm

- b) En los casos con años incompletos en los que el número de meses sin registro 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 del relleno y homogeneización de las estaciones del patrón pluviométrico y la

conformación definitiva de este patrón se incluyen en un Archivo Especial, separado del Informe del Estudio Hidrológico. El objeto de ello es no confundir la presentación de la información hidrológica complementaria directamente pertinente al Estudio Integral de Riego de la cuenca, con antecedentes metodológicos de detalle que sólo deben quedar registrados y documentados para estudios futuros de puesta al día de la información hidrológica.

Para probar preliminarmente la homogeneidad de las estadísticas de precipitaciones de las estaciones del patrón pluviométrico, se recurrió a relacionar los promedios móviles de 5 años acumulados versus el tiempo. Este análisis permitió detectar variaciones sistemáticas de tendencias en algunas estaciones a partir de ciertos años y a definir un patrón pluviométrico inicial (P_1) constituido por Lolol y Curicó para el período 1936-1975.

Con P_1 , se homogeneizó la estadística de Talca y Constitución hasta 1926, lográndose definir un segundo patrón pluviométrico (P_2) con estas dos estaciones para el período 1926-1975.

Aplicando el patrón pluviométrico P_2 a las estaciones Curicó y Lolol se detectaron cambios de tendencias en el año 1932 en Curicó y en 1936 en Lolol, corrigiéndose éstos por los métodos tradicionales.

De esta manera se definió un tercer patrón pluviométrico (P_3), constituido por las cuatro estaciones: Curicó, Lolol, Talca y Constitución para el período 1926-1975.

Con el patrón P_3 se probó la homogeneidad de la estación pluviométrica de Los Queñes Retén, corrigiéndose el quiebre del año 1953 y ampliándose al período 1926-1940.

Finalmente, el patrón definitivo (P_4) quedó constituido por las estaciones Curicó, Los Queñes Retén, Lolol, Talca y Constitución para el período 1926-1975; 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 4.3 a 4.7.

En este análisis de homogeneidad de las precipitaciones anuales se probó la significancia de los quiebres correspondientes con el test estadístico de la prueba F por cálculo de varianzas.

En la Tabla 4.1 se incluyen las estadísticas de precipitaciones anuales homogeneizadas de estas cinco estaciones del patrón pluviométrico definitivo y en las Tablas 4.2 a 4.6, las precipitaciones mensuales homogeneizadas correspondientes.

Posteriormente a la finalización del estudio se detectó que la Estación ML-1 Talca, controlada por la D.G.A., había sido instalada sólo el año 1963. Anteriormente a esta fecha, la estadística de precipitaciones de la estación Talca D.G.A. que aparece en los registros revisados, corresponde a una estación Talca de la Dirección Meteorológica de Chile suprimida el año 1963.

Debido a ésto, y aunque el patrón de precipitaciones resultó perfectamente homogéneo, para los efectos de definir la precipitación local en Talca, prefirió utilizarse la estadística corregida de San Luis de Talca. Dicha estadística fue proporcionada por la oficina CEDEC que ha desarrollado un estudio similar en la cuenca del río Maule para la Comisión Nacional de Riego.

En la Tabla 4.7 aparece la estadística corregida de precipitaciones mensuales y anuales de San Luis de Talca para el período indicado.

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

A fin de determinar las estadísticas definitivas de las precipitaciones anuales de las estaciones pluviométricas que se usaron para el estudio de precipitaciones, fue necesario rellenar, homogeneizar y extender los registros de precipitaciones anuales para el período 1926-1975.

Los criterios utilizados para el relleno de las estadísticas anuales o mensuales, fueron similares a los que se describieron en el punto anterior para las estaciones del patrón pluviométrico. La homogeneización se realizó en base al patrón de

precipitaciones P_4 , trazando curvas doble acumuladas en cada uno de los casos y corrigiendo eventuales quiebres. La extensión de la estadística se hizo tomando en cuenta la pendiente del último período en la curva doble acumulada correspondiente.

El detalle de la forma como se rellenaron, homogeneizaron y extendieron las estadísticas de precipitaciones de todas las estaciones utilizadas, se describe separadamente en el Archivo Especial.

Las estadísticas de precipitaciones anuales definitivas de cada una de las 29 estaciones pluviométricas consideradas en este estudio se incluyen en la Tabla 4.8.

En el caso de las estaciones Teno E.A.P., Romeral y Curepto, se hizo un análisis mensual de las estadísticas pluviométricas por ser necesarias en estudios específicos posteriores. Estas estadísticas de precipitaciones mensuales homogeneizadas se incluyen en las Tablas 4.9 a 4.11.

4.4 ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

El análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales se realizó utilizando el programa de computación CRH 1 del Centro de Recursos Hidráulicos de la Universidad de Chile. Este programa permite elegir entre 6 distribuciones estadísticas, la de mejor ajuste a la serie de valores registrados. Las distribuciones consideradas son: Normal, Log. Normal de 2 parámetros, Log. Normal de 3 parámetros, Extrema Tipo I (Gumbel), Gama de 2 parámetros y Gama de 3 parámetros.

El programa de computación mencionado entrega valores de la variable para distintas probabilidades de excedencia utilizando la distribución de mejor ajuste y un análisis de frecuencia gráfico asignándole a cada valor de la serie una cierta probabilidad de excedencia de acuerdo a la fórmula de Weibull. Además calcula el valor promedio de la serie, la desviación standard y el coeficiente de variación.

Las series de precipitaciones anuales de las 28 estaciones pluviométricas consideradas se analizaron para los períodos 1942-1975 (período del estudio) y 1926-1975. Por los motivos expuestos en el punto 4.3.2 se analizó también la serie de precipitaciones anuales de San Luis de Talca para el período 1942-1975.

En la Tabla A 4.21 del Anexo 4 se indican las distribuciones de mejor ajuste en cada una de las 57 series analizadas.

A fin de visualizar mejor los resultados y como un resumen del análisis de frecuencia de precipitaciones anuales, se presenta la Tabla 4.12, en la que se han indicado para cada estación y para ambos períodos de tiempo considerados, la precipitación correspondiente a la probabilidad de excedencia 50%, el promedio de los valores, la desviación standard, el coeficiente de variación, el valor máximo, el valor mínimo y el rango de precipitaciones, de finido como la diferencia entre las precipitaciones anuales máxima y mínima de cada serie.

En las figuras A 4.1 a A 4.29 del Anexo 4 se indican las curvas de frecuencia de precipitaciones anuales para cada una de las 29 series del período 1942-1975. Se han incluido junto a la curva obtenida de la distribución de mejor ajuste, los valores de precipitación anual distribuidos de acuerdo al análisis de frecuencia gráfico. El trazado de las 29 curvas se efectuó en papel de probabilidades logarítmico-normal.

En la Tabla 4.13 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%.

Del análisis de frecuencia se calcularon para todas las estaciones, los factores de frecuencia de las precipitaciones anuales para distintas probabilidades de excedencia. Estos factores se obtienen como el cuociente entre la precipitación correspondiente a una cierta probabilidad de excedencia y la precipitación 50% obtenida del análisis. En la Tabla 4.14 se incluyen los factores de frecuencia para probabilidades de excedencia del 5%, 25%, 85% y 95% para los períodos considerados en el análisis de frecuencia de las 29 estaciones. En relación a los factores de frecuencia obtenidos, se verifica que éstos 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.

Los factores de frecuencia parciales y promedios obtenidos, permiten calcular rápidamente la precipitación anual para cada una de las probabilidades de excedencia mencionadas (5%,

25%, 85% y 95%) en cada estación pluviométrica en que se conozca el valor 50%.

A partir de la Tabla 4.14 se ha confeccionado la Tabla A 4.22 del Anexo 4, en la que se han incluido para todas las estaciones los cuocientes siguientes:

- a) promedio de precipitaciones anuales con respecto a la distribución anual 50% de probabilidad de excedencia para el período 1942-1975.
- b) la misma relación anterior para el período 1926-1975.
- c) precipitación anual correspondiente a una probabilidad de excedencia del 50% para el período 1926-1975 con respecto al mismo valor para el período 1942-1975.
- d) promedio de precipitaciones anuales del período 1926-1975 con respecto al mismo valor del período 1942-1975.

De acuerdo a dicha Tabla, para ambos períodos en todas las estaciones, e independientemente de la distribución de mejor ajuste, existe un desplazamiento sistemático del valor 50% de la distribución ajustada con respecto al promedio aritmético de la serie original. Es decir, el valor 50% resulta ser menor que el promedio aritmético en un porcentaje variable entre 2,5% y 5,5% para el período 1942-1975, y entre 2,7% y 5,6% para el período 1926-1975.

Por otro lado, al comparar separadamente las mismas variables (promedio aritmético y valor 50%) en forma independiente para ambos períodos, los valores correspondientes al período 1926-1975 resultan sistemáticamente mayores a los del período 1942-1975 en un 5,0% en promedio. Esto se debe a la tendencia decreciente que ha mostrado el régimen de precipitaciones en el país durante los últimos años. Para visualizar este hecho de otra manera se han calculado los promedios móviles de 15 años de las precipitaciones anuales de Curicó. Los resultados se indican en la Figura 4.8. A la serie conformada por los promedios móviles se le ha ajustado por mínimos cuadrados una recta de tendencia, también indicada en dicha Figura. De esta manera queda claramente demonstrada la tendencia de disminución de las precipitaciones anuales durante el período de registro.

4.5 ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES

El análisis de frecuencia de precipitaciones mensuales se efectuó para las cinco estaciones del patrón y además para las estaciones de Teno E. A. P., Romeral, Curepto y San Luis de Talca. Las tres últimas fueron agregadas en el análisis debido a que se utilizaron posteriormente para el cálculo de precipitaciones en las zonas de riego.

El análisis se hizo mediante un programa de computación especial*, para los períodos 1942-1975 en todos los casos y para el período 1926-1975 en las estaciones Curicó, Lolol, Talca y Constitución.

Del análisis se desprende que la distribución de mejor ajuste más frecuente es la Log Normal 3 (en el 35.3% de los casos). En la Tabla 4.23 del Anexo 4 se han incluido el número de veces y el porcentaje respecto al total, en que cada una de las distribuciones consideradas resultó ser la de mejor ajuste luego de analizar las 156 series.

Los resultados se resumen en las Figuras 4.9 a 4.21. En ellas se han trazado para cada estación y período, las curvas de variación estacional correspondientes a las probabilidades de excedencia de 5%, 20%, 50% y 85%. Se puede detectar la semejanza de familias de curvas al comparar estaciones distintas, lo que estaría nuevamente ratificando la homogeneidad del régimen de precipitaciones de la zona.

Para una mejor visualización de los resultados, en las Tablas A 4.24 a A 4.32 del Anexo 4 se presenta un resumen en que se ha incluido para cada estación, mes y período, la precipitación correspondiente a la probabilidad de excedencia 50%, el promedio aritmético de valores de la serie, la desviación standard, el coeficiente de variación, los valores máximos y mínimos y el rango de precipitaciones del mes.

* Programa disponible en el Centro de Recursos Hidráulicos de la Universidad de Chile.

4.6 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION ANUAL SOBRE LA CUENCA

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

Debido a que los factores de frecuencia de precipitaciones anuales resultaron consistentemente constantes en la región para una misma probabilidad de excedencia, se trazaron únicamente las isoyetas anuales correspondientes a la probabilidad de excedencia 50%. Con este plano y el correspondiente factor de frecuencia es posible estimar sin dificultad las precipitaciones anuales en puntos o zonas sin registro y para otras probabilidades de excedencia.

En la Figura 4.22 se muestra un mapa de la zona sobre el que se han trazado las curvas de isoyetas anuales mencionadas.

De acuerdo a este plano de isoyetas se pueden observar las siguientes características de la distribución espacial de las precipitaciones anuales.

En la zona costera se detecta un centro de altas precipitaciones (800 mm) en la parte alta de la cuenca del río Huenchullami y un centro de bajas precipitaciones (600 mm) que abarca el sector bajo de este río y el sector de Curepto. En la zona comprendida entre el Estero Paredones y el Estero Vichuquén, la precipitación media anual varía poco entre los 600 y 700 mm.

En la zona central norte de la cuenca, sector de la Candelaria, se observa otro centro de altas precipitaciones (800 mm). Hacia el Sur de este sector central, las precipitaciones disminuyen sensiblemente, configurándose la isoyeta 650 mm a lo largo de la zona de riego junto al río Mataquito.

En el sector de riego principal de la cuenca, que queda comprendido entre la confluencia del río Teno con el río Lontué y la precordillera, la precipitación media anual varía entre unos 700 mm. a unos 850 mm. Desde Molina y Romeral hacia el Oriente comienza a detectarse un claro aumento de la precipitación con la altura, hecho que se manifiesta significativamente hacia las estaciones de Los Queñes y en la cuenca del Teno y del Lontué, respectivamente.

En toda la zona de precordillera y cordillerana propiamente tal, las isoyetas se orientan preferentemente de Nororiente a Surponiente, con una variación de precipitación media anual que va desde los 850 mm. a los 2.500 mm junto al límite con Argentina.

4.7 ANALISIS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS ANUALES

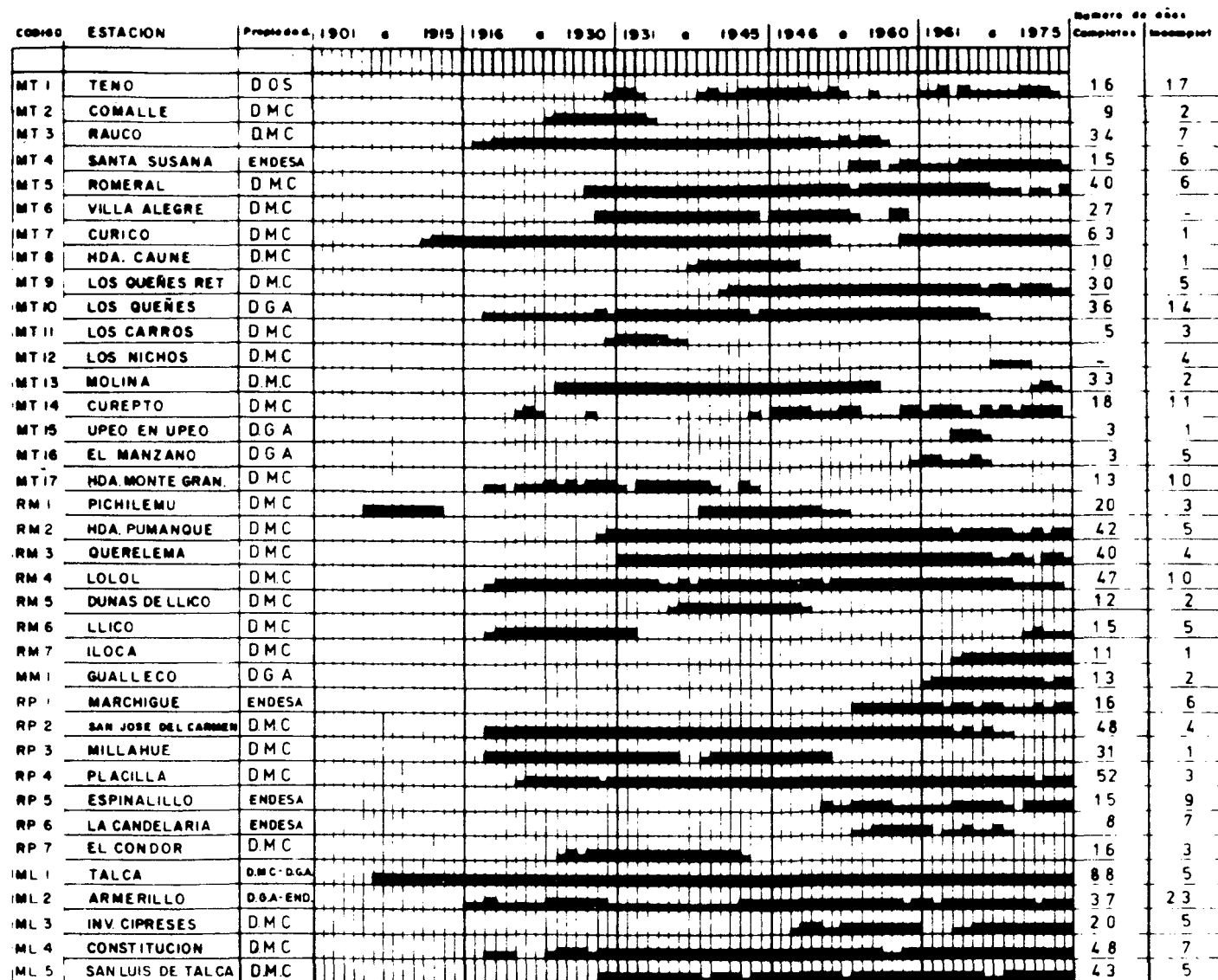
El estudio de precipitaciones máximas en 24 horas se realizó para 14 de las 29 estaciones consideradas, de modo que el número de años en que se dispusiera de estos datos extremos superara los 20. En la Tabla A 4.33 del Anexo 4, se incluye la estadística completa de precipitaciones máximas diarias anuales en cada una de las 14 estaciones consideradas.

El análisis de frecuencia de estas series fué realizado mediante el programa de computación mencionado anteriormente. Los resultados obtenidos no indican que exista una distribución a la que se ajusten preferentemente las series analizadas.

Las figuras A 4.30 a A 4.43 del Anexo 4 muestran las curvas de frecuencia correspondientes a las distribuciones de mejor ajuste, para cada una de las 14 estaciones sometidas al análisis de frecuencia.

Finalmente, a modo de resumen de los resultados obtenidos, se ha confeccionado la Tabla 4.15 en la que se indica para las 14 estaciones, los parámetros estadísticos obtenidos del análisis de frecuencia al considerar la distribución de mejor ajuste y las precipitaciones máximas diarias anuales para períodos de retorno de 10, 100 y 1000 años. Se incluye además para cada estación, la distribución de mejor ajuste, la precipitación máxima diaria para una probabilidad de excedencia del 50%, el promedio aritmético de los valores de la serie, la desviación standard y el coeficiente de variación, los valores máximo y mínimo registrados y finalmente el rango de precipitaciones máximas diarias de la serie.

DIAGRAMA DE BARRAS DE LAS ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS



Legenda

AÑOS COMPLETOS

AÑOS INCOMPLETOS

FIGURA 4.2

Σ CURICO
(mm)

CURVA DOBLE ACUMULADA MT-7 CURICO - PATRON 4

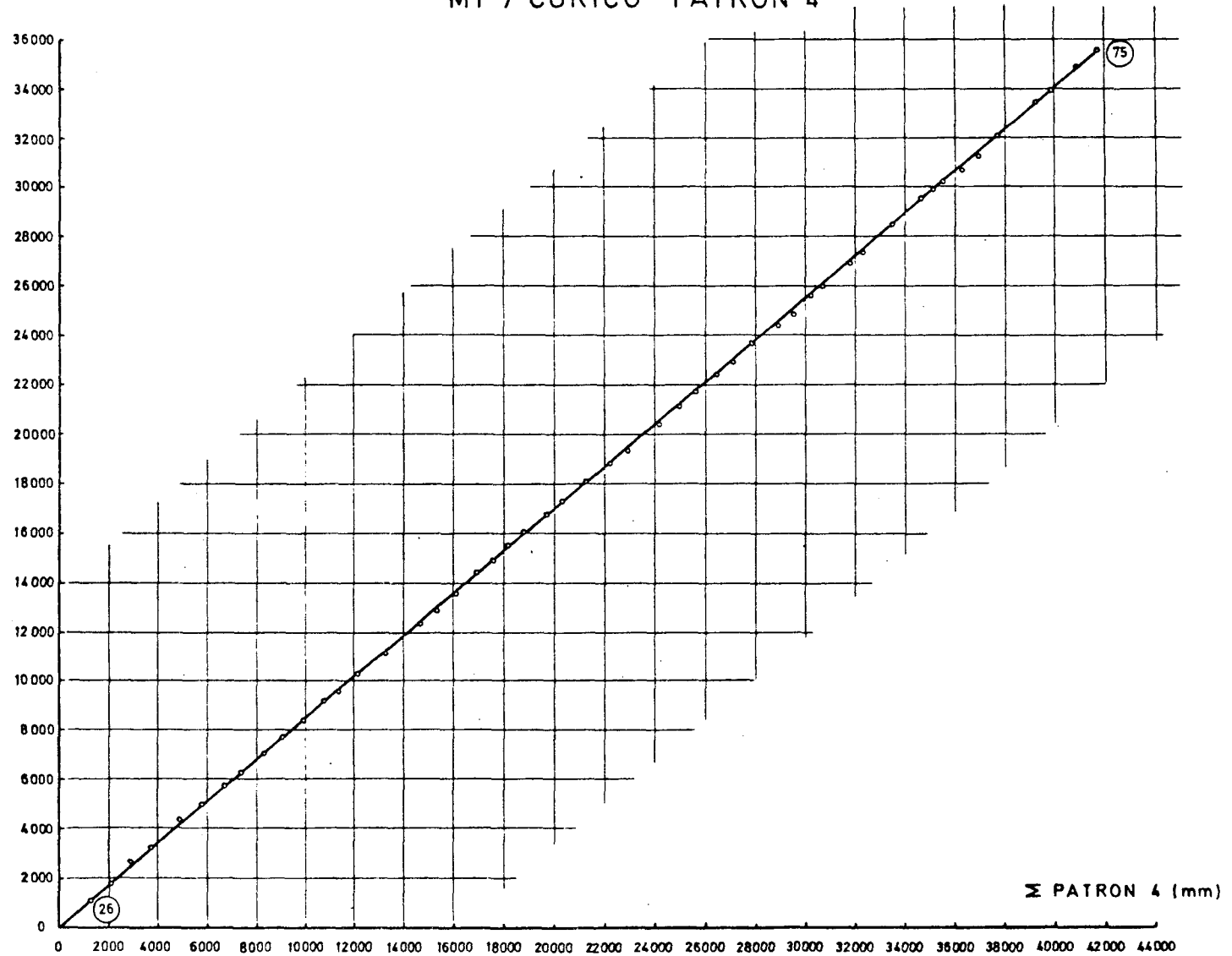


FIGURA 4.3

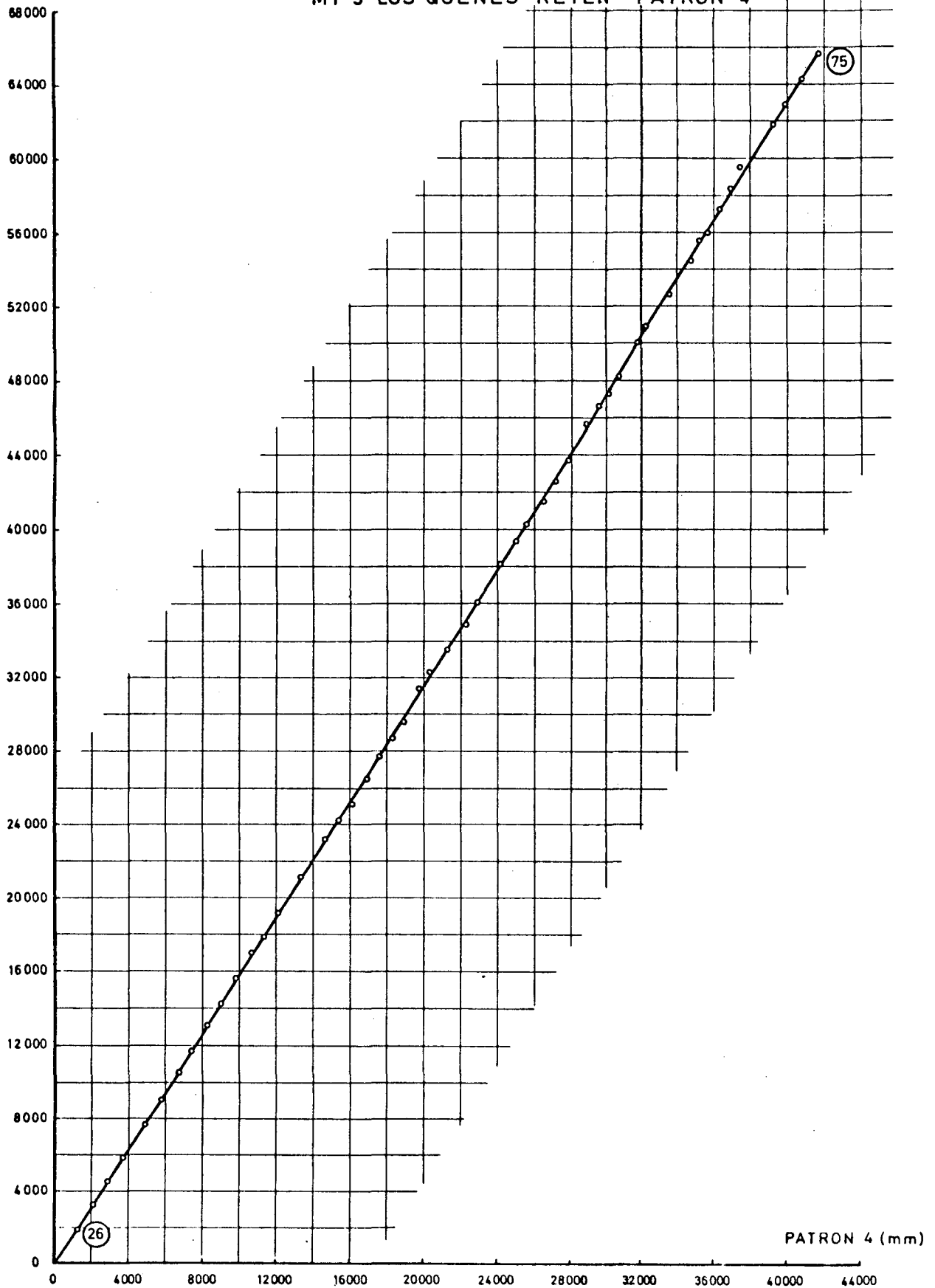
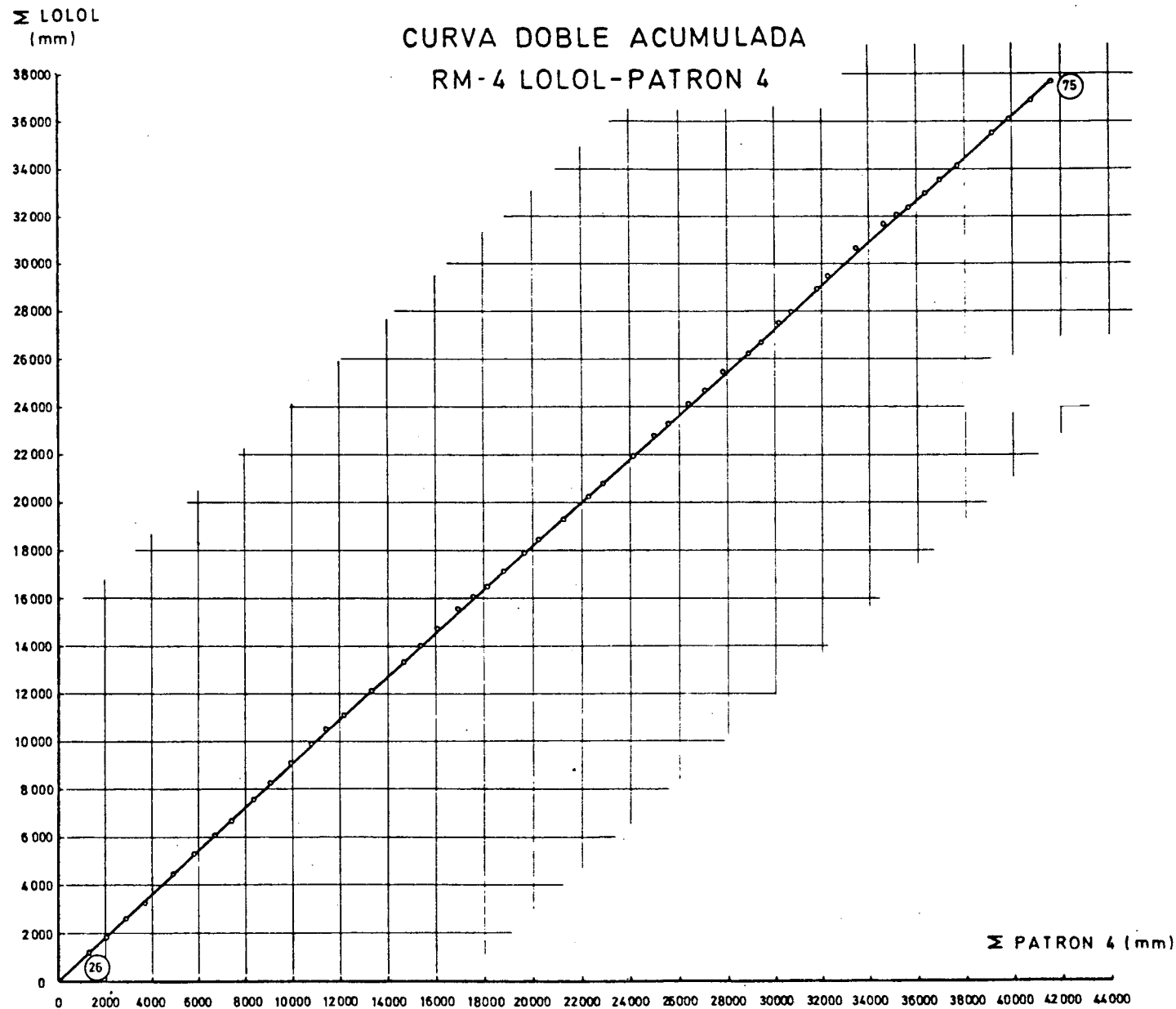
LOS QUEÑES RETEN
(mm)CURVA DOBLE ACUMULADA
MT-9 LOS QUEÑES RETEN - PATRON 4

FIGURA 4.4

FIGURA 4.5



Σ TALCA
(mm)

CURVA DOBLE ACUMULADA ML-1 TALCA - PATRON 4

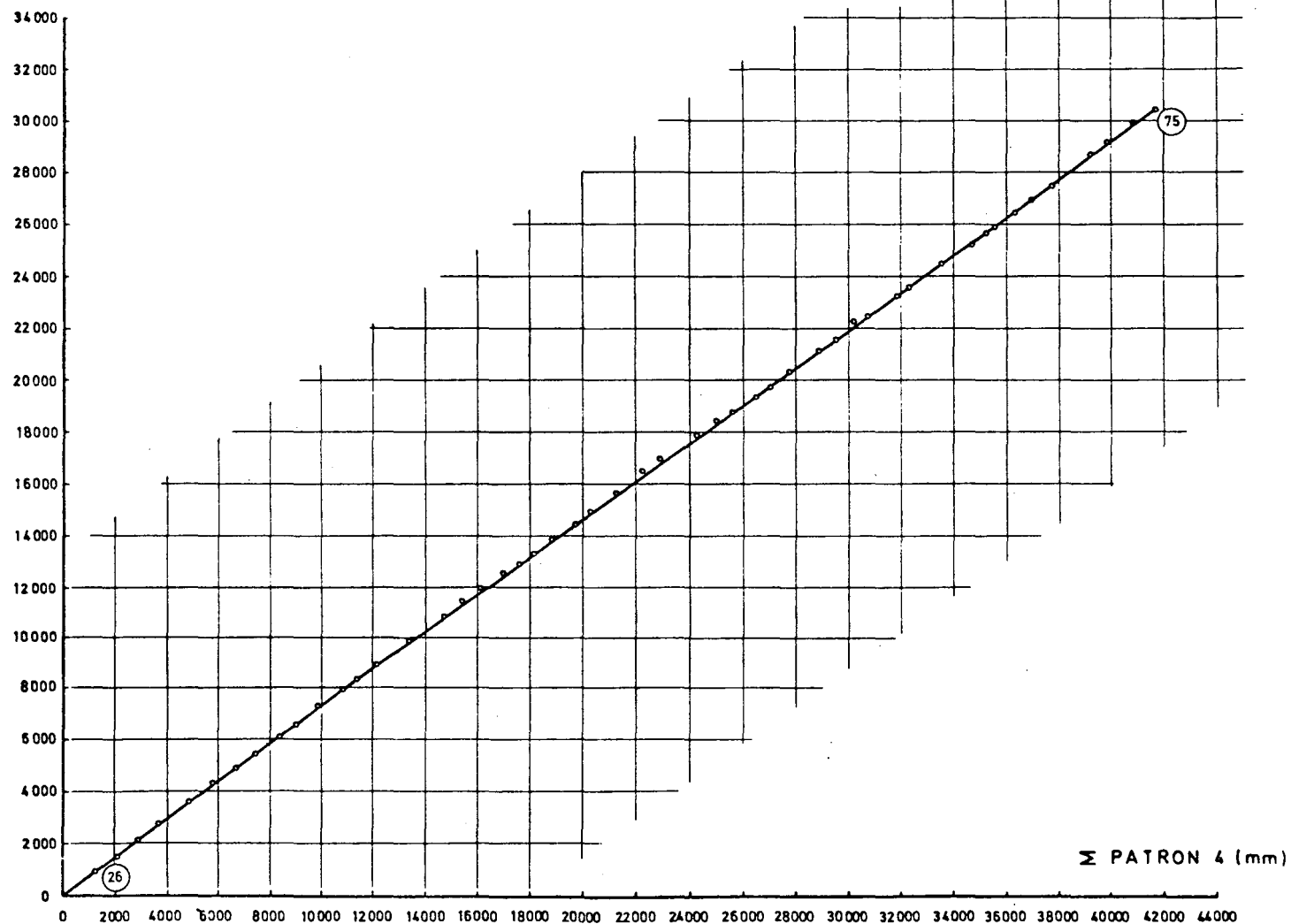
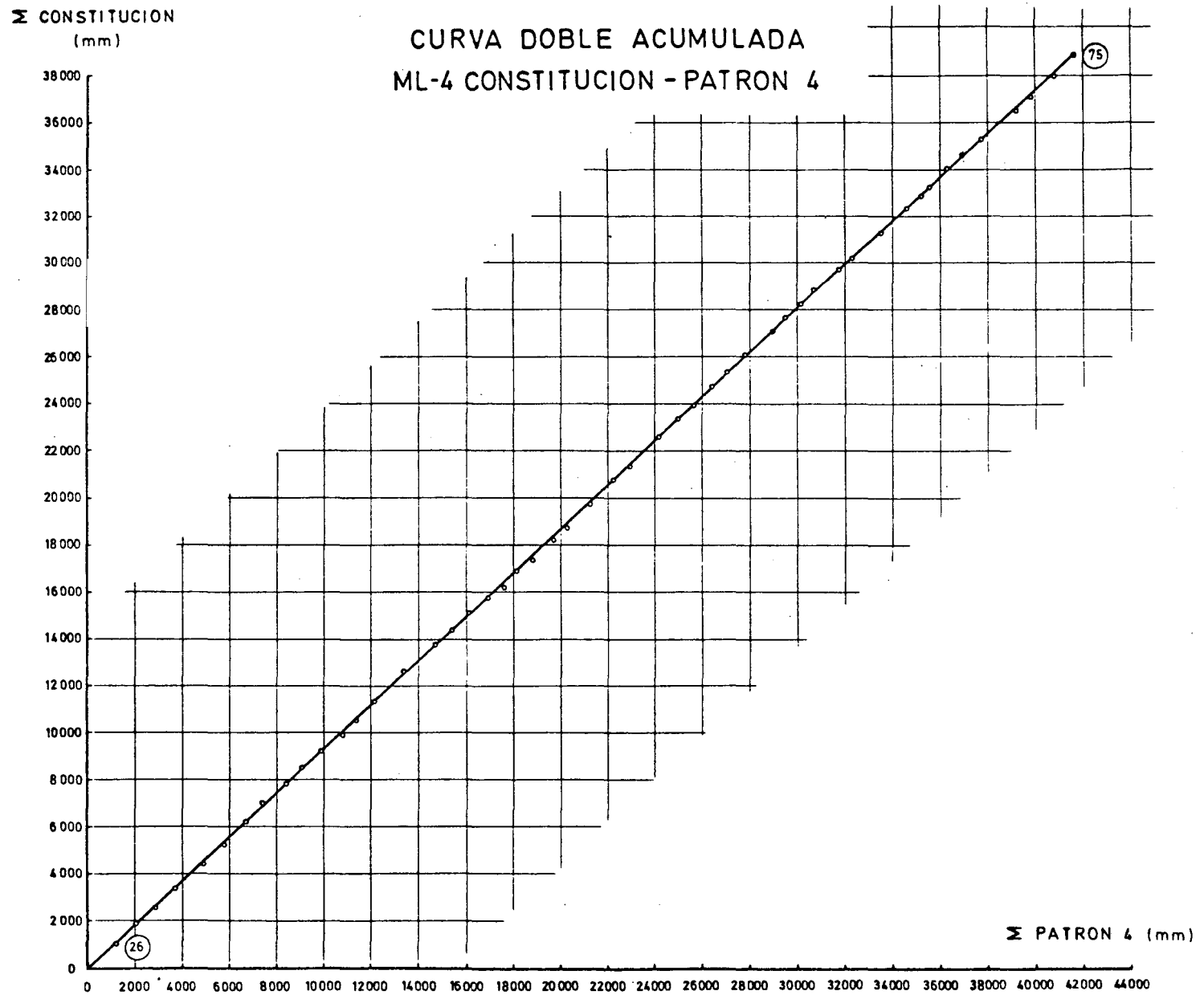


FIGURA 4.6

FIGURA 4.7



PROMEDIOS MOVILES DE 15 AÑOS DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES

Estación : MT-7 CURICO

PROMEDIOS MOVILES
EN mm

$$Y = -1,606 x + 719,8$$

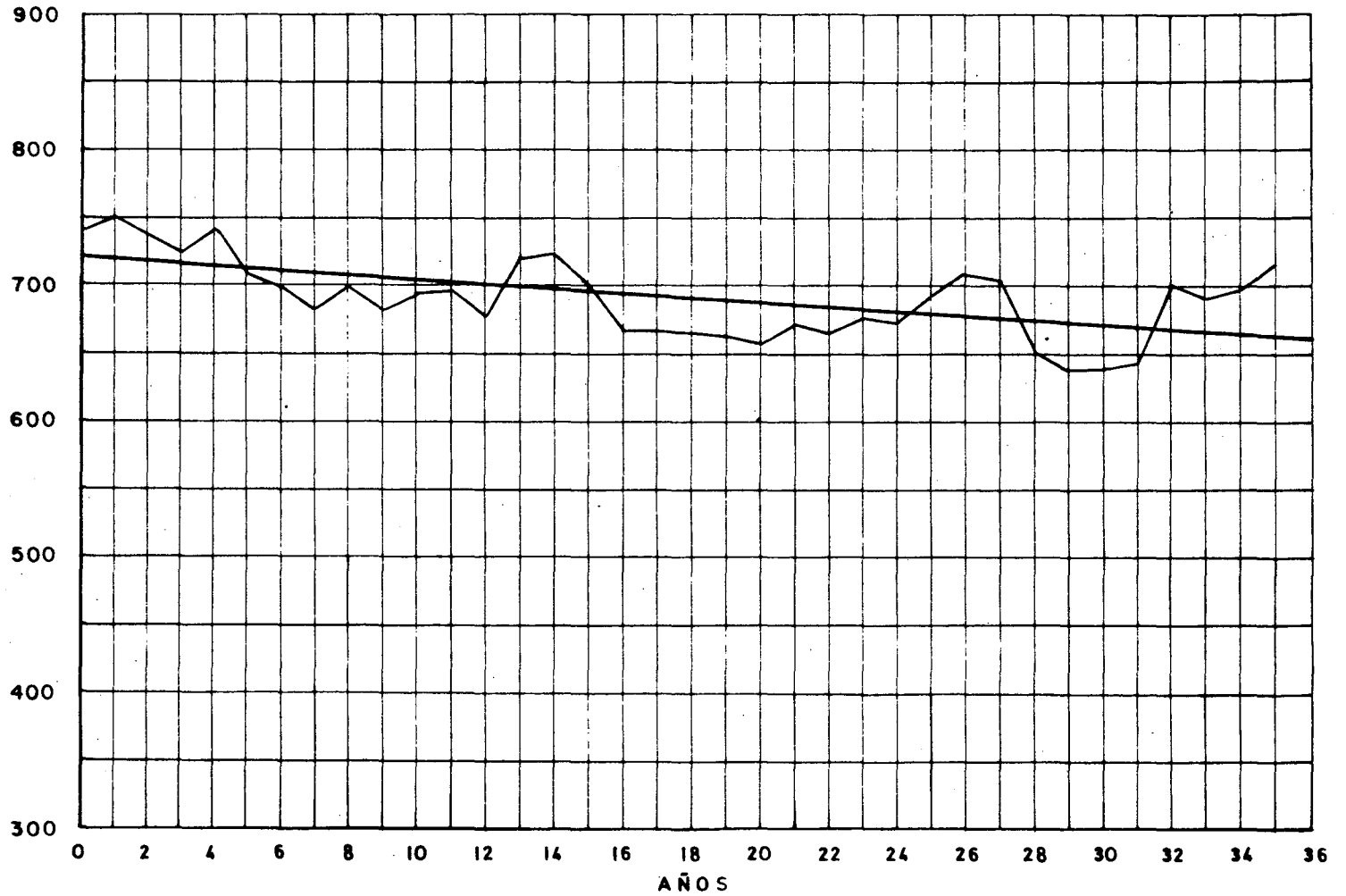


FIGURA 4.8

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : MT-I TENO E.A.P.

Período : 1942 - 1975

PRECIPITACION
EN m.m

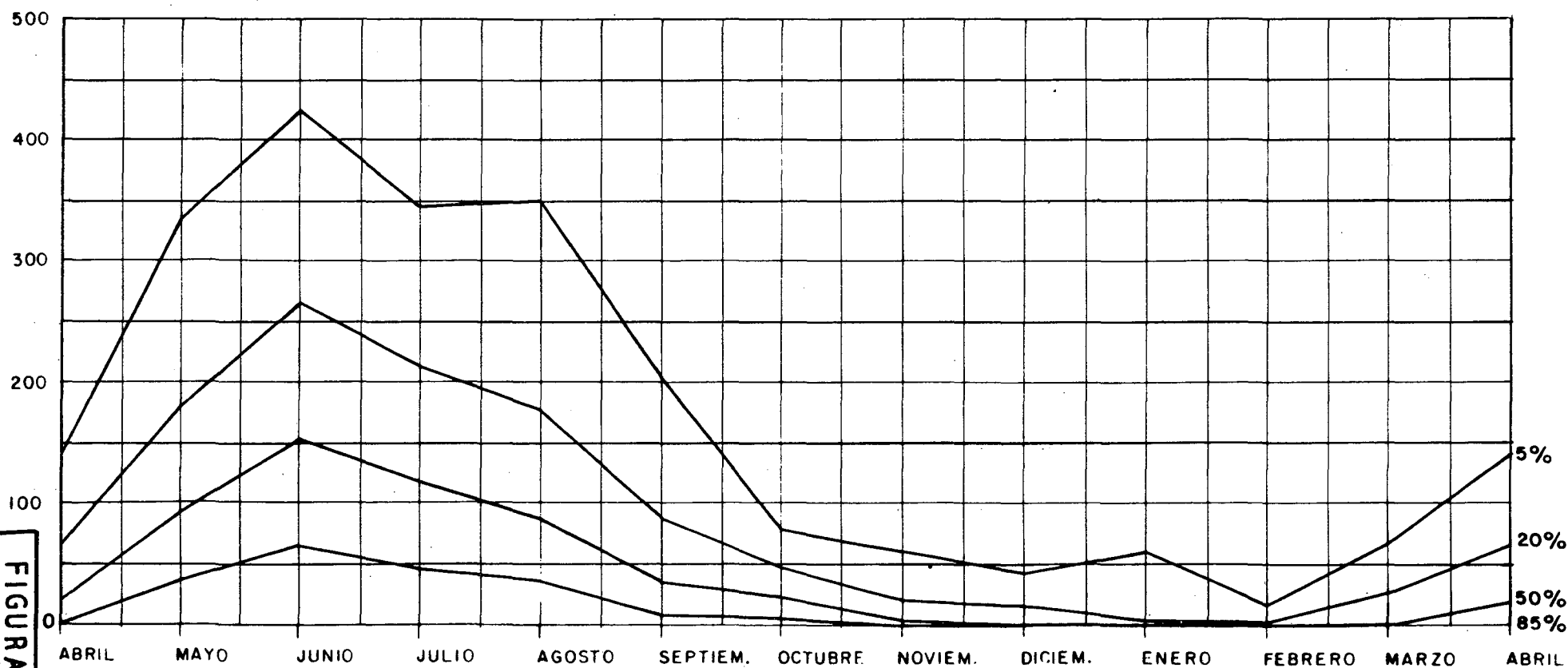


FIGURA 4.9

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: MT-5 ROMERAL

Período : 1942-1975

PRECIPITACION
EN mm

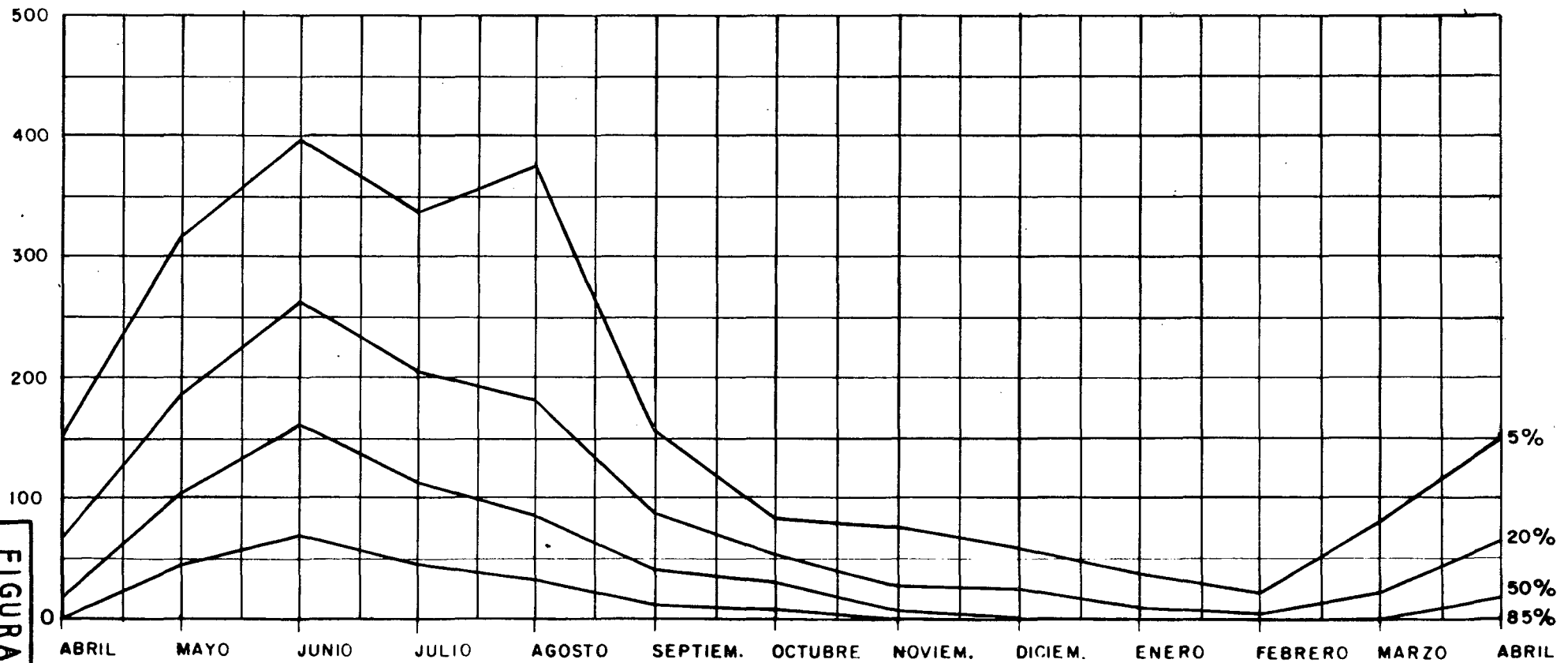


FIGURA 4.10

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: MT-7 CURICO

Período: 1942 - 1975

PRECIPITACION
EN m.m

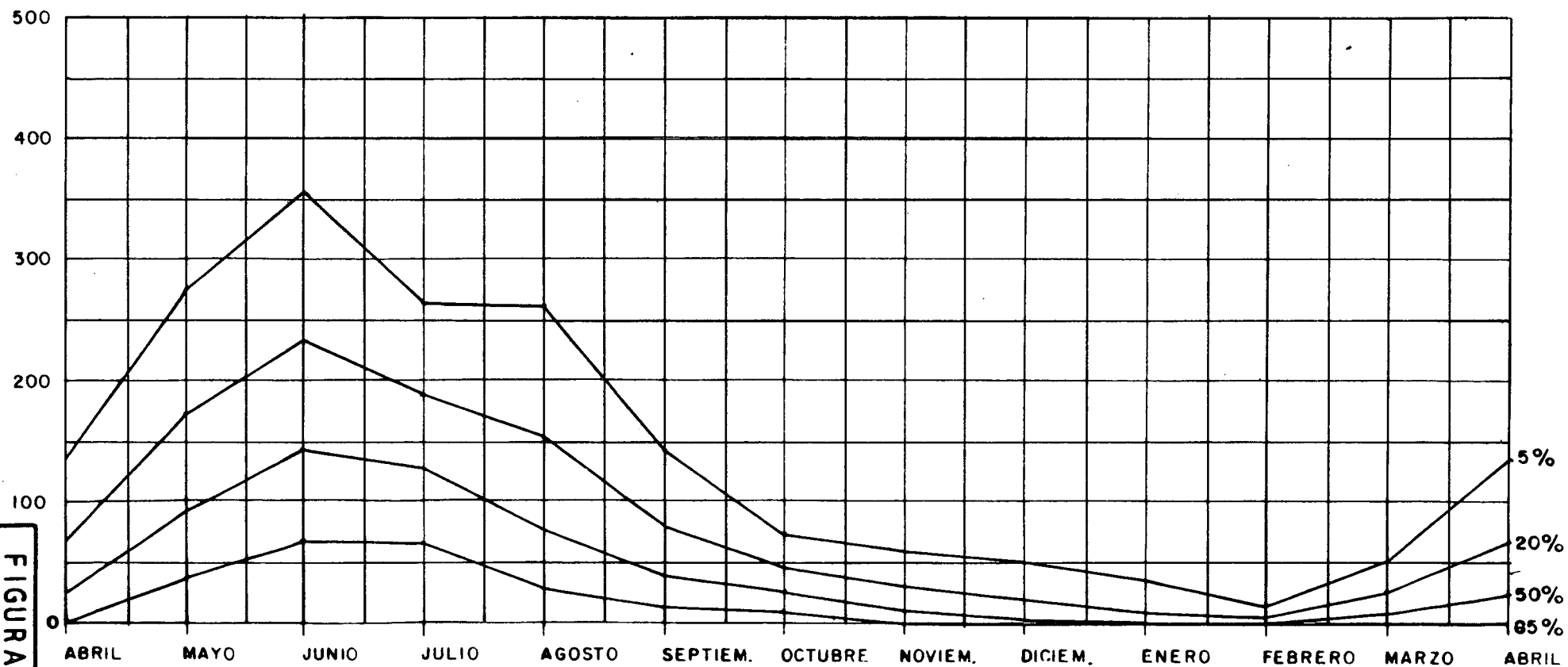


FIGURA 4.11

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : MT-7 CURICO

Período : 1926 - 1975

PRECIPITACION
EN m.m

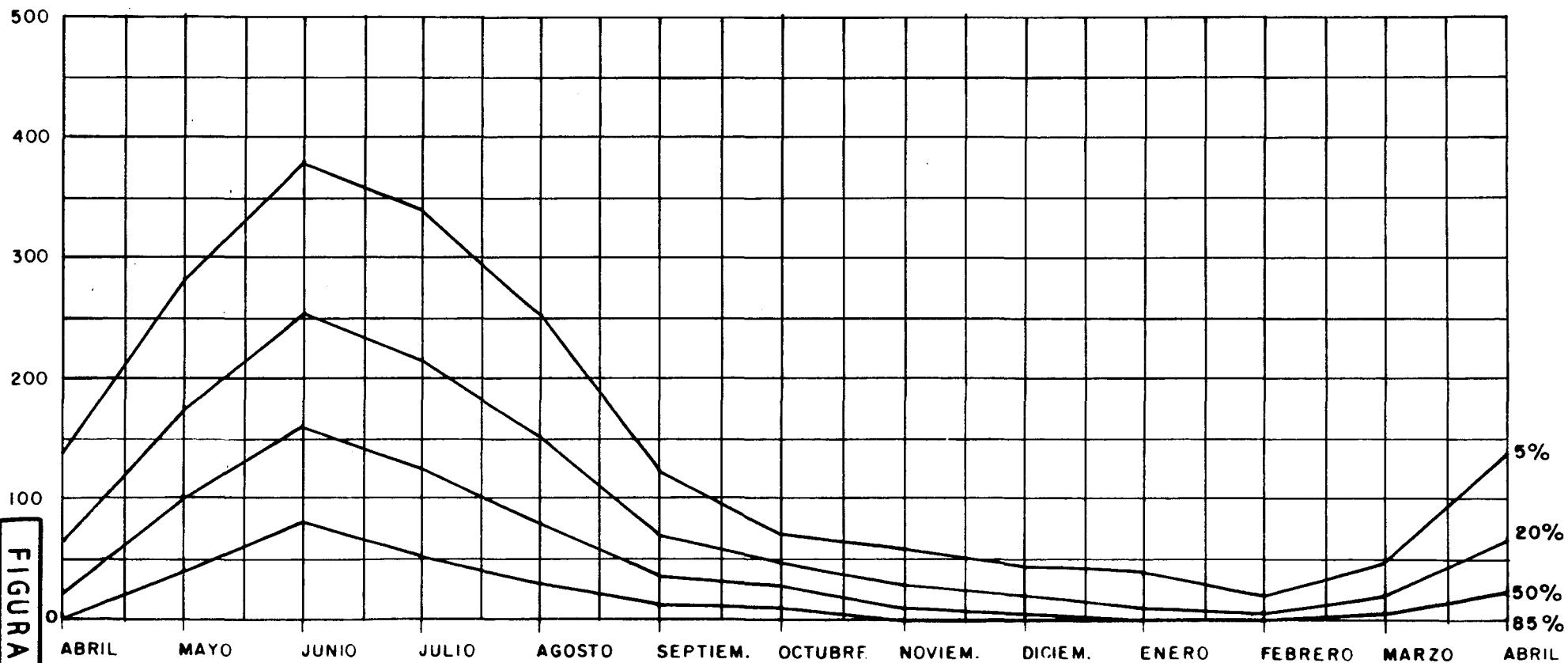


FIGURA 4.12

Estación: MT-9 LOS QUEÑES RETEN

Período : 1942 - 1975

PRECIPITACION

EN mm

700

600

500

400

300

200

100

0

ABRIL

MAYO

JUNIO

JULIO

AGOSTO

SEPTIEM.

OCTUBRE

NOVIEM.

DICIEM.

ENERO

FEBRERO

MARZO

ABRIL

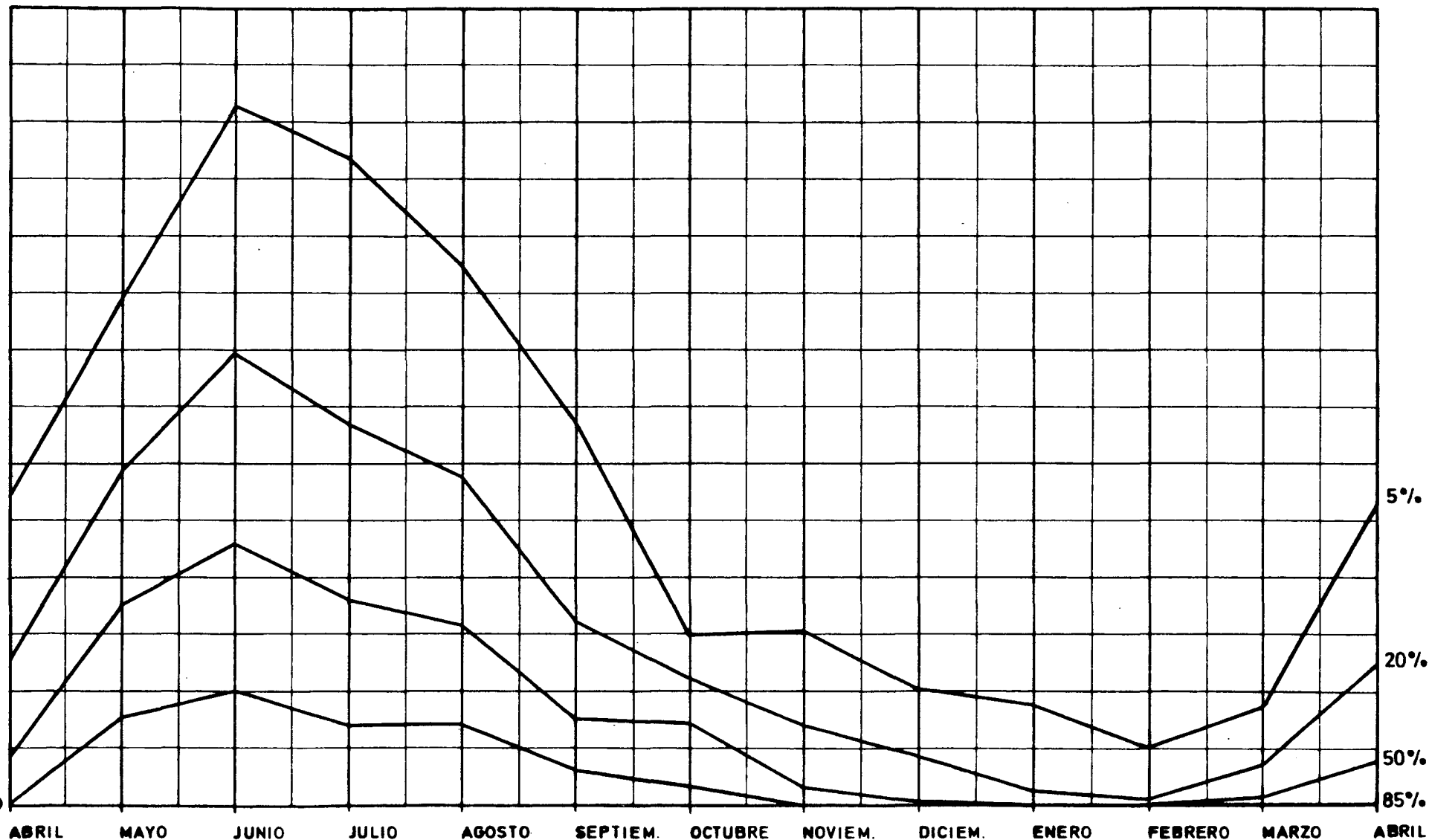
5%

20%

50%

85%

FIGURA 4.13



CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación MT-14 CUREPTO

Período 1942 - 1975

PRECIPITACION
EN mm

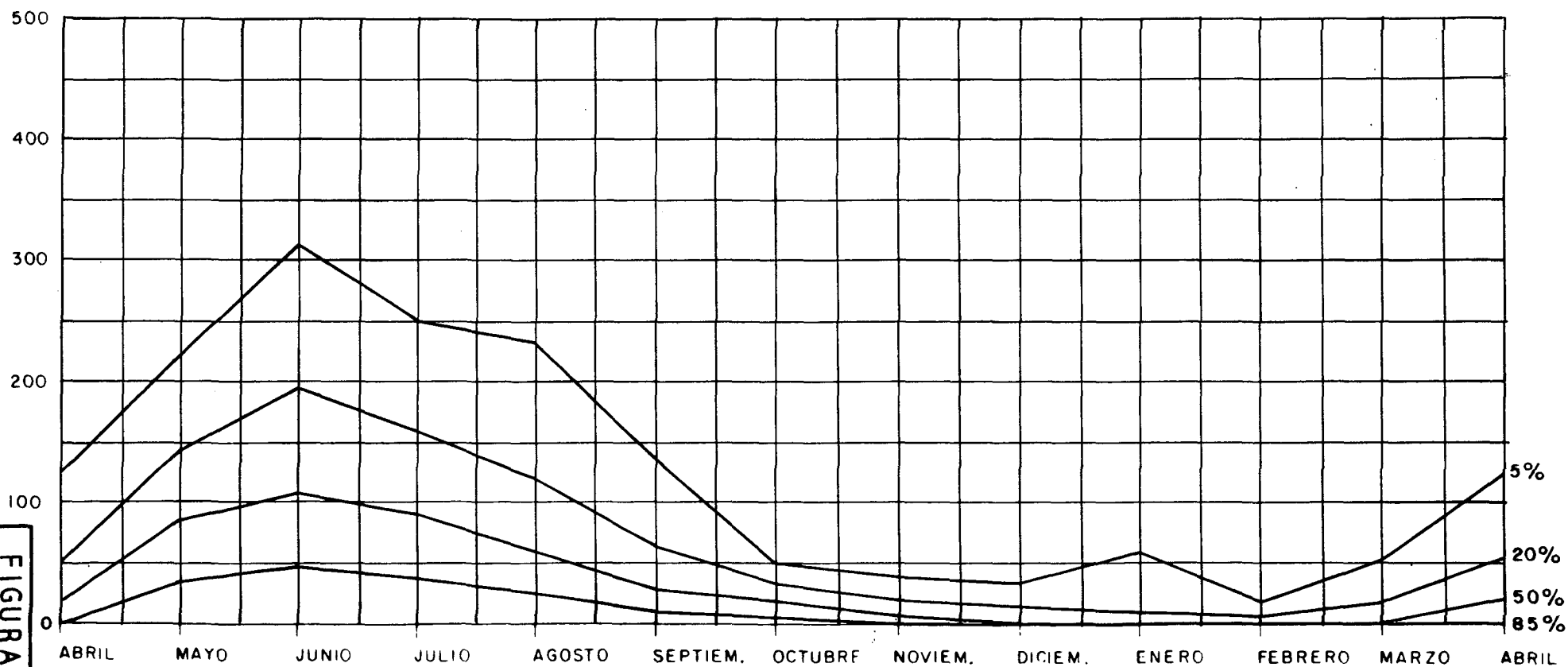


FIGURA 4.14

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: RM-4 LOLOL

Período : 1942 - 1975

PRECIPITACION
EN mm

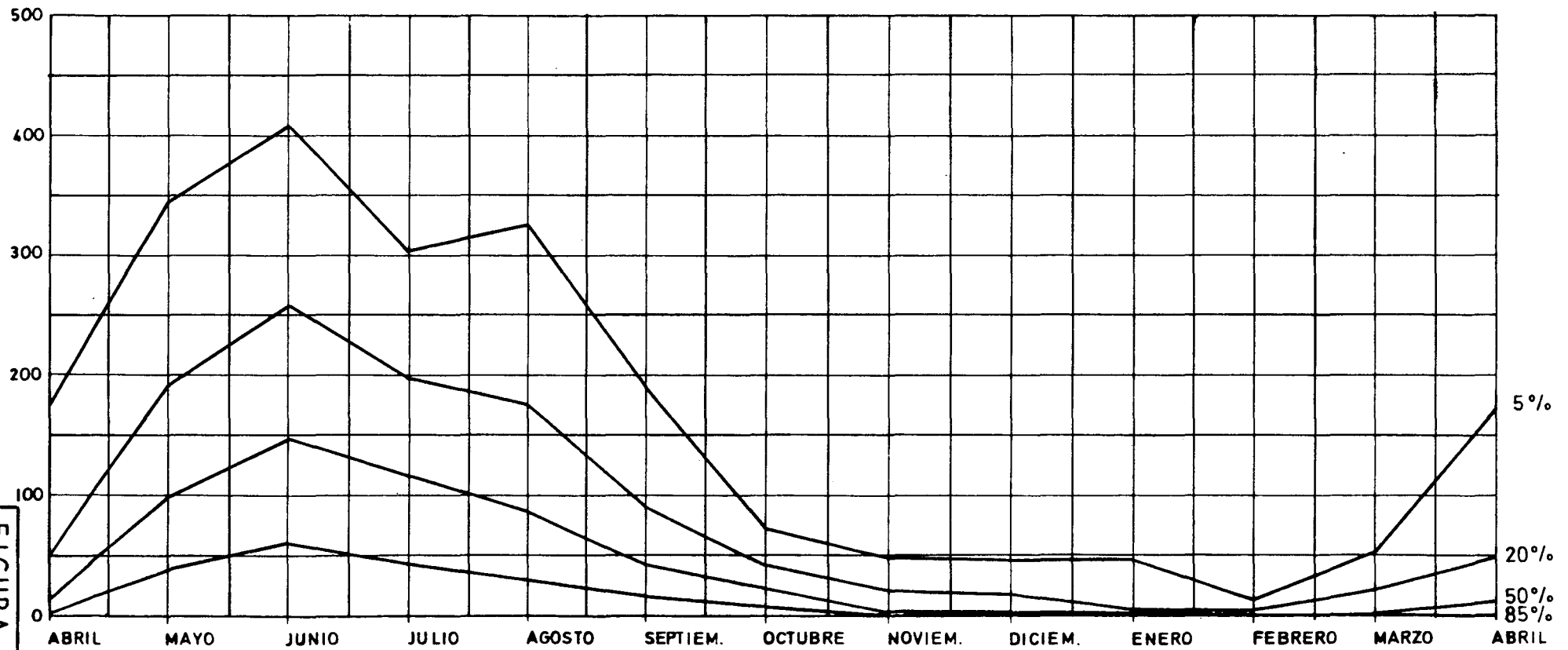


FIGURA 4.15

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: RM-4 LOLOL

Período : 1926 - 1975

PRECIPITACION
EN mm

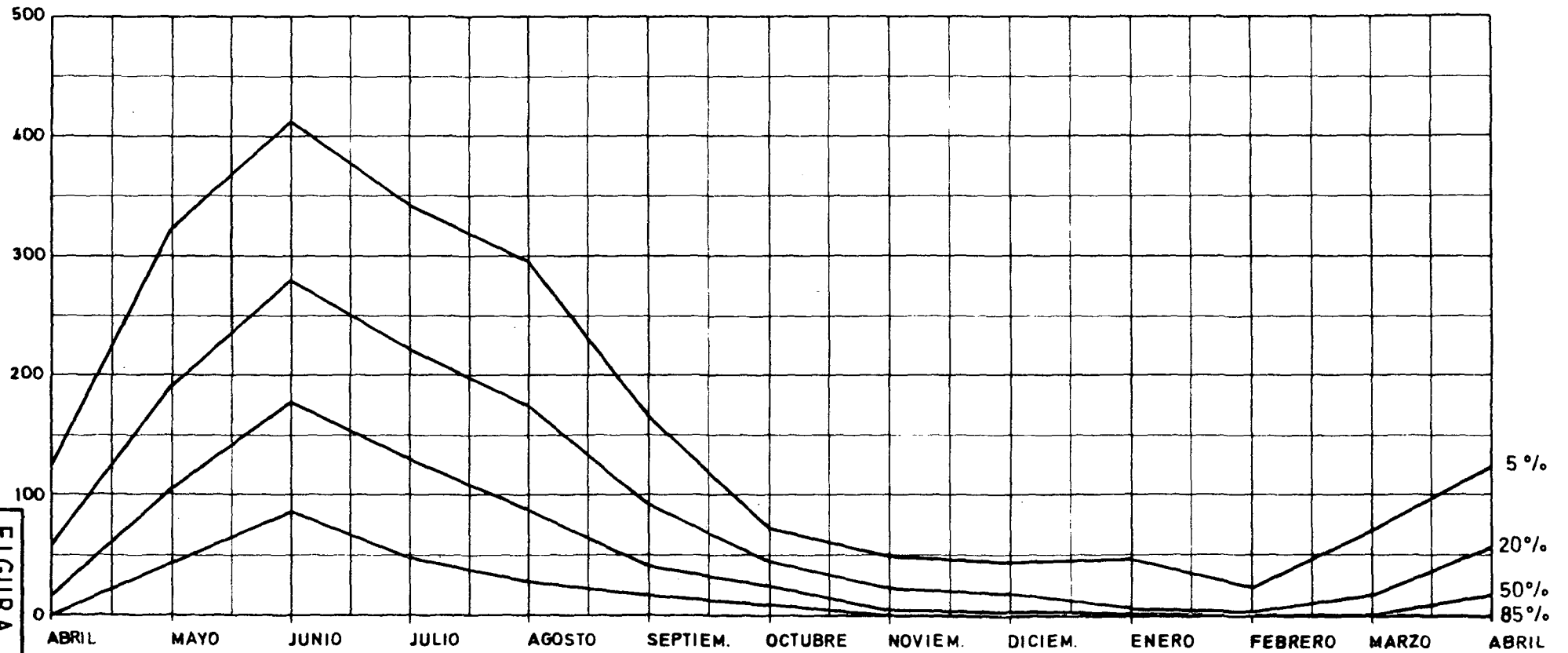


FIGURA 4.16

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: ML-I TALCA

Período : 1942-1975

PRECIPITACION

EN mm

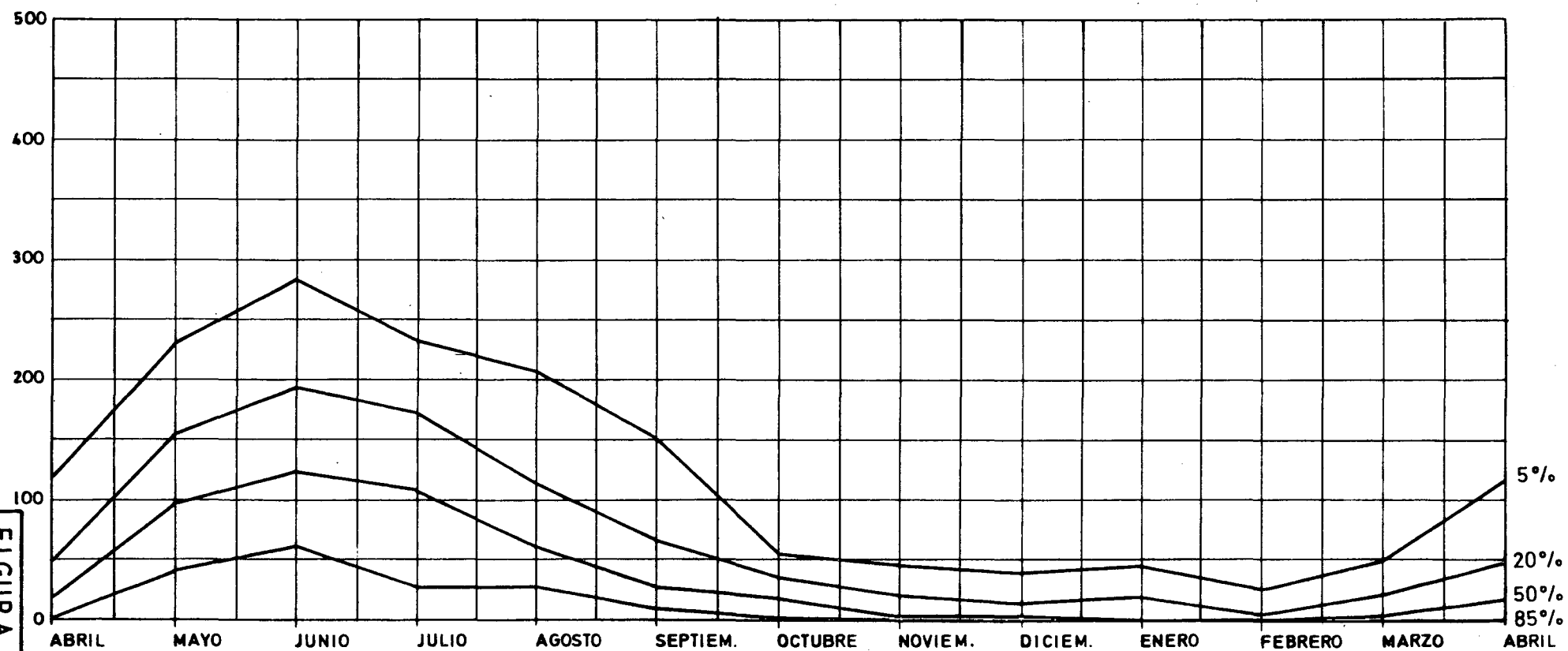


FIGURA 4.17

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: ML-I TALCA

Período : 1926-1975

PRECIPITACION
EN mm

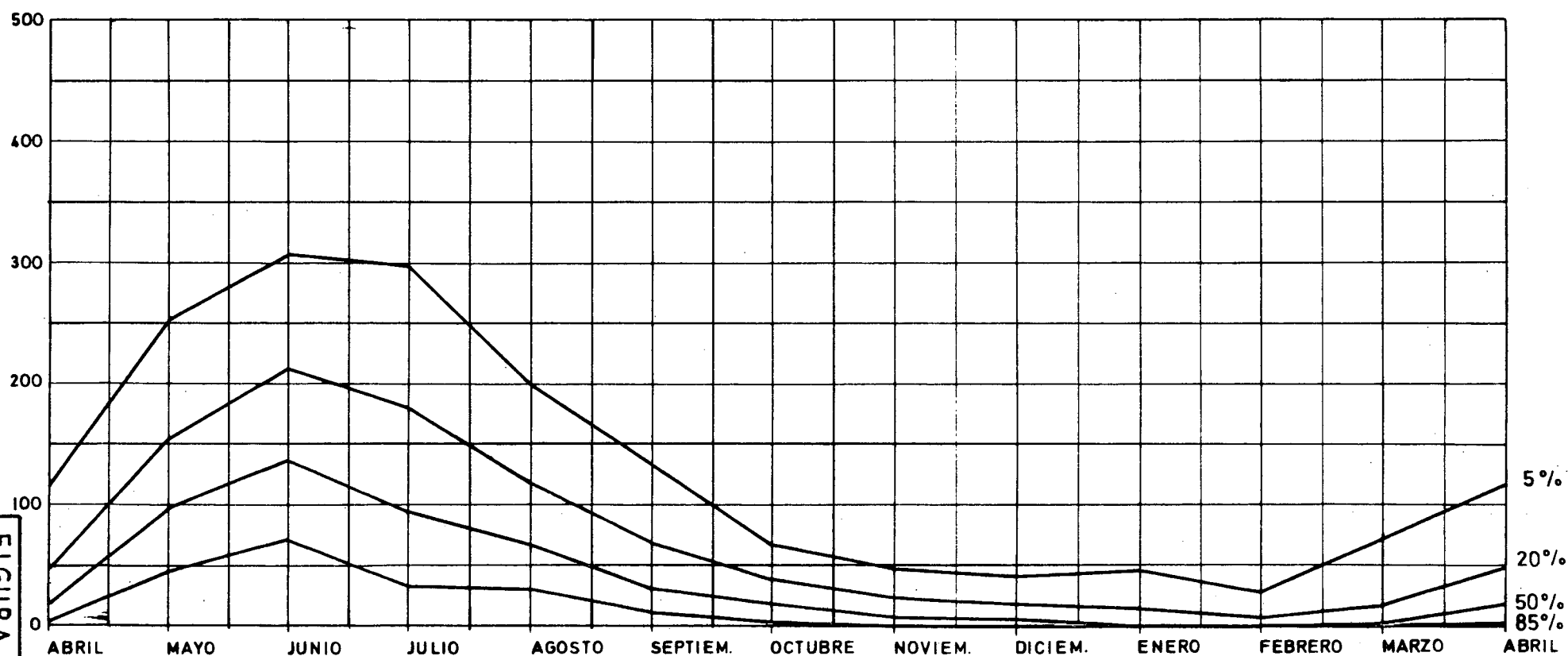


FIGURA 4.18

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : ML-4 CONSTITUCION

Período : 1942-1975

PRECIPITACION
EN mm

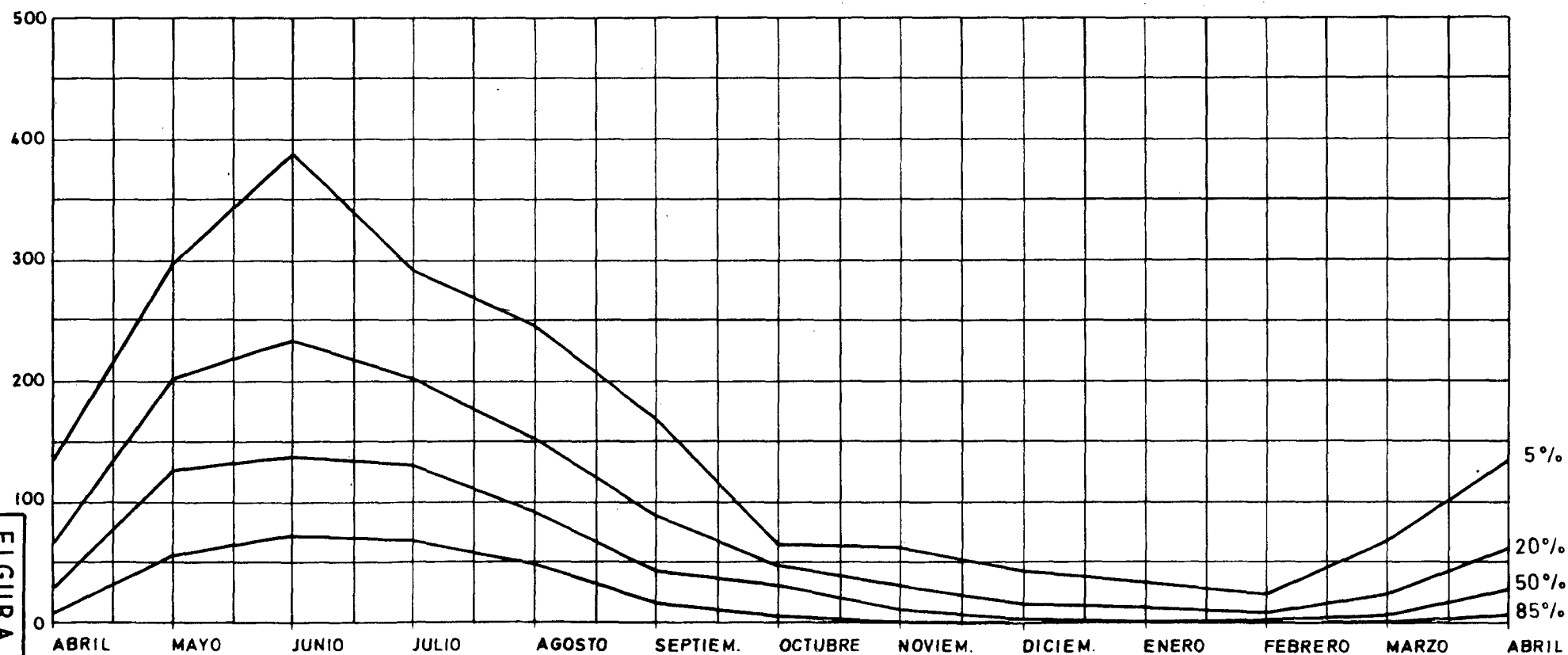


FIGURA 4.19

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación: ML-4 CONSTITUCION

Período: 1926 - 1975

PRECIPITACION
EN mm

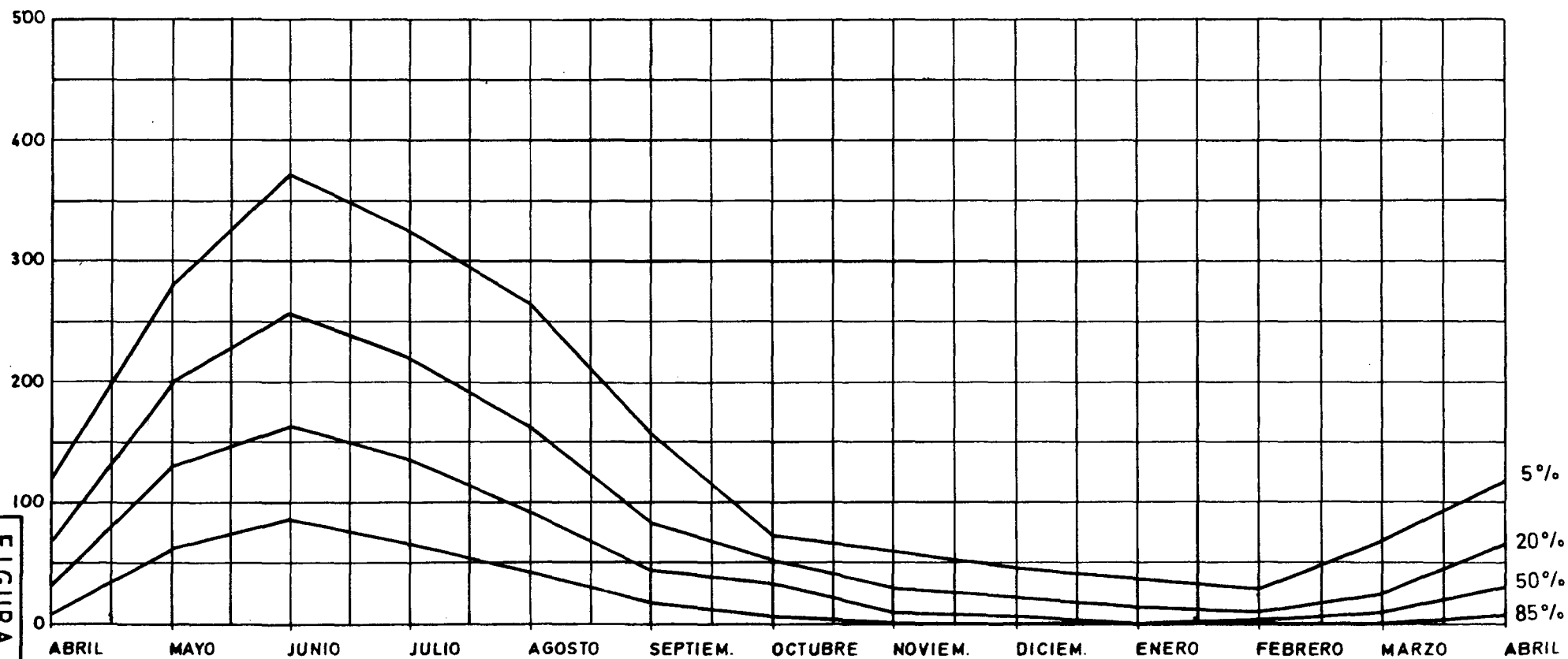


FIGURA 4.20

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

Estación : ML-5 SAN LUIS DE TALCA

Período : 1942 - 1975

PRECIPITACION
EN mm

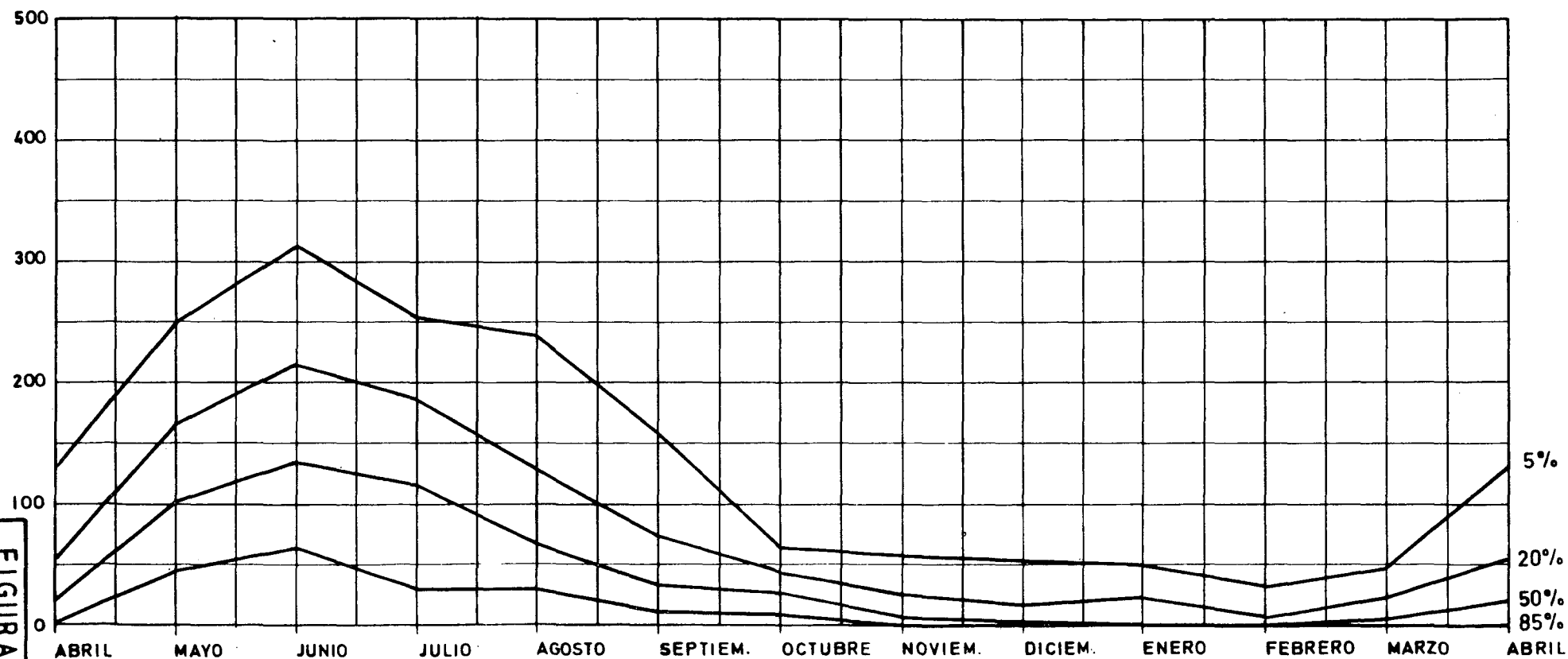
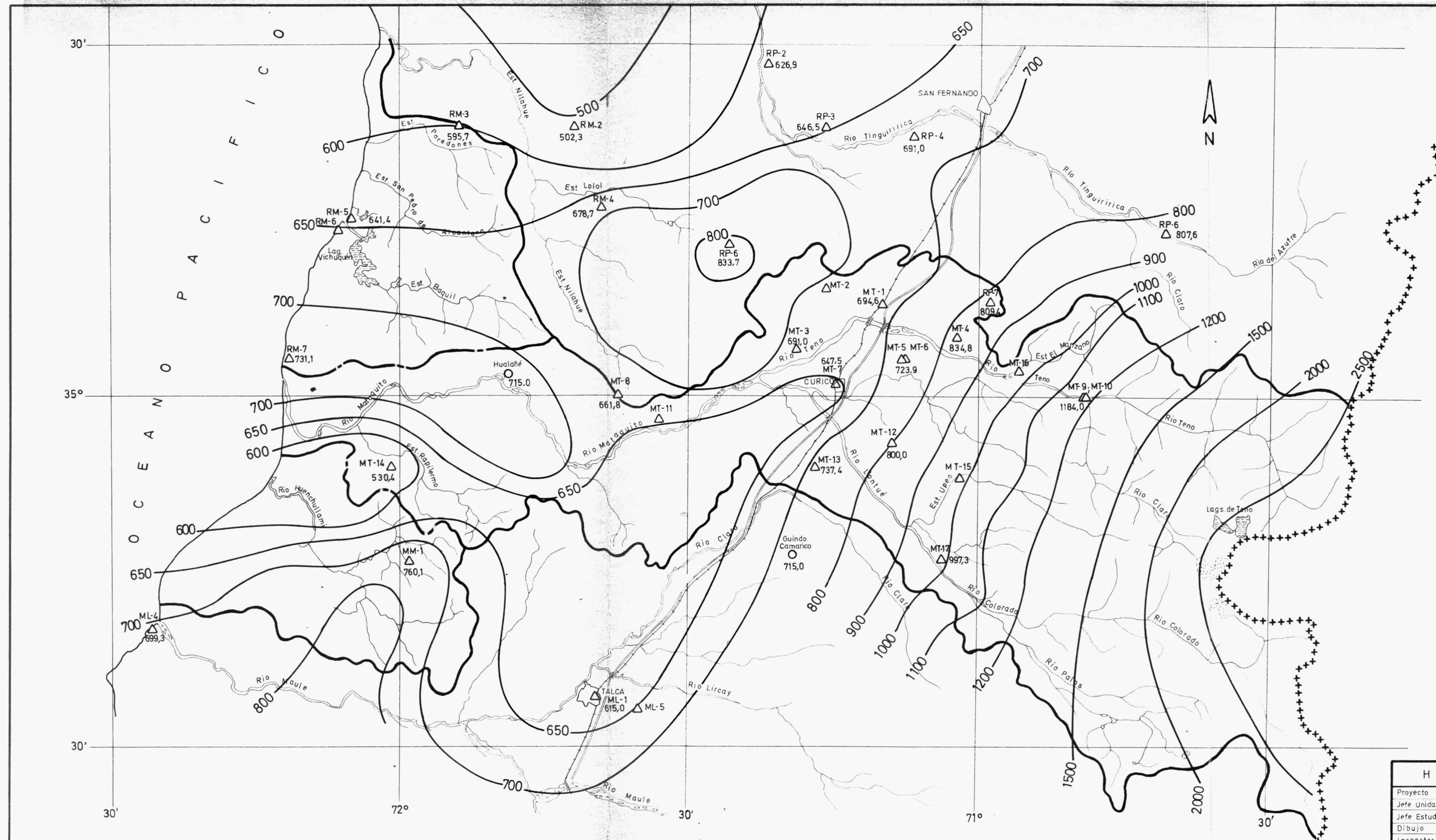


FIGURA 4.21



ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

CODIGO	ESTACION	CODIGO	ESTACION
MT-1	TENO E.A.P.	RM-3	QUERELEMA
MT-2	COMALLE	RM-4	LOLOL
MT-3	RAUCO	RM-5	DUNAS DE LLICO
MT-4	SANTA SUSANA	RM-6	LLICO
MT-5	ROMERAL	RM-7	ILOCA
MT-6	VILLA ALEGRE	MM-1	GUALLECO
MT-7	CURICO	RP-1	MARCHIGUE
MT-8	HACIENDA CAUNE	RP-2	SAN JOSE DEL CARMEN
MT-9	LOS QUEÑES RETEN	RP-3	MILLAHUE
MT-10	LOS QUEÑES	RP-4	PLACILLA
MT-11	LOS CARROS	RP-5	ESPINALILLO
MT-12	LOS NICHOS	RP-6	LA CANDELARIA
MT-13	MOLINA	RP-7	EL CONDOR
MT-14	CUREPTO	ML-1	TALCA
MT-15	UPEO EN UPEO	ML-2	ARMERILLO
MT-16	EL MANZANO	ML-3	INVERNADA CIPRESES
MT-17	HACIENDA MONTE GRANDE	ML-4	CONSTITUCION
RM-1	PICHILEMU	ML-5	SAN LUIS DE TALCA
RM-2	PUMANQUE HACIENDA		

FIGURA 4.22

HTS CICA B&P		MAPA DE ISOYETAS ANUALES PARA 50% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (PERIODO 1942-1975)	REPUBLICA DE CHILE COMISION NACIONAL DE RIEGO ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO VI-VII REGION NIVEL PREFECTIBILIDAD
Proyecto	HIDROLOGIA		
Jefe Unidad	B Espildora C.		
Jefe Estudio	J. Zegers A.		
Dibujo	A. Valle C.		
Inspector	C.N.R.	VºBº	Observ

TABLA 4.1.

PRECIPITACIONES ANUALES DEFINITIVAS DE LAS ESTACIONES DEL PATRON PLUVIOMETRICO

A Ñ O	MT - 7 Estación Curicó	MT - 9 Estación Los Queñes Retén	RM - 4 Estación Lolol	ML - 1 Estación Talca	ML - 4 Estación Constitución	PROMEDIO O PATRON 4
	Lat: 34° 59'	Lat: 35° 00'	Lat: 34° 44'	Lat: 35° 26'	Lat: 35° 20'	
	Long: 71° 15'	Long: 70° 49'	Long: 71° 39'	Long: 71° 40'	Long: 72° 26'	
	Alt: 211(msnm)	Alt: 671(msnm)	Alt: 170(msnm)	Alt: 97(msnm)	Alt: 2(msnm)	
1926	1.108,5	1.969,3	1.186,1	927,4	1.054,1	1.249,1
1927	699,1	1.265,6	666,4	552,2	829,9	802,7
1928	836,2	1.363,4	796,9	673,9	653,2	864,8
1929	607,2	1.239,9	625,0	634,1	826,2	786,5
1930	1.077,0	1.918,3	1.227,0	834,4	1.026,9	1.216,7
1931	684,1	1.387,5	807,0	667,4	854,5	880,1
1932	671,7	1.421,8	744,4	560,2	1.024,4	884,5
1933	498,0	1.126,3	664,6	527,7	755,3	714,4
1934	791,0	1.446,7	886,9	709,8	753,4	917,6
1935	598,0	1.158,0	636,9	527,7	751,7	734,5
1936	688,0	1.331,9	691,5	694,0	670,0	815,1
1937	819,0	1.403,6	873,0	650,9	704,8	890,2
1938	402,0	903,2	499,0	408,1	652,2	572,9
1939	663,5	1.228,7	613,0	595,9	795,4	779,3
1940	903,0	1.905,0	1.079,0	871,0	1.283,4	1.208,3
1941	1.239,0	2.107,6	1.150,0	997,3	1.097,3	1.318,2
1942	520,0	1.062,9	696,0	642,4	655,5	715,4
1943	732,0	926,7	737,0	501,2	688,6	717,1
1944	810,7	1.354,4	817,5	557,8	657,2	839,5
1945	509,3	1.170,6	497,0	388,1	515,9	616,2
1946	561,1	945,9	457,0	376,9	629,6	594,1
1947	531,6	1.016,7	591,2	528,9	531,2	639,9
1948	719,7	1.580,9	752,8	570,2	767,9	878,3
1949	545,8	932,9	587,3	543,7	520,2	626,0
1950	736,8	1.391,4	820,0	701,4	1.060,6	942,0

TABLA 4. 1.

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

A Ñ O	MT - 7 Estación Curicó	MT - 9 Estación Los Queñes Retén	RM - 4 Estación Lolol	ML - 1 Estación Talca	ML - 4 Estación Constitución	PROMEDIO O PATRON 4
	Lat: 34° 59' Long: 71° 15' Alt: 211(msnm)	Lat: 35° 00' Long: 70° 49' Alt: 671(msnm)	Lat: 34° 44' Long: 71° 39' Alt: 170(msnm)	Lat: 35° 26' Long: 71° 40' Alt: 97(msnm)	Lat: 35° 20' Long: 72° 26' Alt: 2(msnm)	
1951	766,3	1.332,1	939,1	809,3	999,1	969,2
1952	528,7	1.217,9	544,6	515,0	577,2	676,7
1953	1.068,0	2.100,0	1.231,6	826,9	1.266,0	1.298,5
1954	709,4	1.174,2	774,8	552,3	727,0	787,6
1955	544,5	960,6	564,8	381,5	503,0	590,9
1956	740,0	1.214,5	813,8	559,4	835,0	832,6
1957	528,4	1.031,4	544,3	446,7	610,5	632,3
1958	701,1	1.136,0	764,3	538,6	680,7	764,2
1959	763,4	1.910,0	771,6	813,0	999,1	1.051,4
1960	436,0	1.036,0	479,9	460,9	644,6	611,5
1961	763,7	706,1	863,2	659,3	594,1	717,3
1962	431,6	883,0	460,9	226,6	519,8	504,4
1963	884,8	1.799,5	956,4	747,9	907,1	1.059,2
1964	520,0	839,5	484,0	332,6	461,0	529,8
1965	1.028,0	1.791,5	1.188,0	928,0	1.047,0	1.196,5
1966	1.005,0	1.846,0	1.047,0	691,5	1.142,1	1.146,3
1967	448,5	940,0	479,0	454,0	517,8	567,8
1968	277,4	536,8	265,5	269,0	363,4	342,4
1969	501,6	1.303,6	557,0	523,0	762,4	729,5
1970	568,2	1.140,6	551,9	461,0	606,2	665,6
1971	772,2	1.036,6	616,9	579,0	657,7	732,5
1972	1.401,4	2.330,4	1.333,4	1.203,5	1.222,2	1.498,2
1973	546,4	1.112,4	587,4	494,5	577,1	663,5
1974	874,8	1.353,3	774,1	694,5	911,7	921,7
1975	729,3	1.344,3	800,2	514,5	882,1	854,0

TABLA 4. 2

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION MT-7 CURICO

Latitud : 34° 59' S
Longitud: 71° 15' O
Altura : 211 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1926	-	0,4	32,1	0,4	113,8	454,5	333,6	62,1	36,8	60,4	-	14,4	1108,5
1927	-	-	-	2,1	228,0	119,9	122,3	52,2	131,3	22,4	17,5	3,4	699,1
1928	-	0,1	17,5	194,5	137,9	292,8	93,5	58,4	31,0	-	10,4	0,1	836,2
1929	18,6	-	-	7,1	79,8	126,7	49,6	186,1	85,1	31,0	0,2	23,0	607,2
1930	-	-	-	74,4	0,2	252,6	336,8	191,4	12,4	116,1	64,7	28,4	1077,0
1931	47,9	8,9	-	27,5	33,7	119,6	175,5	159,5	75,3	14,2	22,0	-	684,1
1932	-	-	5,3	18,6	49,6	226,9	184,3	103,7	29,2	42,5	-	11,6	671,7
1933	37,0	4,0	-	13,0	61,0	123,0	110,0	95,0	17,0	31,0	-	7,0	498,0
1934	-	2,0	13,0	-	268,0	423,0	33,0	23,0	2,0	26,0	1,0	-	791,0
1935	-	-	-	33,0	87,0	244,0	80,0	98,0	24,0	25,0	5,0	2,0	598,0
1936	-	-	-	38,0	245,0	140,0	156,0	66,0	22,0	4,0	5,0	12,0	688,0
1937	-	11,0	-	11,0	129,0	217,0	138,0	193,0	79,0	13,0	28,0	-	819,0
1938	-	-	18,0	1,0	107,0	95,0	88,0	5,0	29,0	41,0	18,0	-	402,0
1939	8,0	-	-	4,0	180,0	229,0	5,0	122,0	36,0	52,0	0,5	27,0	663,5
1940	-	37,0	-	87,0	165,0	169,0	319,0	17,0	43,0	42,0	14,0	10,0	903,0
1941	-	17,0	31,0	65,0	177,0	237,0	398,0	183,0	-	47,0	61,0	23,0	1239,0
1942	-	-	5,0	5,0	63,0	109,0	98,0	128,0	42,0	27,0	43,0	-	520,0
1943	-	-	15,0	13,0	96,0	168,0	115,0	92,0	203,0	16,0	14,0	-	732,0
1944	1,0	6,0	0,4	26,8	142,8	251,0	44,5	255,2	4,9	68,2	9,9	-	810,7
1945	-	84,4	18,2	27,7	29,0	10,3	110,8	122,0	34,7	6,8	65,4	-	509,3
1946	65,2	1,0	-	10,8	94,1	125,8	137,0	37,2	35,4	22,0	25,6	7,0	561,1
1947	-	-	42,0	69,4	96,4	127,5	78,2	37,4	47,6	33,1	-	-	531,6
1948	1,0	1,0	-	103,4	101,1	110,3	292,6	47,5	41,5	16,3	-	5,0	719,7
1949	-	6,3	20,4	7,3	279,4	145,5	21,7	29,5	1,1	-	0,1	34,5	545,8
1950	-	-	14,1	186,0	204,9	78,1	16,4	97,8	58,6	18,2	62,7	-	736,8

TABLA 4.2

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION MT-7 CURICO
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1951	7,4	3,7	12,8	23,0	58,5	267,4	292,2	36,0	55,5	1,5	6,3	2,0	766,3
1952	-	-	13,1	-	179,6	116,7	131,4	26,8	23,5	37,6	-	-	528,7
1953	13,0	-	-	44,5	223,8	82,3	155,2	308,1	185,3	37,2	-	18,6	1068,0
1954	-	11,7	-	88,2	114,2	259,5	121,1	56,1	34,3	13,9	-	10,4	709,4
1955	-	-	-	4,0	63,2	287,6	37,1	94,8	18,4	11,3	6,7	21,4	544,5
1956	37,9	2,8	54,2	45,8	100,0	73,4	190,7	132,4	55,1	38,9	3,0	5,8	740,0
1957	0,6	-	-	4,3	159,6	88,8	133,1	86,3	25,1	17,2	-	13,4	528,4
1958	-	-	-	8,9	166,0	181,1	38,1	161,9	131,5	5,2	8,4	-	701,1
1959	40,0	3,4	32,0	179,0	82,0	139,0	187,0	29,0	28,0	44,0	-	-	763,4
1960	-	-	20,0	6,0	16,0	166,0	112,0	54,0	21,0	41,0	-	-	436,0
1961	49,2	-	84,0	7,6	19,9	120,1	120,6	191,4	160,3	10,6	-	-	763,7
1962	0,3	-	-	1,8	26,2	244,8	20,2	70,3	31,7	36,3	-	-	431,6
1963	-	-	36,9	-	69,7	83,9	221,8	258,1	108,1	44,2	62,1	-	884,8
1964	-	-	2,0	17,0	21,0	85,0	116,0	172,0	3,0	7,0	29,0	68,0	520,0
1965	-	7,0	-	127,0	108,0	40,0	313,0	294,0	31,0	62,0	28,0	18,0	1028,0
1966	-	-	-	110,0	47,0	457,0	181,0	85,0	31,0	16,0	14,0	64,0	1005,0
1967	7,8	1,9	-	-	74,0	68,0	173,0	30,0	28,0	61,0	4,8	-	448,5
1968	-	-	6,3	40,5	12,6	34,1	21,4	57,4	57,9	15,7	12,7	18,8	277,4
1969	-	-	-	53,7	71,0	171,3	77,7	83,4	11,2	25,9	7,4	-	501,6
1970	-	-	2,2	-	97,9	175,2	165,0	24,7	46,0	50,9	-	6,3	568,2
1971	-	-	-	5,1	142,1	398,4	75,6	34,9	26,7	37,7	-	51,7	772,2
1972	13,2	-	74,2	8,5	406,0	216,3	126,7	322,5	129,0	65,7	39,3	-	1401,4
1973	-	-	-	1,2	171,3	67,7	193,0	11,5	1,1	99,9	-	0,7	546,4
1974	1,2	-	1,7	-	324,6	404,5	29,0	18,8	40,2	10,3	17,0	27,5	874,8
1975	-	-	0,6	66,8	65,5	112,5	346,2	77,2	7,3	10,0	43,2	-	729,3
Prom.	7,0	4,2	11,5	37,4	119,8	178,7	142,3	103,5	48,2	31,5	15,0	10,7	709,8

TABLA 4. 3

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION MT-9 LOS QUEÑES RETEN

Latitud : 35° 00' S
Longitud: 70° 49' O
Altura : 671 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1926													1969,3
1927													1265,6
1928													1363,4
1929													1239,9
1930													1918,3
1931													1387,5
1932													1421,8
1933													1126,3
1934													1446,7
1935													1158,0
1936													1331,9
1937													1403,6
1938													903,2
1939													1228,7
1940													1905,0
1941	-	25,8	87,8	137,9	385,6	188,9	599,9	290,8	34,3	53,6	268,8	34,2	2107,6
1942	-	-	26,4	7,9	145,8	124,7	181,8	368,9	32,5	68,5	106,4	-	1062,4
1943	-	-	24,6	38,2	121,5	203,3	116,4	83,4	289,1	27,2	23,0	-	926,7
1944	0,3	36,0	-	88,7	258,2	310,5	103,7	319,7	67,6	129,1	40,6	-	1354,4
1945	-	170,4	115,1	55,3	58,8	26,4	184,0	233,2	77,9	16,7	224,0	8,8	1170,6
1946	128,2	-	-	28,4	191,5	154,7	185,2	53,6	84,4	64,6	53,6	1,7	945,9
1947	-	-	2,6	47,9	146,7	333,8	64,1	188,9	158,1	74,6	-	-	1016,7
1948	-	6,1	8,1	119,5	224,4	280,4	596,4	93,5	173,0	75,1	-	4,4	1580,9
1949	-	20,2	86,1	3,5	415,5	173,0	58,0	93,6	18,4	-	-	64,6	932,9
1950	-	-	30,3	241,6	355,3	173,0	30,7	199,4	185,3	50,9	124,9	-	1391,4

TABLA 4. 3

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION MT-9 LOS QUEÑES RETEN
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1951	11,4	12,3	29,9	15,8	199,8	434,4	297,8	103,7	144,9	40,4	23,7	18,0	1332,1
1952	-	25,5	61,0	-	290,3	292,5	290,8	83,4	75,5	98,9	-	-	1217,9
1953	30,0	-	-	86,0	378,0	117,0	294,0	601,0	458,0	127,0	-	9,0	2100,0
1954	-	24,0	-	181,0	248,0	373,0	175,0	91,0	35,2	18,0	-	29,0	1174,2
1955	-	-	-	31,0	116,0	401,0	68,1	149,5	61,0	38,0	11,0	85,0	960,6
1956	100,5	-	86,0	124,0	112,0	48,0	381,0	208,0	86,0	55,0	6,0	8,0	1214,5
1957	-	-	-	12,0	325,0	128,0	223,0	220,5	47,9	35,0	-	40,0	1031,4
1958	-	-	-	81,0	260,0	290,0	13,0	237,0	181,0	30,0	44,0	-	1136,0
1959	79,0	-	19,0	402,0	159,0	346,0	451,0	187,0	147,0	120,0	-	-	1910,0
1960	-	-	12,0	-	75,0	398,0	216,0	139,0	76,0	107,0	13,0	-	1036,0
1961	23,0	-	2,0	-	71,0	128,0	152,0	219,7	101,4	9,0	-	-	706,1
1962	1,5	-	-	24,0	55,0	468,0	46,0	134,0	45,0	100,5	9,0	-	883,0
1963	-	-	62,0	9,0	108,0	225,0	388,0	368,0	302,0	158,0	175,0	4,5	1799,5
1964	5,0	-	17,5	6,0	13,5	183,5	105,0	324,0	19,0	27,0	64,0	75,0	839,5
1965	-	3,5	2,5	300,0	172,0	111,5	454,5	461,0	48,0	126,0	31,5	81,0	1791,5
1966	-	-	-	202,5	106,5	755,0	256,0	191,5	81,0	57,5	32,5	163,5	1846,0
1967	24,0	-	3,5	1,5	218,0	115,0	221,0	74,0	80,0	127,0	76,0	-	940,0
1968	-	-	25,0	107,5	-	28,3	29,0	75,0	100,5	47,0	67,0	57,5	536,8
1969	-	-	5,0	145,5	193,0	417,2	264,5	140,5	25,1	97,9	14,9	-	1303,6
1970	3,8	-	7,0	-	147,5	229,8	409,4	103,0	77,2	99,5	1,2	62,2	1140,6
1971	-	-	-	9,0	122,7	443,2	146,9	116,3	59,5	84,0	-	55,0	1036,6
1972	28,5	2,0	69,5	17,0	396,2	496,1	207,6	519,7	349,8	154,7	89,3	-	2330,4
1973	-	0,4	-	22,1	311,3	175,8	375,5	46,1	18,6	150,6	-	12,0	1112,4
1974	15,0	1,3	1,2	-	449,0	637,2	65,3	34,0	58,4	-	54,0	37,9	1353,3
1975	-	7,2	1,6	83,0	215,5	182,5	548,0	178,5	11,0	19,0	98,0	-	1344,3
Prom.	12,9	9,6	22,4	75,1	201,3	268,4	234,2	198,0	108,8	71,1	47,2	24,3	1312,7

Nota: El promedio de precipitaciones anuales se ha calculado para el período 26-75 y el de precipitaciones mensuales para el período 41-75.

TABLA 4. 4

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION RM-4 LOLOL

Latitud : 34° 44' S
Longitud: 71° 39' O
Altura : 170 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1926	-	-	39,1	-	86,4	551,4	356,8	71,5	43,9	25,5	-	11,5	1186,1
1927	-	-	-	3,3	231,0	139,6	104,1	63,0	95,0	14,4	-	16,0	666,4
1928	-	2,9	14,8	181,3	144,2	274,0	81,8	56,2	30,4	3,7	7,6	-	796,9
1929	13,2	-	-	-	102,1	107,8	41,2	194,3	120,2	33,7	2,4	10,1	625,6
1930	-	-	-	114,4	36,3	293,2	407,7	182,0	16,5	98,0	40,3	38,6	1227,0
1931	33,7	-	-	28,8	42,0	175,4	242,9	158,9	104,5	6,6	14,2	-	807,0
1932	-	-	1,6	6,6	46,9	229,0	206,6	177,1	14,8	46,2	-	15,6	744,4
1933	70,8	-	-	17,3	79,0	191,0	125,2	112,8	21,4	47,1	-	-	664,6
1934	-	-	4,1	-	287,4	461,2	42,0	29,7	23,1	39,4	-	-	886,9
1935	-	-	-	26,4	116,9	224,8	109,5	103,4	22,2	33,7	-	-	636,9
1936	-	-	3,3	40,3	217,4	182,8	109,9	70,6	36,9	5,4	6,6	18,3	691,5
1937	-	31,0	-	4,0	101,0	296,0	179,0	173,0	47,0	19,0	23,0	-	873,0
1938	-	-	46,0	-	118,0	115,0	106,0	6,0	31,0	37,5	36,8	2,7	499,0
1939	-	-	-	-	94,0	234,0	9,0	111,0	79,0	52,0	-	34,0	613,0
1940	-	60,0	-	74,0	160,0	194,0	433,0	14,0	72,0	56,0	9,0	7,0	1079,0
1941	-	9,0	37,0	49,0	179,0	177,0	400,0	202,0	14,0	22,0	61,0	-	1150,0
1942	-	-	9,0	4,0	89,0	88,0	139,0	271,0	13,0	33,0	50,0	-	696,0
1943	-	-	6,0	10,0	148,0	140,0	113,0	91,0	212,0	8,0	9,0	-	737,0
1944	-	-	-	30,0	119,5	231,0	48,0	271,0	34,0	82,0	2,0	-	817,5
1945	-	80,0	27,0	24,0	35,0	7,0	64,0	137,0	50,0	10,0	63,0	-	497,0
1946	59,5	-	-	19,0	63,0	125,0	85,0	30,0	31,0	27,0	12,6	4,9	457,0
1947	-	-	-	49,9	67,3	180,3	144,5	71,8	35,5	41,9	-	-	591,2
1948	-	-	-	84,0	103,1	101,6	316,8	36,8	90,8	13,2	-	6,5	752,8
1949	-	8,3	33,2	4,6	299,2	161,7	17,9	25,7	11,9	-	-	24,8	587,3
1950	-	-	12,8	129,7	244,8	95,8	8,7	136,6	106,7	22,9	62,0	-	820,0

TABLA 4. 4

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION RM-4 LOLOL
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1951	-	-	-	11,7	82,3	374,1	327,5	30,8	59,2	21,2	7,5	24,8	939,1
1952	-	-	23,9	-	206,4	122,9	115,7	24,7	25,8	25,2	-	-	544,6
1953	14,0	-	-	87,0	393,9	76,0	108,1	235,1	280,7	25,4	-	11,4	1231,6
1954	-	-	-	52,5	80,1	311,9	210,4	75,1	27,9	8,1	-	8,8	774,8
1955	-	-	-	18,6	63,4	271,9	21,6	131,1	21,9	8,8	-	27,5	564,8
1956	19,5	6,1	68,6	79,4	112,4	63,1	240,0	147,6	40,4	33,2	3,5	-	813,8
1957	2,9	-	-	0,6	259,6	24,0	129,2	84,5	20,5	15,5	-	8,5	544,3
1958	-	-	-	12,3	175,4	249,8	21,0	176,3	109,0	2,5	18,0	-	764,3
1959	58,8	2,7	32,5	114,5	65,0	166,3	184,4	58,6	34,4	51,9	2,5	-	771,6
1960	-	-	9,0	0,8	39,0	196,3	106,0	71,9	17,0	39,9	-	-	479,9
1961	29,5	-	55,3	1,5	38,0	207,0	127,9	190,7	191,1	22,2	-	-	863,2
1962	-	-	2,8	26,0	10,5	255,8	14,7	87,7	33,1	30,3	-	-	460,9
1963	-	-	37,0	2,8	88,8	96,0	227,6	256,5	177,1	18,6	52,0	-	956,4
1964	9,0	-	9,0	13,0	13,0	100,0	102,0	154,0	14,0	-	-	70,0	484,0
1965	-	4,0	-	122,0	94,0	52,0	466,0	354,0	40,0	32,0	16,0	8,0	1188,0
1966	-	-	-	99,0	56,0	536,0	158,0	93,0	36,0	15,0	3,0	51,0	1047,0
1967	3,5	2,5	-	-	102,0	76,0	124,0	25,0	54,0	71,0	21,0	-	479,0
1968	-	-	6,5	9,2	3,3	46,2	17,0	81,8	52,0	14,0	15,0	20,5	265,5
1969	-	-	-	5,2	113,5	213,0	89,5	70,0	30,5	20,8	14,5	-	557,0
1970	3,0	-	-	-	93,7	166,0	191,5	21,0	25,0	43,5	2,1	6,1	551,9
1971	-	0,7	0,2	14,5	56,5	273,4	96,8	66,5	42,4	26,6	-	39,3	616,9
1972	3,2	-	49,0	8,7	391,4	303,2	116,8	271,5	140,2	38,7	9,2	1,5	1333,4
1973	-	3,8	-	-	184,2	92,0	180,7	8,1	4,0	108,3	0,9	5,4	587,4
1974	2,2	2,2	-	-	325,0	313,9	44,6	2,8	27,0	10,8	26,5	19,1	774,1
1975	-	31,7	-	26,0	106,3	166,5	268,3	127,8	14,5	17,7	33,9	7,5	800,2
Prom.	6,5	4,9	10,6	32,1	127,3	194,5	151,6	112,9	57,4	29,6	12,5	10,0	749,9

TABLA 4. 5

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION ML -1 TALCA

Latitud : 35° 26' S
Longitud: 71° 40' O
Altura : 97 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1926	-	-	53,0	-	108,9	345,2	222,4	69,4	31,8	35,6	-	61,1	927,4
1927	-	-	-	7,1	143,1	101,6	136,7	46,7	90,3	10,0	10,4	6,3	552,2
1928	-	1,2	9,6	108,9	170,5	212,0	81,0	34,1	40,7	-	8,3	7,6	673,9
1929	4,2	-	-	12,5	99,7	134,6	20,8	187,0	110,5	32,4	5,0	27,4	634,1
1930	-	-	-	58,2	19,1	194,5	295,0	108,9	11,6	83,9	28,3	34,9	834,4
1931	70,6	1,7	1,7	51,5	26,6	129,7	159,6	114,7	68,1	19,9	23,3	-	667,4
1932	-	-	2,5	15,0	44,9	200,3	124,7	103,1	34,9	28,3	-	6,5	560,2
1933	19,9	14,1	-	17,5	97,2	120,5	94,7	98,1	39,9	18,3	-	7,5	527,7
1934	-	2,5	14,1	13,3	181,2	383,1	26,6	41,6	26,6	15,8	4,2	0,8	709,8
1935	-	8,3	-	19,9	97,2	158,7	75,6	77,3	54,9	9,1	25,8	0,9	527,7
1936	-	-	0,8	88,1	173,7	150,4	131,3	69,8	40,7	5,0	9,1	25,1	694,0
1937	-	16,6	0,2	20,8	88,1	191,2	122,2	137,1	36,6	17,5	20,6	-	650,9
1938	-	-	44,9	5,0	81,4	77,3	92,3	6,6	32,4	29,1	35,7	3,4	408,1
1939	11,6	5,8	-	1,7	101,4	209,4	23,3	101,4	34,9	92,3	-	14,1	595,9
1940	-	36,6	-	32,4	119,7	161,2	332,4	51,5	55,7	45,7	20,8	15,0	871,0
1941	-	19,9	45,7	44,0	174,5	180,3	293,4	156,2	-	20,8	38,2	24,3	997,3
1942	-	2,5	5,0	16,6	109,7	103,9	172,0	144,6	13,3	13,3	56,5	5,0	642,4
1943	-	-	12,5	15,0	79,8	106,4	58,2	62,3	159,6	1,7	5,7	-	501,2
1944	9,9	-	0,1	18,2	66,3	180,5	26,4	178,3	7,2	66,5	4,4	-	557,8
1945	14,9	48,4	14,4	17,6	59,9	6,8	96,4	69,8	27,2	0,6	31,8	0,3	388,1
1946	21,1	4,4	-	18,1	51,2	70,8	104,4	44,7	18,7	21,9	11,9	9,7	376,9
1947	-	-	11,7	57,3	90,1	156,5	72,9	43,8	62,8	33,8	-	-	528,9
1948	-	-	-	82,7	69,4	83,3	209,9	38,5	62,6	17,9	-	5,9	570,2
1949	-	18,5	22,9	5,2	265,5	146,4	10,3	39,0	6,2	-	-	29,7	543,7
1950	-	2,1	20,9	137,5	177,8	110,1	17,4	103,8	43,1	22,6	66,1	-	701,4

TABLA 4. 5

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION ML -1 TALCA
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1951	23,9	3,3	2,5	14,4	97,0	308,5	255,3	10,2	70,2	7,6	13,2	3,2	809,3
1952	-	3,9	22,2	-	160,6	127,1	84,9	26,1	50,0	40,2	-	-	515,0
1953	24,5	-	0,7	38,8	189,9	69,5	117,6	143,5	192,9	36,8	1,1	11,6	826,9
1954	-	3,0	-	52,2	70,0	199,9	163,9	31,0	19,5	4,0	-	8,8	552,3
1955	-	19,7	-	11,3	34,1	177,8	22,5	77,4	14,4	5,8	0,9	17,6	381,5
1956	38,6	0,2	59,9	33,4	102,8	33,0	167,4	60,2	29,9	31,6	2,4	-	559,4
1957	4,5	-	-	11,5	163,2	33,6	95,8	80,3	24,1	20,9	-	12,8	446,7
1958	-	-	2,5	17,0	206,3	116,4	5,3	84,6	72,4	-	25,8	8,3	538,6
1959	66,5	-	40,2	170,4	103,4	160,2	159,3	55,5	19,6	37,9	-	-	813,0
1960	52,4	-	31,1	-	29,0	155,8	69,1	49,8	40,1	25,6	8,0	-	460,9
1961	36,0	-	42,4	-	32,9	168,9	103,7	124,6	135,4	15,4	-	-	659,3
1962	-	-	0,8	9,2	18,0	105,7	15,5	50,2	15,6	11,6	-	-	226,6
1963	-	-	16,2	11,4	69,8	91,0	175,0	185,5	114,9	38,0	46,1	-	747,9
1964	7,0	-	6,9	2,5	10,8	71,0	68,0	101,0	5,0	-	5,0	55,4	332,6
1965	-	38,0	-	113,5	93,5	59,0	327,0	257,5	9,0	5,0	20,0	5,5	928,0
1966	-	-	-	66,5	53,0	320,0	125,5	59,5	5,0	33,5	3,0	25,5	691,5
1967	18,5	5,5	-	4,0	129,0	81,0	103,5	27,0	35,5	44,0	6,0	-	454,0
1968	-	-	6,0	33,5	-	68,0	24,5	32,0	46,0	10,0	17,5	31,5	269,0
1969	-	-	2,0	19,0	134,0	183,0	35,0	77,0	37,0	29,0	7,0	-	523,0
1970	-	-	8,0	-	73,5	145,5	156,5	32,5	30,0	14,0	-	1,0	461,0
1971	-	-	-	40,0	143,0	193,0	70,0	56,0	22,5	10,5	-	44,0	579,0
1972	10,0	-	64,5	14,0	280,5	290,0	115,5	260,0	99,0	49,0	17,0	4,0	1203,5
1973	-	3,0	-	-	129,5	77,5	182,5	18,5	5,5	75,0	-	3,0	494,5
1974	3,0	-	4,0	-	224,5	305,0	32,0	30,0	27,0	24,0	30,0	15,0	694,5
1975	-	1,0	1,0	45,0	78,5	103,5	204,0	49,0	6,0	4,0	18,0	4,0	514,5
Prom.	8,8	5,2	11,4	31,4	106,5	151,2	117,6	82,2	44,7	24,3	12,5	10,7	606,5

TABLA 4. 6

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION ML-4 CONSTITUCION

Latitud : 35° 20' S

Longitud: 72° 26' O

Altura : 2 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1926	-	4,0	89,8	2,4	100,3	376,3	251,7	77,2	84,8	46,9	-	20,7	1054,1
1927	-	-	1,6	12,1	202,5	210,3	169,0	69,2	116,2	38,8	10,2	-	829,9
1928	0,1	2,7	19,6	79,4	225,0	121,3	100,1	31,6	16,3	24,9	16,2	16,0	653,2
1929	9,7	-	-	6,5	102,8	229,0	57,5	265,4	85,8	30,7	0,8	38,0	826,2
1930	-	-	-	128,7	93,9	171,6	283,2	148,9	27,5	76,9	34,8	61,4	1026,9
1931	55,8	14,6	5,7	74,4	39,7	174,8	212,8	193,4	49,4	25,9	8,0	-	859,5
1932	-	-	10,5	49,4	37,2	368,2	232,2	214,4	53,4	42,9	0,8	15,4	1024,4
1933	39,7	5,7	0,3	51,8	135,1	226,6	91,4	137,6	18,6	35,6	0,8	12,1	755,3
1934	-	4,0	8,9	24,3	237,9	330,2	58,3	34,0	17,0	38,8	-	-	753,4
1935	-	-	-	20,2	145,7	203,1	109,2	153,7	42,9	53,4	22,7	0,8	751,7
1936	-	-	9,7	47,7	210,4	182,9	50,2	85,0	51,8	8,1	5,7	18,5	670,0
1937	-	13,8	0,1	32,4	119,0	129,5	123,0	220,1	36,4	9,7	19,4	1,4	704,8
1938	-	-	44,5	7,3	135,1	152,1	183,7	24,3	35,6	26,7	39,7	3,2	652,2
1939	18,6	15,4	-	3,2	134,3	161,0	55,0	120,6	120,6	123,8	-	42,9	795,4
1940	-	59,9	3,2	59,9	232,2	262,2	429,7	21,0	108,4	57,5	22,7	26,7	1283,4
1941	-	17,0	41,3	65,5	123,8	190,2	398,9	161,8	6,5	12,1	61,5	18,7	1097,3
1942	-	4,9	12,1	8,9	150,5	86,6	97,9	203,1	35,6	25,1	30,8	-	655,5
1943	-	-	17,8	34,8	140,8	111,7	122,2	117,3	130,3	4,9	8,8	-	688,6
1944	-	6,5	-	26,7	105,9	152,6	124,2	136,8	2,9	94,1	7,5	-	657,2
1945	-	41,3	22,7	34,0	104,8	29,5	102,4	94,6	62,4	-	23,3	0,9	515,9
1946	15,6	6,7	0,7	35,0	102,4	130,2	140,0	105,3	49,6	9,0	28,4	6,7	629,6
1947	2,0	-	0,1	34,5	40,1	197,8	99,1	70,6	50,6	34,6	1,8	-	531,2
1948	-	1,0	-	96,6	143,1	123,2	239,2	51,5	80,4	28,6	-	4,3	767,9
1949	-	13,4	13,6	9,1	239,3	137,6	39,7	42,0	6,1	-	2,4	17,0	520,2
1950	-	0,8	10,3	107,9	249,5	193,7	90,1	174,4	92,7	26,1	115,1	-	1060,6

TABLA 4. 6

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
 ESTACION ML-4 CONSTITUCION
 (Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1951	20,8	3,5	6,6	7,5	133,5	407,8	268,2	45,0	58,6	12,8	30,4	4,4	999,1
1952	-	4,9	32,9	-	184,1	135,9	104,6	39,1	29,8	43,9	2,0	-	577,2
1953	31,6	5,6	11,0	45,5	371,5	107,5	162,0	266,0	220,2	30,7	4,8	9,6	1266,0
1954	-	11,7	-	63,1	149,4	238,1	145,7	44,9	25,4	27,4	4,1	17,2	727,0
1955	0,4	16,8	-	37,5	59,6	236,0	31,5	88,3	17,2	6,3	-	9,4	503,0
1956	32,6	3,6	133,6	51,9	157,2	94,7	216,8	53,1	46,9	23,8	20,8	-	835,0
1957	9,0	-	-	21,6	204,9	52,3	180,8	67,7	30,9	24,4	-	18,9	610,5
1958	-	-	1,2	32,1	252,7	63,0	44,0	101,0	138,7	4,0	44,0	-	680,7
1959	43,4	-	26,4	225,8	143,1	181,7	214,3	73,6	55,2	35,6	-	-	999,1
1960	11,9	-	26,0	13,2	47,8	274,6	129,6	62,3	27,3	49,5	1,2	1,2	644,6
1961	28,1	-	65,4	-	28,6	93,0	166,3	128,4	65,9	18,4	-	-	594,1
1962	-	-	34,0	29,0	57,8	123,6	34,7	155,2	16,4	67,3	1,8	-	519,8
1963	-	-	7,2	35,3	68,3	152,0	133,2	176,0	224,4	30,4	77,1	3,2	907,1
1964	10,0	-	3,0	9,0	21,0	73,0	88,0	164,0	13,0	3,0	33,0	44,0	461,0
1965	-	24,0	1,0	104,0	104,0	86,0	401,0	209,0	32,0	48,0	27,0	11,0	1047,0
1966	0,6	1,5	-	114,0	79,0	380,0	176,0	226,0	42,0	24,0	7,0	92,0	1142,1
1967	12,0	10,0	5,8	5,0	176,0	53,0	93,0	53,0	57,0	42,0	9,2	1,8	517,8
1968	-	1,5	4,4	25,3	4,4	70,0	43,9	47,4	75,3	40,1	23,5	27,6	363,4
1969	-	1,4	3,0	38,1	116,3	250,8	136,0	102,1	55,7	47,2	11,8	-	762,4
1970	11,0	-	0,1	2,6	69,0	169,3	212,0	58,1	55,1	10,2	7,1	11,7	606,2
1971	-	2,2	0,6	47,8	79,7	172,1	148,8	120,2	38,7	27,9	-	19,7	657,7
1972	-	-	37,3	16,2	291,1	265,7	171,3	226,5	129,6	58,3	26,2	-	1222,2
1973	-	-	6,8	22,8	162,2	108,9	155,7	34,1	5,0	65,1	3,1	13,4	577,1
1974	6,3	-	0,5	-	211,8	489,3	80,6	36,8	19,3	26,3	29,5	11,3	911,7
1975	-	11,6	1,0	41,8	217,7	154,2	276,8	91,0	19,7	35,0	28,3	5,0	882,1
Prom.	7,2	6,2	14,4	40,8	138,8	181,6	153,4	112,5	57,6	33,6	17,1	12,2	775,4

TABLA 4.7

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION ML-5 SAN LUIS DE TALCA

Latitud : 35° 26' S
Longitud: 71° 35' O
Altura : 122 (msnm)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	15,3	155,2	122,6	103,5	195,9	11,5	46,9	66,1	-	717,0
1943	-	-	15,3	24,0	92,0	122,0	67,1	75,7	183,9	1,9	6,7	-	588,6
1944	-	-	17,4	15,3	76,0	206,5	30,8	196,0	8,2	76,5	5,0	-	631,7
1945	16,3	52,8	15,7	21,2	78,9	4,6	145,8	103,9	41,3	1,3	72,2	-	554,0
1946	26,7	6,1	-	23,2	74,8	88,8	146,2	44,6	30,2	26,8	13,8	12,6	493,8
1947	-	-	12,7	62,5	98,2	170,3	79,4	47,7	68,4	36,9	-	-	576,1
1948	-	-	-	90,1	75,6	90,8	228,8	42,0	68,0	19,5	-	6,4	621,2
1949	-	20,2	25,0	5,7	289,7	159,6	11,2	42,5	6,7	-	-	32,4	593,0
1950	-	2,3	22,8	149,8	193,8	119,9	19,0	113,7	46,9	24,6	72,0	-	764,8
1951	26,1	3,6	2,7	15,7	105,7	336,6	278,2	11,1	76,5	8,2	14,4	2,9	881,7
1952	-	4,2	24,2	-	175,0	139,0	92,5	28,5	54,5	43,8	-	-	561,7
1953	26,3	-	0,8	42,2	216,0	79,1	133,8	163,2	219,5	41,9	1,2	13,2	937,2
1954	-	3,4	-	59,4	79,6	227,4	186,5	35,3	22,2	4,5	-	10,0	628,3
1955	-	22,4	-	12,8	38,8	202,3	25,6	88,1	16,4	6,6	1,0	20,0	434,0
1956	43,9	0,2	68,2	38,0	117,0	37,5	190,5	68,5	34,0	36,0	2,6	-	636,4
1957	5,1	-	-	13,1	185,7	38,2	109,0	91,4	27,4	23,8	-	14,5	508,2
1958	-	-	2,8	19,3	234,7	132,4	6,0	96,2	82,4	36,0	29,3	9,6	648,7
1959	75,7	-	45,7	193,8	117,6	182,2	181,2	63,1	22,3	43,3	-	-	924,9

TABLA 4.7
ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA (mm)
ESTACION ML-5 SAN LUIS DE TALCA
(Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	59,6	-	35,4	-	33,0	177,3	78,6	56,7	45,6	29,1	9,0	-	524,3
1961	41,0	-	48,0	-	37,0	192,0	118,0	142,0	154,0	18,0	-	-	750,0
1962	-	-	0,9	11,0	21,0	120,0	18,0	57,0	18,0	13,0	-	-	258,9
1963	-	-	16,0	11,0	70,0	91,0	175,0	186,0	115,0	38,0	46,0	-	748,0
1964	14,0	-	10,0	3,0	9,0	72,0	56,0	121,0	9,0	2,0	21,0	77,0	394,0
1965	-	38,0	-	129,0	93,0	50,0	387,0	257,0	22,0	54,0	21,0	5,0	1056,0
1966	-	6,0	-	63,0	52,0	346,0	147,0	65,0	4,0	35,0	10,0	54,0	782,0
1967	12,0	5,5	-	3,6	124,0	94,0	86,0	27,0	32,0	41,0	6,7	-	431,8
1968	-	-	6,0	33,5	7,7	60,0	27,4	33,6	56,8	12,0	21,9	36,4	295,3
1969	-	-	-	44,2	100,1	197,9	89,4	77,1	31,4	32,7	5,9	-	578,7
1970	2,0	-	8,0	-	67,7	155,6	155,3	30,7	40,1	29,7	-	4,8	493,9
1971	-	-	-	27,4	133,5	190,7	70,0	54,6	23,0	13,2	-	44,0	556,4
1972	6,0	-	21,8	19,5	338,6	278,9	102,8	259,7	86,5	58,0	19,4	1,0	1192,2
1973	-	4,5	2,3	-	104,8	72,7	180,0	15,4	18,5	67,7	1,0	3,0	469,9
1974	-	-	2,5	-	191,3	347,4	30,5	22,4	23,4	23,3	33,0	19,2	693,0
1975	-	-	-	49,6	96,2	125,2	178,0	53,1	8,2	11,8	19,0	3,6	544,7
Prom.	10,4	5,0	11,9	35,2	114,2	148,0	115,7	87,2	50,2	28,1	14,7	10,9	631,5

TABLA 4.8.

ESTADISTICA DEFINITIVA DE PRECIPITACIONES ANUALES
DE LAS ESTACIONES BASICAS CONSIDERADAS

AÑO	MT - 1 Teno E. A. P.	MT - 3 Rauco	MT - 4 Santa Susana	MT - 5 Romeral	MT - 7 Curicó	MT - 8 Hacienda Caune	MT - 9 Los Que- ñes Retén	MT - 13 Molina	MT-14 Curepto	MT - 17 Hacienda Mte. Grde.
1926	1.171,0	1.134,4	1.351,5	1.175,9	1.108,5	1.093,5	1.969,3	1.231,4	869,6	1.651,8
1927	752,5	764,9	868,5	755,7	699,1	702,7	1.265,6	682,5	558,8	1.061,5
1928	810,8	814,0	935,7	893,5	836,2	757,0	1.363,4	911,1	602,1	1.472,0
1929	737,3	663,7	851,0	724,2	607,2	688,5	1.239,9	652,5	547,6	899,0
1930	1.140,7	1.279,0	1.316,5	1.217,7	1.077,0	1.065,1	1.918,3	1.213,2	847,1	1.670,0
1931	825,1	796,0	952,3	796,0	684,1	770,4	1.387,5	864,0	612,7	1.056,9
1932	845,4	863,0	975,7	886,8	671,7	789,4	1.421,8	878,7	627,8	1.117,2
1933	669,8	501,0	773,0	609,8	498,0	625,4	1.126,3	647,4	497,4	988,0
1934	860,3	830,0	992,8	896,2	791,0	803,3	1.446,7	1.112,7	638,8	1.229,0
1935	688,6	703,0	794,7	647,6	598,0	643,0	1.158,0	835,4	511,4	930,0
1936	792,0	755,0	914,1	761,0	688,0	739,5	1.331,9	737,5	588,1	1.053,0
1937	834,6	709,0	963,2	905,7	819,0	779,3	1.403,6	764,3	619,8	1.278,0
1938	537,1	461,0	619,9	525,6	402,0	501,5	903,2	523,4	398,9	578,0
1939	730,6	697,0	843,2	691,1	663,5	652,0	1.228,7	780,1	542,5	1.090,0
1940	1.110,9	1.021,0	1.307,4	910,4	903,0	1.020,3	1.905,0	981,0	841,2	1.597,9
1941	1.508,5	1.389,0	1.426,3	1.387,8	1.239,0	1.109,0	2.107,6	1.235,8	917,7	1.743,2
1942	655,4	713,0	774,1	754,4	520,0	780,2	1.062,9	759,1	498,1	946,0
1943	715,4	676,0	775,9	684,5	732,0	698,4	926,7	745,3	499,2	948,3
1944	848,5	769,0	915,3	841,6	810,7	835,4	1.354,4	930,6	700,5	1.118,6
1945	457,8	537,0	666,7	502,7	509,3	498,4	1.170,6	587,9	328,8	814,9
1946	446,3	460,2	642,8	489,1	561,1	420,2	945,9	514,0	388,5	785,6
1947	506,6	493,0	692,4	468,3	531,6	494,5	1.016,7	800,7	453,4	846,2
1948	712,5	720,4	950,3	720,8	719,7	768,9	1.580,9	846,1	544,2	1.161,5
1949	529,6	662,8	677,3	607,5	545,8	548,0	932,9	632,4	440,4	827,8
1950	880,1	755,1	1.019,2	856,9	736,8	824,6	1.391,4	945,3	724,2	1.245,7

TABLA 4.8.

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

AÑO	MT - 1 Teno E. A. P.	MT - 3 Rauco	MT - 4 Santa Susana	MT - 5 Romera	MT - 7 Curicó	MT - 8 Hacienda Caune	MT - 9 Los Que- ñes Retén	MT - 13 Molina	MT - 14 Curepto	MT - 17 Hacienda Mte. Grde.
1951	981,4	1.036,9	1.048,7	945,5	766,3	848,4	1.332,1	713,2	778,7	1.281,7
1952	580,4	671,6	732,2	664,9	528,7	592,4	1.217,9	703,7	467,9	894,9
1953	1.358,9	1.107,3	1.405,0	1.104,4	1.068,0	1.136,7	2.100,0	1.327,2	880,9	1.717,1
1954	738,4	789,7	765,0	775,8	709,4	689,5	1.174,2	706,3	611,6	1.041,5
1955	576,2	535,1	765,6	659,0	544,5	538,0	960,6	513,3	364,8	812,7
1956	780,6	799,9	913,1	814,4	740,0	728,9	1.214,5	904,3	515,3	1.101,0
1957	592,8	576,6	604,0	635,2	528,4	553,5	1.031,4	614,2	375,9	836,2
1958	716,4	696,9	906,3	816,2	701,1	669,0	1.136,0	742,3	465,2	1.010,6
1959	985,7	958,8	1.028,9	981,7	763,4	920,4	1.910,0	1.021,3	769,7	1.390,4
1960	573,3	557,6	582,3	516,9	436,0	535,3	1.036,0	594,0	412,8	808,6
1961	830,5	654,1	961,2	817,4	763,7	627,9	706,1	696,8	794,9	948,6
1962	448,0	465,6	546,4	526,6	431,6	447,0	883,0	496,0	240,9	675,2
1963	903,0	965,9	1.146,8	991,6	884,8	927,2	1.799,5	1.028,9	700,8	1.400,7
1964	545,8	483,1	660,9	576,3	520,0	463,8	839,5	514,6	300,1	700,6
1965	1.016,0	1.091,1	1.280,1	1.106,4	1.028,0	1.047,4	1.791,5	1.162,3	849,5	1.582,3
1966	1.085,9	1.045,3	1.282,7	1.110,1	1.005,0	1.003,5	1.846,0	1.113,5	825,8	1.515,9
1967	464,5	517,8	648,3	479,0	448,5	497,1	940,0	551,6	376,5	750,9
1968	277,5	312,2	293,2	280,6	277,4	299,7	536,8	332,6	297,6	452,8
1969	564,8	665,2	786,9	617,6	501,6	638,6	1.303,6	708,6	550,2	964,7
1970	694,9	607,0	646,5	625,5	568,2	582,7	1.140,6	646,6	445,2	880,2
1971	659,6	668,0	792,7	780,5	772,2	641,2	1.036,6	711,6	530,1	968,7
1972	1.519,5	1.366,2	1.575,8	1.403,1	1.401,4	1.311,5	2.330,4	1.455,4	1.007,6	1.981,2
1973	718,5	605,0	830,0	552,1	546,4	580,8	1.112,4	644,5	371,5	877,4
1974	852,3	840,5	930,5	928,8	874,8	806,9	1.353,3	895,3	621,3	1.218,9
1975	795,5	778,8	1.016,9	770,8	729,3	747,6	1.344,3	829,6	628,6	1.129,3

TABLA 4.8.

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

AÑO	RM - 1 Pichilemu	RM - 2 Pumanque Hacienda	RM - 3 Querelema	RM - 4 Lolol	RM - 5 Dunas de Llico	RM - 7 Iloca	MM - 1 Gualleco
1926	824,7	816,8	975,7	1.186,1	1.057,1	1.211,8	1.258,8
1927	529,9	524,9	627,0	666,4	679,3	778,7	809,0
1928	570,9	565,5	675,5	796,9	731,9	838,9	871,5
1929	519,2	514,3	614,3	625,0	665,6	763,0	792,6
1930	803,2	795,6	950,4	1.227,0	1.029,7	1.180,3	1.226,2
1931	581,0	605,1	668,9	807,0	744,8	853,8	887,0
1932	595,4	591,5	624,1	744,4	763,2	874,8	908,8
1933	471,6	469,8	628,5	664,6	604,6	693,0	720,0
1934	605,8	557,5	668,1	886,9	776,6	890,2	924,8
1935	484,9	460,4	594,8	636,9	621,6	712,5	740,2
1936	557,7	568,5	624,9	691,5	637,9	819,5	851,4
1937	587,7	636,9	784,7	873,0	712,6	863,6	897,1
1938	378,2	409,4	445,9	499,0	498,0	555,8	577,4
1939	514,5	383,8	573,5	613,0	644,4	756,0	785,4
1940	778,0	726,0	884,5	1.079,0	1.129,0	1.172,2	1.217,7
1941	679,0	854,5	1.127,2	1.150,0	998,0	1.278,8	1.328,5
1942	549,0	520,0	567,2	696,0	826,0	694,0	721,0
1943	614,0	501,3	611,0	737,0	622,0	695,7	722,7
1944	559,0	654,8	601,3	817,5	762,3	820,6	852,5
1945	349,0	336,9	529,6	497,0	424,3	597,8	621,0
1946	353,0	322,5	472,1	457,0	548,7	576,3	598,7
1947	390,9	449,3	470,5	591,2	539,6	620,8	644,9
1948	688,5	557,0	598,9	752,8	643,4	852,0	885,2
1949	401,5	423,2	506,7	587,3	532,2	607,3	630,9
1950	635,5	573,2	813,8	820,0	797,2	913,8	949,3

TABLA 4. 8

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

AÑO	RM - 1 Pichilemu	RM - 2 Pumanque Hacienda	RM - 3 Querelema	RM - 4 Lolol	RM - 5 Dunas de Llico	RM - 7 Iloca	MM - 1 Gualleco
1951	705,1	650,2	807,1	939,1	820,2	940,2	976,8
1952	381,2	442,3	509,6	544,6	572,7	656,5	682,0
1953	868,7	889,3	987,6	1.231,6	1.098,9	1.259,7	1.308,6
1954	520,0	540,4	563,0	774,8	666,5	764,1	793,7
1955	405,8	277,5	493,0	564,8	520,1	596,2	619,4
1956	549,7	458,5	699,0	813,8	704,6	807,7	839,1
1957	417,4	424,3	473,7	544,3	535,1	613,4	637,2
1958	504,5	550,6	721,2	764,3	646,7	741,4	770,2
1959	694,1	615,2	741,6	771,6	889,8	1.020,0	1.059,6
1960	403,7	489,5	399,8	479,9	517,5	593,2	616,3
1961	473,6	623,6	691,7	863,2	607,1	695,9	722,9
1962	337,1	321,2	332,7	460,9	432,1	495,3	514,6
1963	699,3	635,0	847,2	956,4	896,4	1.027,5	1.028,6
1964	349,8	362,8	297,4	484,0	448,4	514,0	539,0
1965	789,9	810,4	971,0	1.188,0	1.012,6	1.181,6	1.321,9
1966	756,8	686,0	858,0	1.047,0	970,1	1.138,7	1.067,6
1967	374,9	385,0	385,0	479,0	480,5	454,0	577,6
1968	226,1	225,8	283,5	265,5	289,8	381,1	307,0
1969	481,6	469,3	534,0	557,0	617,4	531,9	766,5
1970	439,4	418,4	476,0	551,9	563,3	735,1	642,5
1971	483,6	477,8	713,1	616,9	619,9	855,2	619,5
1972	989,1	1.103,4	1.377,4	1.333,4	1.267,9	1.400,3	1.481,5
1973	438,0	426,1	463,0	587,4	561,5	625,8	726,9
1974	608,5	612,5	698,0	774,1	780,0	910,5	1.069,5
1975	563,8	442,5	555,3	800,2	722,7	825,1	844,0

TABLA 4. 8

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

AÑO	RP - 1 Marchigüe	RP - 2 San José del Carmen	RP - 3 Millahue	RP - 4 Placilla	RP - 5 Espinalillo	RP - 6 La Candelaria	RP - 7 El Cóndor
1926	720,1	1.093,8	1.079,2	1.220,1	1.313,8	1.376,5	1.314,8
1927	462,8	637,4	763,9	809,9	844,3	884,6	814,3
1928	498,6	727,4	759,5	735,1	909,6	953,0	1.016,8
1929	453,4	556,1	613,4	611,9	827,2	866,7	779,0
1930	701,4	1.113,1	1.020,3	1.197,8	1.279,7	1.340,8	1.367,0
1931	507,4	768,0	695,4	757,0	925,7	969,9	841,0
1932	519,9	740,4	796,5	828,0	948,5	993,8	948,0
1933	411,9	527,6	499,0	635,0	751,4	787,3	710,0
1934	529,0	893,4	900,0	1.002,0	965,1	1.011,2	1.118,0
1935	423,4	525,0	569,0	540,0	772,5	809,4	656,0
1936	487,0	743,8	803,0	835,0	888,6	930,9	930,0
1937	513,2	775,8	822,4	776,0	936,3	981,0	1.060,0
1938	330,3	445,4	470,5	466,0	602,6	631,3	524,0
1939	449,3	519,8	579,6	692,0	819,7	858,8	812,0
1940	696,6	995,5	955,0	1.008,0	1.270,9	1.331,5	1.174,0
1941	759,9	1.079,4	1.128,0	1.334,0	1.386,5	1.452,7	1.573,0
1942	412,4	586,4	674,0	701,0	752,5	788,4	839,0
1943	413,4	663,4	716,0	638,0	754,2	790,2	767,4
1944	487,7	679,4	810,9	803,8	889,7	932,2	905,2
1945	355,2	395,5	431,2	507,1	648,1	679,1	659,4
1946	342,5	459,0	498,2	447,6	624,9	654,7	635,7
1947	368,9	537,5	558,8	580,4	673,0	705,2	684,8
1948	506,3	737,5	758,3	873,8	923,8	967,9	939,9
1949	360,9	561,9	534,6	551,7	658,4	689,9	669,9
1950	543,1	866,0	882,9	900,9	990,8	1.038,1	1.008,0

TABLA 4.8

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

AÑO	RP - 1	RP - 2	RP - 3	RP - 4	RP - 5	RP - 6	RP - 7
	Marchigüe	San José del Carmen	Millahue	Placilla	Espinalillo	La Candelaria	El Cóndor
1951	558,7	887,8	677,9	851,0	1.031,5	1.068,1	1.037,1
1952	390,1	529,5	578,4	597,2	687,9	745,7	724,1
1953	748,6	1.073,8	1.109,8	1.274,2	1.230,4	1.430,9	1.389,5
1954	450,9	647,5	673,2	677,5	748,7	867,9	842,8
1955	343,9	473,8	525,3	511,6	745,7	486,6	657,7
1956	506,0	643,5	711,6	699,2	852,7	878,5	891,0
1957	400,6	572,0	540,4	616,7	802,3	665,0	676,6
1958	501,1	789,9	653,2	882,3	647,2	923,0	817,8
1959	520,9	784,1	898,6	933,9	1.276,1	1.000,0	1.125,1
1960	328,6	508,5	522,6	535,3	504,4	578,5	654,4
1961	511,4	787,0	613,1	771,4	816,1	1.002,0	767,6
1962	324,5	382,0	436,4	435,0	701,1	519,4	546,4
1963	459,9	838,0	905,3	913,0	1.051,3	1.094,8	1.133,4
1964	350,9	495,3	452,8	471,4	532,9	541,2	566,9
1965	670,0	981,0	1.022,6	1.104,0	1.540,7	1.316,0	1.280,4
1966	759,9	758,0	979,7	1.207,0	931,4	1.171,3	1.226,7
1967	316,0	442,0	485,3	495,0	655,0	598,3	607,6
1968	133,0	284,1	292,6	234,2	334,6	242,5	366,4
1969	353,3	605,2	623,5	635,6	744,2	803,9	780,6
1970	331,3	552,2	568,9	618,9	683,1	733,5	712,3
1971	470,3	607,7	626,1	595,9	731,4	807,2	783,8
1972	879,1	1.242,9	1.280,5	1.498,0	1.429,0	1.651,0	1.603,2
1973	367,5	550,4	567,1	654,0	791,4	731,2	710,0
1974	579,1	764,6	787,8	857,1	994,0	1.015,7	986,3
1975	492,3	708,5	729,9	794,1	966,0	941,1	913,9

TABLA 4. 8

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

AÑO	ML - 1	ML - 2	ML - 3	ML - 4	ML - 5
	Talca	Armerillo	Invernada Cipreses	Constitución	San Luis de Talca
1926	927,4	2.778,9	2.001,2	1.054,1	-
1927	552,2	2.276,7	1.286,0	829,9	-
1928	673,9	2.614,3	1.385,5	653,2	-
1929	634,1	1.942,6	1.260,1	826,2	-
1930	834,4	3.660,6	1.949,3	1.026,9	-
1931	667,4	2.307,2	1.410,0	854,5	-
1932	560,2	2.527,6	1.444,8	1.024,4	-
1933	527,7	2.259,3	1.144,5	755,3	-
1934	709,8	3.177,7	1.470,1	753,4	-
1935	527,7	1.982,5	1.176,7	751,7	-
1936	694,0	2.185,9	1.353,5	670,0	-
1937	650,9	2.694,4	1.426,2	704,8	-
1938	408,1	1.863,6	917,8	652,2	-
1939	595,9	2.084,6	1.248,5	795,4	-
1940	871,0	2.984,1	1.935,8	1.283,4	-
1941	997,3	3.683,1	2.111,9	1.097,3	-
1942	642,4	2.129,2	1.146,1	655,5	717,0
1943	501,2	1.801,3	1.148,9	688,6	588,6
1944	557,8	2.568,8	1.355,2	657,2	631,7
1945	388,1	1.979,5	987,2	515,9	554,0
1946	376,9	1.268,7	951,8	629,6	493,8
1947	528,9	1.807,4	1.025,2	531,2	576,1
1948	570,2	2.878,9	1.251,7	767,9	621,2
1949	543,7	2.064,0	1.293,1	520,2	593,0
1950	701,4	2.899,8	1.679,0	1.060,6	764,8

TABLA 4. 8

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

AÑO	ML - 1	ML - 2	ML - 3	ML - 4	ML - 5
	Talca	Armerillo	Invernada Cipreses	Constitución	San Luis de Talca
1951	809,3	3.184,5	1.213,5	999,1	881,7
1952	515,0	1.707,0	1.122,7	577,2	561,7
1953	826,9	2.934,0	2.157,9	1.266,0	937,2
1954	552,3	2.021,0	1.257,0	727,0	628,3
1955	381,5	1.696,0	1.064,8	503,0	434,0
1956	559,4	2.299,2	1.090,5	835,0	636,4
1957	446,7	1.964,0	1.098,6	610,5	508,2
1958	538,6	2.593,8	1.428,8	680,7	648,7
1959	813,0	2.886,0	1.690,8	999,1	924,9
1960	460,9	1.386,7	842,0	644,6	524,3
1961	659,3	2.004,2	1.195,9	594,1	750,0
1962	226,6	1.511,8	698,4	519,8	258,9
1963	747,9	3.170,5	1.799,6	907,1	748,0
1964	332,6	1.271,9	893,0	461,0	394,0
1965	928,0	3.925,4	2.390,3	1.047,0	1.056,0
1966	691,5	2.902,4	1.438,0	1.142,1	782,0
1967	454,0	1.401,9	672,2	517,8	431,8
1968	269,0	751,0	502,5	363,4	295,3
1969	523,0	2.494,2	1.347,0	762,4	578,7
1970	461,0	1.977,8	933,2	606,2	493,9
1971	579,0	1.913,7	1.115,9	657,7	556,4
1972	1.203,5	4.431,3	2.254,2	1.222,2	1.192,2
1973	494,5	1.976,8	1.072,5	577,1	469,9
1974	694,5	2.325,4	1.301,0	911,7	693,0
1975	514,5	1.847,7	1.755,0	882,1	544,7

TABLA 4.9

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-1 TENO E. A. P.

Latitud : 34° 52' S

Longitud : 71° 10' O

Altura : 298 msnm

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	-	-	85,6	134,1	95,8	299,8	17,2	7,7	15,2	-	655,4
1943	-	-	31,6	23,0	100,6	135,0	88,1	91,9	220,3	15,3	9,6	-	715,4
1944	-	5,7	-	30,7	102,5	250,9	46,0	299,8	22,0	82,4	8,5	-	848,5
1945	-	75,4	25,9	24,9	21,1	3,4	69,9	127,9	33,1	4,8	71,4	-	457,8
1946	62,3	-	-	18,2	68,0	108,2	90,0	41,2	28,7	18,2	9,6	1,9	446,3
1947	-	-	-	64,2	66,1	179,1	73,7	54,6	46,9	22,0	-	-	506,6
1948	-	-	-	62,2	59,4	107,3	371,6	15,3	75,7	21,0	-	-	712,5
1949	-	9,6	31,6	-	283,5	105,4	35,4	47,9	5,8	-	-	10,4	529,6
1950	-	2,9	10,5	156,1	306,5	71,8	14,4	134,1	81,4	35,2	67,2	-	880,1
1951	-	-	-	15,3	61,3	467,4	314,1	30,7	75,7	-	6,3	10,6	981,4
1952	-	3,8	15,3	-	199,2	120,7	140,8	36,4	25,9	38,3	-	-	580,4
1953	10,6	-	-	56,5	343,8	78,5	230,8	297,8	295,9	28,7	-	16,3	1358,9
1954	-	12,2	-	91,8	118,9	270,1	126,0	58,4	35,7	14,5	-	10,8	738,4
1955	-	-	-	4,3	66,9	304,4	39,3	100,3	19,5	12,0	7,1	22,4	576,2
1956	40,0	3,0	57,1	48,3	105,5	77,4	201,2	139,7	58,1	41,0	3,2	6,1	780,6
1957	0,7	-	-	4,9	179,0	99,7	149,3	96,9	28,2	19,3	-	14,8	592,8
1958	-	-	-	9,1	169,7	185,0	38,9	165,4	134,4	5,4	8,5	-	716,4
1959	47,8	1,7	53,1	211,7	71,0	204,7	239,7	54,9	47,9	53,2	-	-	985,7

TABLA 4.9
ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-1 TENO E. A. P.
(Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	30,5	-	49,4	236,7	133,9	66,8	6,3	49,7	-	-	573,3
1961	-	-	79,7	5,6	30,1	187,9	130,2	224,0	158,0	15,0	-	-	830,5
1962	-	-	-	15,0	22,0	248,0	22,0	84,0	23,0	32,0	2,0	-	448,0
1963	-	-	28,0	-	88,0	111,0	216,0	280,0	106,0	33,0	41,0	-	903,0
1964	6,6	-	-	15,5	25,6	109,3	129,4	153,8	2,1	3,8	34,1	65,6	545,8
1965	-	-	-	140,0	100,0	48,0	292,0	293,0	10,0	74,0	24,0	35,0	1016,0
1966	-	-	-	130,0	50,0	488,0	189,0	103,9	35,1	16,7	9,0	64,2	1085,9
1967	4,5	-	-	-	96,0	64,0	175,0	46,0	40,0	33,0	6,0	-	464,5
1968	-	-	5,5	47,5	7,5	23,8	23,6	57,6	80,5	15,7	15,8	-	277,5
1969	-	-	-	47,0	75,5	213,9	84,9	97,0	-	46,5	-	-	564,8
1970	-	-	-	-	121,0	160,5	299,0	30,4	38,5	39,9	0,7	4,9	694,9
1971	7,0	-	-	5,6	85,5	350,5	94,0	34,5	20,0	42,5	-	20,0	659,6
1972	10,0	-	93,0	-	461,5	330,0	104,0	296,0	146,0	57,5	21,5	-	1519,5
1973	-	-	-	3,0	210,5	99,0	158,0	118,5	-	127,0	-	2,5	718,5
1974	-	-	-	-	271,0	433,5	35,2	14,0	47,0	-	28,4	23,2	852,3
1975	-	2,3	-	73,8	92,0	138,9	361,4	74,5	4,0	7,2	41,4	-	795,5
Prom.	5,6	3,4	13,6	38,4	123,4	180,8	141,6	119,6	57,9	29,8	12,7	9,1	735,7

TABLA 4. 10

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-6 ROMERAL

Latitud : 34° 57' S
Longitud: 71° 08' O
Altura : 294 msnm

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	-	3,8	-	103,0	128,6	122,9	240,1	16,1	48,2	91,7	-	754,4
1943	-	-	24,6	22,7	90,8	148,4	102,1	90,8	199,5	3,8	1,8	-	684,5
1944	-	6,6	-	18,0	119,0	218,0	42,1	320,9	13,9	80,8	22,3	-	841,6
1945	-	87,0	38,8	32,0	35,3	4,1	83,2	113,0	31,5	6,7	71,1	-	502,7
1946	59,4	-	-	17,3	76,0	105,9	97,8	40,7	37,8	27,7	15,9	10,6	489,1
1947	-	-	3,8	23,4	72,7	163,9	59,1	57,8	42,7	44,9	-	-	468,3
1948	0,6	0,1	-	92,9	93,3	104,6	293,4	51,0	70,2	14,3	-	0,4	720,8
1949	-	13,7	20,8	2,9	270,9	183,9	28,1	52,5	14,3	0,5	-	19,9	607,5
1950	-	-	16,1	131,5	299,9	100,7	10,9	116,0	77,0	30,1	74,7	-	856,9
1951	2,6	1,7	13,2	16,9	104,0	385,3	307,5	38,0	64,7	1,2	5,1	5,3	945,5
1952	-	-	16,5	-	225,9	146,8	165,3	33,7	29,6	47,1	-	-	664,9
1953	13,4	-	-	46,0	231,4	85,1	160,5	318,6	191,6	38,5	-	19,3	1104,4
1954	-	12,8	-	96,4	124,9	283,8	132,4	61,4	37,5	15,2	-	11,4	775,8
1955	-	-	-	4,9	76,5	348,1	44,9	114,7	22,3	13,7	8,1	25,8	659,0
1956	41,7	3,1	59,6	50,4	110,1	80,8	209,9	145,7	60,6	42,8	3,3	6,4	814,4
1957	0,7	-	-	5,2	191,8	106,8	160,0	103,8	30,2	20,7	-	16,0	635,2
1958	-	-	-	10,4	193,3	210,8	44,3	188,5	153,1	6,1	9,7	-	816,2
1959	47,6	1,7	52,9	210,9	70,7	203,9	238,7	54,7	47,7	52,9	-	-	981,7

TABLA 4. 10
ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-6 ROMERAL
(Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	-	-	27,5	-	44,5	213,4	120,7	60,2	5,7	44,9	-	-	516,9
1961	15,7	-	86,8	6,7	27,9	209,9	120,9	217,1	118,2	14,2	-	-	817,4
1962	-	-	-	16,3	39,1	261,4	20,5	113,3	30,3	45,7	-	-	526,6
1963	-	-	41,0	0,6	84,9	120,5	244,5	288,6	108,5	41,1	61,9	-	991,6
1964	7,0	-	-	16,4	27,0	115,4	136,6	162,4	2,2	4,0	36,0	69,3	576,3
1965	-	3,9	-	137,5	121,2	16,0	343,4	339,9	25,2	60,9	24,3	34,1	1106,4
1966	-	-	-	136,8	56,5	489,2	171,3	124,6	34,6	17,3	8,8	71,0	1110,1
1967	7,0	-	-	-	84,0	74,0	174,0	28,0	39,0	67,0	6,0	-	479,0
1968	-	-	4,2	50,4	9,0	21,0	20,2	48,5	74,5	15,6	18,2	19,0	280,6
1969	-	-	-	61,5	87,2	196,4	78,0	89,8	7,3	86,1	11,3	-	617,6
1970	-	-	2,5	-	107,7	192,9	181,6	27,2	50,6	56,0	-	7,0	625,5
1971	-	-	-	5,2	143,6	402,7	76,4	35,3	27,0	38,1	-	52,2	780,5
1972	13,2	7,7	74,4	1,0	393,2	219,9	95,6	360,2	144,9	67,0	26,0	-	1403,1
1973	-	-	-	0,5	179,4	60,3	153,9	8,4	4,2	97,0	-	48,4	552,1
1974	1,3	-	1,8	-	344,6	429,5	30,8	20,0	42,7	10,9	18,0	29,2	928,8
1975	-	2,2	-	71,5	89,1	134,6	350,2	72,2	3,9	7,0	40,1	-	770,8
Prom.	6,2	4,1	14,4	37,8	127,3	181,4	135,9	121,7	54,7	34,4	16,3	13,1	747,2

TABLA 4. 11

ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-14 CUREPTO

Latitud : 35° 06' S

Longitud: 72° 01' O

Altura : 60 msnm.

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1942	-	3,7	9,2	6,8	114,4	65,8	74,4	154,3	27,1	19,1	23,3	-	498,1
1943	-	-	12,9	25,2	102,1	81,0	88,6	85,0	94,5	3,6	6,3	-	499,2
1944	-	-	-	26,7	102,9	215,8	45,2	215,7	20,3	70,5	3,1	-	700,2
1945	-	26,3	14,5	21,7	66,8	18,8	65,3	60,3	39,8	-	14,8	0,5	328,8
1946	12,2	8,1	-	12,2	44,6	73,0	64,9	93,3	36,5	28,4	10,5	4,8	388,5
1947	-	-	-	44,6	53,5	150,1	94,1	38,9	50,3	21,9	-	-	453,4
1948	-	-	-	58,4	59,2	76,2	255,5	38,9	43,8	12,2	-	-	544,2
1949	-	14,6	31,6	-	169,5	145,2	21,1	26,8	3,2	-	-	28,4	440,4
1950	-	-	-	121,7	210,1	147,6	21,1	133,0	14,6	17,0	59,1	-	724,2
1951	25,1	1,6	6,5	5,7	116,8	258,7	241,7	33,3	47,0	9,7	25,1	7,5	778,7
1952	-	2,1	18,5	-	187,4	81,9	88,4	8,1	39,7	41,4	0,4	-	467,9
1953	21,0	-	-	87,6	218,2	56,8	94,9	193,0	176,8	13,8	4,9	13,9	880,9
1954	-	8,9	-	63,3	91,7	222,2	147,6	38,1	23,5	3,2	-	13,1	611,6
1955	0,3	12,2	-	27,2	43,2	171,1	22,8	64,0	12,4	4,7	-	6,7	364,8
1956	20,1	2,2	82,4	32,0	97,0	58,4	133,8	32,8	28,9	14,8	12,9	-	515,3
1957	5,5	-	-	13,3	126,2	32,2	111,3	41,7	19,0	15,0	-	11,7	375,9
1958	-	-	0,8	21,9	172,7	43,1	30,1	69,0	94,8	2,7	30,1	-	465,2
1959	66,5	3,2	34,1	142,8	89,2	120,0	184,9	70,6	20,3	38,1	-	-	769,7

TABLA 4. 11
ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES MENSUALES HOMOGENEIZADA
ESTACION MT-14 CUREPTO
(Continuación)

AÑO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Anual
1960	8,1	-	10,5	9,7	31,6	166,3	83,5	34,1	34,9	29,2	4,9	-	412,8
1961	22,7	-	71,4	-	34,9	198,7	170,3	140,3	141,9	14,7	-	-	794,9
1962	-	-	5,7	30,0	16,2	83,5	16,2	51,1	21,9	16,3	-	-	240,9
1963	-	-	9,7	9,7	53,5	90,8	141,1	168,7	138,7	43,8	44,8	-	700,8
1964	5,7	-	-	1,6	4,9	55,2	71,4	108,7	8,1	-	22,7	21,8	300,1
1965	-	16,2	0,2	111,9	67,3	35,7	352,0	217,4	7,3	26,8	14,7	-	849,5
1966	-	-	-	90,4	53,4	346,0	134,8	109,0	8,1	16,3	8,6	59,2	825,8
1967	-	-	-	-	83,0	68,0	109,0	29,0	40,0	41,0	6,5	-	376,5
1968	-	4,5	5,0	19,9	3,3	73,2	32,4	48,2	42,9	22,6	9,1	36,5	297,6
1969	-	-	-	46,5	106,9	204,4	91,2	50,5	23,2	20,7	6,8	-	550,2
1970	2,3	-	0,7	-	78,8	162,6	137,6	21,2	6,3	26,1	-	9,6	445,2
1971	-	-	-	64,3	71,6	180,9	106,9	51,8	28,8	13,0	-	12,8	530,1
1972	0,1	-	42,0	12,8	240,1	322,2	103,5	164,9	77,3	35,5	9,2	-	1007,6
1973	-	-	1,2	-	97,0	55,4	152,0	11,5	2,9	43,5	-	8,0	371,5
1974	3,0	-	1,5	-	209,1	295,1	25,3	18,2	18,0	17,6	23,5	10,0	621,3
1975	-	24,9	-	20,4	83,5	130,8	210,7	100,4	11,4	13,9	26,7	5,9	628,6
Prom.	5,7	3,8	10,5	33,2	97,1	132,0	109,5	80,0	41,3	20,5	10,8	7,4	551,8

TABLA 4. 12

PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES

CODIGO		MT - 1	MT - 3	MT - 4	MT - 5	MT - 7	MT - 8	MT - 9	MT - 13	MT - 14	MT - 17
ESTACION		Teno E. A. P.	Rauco	Santa Susana	Romeral	Curicó	Hacienda Caune	Los Queñes Retén	Molina	Curepto	Hacienda Monte Grande
4	X _{50%}	694,6	691,0	834,8	723,9	647,5	661,8	1.184,0	737,4	530,4	997,3
	$\bar{X}$	735,7	723,0	860,7	747,2	682,5	697,2	1.248,8	776,2	551,8	1.048,1
2	σ	255,3	221,5	259,5	229,4	219,4	216,4	395,5	239,9	190,3	316,8
-	C _v	0,35	0,31	0,31	0,31	0,33	0,32	0,32	0,31	0,35	0,31
7	Máx.	1.519,5	1.366,2	1.575,8	1.403,1	1.401,4	1.311,5	2.330,4	1.455,4	1.007,6	1.981,2
5	Mín.	277,5	312,2	293,2	280,6	277,4	299,7	536,8	332,6	240,9	452,8
	Rango	1.242,0	1.054,0	1.282,6	1.122,5	1.124,0	1.011,8	1.793,6	1.122,8	766,7	1.528,4
2	X _{50%}	739,9	729,1	866,0	761,0	685,1	699,3	1.250,4	770,6	549,7	1.048,4
	$\bar{X}$	780,6	759,3	903,0	783,8	709,8	728,9	1.312,7	808,8	579,6	1.101,0
6	σ	257,2	235,9	256,8	233,9	222,5	209,5	388,0	237,2	181,8	326,9
-	C _v	0,33	0,31	0,29	0,30	0,32	0,29	0,30	0,30	0,32	0,30
7	Máx.	1.519,5	1.389,0	1.575,8	1.403,1	1.401,4	1.311,5	2.330,4	1.455,4	1.007,6	1.981,2
5	Mín.	277,5	312,2	293,2	280,6	277,4	299,7	536,8	322,6	240,9	452,8
	Rango	1.242,0	1.076,8	1.282,6	1.122,5	1.124,0	1.011,8	1.793,6	1.122,8	766,7	1.528,4

TABLA 4. 12
PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES
(Continuación)

CODIGO		RM - 1	RM - 2	RM - 3	RM - 4	RM - 5	RM - 7	MM - 1
ESTACION		Pichilemu	Pumanque Hacienda	Querelema	Lolol	Dunas de Llico	Iloca	Gualleco
4	X _{50%}	501,4	502,3	595,7	678,7	641,4	731,1	760,1
2	$\bar{X}$	529,5	519,9	619,1	716,2	674,6	768,9	798,8
-	σ	168,1	174,5	220,1	236,5	205,9	234,2	247,6
-	Cv	0,32	0,34	0,36	0,34	0,31	0,31	0,31
7	Máx.	989,1	1.103,4	1.377,4	1.333,4	1.267,9	1.400,3	1.481,5
5	Mín.	226,1	225,8	283,5	265,5	289,8	381,1	307,0
	Rango	763,0	877,6	1.093,9	1.067,9	978,1	1.019,2	1.174,5
2	X _{50%}	527,5	518,8	616,7	725,1	672,5	769,4	801,6
6	$\bar{X}$	549,7	543,1	650,4	749,9	704,6	807,7	839,1
-	σ	157,1	167,1	211,3	236,6	202,4	231,5	243,5
-	Cv	0,29	0,31	0,33	0,32	0,29	0,29	0,29
7	Máx.	989,1	1.103,4	1.377,4	1.333,4	1.267,9	1.400,3	1.481,5
5	Mín.	226,1	225,8	283,5	265,5	289,8	381,1	307,0
	Rango	763,0	877,6	1.093,9	1.067,9	978,1	1.019,2	1.174,5

TABLA 4. 12

PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES
(Continuación)

CODIGO		RP - 1	RP - 2	RP - 3	RP - 4	RP - 5	RP - 6	RP - 7
ESTACION		Marchigüe	San José del Carmen	Millahue	Placilla	Espinalillo	La Candelaria	El Cóndor
	X _{50%}	443,7	626,9	646,5	691,0	807,6	833,7	809,4
4	$\bar{X}$	457,0	658,7	680,2	731,4	833,7	854,7	850,3
2	σ	145,4	200,3	208,4	257,6	251,0	276,0	256,0
-	C _v	0,32	0,31	0,31	0,36	0,31	0,33	0,31
7	Máx.	879,1	1.242,9	1.280,5	1.498,0	1.540,7	1.651,0	1.603,2
5	Mín.	133,0	284,1	292,6	234,2	334,6	242,5	366,4
	Rango	746,1	958,8	987,9	1.263,8	1.206,1	1.408,5	1.236,8
	X _{50%}	458,7	659,7	677,5	725,5	841,5	861,4	847,3
2	$\bar{X}$	480,1	690,8	711,6	766,3	875,7	904,8	891,0
6	σ	142,0	210,2	209,4	257,9	249,2	272,2	267,8
-	C _v	0,30	0,31	0,30	0,34	0,29	0,30	0,30
7	Máx.	879,1	1.242,9	1.280,5	1.498,0	1.540,7	1.651,0	1.603,2
5	Mín.	133,0	284,1	292,6	234,2	334,6	242,5	366,4
	Rango	746,1	958,8	987,9	1.263,8	1.206,1	1.408,5	1.236,8

TABLA 4.12
PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES

(Continuación)

CODIGO		ML - 1	ML - 2	ML - 3	ML - 4	ML - 5
ESTACION		Talca	Armerillo	Invernada Cipreses	Constitución	San Luis de Talca
4	$\overline{X}_{50\%}$	549,5	2.116,2	1.202,0	699,3	615,0
	$\overline{X}$	574,3	2.234,6	1.269,8	736,5	631,5
2	σ	190,1	759,2	424,3	225,0	197,6
-	CV	0,34	0,34	0,34	0,31	0,31
7	Máx.	1.203,5	4.431,3	2.390,3	1.266,0	1.192,1
5	Mín.	257,8	751,0	502,5	363,4	258,9
	Rango	945,7	3.680,3	1.887,8	902,6	933,3
2	$\overline{X}_{50\%}$	589,4	2.279,1	1.270,4	747,4	
	$\overline{X}$	606,5	2.340,0	1.333,9	775,4	
6	σ	185,8	716,7	410,8	218,6	
-	Cv	0,31	0,31	0,31	0,28	
7	Máx.	1.203,5	4.431,3	2.390,3	1.283,4	
5	Mín.	257,8	751,0	502,5	363,4	
	Rango	945,7	3.680,3	1.887,8	920,0	

TABLA 4.13

RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LAS
PRECIPITACIONES ANUALES (PERIODO 1942-75)

Código	ESTACION	PRECIPITACION ANUAL PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA EN %				
		5	20	50	85	95
MT-1	Teno E. A. P.	1.219,9	932,2	694,6	491,4	399,3
MT-3	Rauco	1.143,5	894,1	691,0	503,1	417,6
MT-4	Santa Susana	1.323,8	1.068,8	834,8	596,9	481,6
MT-5	Romeral	1.156,8	930,8	723,9	514,4	413,1
MT-7	Curicó	1.103,9	846,2	647,5	470,9	390,8
MT-8	Hacienda Caune	1.121,8	862,1	661,8	484,0	403,3
MT-9	Los Queñes Retén	1.995,8	1.537,4	1.183,9	870,0	727,6
MT-13	Molina	1.239,8	956,1	737,4	543,2	455,0
MT-14	Curepto	891,8	701,3	530,4	361,1	281,4
MT-17	Hacienda M. Grande	1.653,3	1.282,9	997,3	743,6	628,5
RM-1	Pichilemu	855,4	655,5	501,4	364,5	302,4
RM-2	Pumanque Hacienda	817,2	652,3	502,3	351,6	279,4
RM-3	Querelema	995,2	784,9	595,7	407,8	319,1
RM-4	Lolol	1.180,0	900,6	678,7	479,0	390,3
RM-5	Dunas de Llico	1.075,4	830,3	641,4	473,5	397,4
RM-7	Iloca	1.208,2	947,4	731,1	537,6	457,0
MM-1	Gualleco	1.287,8	989,8	760,1	556,1	463,5
RP-1	Marchigüe	716,8	572,7	443,7	310,8	244,1
RO-2	S. José del Carmen	1.062,1	816,3	626,9	458,6	382,2
RP-3	Millahue	1.084,9	837,3	646,5	477,0	400,1
RP-4	Placilla	1.236,1	928,3	691,0	480,2	384,5
RP-5	Espinalillo	1.272,2	1.028,8	807,6	585,6	479,4
RP-6	La Candelaria	1.346,8	1.079,6	833,7	572,2	437,3
RP-7	El Cóndor	1.343,0	1.041,7	809,4	603,1	509,5
ML-1	Talca	927,9	720,7	549,5	388,3	313,8
ML-2	Armerillo	3.780,6	2.840,7	2.116,2	1.472,6	1.180,6
ML-3	Invernada Cipreses	2.093,0	1.589,9	1.202,0	857,5	701,2
ML-4	Constitución	1.183,8	908,8	699,3	519,5	443,0
ML-5	San Luis de Talca	1.062,7	809,9	615,0	441,9	363,3

TABLA 4.14

FACTORES DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES ANUALES
PERIODOS 1942 - 1975 y 1926 - 1975

Cód.	ESTACION	P50%		(P5%/P50%)		(P20%/P50%)		(P85%/P50%)		(P95%/P50%)	
		42-75	26-75	42-75	26-75	42-75	26-75	42-75	26-75	42-75	26-75
MT1	Teno E.A.P.	694,6	739,9	1,756	1,734	1,329	1,248	0,707	0,716	0,575	0,587
MT3	Rauco	691,0	729,1	1,655	1,625	1,294	1,229	0,728	0,721	0,604	0,594
MT4	Santa Susana	834,8	866,0	1,586	1,637	1,280	1,224	0,715	0,733	0,577	0,611
MT5	Romeral	723,9	761,0	1,598	1,587	1,286	1,217	0,711	0,719	0,571	0,579
MT7	Curicó	647,5	685,1	1,705	1,619	1,307	1,229	0,727	0,716	0,604	0,584
MT8	Hacienda Caune	661,8	699,3	1,695	1,622	1,303	1,219	0,731	0,737	0,609	0,617
MT9	Los Queñes Retén	1.184,0	1.250,4	1,686	1,668	1,298	1,226	0,735	0,742	0,615	0,624
MT13	Molina	737,4	770,6	1,681	1,667	1,297	1,225	0,737	0,742	0,617	0,625
MT14	Curepto	530,4	549,7	1,681	1,743	1,322	1,251	0,681	0,713	0,531	0,582
MT17	Hacienda Monte Grande	997,3	1.048,4	1,658	1,676	1,286	1,228	0,746	0,739	0,630	0,620
RM1	Pichilemu	501,4	527,5	1,706	1,621	1,307	1,219	0,727	0,738	0,603	0,617
RM2	Pumanque Hacienda	502,3	518,8	1,627	1,659	1,299	1,230	0,700	0,727	0,556	0,603
RM3	Querelema	595,7	616,7	1,671	1,724	1,318	1,245	0,685	0,720	0,536	0,593
RM4	Lolol	678,7	725,1	1,739	1,641	1,327	1,232	0,706	0,710	0,575	0,570
RM5	Dunas de Llico	641,4	672,5	1,677	1,654	1,295	1,221	0,738	0,747	0,620	0,632
RM7	Iloca	731,1	769,4	1,653	1,646	1,296	1,224	0,735	0,750	0,625	0,637
MM1	Gualleco	760,1	801,6	1,694	1,673	1,302	1,227	0,732	0,740	0,610	0,622
RP1	Marchigüe	443,7	458,7	1,616	1,679	1,291	1,237	0,700	0,722	0,500	0,596
RP2	San José del Carmen	626,9	659,7	1,694	1,663	1,302	1,232	0,732	0,726	0,610	0,601
RP3	Millahue	646,5	677,5	1,678	1,675	1,295	1,238	0,738	0,739	0,619	0,621
RP4	Placilla	691,0	725,5	1,789	1,767	1,343	1,259	0,695	0,703	0,556	0,569
RP5	Espinalillo	807,6	841,5	1,575	1,607	1,274	1,214	0,725	0,742	0,594	0,622
RP6	La Candelaria	833,7	861,4	1,615	1,723	1,295	1,230	0,686	0,710	0,525	0,580
RP7	El Cóndor	809,4	847,3	1,659	1,669	1,287	1,226	0,745	0,741	0,629	0,624
ML1	Talca	549,5	589,4	1,689	1,588	1,312	1,222	0,707	0,714	0,571	0,576
ML2	Armerillo	2.116,2	2.279,1	1,787	1,590	1,342	1,221	0,696	0,706	0,558	0,557
ML3	Invernada Cipreses	1.202,0	1,270,4	1,741	1,711	1,323	1,240	0,713	0,725	0,583	0,600
ML4	Constitución	699,3	747,4	1,693	1,596	1,300	1,210	0,743	0,747	0,633	0,630
ML5	San Luis de Talca	615,0	-	1,728	-	1,317	-	0,719	-	0,591	-

TABLA 4. 15

RESUMEN ANALISIS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS ANUALES

C O D I G O	NOMBRE ESTACION	PARAMETROS ESTADISTICOS PRINCIPALES								Precipitación para pe ríodos de retorno de		
		X _{50%}	$\bar{X}$	$\sqrt{s}$	C _V	Valor Máx.	Valor Mín.	Rango	Distribución	10 años	100 años	1000 años
MT-1	Teno E.A.P.	86,8	94,4	29,3	0,31	152,5	55,0	97,5	Log. Normal 3	137,6	217,7	315,1
MT-2	Rauco	75,2	77,0	24,5	0,32	150,0	20,0	130,0	Log. Normal 3	109,5	142,7	170,5
MT-4	Romeral	72,8	74,5	21,9	0,29	128,0	32,0	96,0	Log. Normal 3	103,9	134,6	160,6
MT-5	Curicó	67,7	71,4	22,8	0,32	128,2	29,6	98,6	Gumbel	103,4	148,0	191,8
MT-7	Los Queñes Retén	87,1	88,7	17,4	0,20	133,0	54,5	78,5	Log. Normal 2	112,3	138,2	160,9
MT-8	Molina	73,6	75,3	19,5	0,26	131,0	39,8	91,2	Gamma 2	100,9	124,7	296,5
MT-9	Curepto	65,6	65,6	16,2	0,25	105,0	29,2	75,8	Normal	86,7	103,9	116,5
RM-2	Pumanque Hacienda	61,1	65,2	28,9	0,44	225,0	27,5	197,5	Gumbel	92,1	130,6	168,5
RM-3	Querelema	71,4	75,1	22,6	0,30	126,0	36,0	90,0	Gumbel	107,7	153,0	197,4
RM-4	Lolol	79,9	82,8	27,2	0,33	175,0	26,8	148,2	Gamma 2	118,8	155,7	355,7
RP-2	San José del Carmen	76,2	78,9	27,2	0,34	162,0	17,5	144,5	Log. Normal 3	114,6	154,4	189,3
RP-4	Placilla	80,0	80,0	21,5	0,27	135,3	24,4	110,9	Normal	107,8	130,5	147,0
ML-4	Constitución	71,6	76,6	29,6	0,39	176,2	30,0	146,2	Gumbel	112,6	163,7	213,9
ML-5	San Luis de Talca	63,2	65,3	20,8	0,32	126,5	28,4	98,1	Gamma 2	92,4	119,6	276,2

5. - ESTUDIO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL

5.1 INTRODUCCION

Los objetivos generales del estudio de escorrentía superficial son los siguientes:

- Elaborar las estadísticas definitivas de los registros fluviométricos disponibles en la cuenca.
- Caracterizar el régimen de escorrentía superficial en diferentes subcuencas con y sin control fluviométrico en la cuenca del Río Mataquito.
- Determinar la información sobre caudales que se requiera en diferentes puntos y sectores de la cuenca para los estudios de regadío y de ingeniería de obras.
- Evaluar las magnitudes de las pérdidas y recuperaciones en los sectores principales del río Teno y del río Lontué.
- Aportar antecedentes para la evaluación de balances hidrológicos en diferentes subcuencas y sectores de la cuenca.

En los puntos que siguen se desarrollan los diversos aspectos y las etapas necesarias para lograr los objetivos generales planteados, ilustrándose la metodología empleada e incluyéndose los resultados finales principales y la discusión correspondiente de los mismos. En el Anexo 5, se incluyen resultados complementarios y antecedentes metodológicos adicionales.

5.2 ESTACIONES FLUVIOMETRICAS CONSIDERADAS Y RECOPILACION DE LA INFORMACION BASICA CORRESPONDIENTE

5.2.1 Información Fluviométrica Básica en Cuenca Río Mataquito

En la cuenca del río Mataquito existen actualmente once estaciones fluviométricas. La ubicación y tipo de dichas estaciones se indica en la Figura 5.1. De esta figura puede observarse que las estaciones fluviométricas se ubican en su mayoría en la cabecera de los valles y zonas cordilleranas de la cuenca. El río Mataquito mismo no dispone de estaciones fluviométricas en su curso.

En la Tabla 5.1 se indica el área aportante a cada estación fluviométrica, su tipo, su altura en m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas.

Los datos fluviométricos básicos disponibles se resumen mediante el diagrama de barras de la Figura 5.2, en donde se indica también la Institución que opera cada estación, la naturaleza de sus registros y su continuidad. La Tabla 5.2, resume la extensión de los registros de caudales máximos y mínimos en cada estación de la cuenca del río Mataquito.

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

La información fluviométrica registrada originalmente se incluye en las Tablas A 5.1 a A 5.10 del Anexo 5.

En resumen, puede concluirse lo siguiente con respecto a los registros fluviométricos recopilados:

a) La información fluviométrica registrada, que da concentrada en la parte alta cordillerana de la Cuenca, no disponiéndose por lo tanto de información fluviométrica a la salida de los valles, en las zonas costeras y a lo largo del río Mataquito.

b) Sólo dos estaciones fluviométricas de un total de once, son limnimétricas. Las nueve restantes son de tipo limnigráfico.

c) Cuatro estaciones (Teno en Los Queñes, Claro en Los Queñes, Colorado en Junta con Palos y Palos en junta con Colorado) poseen estadísticas prácticamente completas dentro del período de estudio considerado (1942-1976), requiriendo de un mínimo relleno.

d) Las siete estaciones restantes requieren de extensión de sus registros. De ellas, las de Teno después de Junta y las de Teno en puente FF.CC., requieren extensión en menos de un tercio del período; las de El Manzano y Upeo requieren extensión en la mitad del período de estudio.

HTS	CICA	B&P	ESTUDIO HIDROLOGICO		REPUBLICA DE CHILE
Proyecto	HIDROLOGIA	Plano N° 1	UBICACION Y TIPO DE ESTACIONES FLUVIOMETRICAS		COMISION NACIONAL DE RIEGO
Jefe Unidad:	B Espildora C	Escala 1:500.000	EN LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO		ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
Jefe Estudio:	J. Zegers A	Fecha Diciembre 1977			DE LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO
Dibujo:	J. Greus v.				VI-VII REGION
Inspector:	C.N.R.	VºBº	Observ.		NIVEL PREFACTIBILIDAD

FIGURA 5.1

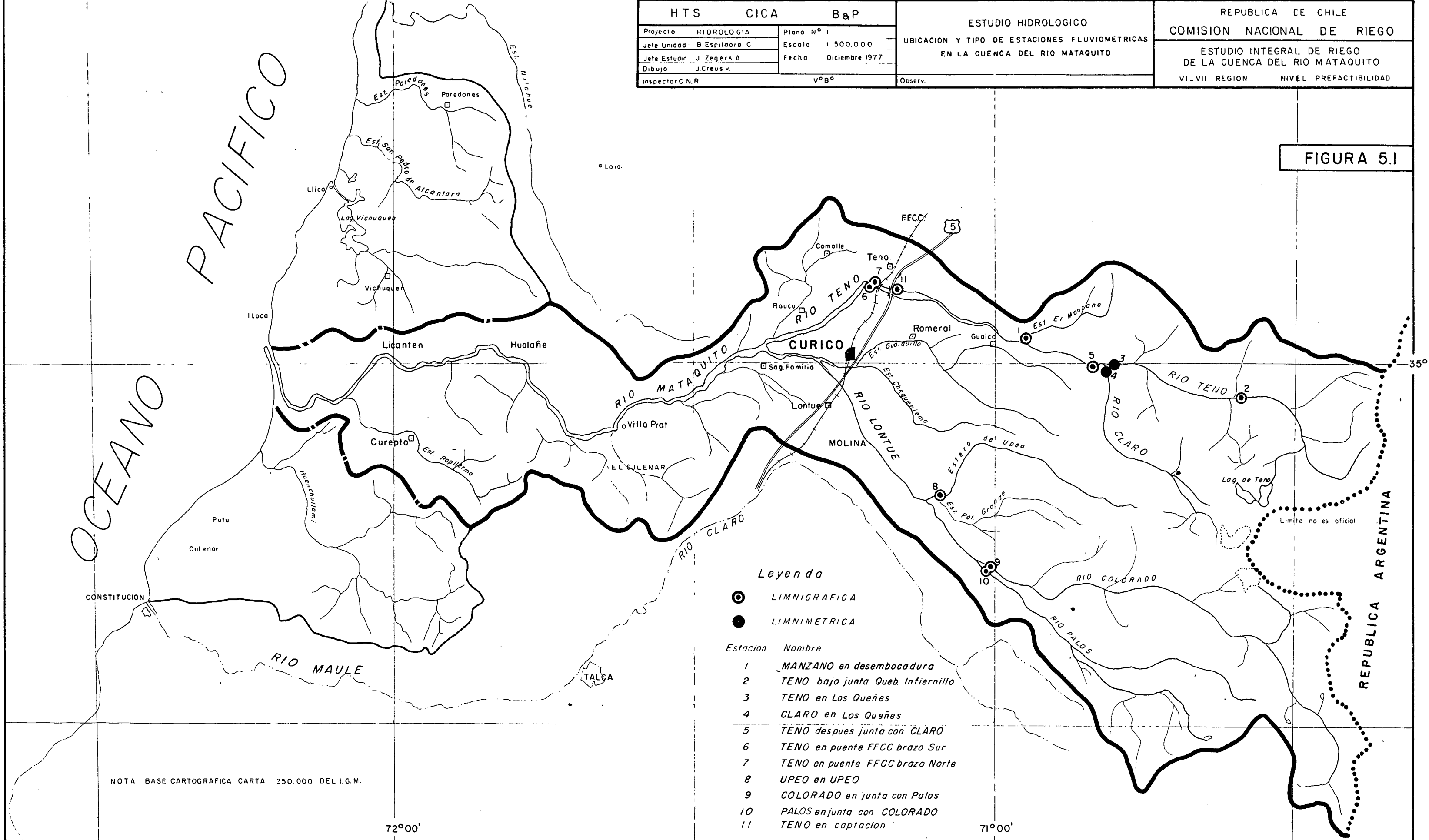


TABLA 5.1

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

Año de Instal.	N° NOMBRE DE LA ESTACION		DATOS OFICIALES DE LA D.G.A.					DATOS MODIF. POR EL ESTUDIO			
			Area Aport.	Tipo	Alt.	Coord. Geogr.		Area Aport.	Alt.	Coord. Geogr.	
						Lat.	Long.			Lat.	Long.
1959	1	Est. El Manzano en Desembocadura	130	Lm-Lg	690	34°58'	70°56'	130	530	34°57'50"	70°56'30"
1964	2	Teno Bajo Junta Qda. Infiernillo	562	Lm-Lg	990	35°03'	70°37'	562	1060	35°02'35"	70°36'30"
1917	3	Teno en Los Queñes	830	Lm	900	35°01'	70°50'	830	650	34°59'36"	70°48'35"
1917	4	Claro en Los Queñes	350	Lm	900	35°02'	70°49'	350	650	34°59'52"	70°48'40"
1947	5	Teno después de Junta	956	Lm-Lg	880	35°01'	70°51'	1180	640	34°59'50"	70°49'26"
1962	6	Teno en Puente FF.CC. (Brazo Sur)	1523	Lm-Lg	275	34°53'30"	71°11'30"	1523	270	34°53'50"	71°10'55"
1962	7	Teno en Puente FF.CC. (Brazo Norte)	1523	Lm-Lg	275	34°53'30"	71°11'30"	1523	270	34°53'30"	71°10'30"
1963	8	Upeo en Upeo	356	Lm-Lg	450	35°08'	71°06'	199	440	35°10'36"	71°04'20"
1941	9	Colorado en Junta con Palos	883	Lm-Lg	600	35°16'30"	71°01'30"	883	595	35°16'20"	71°00'35"
1941	10	Palos Antes de Junta con Colorado	506	Lm-Lg	599	35°16'30"	71°01'30"	506	595	35°16'35"	71°01'00"
1971	11	Teno en Captación	-	Lm-Lg	305	34°54'	71°10'	-	290	34°54'20"	71°09'00"

TABLA 5.2

CUADRO RESUMEN DE CAUDALES MAXIMOS Y MINIMOS DISPONIBLES
EN LA HOYA DEL RIO MATAQUITO

N°	Nombre Estación	Caudales Máximos Instantáneos	Caudales Máximos Medios Diarios	Caudales Mínimos Medios Diarios
1	El Manzano en Desembocadura	1963-1975	1959-1975	1959-1975
2	Teno bajo Junta Quebrada Infiernillo	1969-1976	1969-1976	-
3	Teno en Los Queñes	-	1938-1976	1938-1976
4	Claro en Los Queñes	-	1918-1975	1918-1975
5	Teno después de Junta	1958-1973;1976	1948-1976	1948-1976
6+7	Teno en Puente de FF.CC.	1963-1968;1970; 1974-1976	1963-1968;1970; 1973-1976	1963-1970 1973-1976
8	Upeo en Upeo	1963-1970	1963-1971;1975-1976	1963-1972;1975-1976
9	Colorado en Junta con Palos	1965;1967-1976	1941-1976	1942-1976
10	Palos en Junta con Colorado	1965;1967-1975	1942-1948;1951;1954- 1955;1957-1963;1965; 1967-1975	1942-1949;1951- 1952;1954-1955; 1957-1963;1965; 1967-1975
11	Teno en Captación	-	-	-

e) Las estaciones de Teno en captación y Teno bajo Quebrada Infiernillo poseen registros muy cortos y recientes.

El análisis global preliminar de la información fluviométrica recopilada, permitió detectar inconsistencias y errores en las superficies de las cuencas aportantes, en la ubicación (coordenadas geográficas) y en la altura en m.s.n.m. de las estaciones fluviométricas consideradas. Estas modificaciones aparecen consignadas en la Tabla 5.1.

El análisis de la calidad de los registros fluviométricos en cuanto a homogeneidad de las estadísticas mismas, se analiza en el punto siguiente.

5.2.2 Información Fluviométrica Complementaria en Cuencas Vecinas

Para desarrollar ciertas etapas específicas del estudio hidrológico, se recopiló y usó además la información fluviométrica registrada en las siguientes subcuencas vecinas de las hoyas de los ríos Maule y Rapel:

Hoya del R. Maule:

- Purapel en Nirivilo
- La Puente en junta con Melado
- Campanario en Junta
- Puelche en junta con Maule
- Huaquivilo en Huaquivilo

Hoya del R. Rapel:

- Cortaderal antes junta Cachapoal
- Cachapoal antes junta Cortaderal
- Estero Calleuque en Los Cardos

Estas estaciones se eligieron de manera que cubrieran tanto cuencas netamente pluviales como puramente nivales, que tuvieran una mínima influencia de riego, y que fueran de régimen y características hidrológicas similares a las subcuencas del Mataquito donde se requería efectuar transposiciones.

5.2.3 Informes disponibles de Estudios Anteriores

Como información básica y complementaria al estudio de escorrentía superficial se recopilaron y analizaron diversos estudios hidrológicos anteriores que se consignan en la bibliografía. Una breve reseña y comentario de estos estudios en lo pertinente a este estudio hidrológico, se incluye en el Anexo 5.

En lo que se refiere al uso de la información básica disponible de estos estudios previos, es preciso señalar que ésta tuvo más bien carácter limitado en atención a las siguientes consideraciones:

a) La mayoría de los estudios anteriores consultados son de tipo local, por lo que la información disponible en ellos es en general muy limitada.

b) En estos estudios, el procesamiento de los datos básicos en lo referente a homogeneización, relleno y ampliación de los registros, se efectuó mediante metodologías diversas, que en su mayoría no son consistentes entre sí.

c) Los estudios más recientes fueron realizados durante los últimos diez a doce años, por lo cual sus datos básicos abarcan períodos de variadas extensiones.

d) Para un estudio integral de recursos de agua tal como el presente, se requiere analizar los datos básicos en forma global y regional, adoptando criterios uniformes para todas las estaciones fluviométricas. Este enfoque no es posible si se hubiera hecho uso de la información disponible, procesada de acuerdo a los estudios anteriores.

5.3 ANALISIS DE HOMOGENEIDAD DE LOS REGISTROS FLUVIOMETRICOS ANUALES Y MENSUALES

El análisis de la información fluviométrica que se incluye a continuación, se efectúa sólo para los caudales medios anuales y mensuales registrados. El análisis de caudales máximos diarios e instantáneos se desarrolla en el punto 5.8.2.

5.3.1 Elección de un Patrón Fluviométrico

Primeramente se verificó la calidad de los registros fluviométricos de caudales medios anuales, desde el punto de vista de homogeneidad y consistencia de los mismos, por medio de un análisis de las curvas másicas correspondientes, utilizando los datos de rendimiento específico anual de las estaciones (caudal medio anual por unidad de área de la cuenca aportante en $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$).

Para ello se determinó un patrón fluviométrico definitivo (Patrón N°3) por medio de un proceso iterativo que significó elaborar dos patrones fluviométricos iniciales: Patrón N°1 y N°2. Los criterios utilizados en la selección de los patrones fluviométricos consistieron en: i) Utilizar aquellas estaciones que dispusieran de registros más extensos; ii) Utilizar aquellas estaciones que requieran un relleno inicial mínimo y, iii) Definir el patrón tentativo a partir del mayor número de estaciones posibles. Estos criterios significaron tener que descartar de un eventual patrón, las estaciones N°s: 1, 2, 8 y 11. (Ver códigos de numeración de las estaciones en Tabla 5.1).

El Patrón N°1 se formó con las estaciones fluviométricas N°s: 3, 4, 5, 6 más 7, 9 y 10, para el período 1951 a 1973. El análisis de las curvas másicas correspondientes a cada una de estas estaciones, permitió concluir que deberían excluirse del patrón las estaciones N°s. 4 y la 6 más 7, por presentar errores y falta de homogeneidad de sus registros en ciertos períodos. Además se detectó un quiebre el año 1966 en la estación 9 que coincidió con un traspaso de la estación de Endesa a la DGA y un cambio a estación limnigráfica. Este quiebre se corrigió con el Patrón P 1. Un resumen de los resultados de este análisis se incluye en la Tabla A 5.11 del Anexo 5.

El Patrón N°2 se formó con las estaciones N°s. 3,

5, 9 y 10 durante el período 1942 y 1975 inclusivos. Primeramente fue necesario ampliar el registro de la estación N°5 entre 1942 y 1947 y rellenar algunos meses posteriores a 1947. Para ello se desarrollaron correlaciones con la suma de los registros de las estaciones N°3 y N°4, obteniéndose las regresiones lineales que se incluyen en las Figuras A 5.1 a A 5.6 del Anexo 5. Además fue necesario rellenar algunos años de las estaciones N°3, N°9 y N°10 mediante correlaciones mensuales con la estación N°5. Las regresiones lineales obtenidas se incluyen en las Figuras A 5.7 a A 5.19 del Anexo 5. En base a estas regresiones se dispuso de estadísticas para el período 1951-1973 en todas las estaciones del patrón N°2. El análisis de las curvas másicas respectivas reveló la falta de homogeneidad del registro de la estación N°3 y permitió concluir que el patrón fluviométrico definitivo (Patrón N°3) podría estar integrado sólo por las estaciones N°5, 9 y 10. Un resumen de los resultados de dicho análisis por curvas másicas se incluye en la Tabla A 5.12 del Anexo 5.

Con el Patrón fluviométrico definitivo o Patrón N°3, se verificó la homogeneidad de los registros de las estaciones N°5, 9 y 10 que lo integran. Las curvas másicas correspondientes se incluyen en las Figuras 5.3 a 5.5 a continuación, que demuestran en definitiva la consistencia, calidad y confiabilidad de dichas estadísticas fluviométricas dentro del período 1942-1975.

La conformación del patrón fluviométrico N°3 permitió efectuar en definitiva el análisis de calidad y homogeneidad de los restantes registros correspondientes a las estaciones fluviométricas, N°3 (Teno en Los Queñes), N°4 (Claro en Los Queñes) y N°6 + N°7 (Teno en Puente FF.CC.).

Con respecto al análisis de los registros fluviométricos de las estaciones de El Manzano en Desembocadura (Est. N°1), Teno bajo Junta Quebrada Infiernillo (Est. N°2), Upeo en Upeo (Est. N°8) y Teno en Captación (N°11), es necesario aclarar los siguientes aspectos. Todas ellas cuentan con registros originales incompletos y de una duración total no mayor de dieciocho años para el registro de mayor extensión. Por lo tanto, no es posible ni aconsejable efectuar un análisis por curvas doble másica. A excepción de la estación de Teno en Captación, que por su corta extensión (dos años) no se efectuó ningún tratamiento de ella, las otras estaciones se procedió a extenderlas y completarlas por medio de métodos especiales que se detallan en el punto 5.4.

CURVA DOBLE ACUMULADA
TENO DESPUES DE JUNTA (EST N°5)

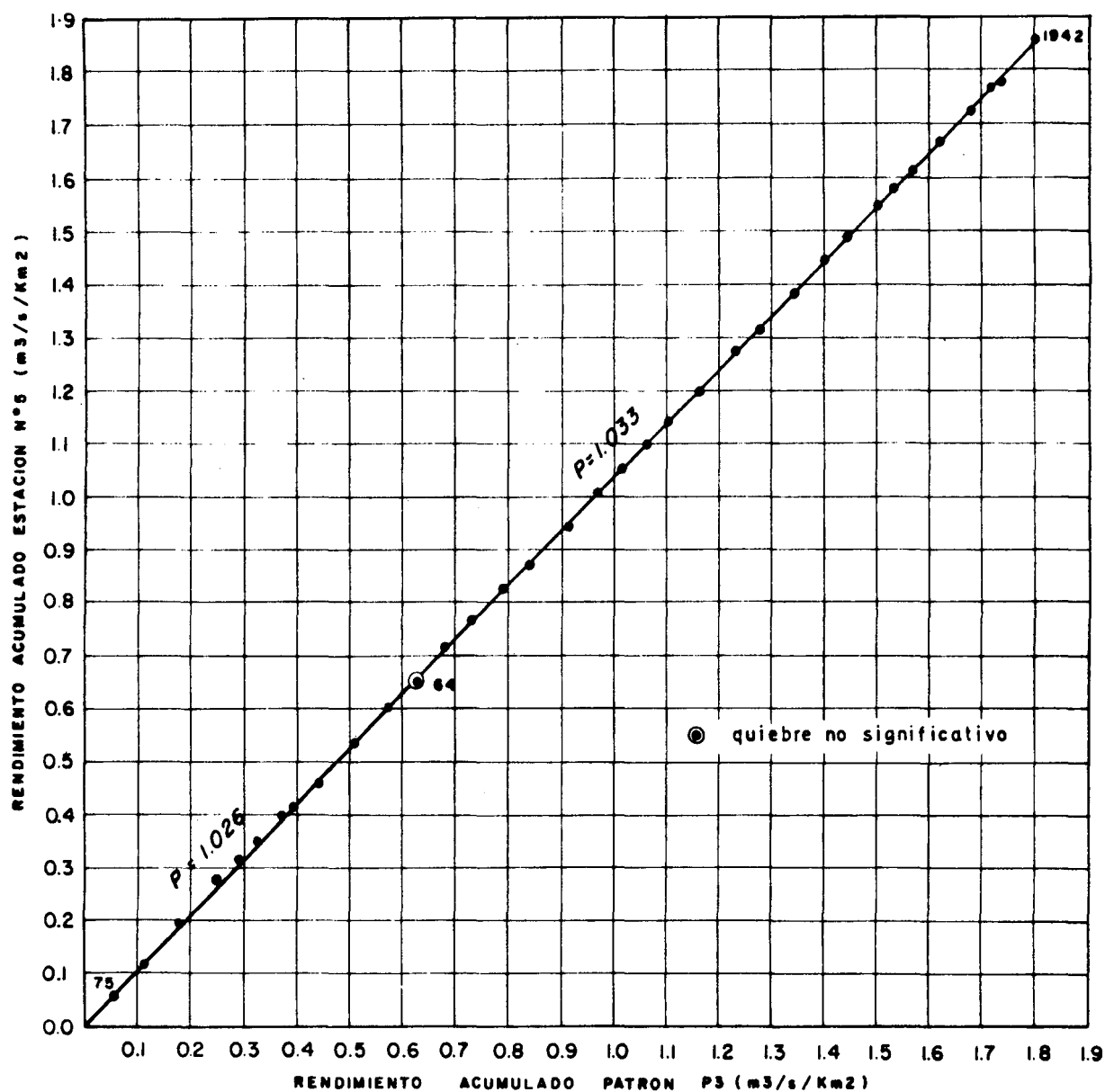


FIGURA 5.3

CURVA DOBLE ACUMULADA

PALOS EN JUNTA CON COLORADO (EST. N°10)

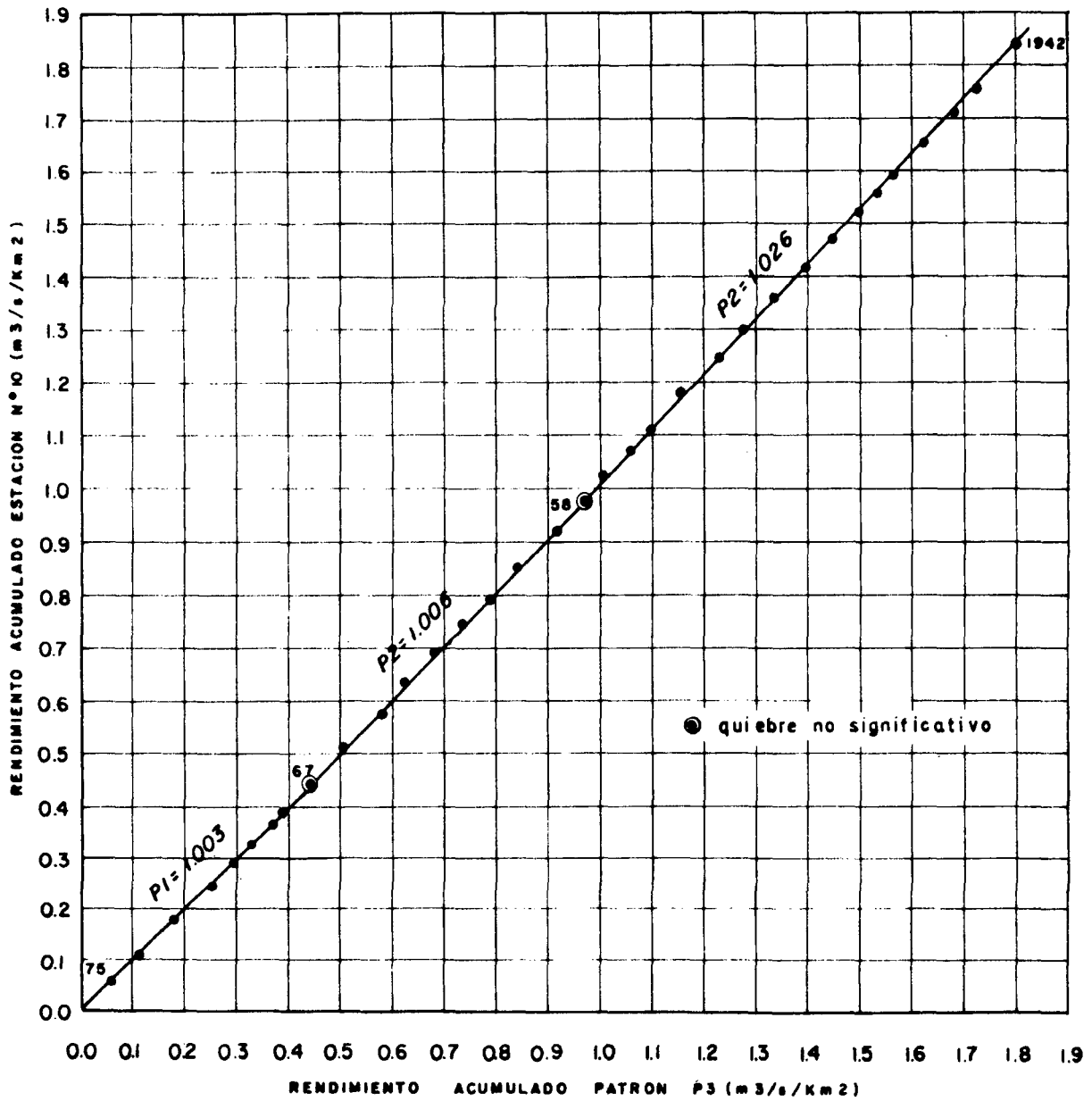


FIGURA 5.4

CURVA DOBLE ACUMULADA

COLORADO EN JUNTA CON PALOS (EST. N°9)

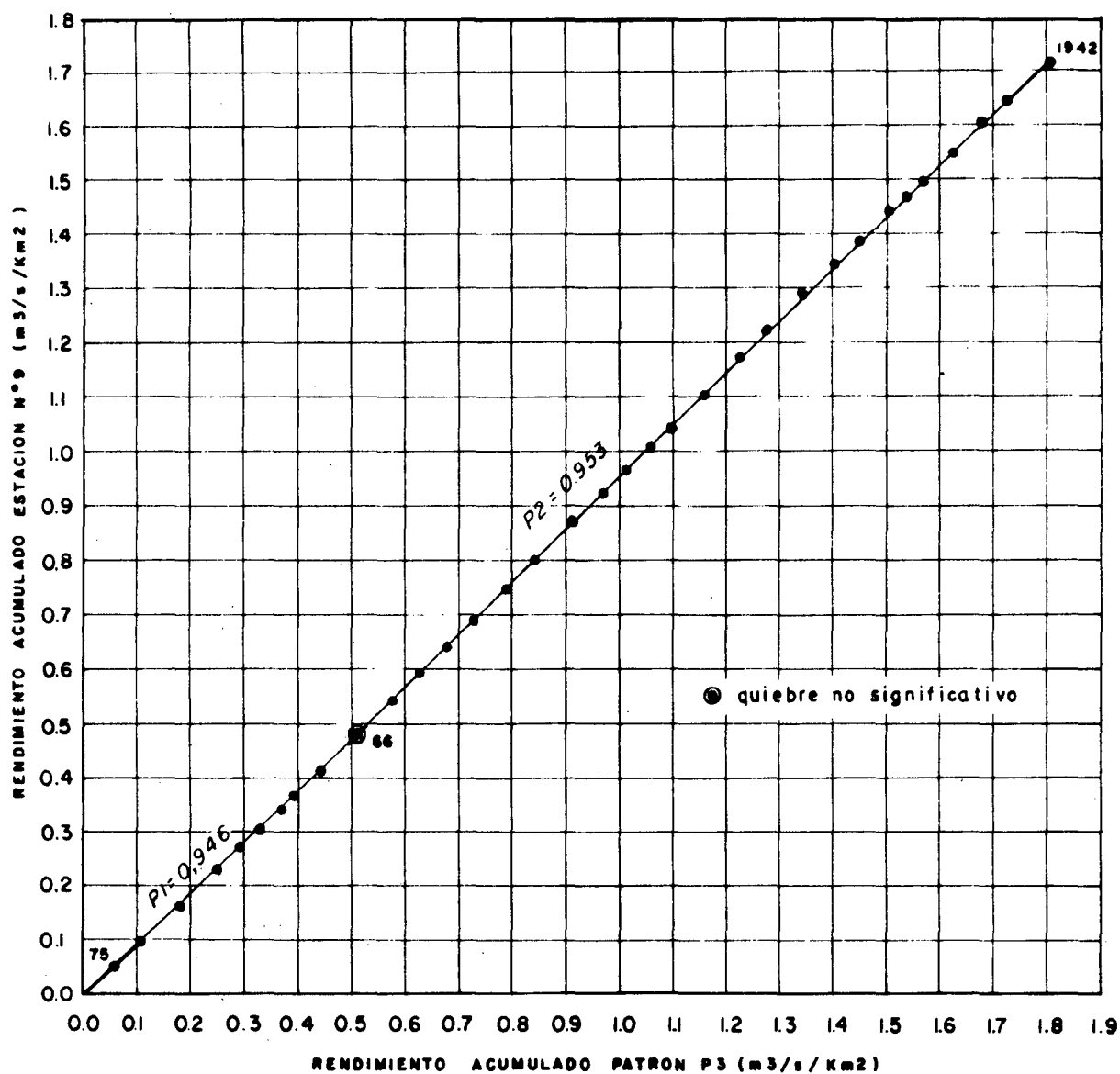


FIGURA 5.5

5.3.2 Análisis de Homogeneidad de las Estaciones Fluviométricas N° 3, 4 y 6 más 7.

Para la estación N° 6 + N° 7, Teno en Puente de FF.CC., se procedió primeramente a su extensión desde el año 1951 a 1942, en base a las regresiones lineales mes a mes con la estación N° 5, que se indican en las Figuras A 5.20 a A 5.22 del Anexo 5. El análisis de la curva doble másica de la estación N° 6 más 7, permitió concluir que su registro ampliado, era homogéneo según se muestra en la Figura 5.6.

El análisis por curva másica de la estación N° 3 permitió detectar quiebres en los años 1958 y 1969 según se muestra en la Figura A 5.23 del Anexo 5 lo que demuestra la falta de homogeneidad de las estadísticas originales. Se investigó la causa de estos quiebres en base a un análisis del historial y de las curvas de descarga de la estación, concluyéndose finalmente que dichos cambios de tendencia en los registros se debieron a cambios no considerados en las curvas de descargas y a un cambio del tipo de estación en el año 1969.

En los registros de la estación N° 4, se detectaron quiebres o cambios de tendencia los años 1954 y 1964 según se observan en la Figura A 5.24 del Anexo 5. La investigación de la causa de estos quiebres permitió concluir que éstos coinciden con cambios en la curva de descarga de la estación. Además se detectaron anomalías en la traducción de las estadísticas limnimétricas y en el uso de la curva de descarga que corresponde.

5.3.3 Corrección por homogeneidad de los registros fluviométricos

Para la corrección por homogeneidad de las estadísticas fluviométricas de las estaciones mencionadas en el punto anterior, no se utilizó el método tradicional de corregir por la relación de pendientes de la curva másica correspondiente, sino el método que se resume más adelante. El motivo fundamental de ello es que con el método usado, se logra compatibilizar en forma más realista los diferentes factores de corrección de los caudales medios mensuales con el factor de corrección anual que es el único obtenible directamente con la curva doble másica y que no coincide necesariamente con el de cada mes. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

CURVA DOBLE ACUMULADA

TENEO EN PUENTE FF.CC. (EST. Nº 6+7)

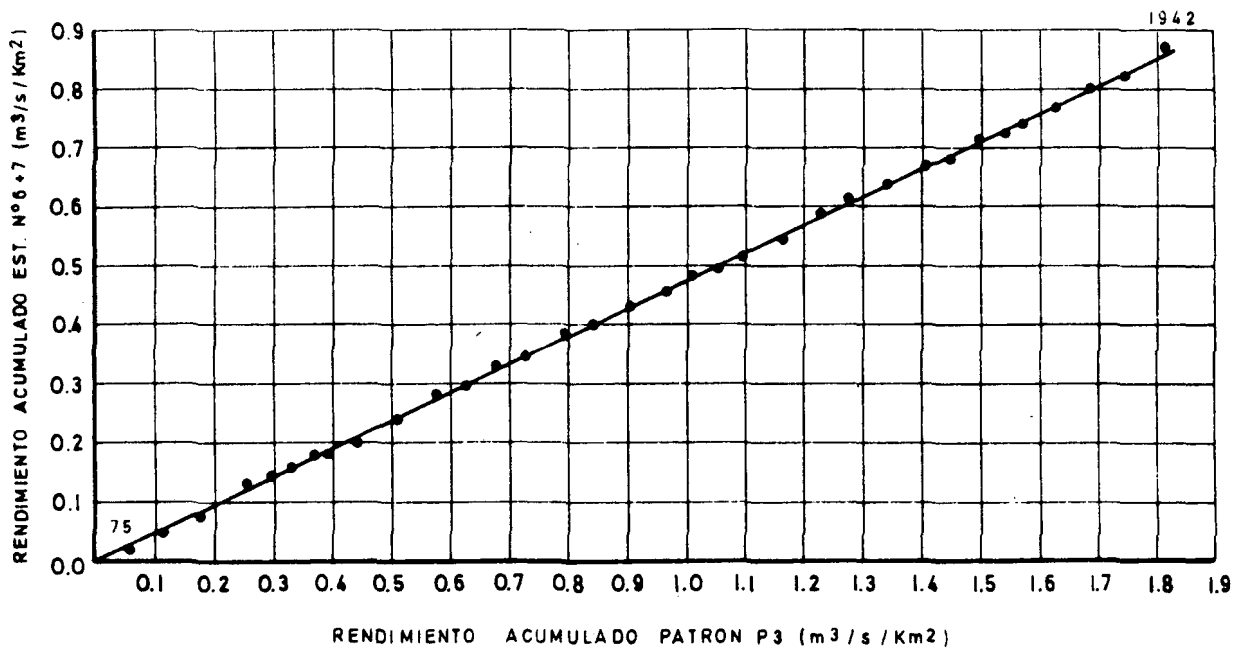


FIGURA 5.6

Dentro de un período de años comprendidos entre quiebres de la curva másica correspondiente, es decir, dentro de períodos sin cambio de tendencia, se establecieron correlaciones mensuales, entre la estación por homogeneizar y el patrón definitivo N°3. La correlación dentro del período cronológicamente más reciente, se utilizó como período de referencia para la corrección posterior. Es decir, el cambio de regresión para los puntos anteriores a un quiebre (o entre dos quiebres) se consideró que se debía exclusivamente a los problemas de falta de homogeneidad detectados.

Las regresiones tienen las siguientes formas generales:

$$Q_{Ei} = m_i Q_{pi} + n_i$$

$$Q_{Ej} = m_j Q_{pj} + n_j$$

en que:

Q_{pi}, Q_{pj} = caudal medio mensual del patrón para el período anterior y posterior a un quiebre, respectivamente.

Q_{Ei}, Q_{Ej} = caudal medio mensual de la estación por homogeneizar para el período anterior y posterior a un quiebre, respectivamente.

m_i, m_j, n_i, n_j = coeficientes correspondientes de la regresión lineal.

De ambas regresiones se deduce que:

$$Q_{Ei} = \frac{m_i}{m_j} Q_{Ej} + (n_i - \frac{m_i}{m_j} n_j)$$

Por lo tanto, el coeficiente de corrección para el mes "k" de un determinado año "l" de los valores acumulados en la curva másica se obtiene de:

$$f_{k,l} = \left(\frac{m_i}{m_j} \right) + \left(n_i - n_j \frac{m_i}{m_j} \right) \frac{1}{Q_{Ej,l}} = \left(\frac{Q_{Ei,l}}{Q_{Ej,l}} \right)_k$$

Debido a que la expresión anterior daría un factor de corrección mensual para cada año por corregir, se optó por calcular un factor de corrección mensual promedio a lo largo de todos los N años. Es decir, finalmente se tiene que:

$$f_k = \frac{m_i}{m_j} + \frac{1}{N} (n_i - n_j \frac{m_i}{m_j}) \sum_{l=1}^N \frac{1}{Q_{Ej, l}}$$

en que f_k es el factor de corrección promedio para el mes k .

Para los caudales medios anuales se calcula un factor de corrección anual promedio para el período, basado en los valores promedio de cada mes.

Los factores medios mensuales de corrección obtenidos para cada una de las estaciones por homogeneizar, se incluyen en la Tabla 5.3.

Aplicando esta metodología, se observó que tanto la magnitud como la dirección de la corrección anual era muy similar a la que se hubiera obtenido por medio de la relación de pendientes de la curva másica, con la ventaja adicional que las correcciones mensuales son más pertinentes y consecuentes con las variaciones mensuales propias de los registros observados.

Homogeneizadas con este método las estadísticas de las estaciones N°3 y 4, se procedió a verificarlas mediante el trazado de sus curvas másicas correspondientes. Los resultados se indican en las Figuras 5.7 y 5.8 a continuación, lo que demuestra lo adecuado de las correcciones y la homogeneidad final lograda en los registros.

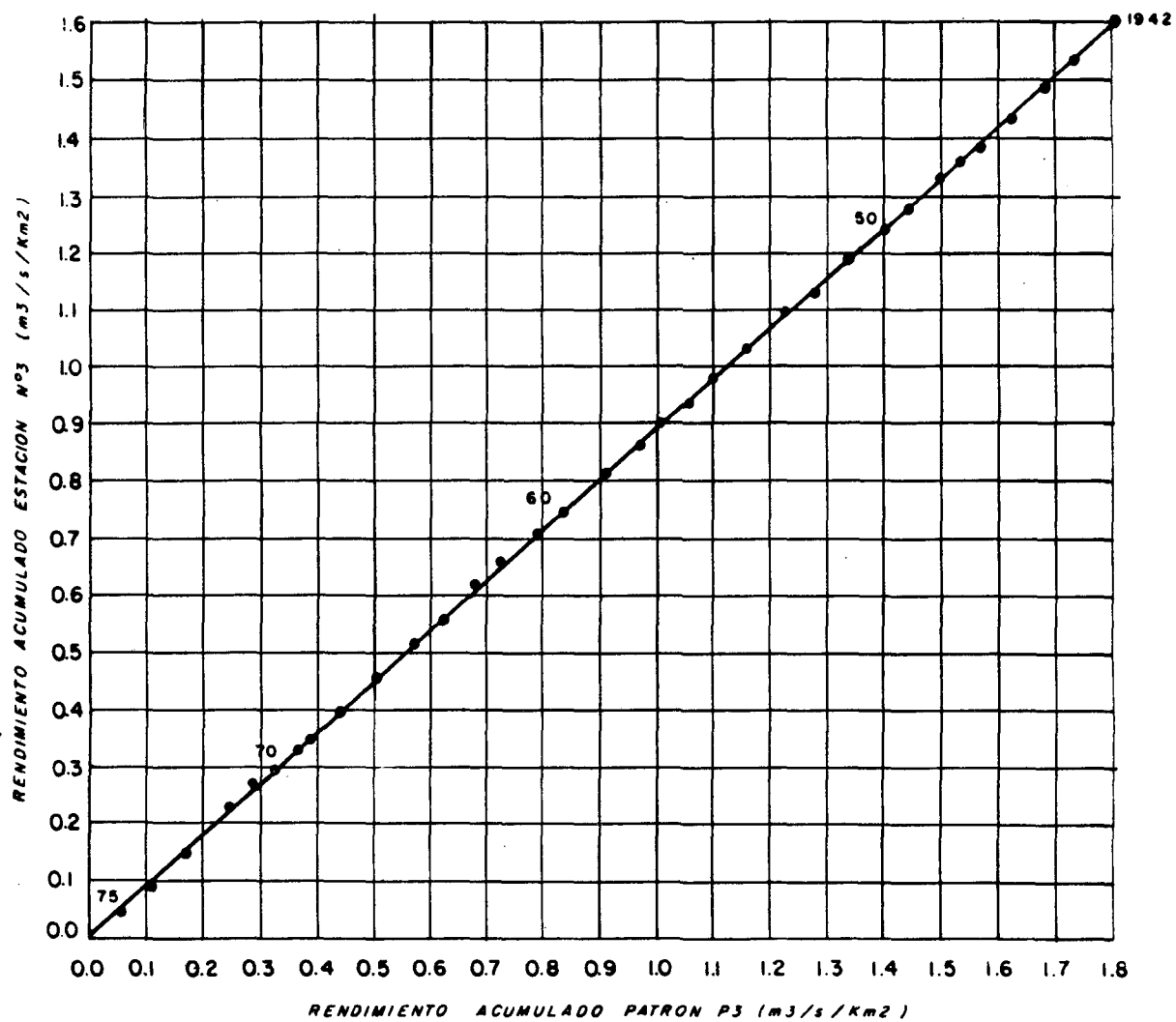
Con el objeto de ser consecuentes con la metodología de corrección utilizada, se procedió además a homogeneizar la estadística original de la estación N°9, que en principio había sido corregida con el patrón P1. (Ver Figura A 5.25 del Anexo 5). La curva másica definitiva se incluye en la Figura 5.5.

Las estadísticas ampliadas corregidas y homogeneizadas de los registros de las estaciones fluviométricas, se incluyen en el punto 5.5.

TABLA 5.3

FACTORES DE CORRECCION PROMEDIO DE LOS
CAUDALES MEDIOS MENSUALES

MES	Teno en Los Queñes Est. N°3		Claro en Los Queñes Est. N°4		Colorado en Jta. con Palos Est. N°9
	1968-1958	1957-1942	1963-1954	1953-1942	1966-1942
Ene	1,24	1,18	1,13	0,95	1,10
Feb.	1,13	1,04	0,94	0,78	0,74
Mar	1,10	1,06	0,88	0,78	1,13
Abr	0,82	0,83	0,93	0,89	1,16
May	1,26	1,14	0,80	0,91	0,96
Jun.	1,18	1,03	0,85	0,95	1,05
Jul.	1,12	0,94	1,01	1,07	1,13
Ago.	1,15	0,89	0,91	0,89	1,12
Sep.	1,08	0,98	0,92	0,97	1,02
Oct	1,22	1,07	1,04	0,96	1,06
Nov.	0,97	0,86	0,96	0,85	1,02
Dic	1,22	1,20	0,92	0,92	1,07
Anual	1,12	1,02	0,94	0,91	1,05

CURVA DOBLE ACUMULADA**TENO EN LOS QUENES (EST N° 3)****ESTADISTICA HOMOGENEIZADA****FIGURA 5.7**

CURVA DOBLE ACUMULADA
CLARO EN LOS QUENES (EST N° 4)
ESTADISTICA HOMOGENIZADA

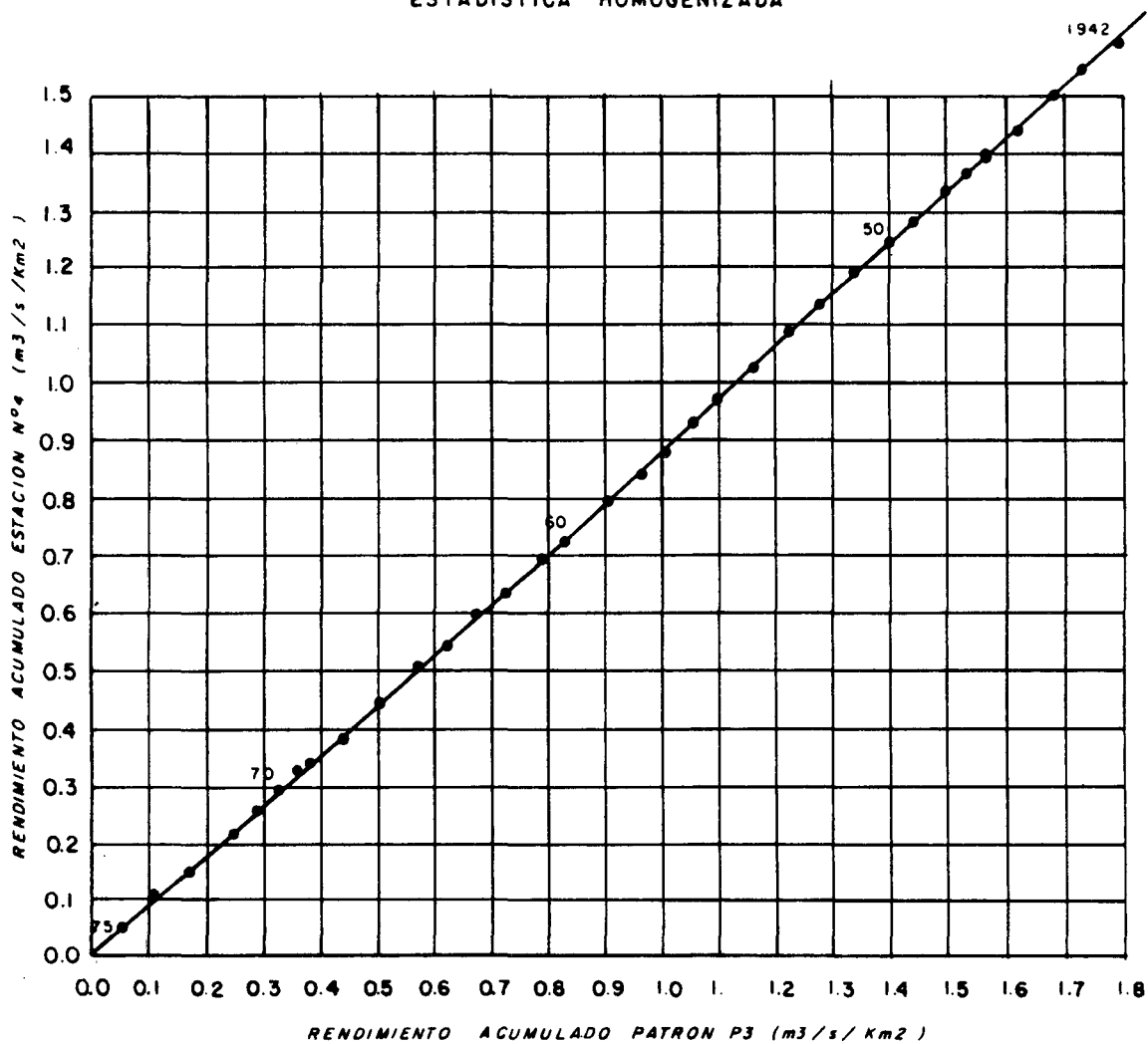
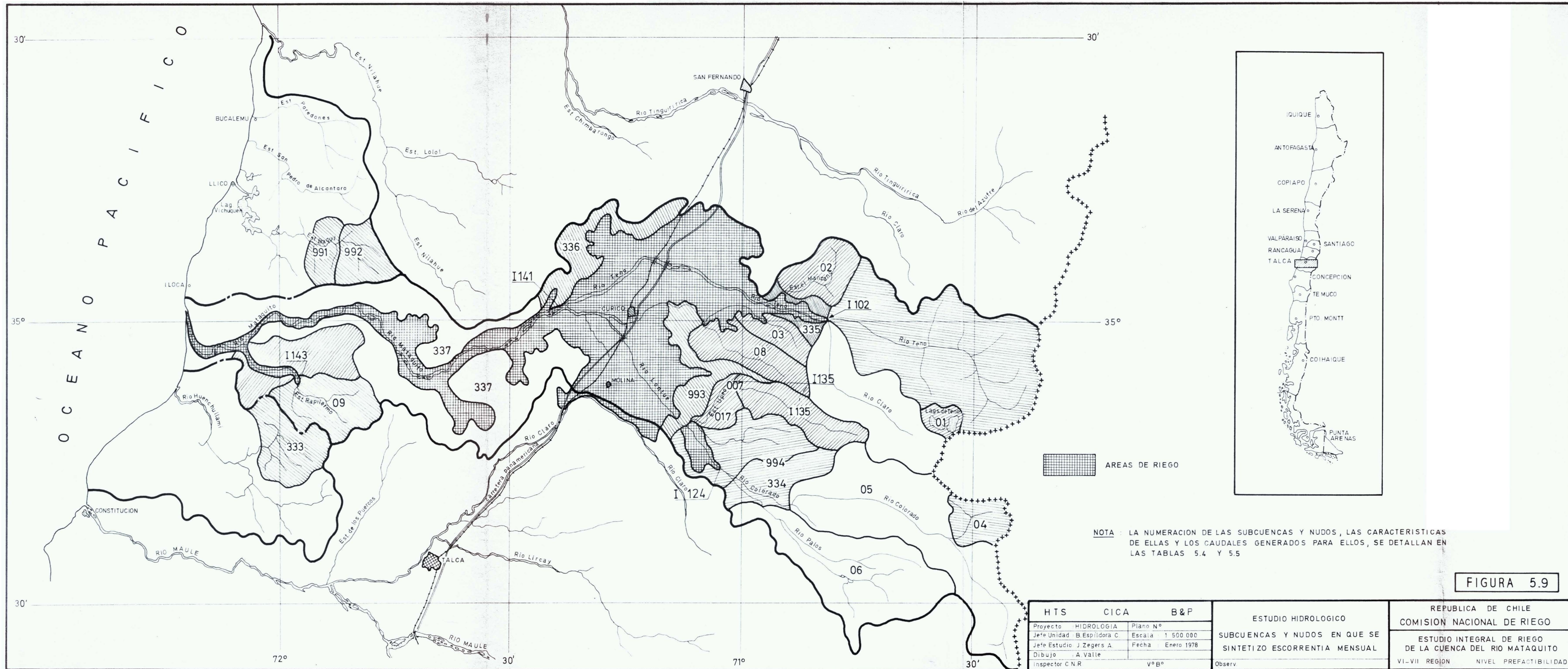


FIGURA 5.8



5.4 ESTIMACION DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL EN SUB-CUENCAS SIN CONTROL FLUVIOMETRICO O CON REGISTROS CORTOS

Con el objeto de disponer de información hidrológica completa para analizar la prefactibilidad de diversos embalses posibles y permitir la aplicación del Modelo de Operación General del Sistema, se requiere estimar los caudales medios mensuales en diversos puntos y nudos específicos de diversos ríos y esteros de la cuenca y de las cuencas afluentes a los embalses, donde no se dispone de registros fluviométricos.

Por otra parte en las estaciones de Manzano en Desembocadura, Estero Upeo en Upeo y Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo, se dispone de registros de escasa duración, que requieren una extrapolación al período hidrológico común del estudio.

Los lugares donde se requiere sintetizar las escorrentías medias mensuales para la aplicación del Modelo de Operación General del Sistema y para el estudio de los Embalses se especifican en la Tabla 5.4. En el plano de la Figura 5.9, se indican dichos lugares con el código correspondiente.

La síntesis o estimación de la información requerida se basó en dos métodos, los que se definieron de acuerdo a las características del régimen hidrológico de las cuencas en estudio.

Para las cuencas nivales, se utilizó el método de transposición de datos fluviométricos de cuencas vecinas de características similares. Para estos efectos, se buscó apoyo en cuencas de las Hoyas del Río Rapel y Maule que disponían de la información adecuada.

En el caso de las cuencas de régimen pluvial, las estadísticas de caudales medios mensuales se sintetizaron mediante un modelo hidrológico de simulación, calibrado en una cuenca de la Hoya del Río Maule.

A continuación se describen los procedimientos adoptados y los resultados obtenidos.

5.4.1 Síntesis de Caudales Mensuales en Cuencas Nivales sin Control Fluviométrico

Las cuencas de régimen nival, corresponden a las de los embalses El Planchón y Valle Grande. Ambas cuencas se encuentran en la zona cordillerana alta, a una altura media aproximada de 2.500 m.s.n.m. y de 2.400 m.s.n.m. respectivamente. Para la síntesis de la información en estas cuencas, fue preciso en primer lugar seleccionar una cuenca base de apoyo con suficiente información en el período de estudio.

TABLA 5.4

LUGARES DONDE SE REQUIERE SINTETIZAR
LA ESCORRENTIA MENSUAL

CODIGO	DENOMINACION	UBICACION APROXIMADA	Area Apor- tante (Km ²)
	<u>Embalses Hoya del Río Mataquito</u>		
001	El Planchón	Río Malo-Lagunas El Planchón	39
002	El Manzano	Estero El Manzano	126
003	El Guaiquillo	Estero Guaiquillo	72
004	Valle Grande	Estero Valle Grande antes Junta Colorado	83
005	Colorado	Río Colorado en Los Potrerillos	660
006	Puente Colgante	Río Lontué en Puente Colgante	482
007	Upeo	Estero Upeo	206
008	San Pablo	Estero Potrero Grande en Junta con Estero Guaiquillo	171
009	Rapilermo	Estero Rapilermo aguas arriba de Curepto	190

TABLA 5.4

LUGARES DONDE SE REQUIERE SINTETIZAR
LA ESCORRENTIA MENSUAL
(Continuación)

CODIGO	DENOMINACION	UBICACION APROXIMADA	Area Apor- tante (Km ²)
	<u>Nudos</u>		
I 102	Río Teno después de Junta		1.196
I 124	Junta Río Palos y Río Colorado		535
I 135	Upeo en Túnel		151
I 141	Mataquito después de Junta		917
I 143	Estero Rapilermo después de Embalse		205
	<u>Embalses Hoyas</u>		
	<u>Intermedias</u>		
991	Baquil 1	Estero Baquil después Junta E. Tilicura	197
992	Baquil 2	Estero Patacón antes Junta E. Baquil	102
333	Vaquería	Estero Vaquería antes Junta E. Huenchullami	173

La necesidad de buscar apoyo en cuencas vecinas surgió del hecho que en la hoya del río Mataquito, la única estación con información de esta naturaleza es Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo (990 m.s.n.m.). Esta estación posee sin embargo una estadística registrada muy corta (1969-75), lo cual impidió su uso para la síntesis de datos en otros puntos de la cuenca.

Se preanalizaron para su consideración, dos estaciones fluviométricas en la cuenca del Río Rapel y cuatro en la del Río Maule, que en principio presentasen regímenes y características similares a las cuencas en estudio. Teniendo en consideración

principalmente la calidad y extensión de los registros, se eligió finalmente como estación base de transposición la de Puelche en Junta con Maule. Sin embargo, en los registros de esta estación fue necesario rellenar dos años y algunos meses, y extender los años 1974, 1975 y 1976. Las estaciones usadas para estos rellenos y extensiones y las correlaciones respectivas resultantes se incluyen en el Anexo 5.

El método de transposición de caudales específicos adoptado para la síntesis de las estadísticas consistió en calcular los caudales por unidad de área y de precipitación media anual en la estación base. Estos mismos valores se adoptaron para las dos cuencas en estudio y a partir de ellos se obtuvieron los caudales medios mensuales utilizando las áreas y precipitaciones medias respectivas.

Las precipitaciones representativas de cada cuenca se obtuvieron del plano de isoyetas (probabilidad de excedencia 50%) utilizando el valor medio calculado sobre las áreas aportantes.

Los caudales se calcularon utilizando la relación:

$$Q_x = Q_A \left(\frac{S_x}{S_A} \right) \left(\frac{P_x}{P_A} \right) = Q_A f_x$$

en que Q, S y P son los caudales, áreas aportantes y precipitaciones medias respectivamente; los subíndices x y A se refieren a la cuenca en estudio y a la cuenca base, respectivamente.

Los valores de los factores f_x correspondientes a cada cuenca resultaron:

El Planchón : $f_x = 0.179$

Valle Grande: $f_x = 0.365$

Esta transposición se hizo tanto para los caudales medios anuales como para los mensuales. Dadas las características de las cuencas y de su régimen hidrológico, la transposición de caudales medios anuales es bastante confiable. Sin embargo, la distribución mensual de estos gastos puede diferir un tanto, dado los distintos tamaños y diferencias de ciertas características de las cuencas.

Desafortunadamente, dada la escasez de información no fue posible establecer en forma fehaciente la magnitud de las diferencias entre las distribuciones mensuales de diversas cuencas. Se estudió por ejemplo la variación de la distribución mensual graficando las distribuciones históricas de Puelche en Junta con Maule y de Teno bajo Junta Quebrada Infiernillo, tal como se indica en la Figura A 5.26 del Anexo 5. De estos gráficos se pudo establecer que aún cuando existe cierta relación entre las diferencias de las distribuciones y las respectivas áreas aportantes, dicha relación varía de año en año. Este hecho impidió desarrollar coeficientes mensuales de ajuste que permitieran modificar los hidrogramas estacionales de acuerdo al tamaño de las áreas. Además, la información acerca de estos factores de ajuste, se limitó a los años en que se dispuso de información concurrentemente medida en las dos estaciones, vale decir, los años 70-71, 74-75 y 75-76.

En atención a las consideraciones anteriores, los valores medios mensuales adoptados como estadísticas definitivas, correspondieron a los obtenidos de la transposición directa de los caudales de Puelche en Junta con Maule.

Las estadísticas de caudales medios mensuales sintetizados de esta manera para El Planchón y Valle Grande se incluyen en las Tablas A 5.13 y A 5.14 del Anexo 5.

5.4.2 Síntesis de Caudales en la Estación Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo

Esta Estación dispone de registros incompletos sólo para el período 1969 a 1976. Dada la escasez de información, sólo fue posible extender estos registros al período común del estudio, para los caudales medios anuales. Para ello se correlacionaron los caudales medios anuales de esta estación con los de Teno en Los Queñes. La correlación obtenida se indica en la Figura A 5.27 del Anexo 5.

La estadística definitiva se incluye en la Tabla 5.7.

5.4.3 Síntesis en cuencas pluviales y nudos del modelo de operación

La generación de caudales en cuencas pluviales y nudos del Modelo de Operación es un problema que se puede abordar mediante diferentes metodologías.

En el caso de las cuencas del Estero El Manzano y el Estero Upeo, ambos con registros escasos y poco confiables durante el período de estudio, se plantea la posibilidad de extender y rellenar la estadística por medio de correlaciones. Este método puede plantear varios problemas como son la escasa cantidad de valores a correlacionar, la mala calidad en las correlaciones y que no siempre se mantiene una continuidad másica del recurso en el período de operación considerado, lo que es más notable en los años extremadamente secos o húmedos.

En el caso de cuencas sin registros fluviométricos, la transposición de una relación precipitación-escorrentía surge como un posible método para la generación de caudales medios anuales. Sin embargo, la transposición de los caudales medios mensuales es dificultosa y puede resultar bastante errónea, especialmente durante el estiaje. Otro problema que presenta el método anterior, es que las cuencas no responden proporcionalmente a la variación de la magnitud de las lluvias consideradas.

Los métodos mencionados se intentaron aplicar en las primeras etapas de este estudio, especialmente en las cuencas de los Esteros El Manzano y Upeo. Los resultados obtenidos confirmaron los problemas planteados más arriba, concluyéndose que los procedimientos habituales de transposición de correlaciones precipitación-escorrentía y de rendimientos específicos, no permitían generar caudales medios mensuales en las cuencas pluviales requeridas para el período 1942-1975, con una mínima seguridad y aproximación aceptable..

En base a estos hechos, se decidió aplicar una metodología más versátil, segura y poderosa, que permitiera generar la información requerida teniendo en cuenta la naturaleza de su posterior aplicación, la disponibilidad de información básica de apoyo y la variabilidad y características de cada subcuenca en estudio. Esta metodología consistió en adaptar un modelo de simulación hi-

drológica que sintetiza caudales medios mensuales y posteriormente aplicarlo a las subcuencas pluviales en estudio.

Este modelo, al simular el ciclo de escorrentía completo, asegura una continuidad másica del recurso y una respuesta condicionada y dependiente del balance hídrico de los suelos y del régimen de descarga y almacenamiento (lineal) del acuífero.

De esta manera, si bien los cálculos son discretos, un modelo de este tipo establece una continuidad más lógica y real a la respuesta de la cuenca para sintetizar caudales medios mensuales. Esta característica incluso permitió en etapas de calibración y posterior verificación del modelo, localizar y luego comprobar algunos errores en los caudales registrados.

A continuación se describe la estructura básica general de este modelo y su calibración, prueba y aplicación.

5.4.3.1 Descripción General del Modelo.

El modelo opera por períodos mensuales, y a partir de las condiciones iniciales de humedad en la zona de raíces de los suelos, del flujo base del acuífero, y de ciertas variables meteorológicas, calcula mensualmente un balance hídrico que corresponde a una visión simplificada del ciclo de escorrentía.

Un diagrama de bloque ilustrativo de la operación del modelo se incluye en la Figura 5.10. Los datos de entrada al modelo, los parámetros utilizados, las variables que calcula para cada intervalo de tiempo y sus hipótesis básicas, se indican a continuación.

5.4.3.2 Datos de Entrada del Modelo de Simulación Hidrológica.

i) Lluvias mensuales para el período de generación:

Se utilizaron las lluvias mensuales medidas y homogeneizadas, de alguna estación pluviométrica que por cercanía y régimen fuesen las más similares a las de la cuenca de interés.

Para obtener una precipitación media sobre la subcuenca correspondiente, se multiplica la lluvia mensual regis-

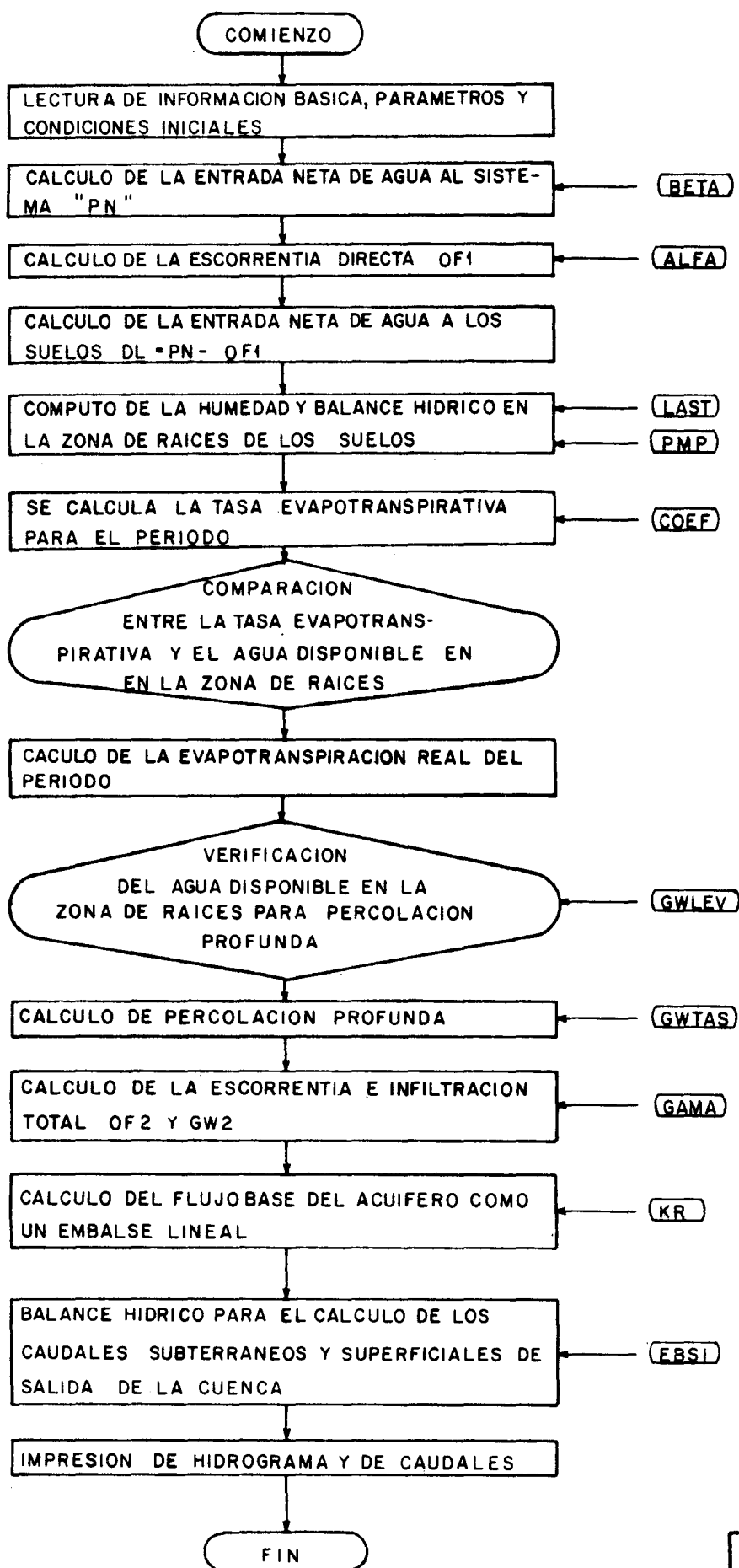


FIGURA 5.10

trada en la estación elegida, por un parámetro Beta, que se calcula como la relación entre la isoyeta (50%) media sobre la cuenca y la isoyeta sobre la estación pluviométrica considerada.

ii) Evapotranspiración Potencial:

Se utilizaron las evapotranspiraciones potenciales calculadas en el estudio de meteorología. Estas corresponden a valores promedios mensuales y análogamente a las precipitaciones, se utilizó aquella serie anual de evapotranspiración que por cercanía y características meteorológicas tuviera mayor similitud con la cuenca en estudio.

Esta evapotranspiración potencial es usada como índice dentro del modelo para el cálculo de la tasa de evapotranspiración mensual, que a su vez depende de la humedad en la zona de raíces de los suelos de la cuenca y de un parámetro COEF, que determina en cierta medida el nivel de consumo evapotranspirativo real.

iii) Parámetros Utilizados:

El modelo utiliza diez parámetros en el cómputo de las variables hidrológicas. Estos son los siguientes:

BETA	Parámetro multiplicador de los registros de precipitación utilizados, para obtener una precipitación media sobre la cuenca.
ALFA	Coefficiente de escorrentía directa.
LAST	Máxima capacidad de retención de agua en la zona de raíces de los suelos de la cuenca.
PMP	Mínimo contenido de agua en la zona de raíces de los suelos de la cuenca. Equivale a aquella porción de agua retenida capilarmente y que no puede ser evapotranspirada ni percolada profundamente al acuífero.
COEF	Parámetro que determina el nivel de consumo evapotranspirativo real.

GWLEV	Nivel de agua en la zona de raíces del suelo bajo el cual se produce percolación profunda.
GWTAS	Tasa mensual de percolación profunda.
GAMMA	Coefficiente de escorrentía secundaria por sobre la escorrentía directa, en caso de saturación de la zona de raíces de los suelos.
KR	Constante de recesión del acuífero de la cuenca.
EBSI	Porcentaje del flujo base del acuífero que aflora y se aporta al cauce superficial de salida de la cuenca.

El valor de cada uno de estos parámetros es leído junto a los datos de entrada.

5.4.3.3 Variables Hidrológicas Calculadas en la Operación del Modelo de Simulación Hidrológica.

- Entrada neta de agua al sistema
- Escorrentía directa
- Agua neta que alimenta la zona de raíces
- Percolación profunda
- Tasa de evapotranspiración mensual
- Evapotranspiración real en el mes
- Estado final de humedad en la zona de raíces de los suelos
- Flujo base del acuífero
- Almacenamiento subterráneo de agua en el acuífero
- Aporte del flujo base al río
- Salida subterránea de agua del acuífero
- Caudal superficial medio mensual de salida de la cuenca

Todas estas variables son calculadas mensualmente, lo que permite el cálculo de balances hídricos en cualquier etapa de la operación.

5.4.3.4 Calibración y Verificación del Modelo.

La calibración es el proceso mediante el cual los parámetros utilizados en el cálculo de las variables hidrológicas, se

varían dentro de cierto rango físico posible, hasta adquirir valores tales que los caudales sintetizados por el modelo sean suficientemente similares a los registrados durante un cierto período, según determinados criterios de prueba.

La verificación o validación es el proceso en que se generan caudales mediante el modelo durante otro período de tiempo distinto al usado durante la calibración y en que se dispone de caudales registrados para la misma sección. Dicha generación permitirá comprobar si en definitiva el modelo, con los parámetros previamente calibrados, es capaz de generar caudales con un nivel adecuado de confiabilidad y de precisión.

En una primera etapa, el modelo se intentó calibrar con siete años de los quince registrados en la cuenca de El Manzano. Para ello se intentó usar varias estaciones pluviométricas como índice, utilizándose en definitiva la de Romeral. A pesar de amplias variaciones en los valores de los parámetros e incluso de la estructura general del modelo, no se logró tener un adecuado grado de ajuste entre los caudales simulados por el modelo y los registrados durante el período de calibración elegido. Esta situación llevó a efectuar un detallado análisis de la estadística registrada y de las relaciones precipitación-escorrentía de la cuenca. Este tipo de análisis puso de manifiesto que los registros fluviométricos existentes son de dudosa calidad y que además quedan fuertemente influenciados por aportes del canal San Miguel y extracciones del canal Maquis Macal y otros canales menores. Estos hechos condujeron a descartar la posibilidad de calibrar el modelo en la cuenca del estero El Manzano.

También debió descartarse la posibilidad de calibrar el modelo en la cuenca del Estero Upeo, debido a la escasa extensión y dudosa calidad de los registros medidos. Las otras cuencas con control fluviométrico tampoco son utilizables para la calibración, debido a que corresponden a regímenes nivopluviales o nivales puros o a la gran influencia de las extracciones de riego (Teno en puente de FFCC).

En definitiva se decidió calibrar el modelo en la cuenca de Purapel en Nirivilo en la Hoya del Maule dada su similitud fisiológica, vegetacional e hidrológica con otras subcuencas de interés en la Hoya del Río Mataquito, donde posteriormente se debía aplicar el modelo.

La estadística fluviométrica registrada en Pura-pel en Nirivilo abarca desde el año hidrológico 1957-58 hasta 1971-72. Los siete primeros años de registros se usaron como base para la calibración del modelo. Se usó la estadística pluviométrica de Constitución para la conformación del índice de precipitación de entrada al modelo, multiplicada por un parámetro Beta estimado como la razón entre la isoyeta media de la cuenca y la correspondiente a Constitución.

Una vez calibrado el modelo en dicha cuenca, se aplicó éste al resto del período registrado (1964-1971), procediéndose luego a un análisis global de las diferencias entre caudales simulados y registrados, tanto medios mensuales como medios anuales. Durante esta verificación del modelo, el error promedio global fué de un 2%. En el 79% de los años el error fué menor que 17.5% aproximadamente y en el 64% de los años menor al 12.5%. Estas diferencias de ajuste se consideran razonablemente buenas y aceptables. Con respecto a los errores en la simulación de caudales medios mensuales, en el 40% de los meses el error fue menor al 30%. Estos errores, aunque bastante mayores que en el caso de caudales medios anuales, se consideran aceptables y usuales ya que análisis complementarios con métodos más tradicionales de relaciones precipitación-escorrentía y rendimientos específicos mensuales, arrojan errores bastante mayores. Además, las mayores diferencias se producen en los meses de estiaje, donde los valores registrados contienen alguna influencia de regadío. Volumétricamente, la escorrentía durante este período constituye un pequeño porcentaje del volumen de escorrentía anual en la cuenca, por lo tanto los mayores errores que se obtienen durante estos períodos no son significativos en la evaluación de recursos de las cuencas.

Una vez calibrado y verificado el modelo, se aplicó primeramente en las cuencas de El Manzano y Upeo. Comparando los caudales simulados con los de aquellos años con registros más confiables y con menores influencias de riego, se pudo finalmente establecer criterios de variación de los parámetros para poder seguir aplicando el modelo en otras cuencas, en que ciertas características hidrológicas propias deberían influir en el valor de algunos parámetros.

En la Tabla 5.5 siguiente, se resume el conjunto de parámetros adoptados para cada una de las cuencas en que se

TABLA 5.5

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA APLICACION DEL MODELO DE SIMULACION HIDROLOGICA

CUENCA		VALOR DE LOS PARAMETROS CONSIDERADOS										REGISTROS PLUVIOMET. UTILIZADOS	Area Apor- tante	Caudal Anual Prom.	Rendim. Anual Prom.	Rendim.A. P. β Precip. Anual
Código	Nombre	Coef.	Last. mm	PMP mm	Alfa	Beta	Gama	GWL	GWTAS	RESK	EBSI		Km ²	m ³ /s	lt/s/Km ²	lt/s/Km ² /mm.
-	Purapel en Nirivilo	2.00	425	25	0.1	1.00	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Constitución	259	1.97	7.6	0.0102
002	Estero Manzano	2.00	425	25	0.1	1.42	0.7	0.4	0.35	0.65	0.85	El Romeral	126	2.24	17.7	0.0167
003	Estero Guaiquillo	1.90	425	25	0.1	1.43	0.7	0.4	0.20	0.65	0.85	El Romeral	72	1.14	15.8	0.0148
334	Estero Cabrera	1.75	425	25	0.1	1.27	0.7	0.4	0.35	0.65	0.85	Los Queñes Retén	127	3.88	30.5	0.0192
007	Estero Upeo	1.75	425	25	0.1	1.20	0.7	0.4	0.35	0.65	0.85	Los Queñes Retén	206	5.93	28.8	0.0192
008	San Pablo	1.85	425	25	0.1	1.45	0.7	0.4	0.20	0.65	0.85	El Romeral	171	2.92	17.1	0.0158
009	Rapilermo	2.00	425	25	0.1	1.00	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Constitución	190	1.61	8.5	0.0114
335	Cuenca Int. Río Claro-E. Manzano	2.00	425	25	0.1	1.42	0.7	0.4	0.25	0.65	0.85	El Romeral	55	0.86	15.6	0.0147
994	Cuenca Int. Junta Lontué-E. Upeo	1.75	425	25	0.1	1.20	0.7	0.4	0.35	0.65	0.85	Los Queñes Retén	396	11.51	29.1	0.0194
993	Cuenca Estero Chequenlemo	1.85	425	25	0.1	1.28	0.7	0.4	0.20	0.65	0.85	El Romeral	139	1.93	13.9	0.0146
135	Túnel en la Curva del Estero Upeo	1.75	425	25	0.1	1.27	0.7	0.4	0.35	0.65	0.85	Los Queñes Retén	151	4.64	30.7	0.0194
336	Cuenca Aport. a Zona Riego 13 A1N	2.00	425	25	0.1	1.06	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Lolol	130	1.17	9.0	0.0118
337	Cuenca Int. Mataq. Después de Junta	2.00	425	25	0.1	1.03	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Lolol	787	7.16	9.1	0.0123
143	Cuenca Aport. a Zona Riego Curepto	2.00	425	25	0.1	0.90	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Constitución	205	1.48	7.2	0.0108
333	Embalse Vaquería	2.00	425	25	0.1	1.05	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Constitución	173	1.60	9.3	0.0119
991	Embalse Baquil 1	2.00	425	25	0.1	0.91	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Lolol	197	1.41	7.2	0.0110
992	Embalse Baquil 2	2.00	425	25	0.1	0.93	0.7	0.4	0.20	0.45	0.85	Lolol	102	0.71	7.0	0.0105

aplicó el modelo, indicándose además las estaciones pluviométricas utilizadas, el área aportante, el caudal anual promedio general y el rendimiento medio anual de cada cuenca.

Los caudales medios mensuales generados en cada cuenca para el período 1942-75, se incluyen en las Tablas A 5.15 a A 5.30 del Anexo 5.

5.5 ESTADISTICAS DEFINITIVAS DE LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES Y MENSUALES EN REGIMEN ACTUAL

El análisis de los registros de caudales medios anuales y mensuales de las estaciones fluviométricas existentes en la Cuenca del Río Mataquito, efectuado en los puntos anteriores, permitió rellenar, ampliar, corregir y homogeneizar dichos registros dentro del período 1942-1975 seleccionado.

Las estadísticas fluviométricas definitivas de cada una de dichas estaciones, se incluyen en las Tablas 5.6 a 5.14 a continuación.

TABLA 5.6

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Estero El Manzano en Desembocadura

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	0.55	2.29	3.13	7.86	3.81	3.19	2.52	1.21	0.78	0.51	0.34	0.23	2.20
43-44	0.54	2.43	2.97	3.48	4.97	3.00	1.94	1.26	0.82	0.54	0.34	0.23	1.88
44-45	0.69	3.33	3.14	11.85	4.28	3.74	2.23	1.34	0.88	0.61	0.42	0.29	2.73
45-46	0.22	0.13	1.10	2.35	1.86	1.10	1.20	0.45	0.32	0.19	0.12	0.08	0.76
46-47	0.10	1.40	2.48	2.53	2.19	1.43	0.93	0.54	0.34	0.23	0.14	0.10	1.03
47-48	0.12	1.97	2.47	2.96	2.44	1.69	0.90	0.59	0.38	0.25	0.17	0.14	1.17
48-49	0.89	2.41	9.61	4.20	4.23	2.98	1.88	1.22	0.79	0.52	0.34	0.22	2.44
49-50	1.21	6.47	3.88	3.98	2.92	1.84	1.19	0.78	0.51	0.33	0.22	0.67	2.00
50-51	6.47	4.22	3.88	4.50	4.04	2.93	2.30	1.16	0.75	0.49	0.32	0.22	2.61
51-52	0.52	11.32	14.39	5.20	4.75	3.26	2.15	1.37	0.89	0.58	0.38	0.25	3.75
52-53	1.02	3.33	5.82	4.19	3.40	2.39	1.34	0.88	0.58	0.37	0.24	0.18	1.98
53-54	1.31	2.96	4.48	15.02	8.78	4.64	2.85	1.87	1.21	0.78	0.51	0.37	3.73
54-55	1.11	9.03	5.17	4.67	4.11	2.91	1.83	1.19	0.77	0.50	0.33	0.22	2.65
55-56	0.17	9.09	3.42	4.19	2.98	1.93	1.25	0.79	0.53	0.33	0.24	0.21	2.09
56-57	0.93	2.26	4.61	5.53	4.44	3.36	2.01	1.30	0.85	0.55	0.35	0.24	2.20
57-58	0.85	2.64	4.01	4.29	3.77	2.91	1.81	1.18	0.76	0.50	0.32	0.22	1.94
58-59	0.86	4.98	3.66	5.47	5.93	3.64	2.40	1.52	1.01	0.64	0.44	1.29	2.65
59-60	2.45	5.18	10.92	5.19	4.54	3.56	2.07	1.35	0.88	0.57	0.38	0.24	3.11
60-61	0.19	2.39	3.09	3.42	2.60	1.97	1.08	0.70	0.46	0.30	0.23	0.13	1.38
61-62	0.12	2.47	3.31	8.29	5.03	3.58	2.27	1.48	0.96	0.62	0.40	0.27	2.40

TABLA 5.6

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Estero El Manzano en Desembocadura

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	0.20	2.89	2.50	3.54	2.62	1.88	1.02	0.66	0.43	0.28	0.20	0.12	1.36
63-64	0.14	1.67	6.80	12.89	5.37	3.88	2.79	1.52	0.99	0.64	0.41	0.28	3.11
64-65	0.20	1.39	2.54	3.69	2.46	1.61	1.29	0.74	0.43	0.29	0.19	0.64	1.29
65-66	1.69	2.14	9.98	16.25	5.24	4.17	2.61	1.62	1.03	0.67	0.43	0.80	3.89
66-67	1.52	17.86	8.16	6.05	4.99	3.66	2.37	1.55	0.98	0.63	0.41	0.27	4.04
67-68	0.21	1.10	2.95	2.71	2.37	1.83	0.93	0.58	0.37	0.25	0.17	0.12	1.13
68-69	0.08	0.20	0.17	0.35	1.00	0.88	0.63	0.34	0.21	0.13	0.09	0.08	0.35
69-70	0.64	3.11	3.33	3.82	2.75	2.34	1.22	0.74	0.49	0.31	0.21	0.13	1.59
70-71	0.13	2.35	6.27	3.68	3.25	2.26	1.22	0.79	0.52	0.33	0.22	0.14	1.76
71-72	0.61	13.33	4.36	4.12	3.17	2.20	1.26	0.86	0.55	0.35	0.26	0.14	2.60
72-73	8.71	9.42	5.23	16.87	6.80	5.42	3.86	2.39	1.56	1.01	0.66	0.42	5.20
73-74	0.96	2.24	3.62	2.95	2.37	2.19	0.99	0.68	0.42	0.27	0.18	0.11	1.42
74-75	4.23	20.46	5.30	4.52	3.46	2.13	1.47	0.89	0.57	0.37	0.24	0.19	3.65
75-76	0.72	2.55	13.00	4.72	3.38	2.23	1.70	0.92	0.60	0.39	0.26	0.17	2.55
PROM	1.19	4.74	4.99	5.75	3.83	2.73	1.75	1.07	0.69	0.45	0.30	0.28	2.31

TABLA 5.7

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo

Control : D.G.A.

AÑO HIDROLOGICO	PROMEDIO ANUAL	AÑO HIDROLOGICO	PROMEDIO ANUAL
42-43	31,9	60-61	25,9
43-44	29,2	61-62	33,7
44-45	40,0	62-63	23,6
45-46	26,4	63-64	43,1
46-47	21,8	64-65	24,2
47-48	26,3	65-66	37,7
48-49	35,9	66-67	38,3
49-50	27,2	67-68	25,2
50-51	37,9	68-69	15,4
51-52	32,0	69-70	27,8
52-53	25,7	70-71	18,2
53-54	43,7	71-72	32,9
54-55	27,6	72-73	55,8
55-56	27,2	73-74	56,9
56-57	26,2	74-75	32,6
57-58	25,7	75-76	30,0
58-59	33,8		
59-60	36,1	PROM	31,6

TABLA 5.8

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Los Queñes

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	16,0	13,7	11,4	34,3	28,5	44,2	78,9	92,4	54,6	31,8	25,4	14,9	37,2
43-44	21,9	23,7	20,2	17,0	43,7	49,3	56,4	63,2	31,4	24,9	22,3	14,2	32,4
44-45	25,5	27,1	22,7	31,2	45,7	58,1	92,0	157,2	61,1	66,9	22,6	14,9	52,1
45-46	36,1	20,8	16,9	21,5	36,4	34,7	43,9	47,3	28,8	19,7	14,0	11,6	27,6
46-47	15,7	14,6	27,4	14,2	18,8	30,5	35,8	34,2	20,3	13,4	8,9	6,1	20,0
47-48	11,1	18,0	19,0	14,7	22,2	50,7	75,0	61,9	25,5	17,2	11,5	8,0	27,9
48-49	15,7	15,6	35,0	21,7	43,5	75,5	92,0	126,0	64,7	21,7	15,3	8,2	44,6
49-50	55,4	42,0	20,9	20,3	23,7	38,8	45,7	35,8	25,3	12,6	17,9	12,9	29,3
50-51	43,5	31,2	16,0	26,2	38,5	57,8	77,5	142,8	85,1	25,9	19,5	10,5	47,9
51-52	18,1	43,5	44,2	29,4	34,5	52,0	67,5	100,0	51,8	26,3	16,1	9,1	41,0
52-53	38,1	23,9	25,1	15,8	26,2	34,4	43,7	62,9	35,4	24,8	16,0	8,7	29,6
53-54	29,2	21,5	23,0	75,3	71,2	54,0	89,4	160,8	106,2	57,2	40,4	19,6	62,3
54-55	20,2	36,5	22,7	21,6	26,5	38,3	58,8	60,0	44,5	33,7	24,4	10,2	33,1
55-56	11,5	33,6	16,2	19,0	27,5	39,9	60,3	82,0	35,1	27,1	23,0	11,5	32,2
56-57	18,5	13,2	19,1	21,3	24,7	49,2	58,7	63,7	35,9	31,7	23,1	6,9	30,5
57-58	17,6	20,4	26,3	25,2	22,7	39,2	52,3	55,2	38,3	29,3	20,9	7,5	29,6
58-59	19,7	49,8	27,2	41,1	28,2	74,2	81,1	75,3	39,4	33,6	25,2	35,7	44,2
59-60	32,5	29,0	45,1	28,1	46,2	51,5	92,2	122,0	73,2	31,8	21,8	9,0	48,5
60-61	13,0	25,6	20,2	18,4	22,1	50,0	63,5	62,8	27,2	24,4	25,5	6,9	30,0
61-62	7,8	21,6	23,1	23,8	47,0	83,1	67,6	110,5	63,0	39,8	30,5	11,8	44,1

TABLA 5.8

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Los Queñes

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	12,1	19,5	17,0	20,0	20,8	44,4	56,8	41,7	28,1	23,8	15,4	8,4	25,7
63-64	15,1	12,6	31,6	32,2	43,2	87,6	121,3	180,6	125,2	40,3	27,3	15,7	61,1
64-65	14,2	14,2	19,2	20,7	23,0	37,7	38,3	39,3	35,8	26,8	19,5	32,6	26,8
65-66	26,6	32,8	37,2	60,3	27,8	48,1	89,7	105,3	98,0	38,6	30,0	21,8	51,4
66-67	22,6	41,0	42,6	28,5	36,1	66,1	81,3	108,0	101,6	56,4	28,6	16,3	52,4
67-68	20,5	15,5	14,2	17,1	17,9	40,7	53,6	67,8	36,1	27,1	22,6	11,1	28,7
68-69	9,5	6,7	5,3	5,6	9,3	13,9	15,3	15,9	16,1	15,2	11,0	7,1	10,9
69-70	21,0	18,5	23,7	22,7	23,3	20,2	55,9	104,0	36,6	19,0	11,7	9,1	30,5
70-71	9,6	8,8	12,6	17,6	18,0	29,3	50,8	34,2	22,2	17,5	10,7	9,2	20,0
71-72	9,1	8,8	35,5	38,2	20,5	56,2	100,0	49,3	28,4	18,3	19,0	7,2	32,5
72-73	65,0	114,0	25,9	110,0	58,1	72,4	86,5	199,0	156,0	78,3	42,9	14,7	85,2
73-74	33,7	15,0	42,1	18,9	12,2	27,5	47,0	85,0	37,2	23,1	16,9	8,0	30,6
74-75	57,6	94,9	34,0	22,8	21,5	35,8	53,9	66,9	53,7	26,8	18,2	14,6	41,7
75-76	15,4	17,8	61,8	27,1	31,3	50,5	69,6	104,0	49,3	33,1	25,2	16,3	41,8
PROM	23,5	27,8	26,0	28,3	30,6	48,1	66,2	85,8	52,1	30,5	21,3	12,7	37,8

TABLA 5.9

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Claro en Los Queñes

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.													PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	6,6	4,4	9,5	27,4	13,1	18,9	26,2	24,5	19,1	10,7	5,4	4,6	14,2
43-44	7,3	9,9	10,9	6,9	35,1	31,3	24,3	21,1	15,2	10,7	8,1	8,7	15,8
44-45	13,7	16,3	20,6	28,7	32,7	35,4	38,2	40,6	27,4	18,9	9,8	7,0	24,1
45-46	15,6	9,5	11,6	16,0	24,5	25,1	25,9	14,8	12,8	7,1	5,7	4,8	14,5
46-47	4,3	7,3	17,5	7,9	11,4	13,6	14,8	10,9	8,3	5,3	3,8	3,6	9,1
47-48	3,8	14,3	15,1	9,5	12,9	18,9	20,0	13,6	8,7	4,9	3,6	4,6	10,8
48-49	7,9	11,8	30,9	18,3	27,7	31,3	31,5	33,9	25,3	10,3	7,4	5,4	20,1
49-50	44,6	24,2	12,8	10,1	10,1	13,8	13,1	9,1	8,0	3,5	2,8	5,3	13,1
50-51	28,6	28,4	13,5	19,2	27,8	23,6	29,3	36,0	22,9	9,2	7,1	4,0	20,8
51-52	6,8	30,1	51,8	22,3	19,3	19,6	22,8	25,2	18,0	7,8	6,3	4,9	19,6
52-53	30,3	21,1	22,7	13,4	17,5	20,5	18,7	19,7	11,1	5,3	2,8	2,9	15,5
53-54	11,0	13,2	20,4	51,9	53,4	28,3	46,6	45,7	37,6	22,0	10,2	6,6	28,9
54-55	5,8	24,0	14,8	12,8	13,2	17,3	22,7	16,8	14,9	7,5	4,3	4,2	13,2
55-56	4,1	34,3	12,9	10,4	19,1	24,8	30,3	27,2	16,5	9,1	5,2	9,1	16,9
56-57	8,2	5,9	21,1	20,5	15,8	22,4	26,3	17,2	10,9	6,8	3,7	2,7	13,5
57-58	13,5	10,9	21,0	20,2	15,5	23,0	21,1	19,4	12,0	6,6	4,1	3,7	14,3
58-59	7,1	37,4	17,6	25,4	19,1	31,2	24,5	19,7	18,6	11,6	7,5	28,8	20,7
59-60	17,7	17,8	42,7	22,4	34,0	20,2	37,4	33,3	20,9	10,1	5,0	6,9	22,4
60-61	2,9	12,1	11,6	11,4	11,0	20,8	23,5	15,4	9,2	5,4	13,1	4,8	11,8
61-62	3,7	16,2	19,5	14,7	34,2	44,6	34,8	26,9	20,9	11,0	6,5	4,9	19,8

TABLA 5.9
(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Claro en Los Queñes
Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	3,5	11,4	13,0	14,2	11,5	22,8	23,2	14,2	10,1	6,6	5,4	5,2	11,8
63-64	4,6	5,9	27,7	22,3	31,9	38,3	38,9	44,9	37,5	21,0	10,6	7,3	24,2
64-65	5,8	7,5	7,3	8,5	15,1	16,0	17,3	15,8	10,7	7,3	5,1	22,8	11,6
65-66	13,1	21,5	23,2	33,9	22,5	29,8	34,8	29,7	24,0	10,8	7,3	9,8	21,7
66-67	10,7	28,4	31,5	18,2	25,2	29,7	40,7	32,9	25,5	16,2	8,5	5,1	22,7
67-68	6,0	6,3	6,6	10,0	13,6	19,2	22,6	19,6	10,9	7,8	5,7	3,3	11,0
68-69	3,3	2,4	1,5	2,6	4,3	3,7	7,8	5,6	7,0	5,1	2,9	2,2	4,0
69-70	11,1	32,7	19,3	15,2	13,8	11,6	15,3	17,1	9,0	6,5	4,2	3,4	13,3
70-71	3,7	5,9	13,3	16,5	15,0	17,4	20,6	17,2	10,1	5,5	3,7	3,0	11,0
71-72	6,9	6,2	32,7	24,2	12,5	19,4	19,7	16,9	13,9	7,1	5,9	4,3	14,1
72-73	25,8	52,6	16,2	53,7	35,9	34,1	32,3	42,9	28,4	14,2	9,6	3,2	29,1
73-74	12,2	8,6	24,5	13,2	6,6	12,7	15,5	18,9	12,3	6,0	5,9	3,8	11,7
74-75	3,8	59,0	31,6	18,8	17,3	23,2	23,5	26,1	19,2	10,8	5,7	7,3	20,5
75-76	6,8	10,5	32,4	22,9	17,1	22,1	22,5	27,6	17,3	6,4	-	-	18,6
PROM	10,6	17,9	20,0	18,9	20,3	23,1	25,5	23,5	16,9	9,3	6,2	6,3	16,6

TABLA 5.10

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno después de Junta

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	19,80	21,60	20,60	78,60	43,00	62,80	117,10	98,20	65,80	42,90	30,10	23,20	51,97
43-44	25,00	32,60	35,90	25,20	81,90	76,20	90,90	74,30	45,00	37,40	31,30	26,70	48,53
44-45	34,90	40,80	45,30	76,50	83,10	88,00	144,20	158,10	78,50	84,10	32,90	25,30	74,31
45-46	44,10	30,20	28,70	44,10	62,70	59,90	79,40	57,70	38,40	26,60	19,50	19,20	42,54
46-47	16,50	23,30	44,80	21,80	29,30	45,50	57,70	43,80	28,00	19,20	13,00	12,90	29,65
47-48	12,60	31,00	33,50	24,90	34,40	62,60	110,30	78,70	38,40	27,10	26,40	16,40	41,36
48-49	20,80	24,10	71,60	41,90	76,10	95,30	128,00	121,00	72,90	33,90	23,60	17,30	60,54
49-50	88,50	33,40	29,40	30,40	29,80	50,20	54,20	36,00	27,40	18,80	20,50	21,80	36,70
50-51	86,40	53,50	27,90	56,70	59,70	67,80	108,00	138,00	85,90	36,50	23,00	19,40	63,57
51-52	20,30	48,70	101,00	56,70	60,40	67,70	104,00	109,00	63,30	32,80	22,00	15,80	58,47
52-53	32,30	41,60	44,70	29,40	41,50	49,70	59,70	63,90	42,00	30,00	24,90	13,10	39,40
53-54	26,90	33,30	54,40	173,00	137,00	72,90	131,00	167,00	119,00	80,00	52,40	31,00	89,82
54-55	24,70	70,90	36,60	36,30	34,60	49,70	80,90	73,60	51,00	37,20	21,30	15,30	44,34
55-56	14,20	52,20	29,10	21,60	44,50	55,50	90,60	66,30	49,50	30,80	25,20	24,50	42,00
56-57	27,60	18,60	32,60	43,80	37,90	57,20	92,00	65,40	40,10	30,50	22,30	17,50	40,46
57-58	25,90	25,00	61,10	48,10	38,90	56,80	82,80	65,60	43,20	38,00	22,40	29,20	44,75
58-59	23,60	63,20	41,00	55,20	45,50	86,80	115,00	93,50	57,20	38,90	31,90	66,50	59,86
59-60	42,20	49,70	95,20	67,20	73,90	79,40	144,00	141,00	77,50	40,20	28,10	19,00	71,45
60-61	13,50	34,70	29,30	30,00	33,80	61,40	91,60	58,90	29,40	30,50	48,60	16,00	39,81
61-62	11,50	27,60	34,70	43,00	86,40	125,00	145,00	140,00	83,70	41,10	34,20	18,40	65,88

TABLA 5.10
(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA
HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno después de Junta
Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	14,00	33,30	29,60	39,70	35,00	71,50	104,00	61,00	37,20	31,60	19,20	11,70	40,65
63-64	12,00	15,40	55,50	61,10	80,90	92,80	119,00	190,00	129,00	56,40	34,20	20,30	72,22
64-65	12,90	14,40	19,10	19,10	36,40	50,60	71,30	61,20	38,00	27,00	22,10	34,60	33,89
65-66	37,10	47,20	65,80	106,00	50,60	80,80	129,40	117,00	118,00	46,20	36,30	35,60	72,50
66-67	31,10	73,00	78,40	43,50	63,80	90,30	126,00	128,00	114,00	62,00	33,20	24,50	72,32
67-68	20,80	19,20	19,50	24,80	35,10	70,00	81,90	71,10	35,90	27,90	23,10	16,30	37,13
68-69	10,00	8,40	7,80	8,30	11,20	16,50	21,00	16,50	17,10	15,10	11,20	10,70	12,82
69-70	25,70	73,10	47,90	52,20	41,40	38,40	71,40	87,00	52,80	27,80	21,90	12,80	46,03
70-71	12,00	14,50	29,70	33,20	35,00	50,30	69,00	54,90	36,60	20,70	15,10	9,50	31,71
71-72	15,60	16,00	53,00	31,70	36,70	65,20	85,60	61,50	34,10	26,30	22,90	13,70	38,52
72-73	77,80	125,00	46,20	122,00	89,60	85,10	108,00	187,00	163,00	87,20	47,00	22,40	96,69
73-74	68,90	37,30	65,00	40,50	50,70	57,90	90,10	94,10	52,20	34,00	21,90	13,40	52,17
74-75	74,80	117,00	65,30	41,50	36,90	62,40	78,30	89,30	65,50	31,40	22,40	20,90	58,81
75-76	32,90	26,70	85,50	52,10	53,20	65,90	94,00	108,00	54,10	33,90	27,00	16,20	54,12
PROM	31,09	40,49	46,05	49,41	52,67	66,71	96,34	93,43	61,29	37,76	26,80	20,91	51,91

TABLA 5.11

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Puente de Ferrocarril

Control : ENDESA

AÑO HDIR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	15,5	24,4	22,4	113,4	46,1	36,3	61,3	63,7	32,5	18,2	9,1	12,7	38,0
43-44	19,5	35,9	39,2	32,6	108,6	43,4	41,4	40,0	16,5	14,6	9,4	16,1	34,8
44-45	29,0	45,6	50,3	103,8	110,7	51,7	74,4	110,0	43,0	44,8	10,2	15,0	57,4
45-46	38,4	33,7	31,2	59,9	77,8	32,6	34,9	26,6	11,4	7,8	5,8	8,7	30,7
46-47	11,3	24,8	49,5	27,8	20,1	21,9	20,8	14,5	3,6	3,3	3,8	2,6	17,0
47-48	7,8	34,7	37,0	32,8	29,4	34,6	54,4	44,4	11,5	8,2	8,0	6,0	25,7
48-49	15,5	26,0	81,8	55,9	99,1	56,9	64,5	79,1	38,3	12,6	7,1	6,9	45,3
49-50	20,7	37,3	31,7	40,3	21,3	25,6	18,8	8,0	3,0	2,9	6,0	11,2	18,9
50-51	77,3	60,1	29,4	75,5	70,7	37,3	51,5	92,3	48,7	14,4	7,0	5,0	47,4
51-52	14,4	57,0	96,6	93,8	64,8	35,2	41,0	61,7	33,0	11,7	5,3	3,1	43,1
52-53	48,5	50,4	52,6	36,0	41,5	29,1	19,5	39,6	17,8	11,0	5,0	2,1	29,4
53-54	13,9	32,7	56,1	237,0	224,0	43,0	77,7	160,0	84,0	42,4	15,5	20,4	83,9
54-55	20,1	77,2	46,0	55,6	30,7	24,8	34,0	38,4	21,8	15,7	5,3	3,9	31,1
55-56	7,6	62,5	37,4	34,5	47,7	31,5	35,6	39,7	16,0	12,3	6,2	6,8	28,2
56-57	15,1	14,6	37,2	68,5	38,5	31,0	27,9	40,2	15,9	11,3	4,9	7,6	26,1
57-58	17,8	28,8	56,3	51,5	59,3	44,2	13,1	13,8	9,9	5,4	5,7	19,0	27,1
58-59	19,6	73,2	27,0	102,0	53,8	48,9	45,4	51,7	26,9	20,9	9,8	56,9	44,7
59-60	51,8	65,4	121,0	97,3	23,5	42,0	63,4	88,5	37,8	14,4	6,8	6,4	51,5
60-61	5,8	38,2	16,6	42,0	30,2	34,0	36,0	29,0	7,1	10,6	9,3	3,9	21,9
61-62	8,2	46,2	53,8	67,2	127,0	80,1	74,6	98,4	44,2	14,0	9,0	6,5	52,4

TABLA 5.11
(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Puente de Ferrocarril
Control : ENDESA

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	7,0	30,5	33,2	53,5	24,8	33,4	29,2	25,8	10,2	9,7	5,8	2,0	22,1
63-64	6,6	15,8	63,0	93,0	106,0	57,0	81,0	124,0	136,0	25,0	10,8	8,4	60,6
64-65	5,9	11,5	23,8	26,9	40,8	16,2	23,0	25,2	15,4	9,6	7,5	24,1	19,2
65-66	51,4	77,2	128,0	180,0	59,5	46,0	87,5	88,7	67,8	24,7	12,6	28,2	71,0
66-67	27,9	85,2	102,0	59,1	60,3	56,1	79,9	80,7	62,8	28,4	9,1	14,0	55,5
67-68	13,7	19,9	21,9	26,4	23,3	42,3	47,6	34,6	10,2	8,7	6,8	5,2	21,7
68-69	4,7	2,5	2,3	3,4	2,8	3,8	4,4	3,4	3,3	3,0	5,1	3,5	3,5
69-70	18,8	85,0	54,0	65,7	35,2	12,4	42,5	61,3	17,6	10,3	7,8	4,9	34,6
70-71	6,2	13,8	43,7	41,2	25,0	24,4	38,7	23,6	9,2	3,8	4,0	2,5	19,7
71-72	9,5	14,8	53,9	37,7	29,6	32,4	34,5	26,5	11,0	8,8	8,1	6,6	22,8
72-73	86,5	147,0	64,5	135,0	105,0	98,3	100,0	166,0	116,0	51,1	25,1	14,5	92,4
73-74	44,8	34,8	80,8	49,3	31,5	26,3	54,1	44,9	19,3	16,4	9,8	4,7	34,7
74-75	52,4	103,0	75,7	46,3	44,4	44,5	55,6	48,4	29,3	14,6	11,2	15,1	45,0
75-76	23,9	41,7	112,8	62,7	20,8	14,2	18,3	19,7	19,0	7,1	6,5	4,6	29,3
PROM	24,0	45,6	53,9	67,9	56,9	38,0	46,7	56,3	30,9	15,2	8,2	10,6	37,8

TABLA 5.12

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Estero de Upeo en Upeo
Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	2,02	3,34	5,34	19,03	6,90	5,61	4,23	2,12	1,37	0,89	0,59	0,73	4,35
43-44	2,05	4,51	5,20	5,60	11,47	5,55	3,67	2,24	1,46	0,97	0,62	1,22	3,71
44-45	3,85	15,48	7,27	17,75	8,23	7,82	5,43	3,28	2,13	1,49	2,01	3,00	6,48
45-46	2,71	2,39	4,90	7,90	6,22	4,73	5,76	3,20	2,13	1,32	0,86	0,82	3,58
46-47	2,93	4,38	6,15	5,84	5,99	4,69	3,17	1,75	1,13	0,73	0,47	0,75	3,17
47-48	2,23	10,33	5,66	7,57	7,87	6,85	4,73	3,08	2,00	1,30	0,85	1,65	4,51
48-49	3,65	13,04	38,22	10,26	10,16	8,10	5,55	3,65	2,35	1,54	1,04	0,68	8,19
49-50	12,06	7,98	6,55	6,91	5,12	3,22	2,10	1,93	0,89	0,58	0,39	3,48	4,27
50-51	14,37	8,85	6,96	8,42	8,97	7,04	6,01	3,16	2,06	1,34	0,88	0,71	5,73
51-52	3,01	19,47	17,97	8,76	8,73	6,32	4,09	2,68	1,63	1,08	0,73	0,45	6,24
52-53	4,17	14,07	17,39	8,41	7,69	6,87	4,46	2,90	1,90	1,23	0,80	1,31	5,93
53-54	10,15	5,72	15,76	39,60	32,54	11,84	7,82	5,17	3,30	2,16	1,40	3,29	11,56
54-55	5,42	21,26	10,57	8,52	7,21	5,35	3,37	2,45	1,43	0,93	0,60	0,68	5,65
55-56	1,28	15,49	5,42	6,91	6,19	4,71	2,95	2,61	1,35	0,78	0,58	2,34	4,22
56-57	3,50	3,79	14,37	11,81	7,79	6,05	3,66	2,42	1,53	1,00	0,65	0,53	4,76
57-58	4,46	4,93	9,92	12,55	7,48	5,75	3,54	2,66	1,50	0,97	0,63	1,16	4,63
58-59	3,87	13,68	5,94	8,35	9,53	6,06	4,17	2,44	1,63	1,03	0,69	8,42	5,49
59-60	6,05	21,00	30,10	13,65	10,69	9,30	6,21	4,04	2,63	1,71	1,11	0,72	8,93
60-61	1,14	11,51	10,89	7,75	7,23	6,78	4,63	2,93	1,91	1,24	0,80	0,52	4,78
61-62	0,98	2,26	4,07	6,39	6,35	4,61	2,95	1,91	1,25	0,81	0,52	0,56	2,72

TABLA 5.12

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Estero de Upeo en Upeo

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	0,71	16,24	5,21	6,47	5,71	5,06	2,79	1,76	1,14	0,74	0,51	0,40	3,90
63-64	1,67	4,59	19,87	23,17	19,77	10,22	9,06	5,60	3,62	2,35	1,54	1,04	8,54
64-65	0,76	2,98	3,64	11,87	5,68	4,54	3,38	2,48	1,18	0,77	0,50	4,24	3,50
65-66	5,08	6,06	26,02	30,95	10,12	8,99	6,12	4,51	2,46	1,60	1,04	3,40	8,86
66-67	3,67	42,54	17,54	13,24	9,49	7,21	4,65	4,28	1,90	1,20	0,78	0,52	8,92
67-68	3,13	3,84	6,37	6,11	6,14	6,23	4,73	2,62	1,70	1,11	0,73	1,46	3,68
68-69	0,30	0,45	0,39	1,47	3,02	2,50	1,97	1,39	0,57	0,38	0,24	1,50	1,18
69-70	3,12	22,20	16,07	9,32	7,63	6,40	3,73	2,34	1,52	0,99	0,65	0,42	6,20
70-71	2,16	4,68	21,52	7,93	7,42	6,83	4,45	3,44	1,87	1,22	0,79	0,60	5,24
71-72	1,48	18,09	6,68	7,25	6,75	5,64	3,18	2,56	1,37	0,88	0,61	0,52	4,59
72-73	10,46	30,74	13,58	35,16	25,12	11,72	8,55	5,02	3,27	2,13	1,38	1,10	12,35
73-74	4,65	5,73	22,51	7,97	6,09	5,91	3,69	2,50	1,56	1,01	0,66	0,43	5,23
74-75	10,42	40,69	9,39	7,89	6,19	3,67	2,89	1,89	1,00	0,66	0,43	1,04	7,18
75-76	3,26	5,27	33,20	11,72	8,10	6,09	4,75	2,50	1,62	1,05	0,69	0,44	6,56
PROM	4,14	11,99	12,67	11,84	9,11	6,42	4,48	2,93	1,78	1,15	0,79	1,47	5,73

TABLA 5.13

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Colorado en Junta con Palos

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	19,0	19,5	17,0	36,2	25,1	42,4	111,0	108,6	61,7	19,9	18,0	13,6	41,0
43-44	14,4	21,8	22,2	20,4	47,3	47,5	89,2	70,9	34,5	17,9	19,7	18,1	35,3
44-45	19,2	28,4	26,8	37,6	45,0	58,6	102,8	143,8	77,4	39,2	28,4	22,0	52,4
45-46	30,3	24,1	20,8	29,4	37,3	55,5	69,1	55,3	32,5	16,0	18,7	16,3	33,8
46-47	14,1	17,4	24,6	16,7	20,4	31,1	51,6	39,8	22,4	10,5	13,2	12,5	22,9
47-48	12,8	19,8	19,4	17,4	21,3	36,9	78,3	48,1	24,7	11,8	14,4	16,1	26,8
48-49	17,1	21,9	37,8	22,2	34,6	51,5	97,1	120,3	59,2	17,9	22,8	17,0	43,3
49-50	54,0	41,1	24,6	25,2	26,6	49,4	48,9	35,1	28,4	7,4	13,3	20,4	31,2
50-51	64,3	39,3	23,4	36,7	36,8	53,2	85,5	142,7	89,3	27,0	27,0	19,4	53,7
51-52	17,4	42,1	59,7	39,8	39,1	57,2	96,7	134,2	74,9	23,6	24,8	17,1	52,2
52-53	38,2	40,5	33,2	21,3	30,5	45,6	77,4	75,6	34,2	15,9	18,0	15,7	37,2
53-54	20,0	25,8	30,4	68,4	77,1	49,8	109,9	174,7	143,3	59,9	45,6	31,2	69,7
54-55	21,5	43,1	28,7	28,6	27,4	48,8	97,7	84,1	46,8	17,4	18,2	14,3	39,7
55-56	12,4	37,3	20,3	20,9	27,9	49,8	99,8	68,2	38,0	14,3	15,5	15,0	35,0
56-57	16,6	13,3	29,3	31,9	27,4	51,9	99,8	78,8	33,6	13,9	16,4	12,0	35,4
57-58	18,9	19,1	25,4	33,1	25,9	48,8	84,5	73,5	33,6	13,3	16,2	12,9	33,8
58-59	19,6	45,2	28,7	34,8	29,9	104,2	103,8	104,4	61,7	25,1	22,5	57,8	53,1
59-60	32,5	35,2	55,8	43,5	44,9	58,8	121,4	153,8	78,2	31,8	32,1	19,4	59,0
60-61	18,7	27,4	25,9	23,5	26,4	50,4	92,6	67,1	34,2	16,0	32,6	14,8	35,8
61-62	11,3	29,5	33,2	30,8	51,8	80,6	125,2	145,9	90,9	35,2	30,9	19,9	57,1

TABLA 5.13

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Colorado en Junta con Palos

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	14,1	22,1	21,0	26,9	24,4	48,2	81,4	52,7	24,8	13,2	15,8	12,8	29,8
63-64	11,5	13,7	33,5	37,4	47,0	66,1	94,9	88,5	148,8	47,8	34,2	22,2	53,8
64-65	14,5	16,4	20,1	19,5	27,4	48,8	72,3	61,8	36,9	14,8	16,7	44,5	32,8
65-66	30,0	44,7	49,0	62,6	33,7	56,7	108,9	117,2	117,0	61,4	34,5	33,3	62,4
66-67	28,9	49,5	34,8	24,9	36,0	57,3	101,4	119,4	115,0	62,7	27,8	20,4	56,5
67-68	19,3	17,3	16,2	16,9	19,8	52,3	75,5	81,4	35,7	26,7	15,9	13,5	32,5
68-69	12,3	11,2	10,8	11,6	13,8	16,3	26,1	16,8	16,0	13,5	11,6	11,3	14,3
69-70	20,1	45,5	34,7	29,4	29,1	28,2	67,7	105,0	47,7	29,4	16,8	12,9	38,9
70-71	13,0	16,4	21,4	20,8	23,7	62,9	69,9	63,0	27,8	17,8	13,6	11,5	30,2
71-72	17,8	15,3	37,8	32,9	27,3	51,0	80,8	63,3	36,0	22,2	18,9	15,5	34,9
72-73	62,1	123,0	44,6	115,0	49,2	57,1	82,6	135,0	142,0	83,5	43,4	25,5	80,3
73-74	55,2	24,1	38,4	26,0	27,4	45,1	104,0	91,0	49,8	30,1	17,0	12,1	43,4
74-75	16,2	24,6	19,6	23,3	26,9	49,7	83,7	91,7	68,5	33,8	20,5	20,8	39,9
75-76	24,2	26,8	43,7	26,6	28,7	42,4	81,7	120,0	38,4	-	-	-	48,1
PROM	23,9	30,7	29,8	32,1	32,9	51,6	87,5	92,1	58,9	27,0	22,3	19,5	42,5

TABLA 5.14

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Río Palos antes de Junta
Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	23,30	20,30	17,60	41,00	20,80	27,80	54,60	52,70	37,70	23,90	16,50	12,60	29,07
43-44	14,50	14,00	12,70	12,20	34,10	36,30	53,60	35,80	19,10	14,10	10,50	9,70	22,22
44-45	11,70	18,90	14,90	23,00	25,00	37,10	58,70	72,00	45,30	42,00	24,60	18,20	32,62
45-46	28,80	21,30	16,30	21,70	30,30	34,30	44,50	37,80	26,20	19,60	14,20	12,10	25,59
46-47	12,80	13,60	20,20	14,00	18,10	22,20	33,80	27,40	17,00	12,30	10,50	9,70	17,63
47-48	10,80	14,90	14,60	13,10	16,50	24,90	46,90	31,60	18,50	13,40	11,20	11,70	19,01
48-49	15,20	17,60	26,90	15,70	24,00	35,10	57,40	61,00	32,70	19,50	18,90	14,00	28,17
49-50	36,10	33,70	19,50	20,30	19,00	26,50	33,00	27,00	14,90	11,00	10,40	16,40	22,32
50-51	45,30	28,40	15,90	22,90	25,10	34,50	46,50	73,00	49,00	26,00	17,20	13,00	33,07
51-52	13,80	29,00	37,00	21,50	22,50	28,00	44,50	65,00	42,50	22,00	15,40	11,00	29,35
52-53	30,00	29,00	24,00	18,20	23,00	26,50	36,50	37,00	22,50	15,60	12,20	11,40	23,82
53-54	17,40	16,80	18,80	27,00	37,00	47,00	63,00	83,00	68,00	53,00	34,00	25,00	40,83
54-55	20,50	31,50	18,60	17,00	18,20	28,00	47,20	43,80	29,00	19,80	14,80	12,60	25,08
55-56	13,00	29,10	15,40	15,00	18,80	28,00	44,00	33,30	27,10	17,00	14,20	12,80	22,31
56-57	18,90	22,50	22,50	20,00	30,00	47,60	43,50	25,70	25,70	18,50	14,80	10,00	24,97
57-58	17,20	15,00	17,60	20,00	17,20	20,00	38,50	36,50	21,00	17,00	13,80	12,60	20,53
58-59	17,70	31,30	21,50	25,10	22,50	39,20	55,30	49,80	34,50	24,50	18,20	35,50	31,26
59-60	27,50	27,00	34,50	24,00	34,00	32,50	53,20	61,80	50,10	33,00	23,50	19,50	35,05
60-61	16,60	21,50	19,00	17,20	17,80	24,50	44,50	34,50	20,00	15,00	21,60	13,00	22,10
61-62	11,40	18,20	20,00	19,60	38,10	49,40	61,60	61,60	47,90	34,00	23,00	17,20	33,50

TABLA 5.14

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Río Palos antes de Junta

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	12,60	17,00	14,20	17,00	16,10	26,00	42,50	29,50	14,60	11,40	11,50	19,00	19,28
63-64	10,00	14,50	22,00	24,50	28,50	37,90	55,60	66,40	65,50	43,20	29,50	17,00	34,55
64-65	13,60	16,80	17,80	17,60	22,00	30,50	38,00	40,00	27,00	18,80	13,40	29,00	23,71
65-66	27,90	32,40	33,50	40,00	24,50	34,40	53,20	49,60	49,10	34,70	26,20	24,20	35,81
66-67	16,90	31,10	31,40	17,90	24,30	34,00	50,30	58,80	59,40	39,00	21,10	17,60	33,48
67-68	17,20	14,70	13,10	13,20	15,00	29,80	39,30	33,10	7,63	4,39	11,30	12,90	17,63
68-69	11,40	9,81	8,87	10,40	13,10	10,90	17,60	13,10	10,30	8,34	8,08	8,57	10,87
69-70	15,70	37,10	23,20	19,30	19,40	18,30	31,60	43,00	27,30	18,80	14,90	11,90	23,37
70-71	11,30	12,70	15,40	14,60	16,10	30,60	33,40	34,20	22,60	15,30	12,30	10,60	19,09
71-72	17,30	14,70	27,10	23,00	17,70	28,50	37,10	30,80	22,60	15,40	13,30	10,40	21,49
72-73	41,40	25,20	28,80	63,80	35,30	35,00	39,50	86,10	68,90	46,70	31,10	21,40	43,60
73-74	32,00	19,50	24,90	18,00	22,50	26,90	39,20	39,30	30,20	20,70	15,60	12,70	25,12
74-75	27,30	27,30	22,30	18,10	19,10	28,20	41,30	43,50	34,30	26,30	17,20	18,40	26,94
75-76	19,70	23,20	36,40	22,70	22,50	29,00	44,60	56,50	-	-	-	-	31,83
PROM	19,90	22,05	21,37	21,43	23,18	30,86	44,82	46,30	32,97	22,86	17,12	15,51	26,53

5.6 RECONSTITUCION DE ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS EN REGIMEN NATURAL

5.6.1 Aspectos Generales.

Las estadísticas de caudales medios anuales y mensuales incluidos en las Tablas del punto 5.5 precedente, no consideran el efecto distorsionador que producen en algunas de ellas los canales de regadío y el embalse El Planchón, y por lo tanto no representan total y fielmente el régimen de escorrentía natural del río.

La influencia de dichas obras sobre las estadísticas fluviométricas registradas, es de distinta magnitud y naturaleza según sea la estación considerada y la época del año. Este efecto variable tendrá a su vez distinta significación o importancia según sea el tipo de análisis o utilización que se efectúe posteriormente de cada registro.

La Tabla 5.15 siguiente, resume las obras que influyen en los registros de cada una de las estaciones fluviométricas de la cuenca. Se incluye además en dicha tabla, algunos indicadores que permiten tener algún antecedente sobre la magnitud y naturaleza de dicha influencia.

De los antecedentes de esta Tabla puede concluirse que existen las siguientes situaciones:

- a) Estaciones en que la influencia de las obras sobre el registro natural es inexistente, mínima o moderada y en que además no existen datos o maneras seguras de poder estimar razonablemente dicha influencia. Estas estaciones son: Claro de Los Queñes (N°4), Upeo en Upeo (N°8), Colorado en junta con Palos (N°9) y Palos en junta con Colorado (N°10). Por lo tanto, se ha adoptado el criterio de mantener inalteradas las estadísticas de caudales registrados, ya que ellas representan también de manera razonablemente realista el régimen de escorrentía natural de la sección del río correspondiente.
- b) Estaciones en que la influencia por canales es despreciable, pero cuyos registros quedan influenciados por la operación del Embalse El Planchón. Dichas estaciones son: Teno bajo Quebrada Infer

TABLA 5.15

INFLUENCIAS SOBRE EL REGIMEN NATURAL DE ESCORRENTIA

N°	NOMBRE DE LA ESTACION	Caudal Medio Anual m ³ /seg	Tipo y nombre de las obras que influyen	Magnitud Aproximada de la Influencia	Posibilidad de Evaluación Influencia
1	Manzano en Desembocadura	2,3	4 canales menores, más extracción parcial del Maquis Macal	Grande	Muy aproximadamente. No hay datos.
2	Teno Bajo Junta Q. Infiernillo	31,6	Embalse El Planchón	Mediana	Aproximadamente. Estimación Indirecta
3	Teno en Los Queñes	37,8	Embalse El Planchón Canal San Miguel	Embalse: Mediana Canal: Despreciable (40 reg.)	Aproximadamente. Estimación Indirecta
4	Claro en Los Queñes	16,6	Canal El Peñón	Mínima 20 reg.	No hay datos confiables
5	Teno Después Junta	51,9	Embalse El Planchón, Canales San Miguel y Peñón	Embalse: Mediana Canales: Despreciable	Estimación Indirecta Aproxima- mada
6	Teno en Puente FF.CC. (brazo sur)	37,8	El Planchón; Veintiseis canales comprendidos entre Canal San Miguel y Canal Puente inclusive	Embalse: Mediana Canales: Significativa	No hay datos directos Estimación aproximada Indi- recta
7	Teno en Puente FF.CC. (brazo norte)				
8	Upeo en Upeo	5,7	Canales menores	Despreciable	No hay datos
9	Colorado en Junta con Palos	42,5	Sin influencia	--	--
10	Palos en Junta Colorado	26,5	Sin influencia	--	--
11	Teno en Captación	--	Embalse El Planchón; Canales entre San Miguel y Canal Cerda	Embalse: Mediana Canales: Despreciable	Estimación muy aproximada

nillo (N°2), Teno en Los Queñes (N°3) y Teno después de junta con Claro (N°5). Para estas estaciones es posible reconstituir sus estadísticas en régimen natural en forma razonable, por medio de un método estadístico indirecto que se explica y aplica más adelante.

- c) Estaciones que quedan influenciadas en forma importante tanto por extracciones de canales como por la operación del Embalse El Planchón. En esta situación se encuentran los registros de Teno en Captación (N°11) y de Teno en Puente FFCC (N°s. 6 y 7).
- d) Estaciones cuyos registros están influenciados sólo por extracciones de canales. Este caso sólo corresponde a la estación Manzano en Desembocadura. La influencia mencionada no es importante desde el punto de vista de evaluación de recursos anuales de agua, pues las extracciones son poco significativas en términos absolutos y sólo adquieren importancia durante el período de riego, en relación a la magnitud del caudal natural de estiaje del Estero.

A continuación se incluye la metodología, resultados y análisis de los mismos, en relación a cada una de las diferentes situaciones recién identificadas.

5.6.2 Influencia de la Operación del Embalse El Planchón.

Como se indicó anteriormente, la operación del Embalse El Planchón desde 1951, influye en los registros fluviométricos de las estaciones N°s. 2, 3, 5, 6, 7 y 11.

Para tener en cuenta la influencia de la operación del Embalse El Planchón, deberán descontarse de los registros fluviométricos correspondientes, los caudales entregados por el Embalse y sumarse los caudales naturales de la cuenca aportante a dicho Embalse.

No se han registrado los caudales naturales de la cuenca afluente al Embalse (39 Km²) y por lo tanto estos fueron estimados indirectamente de acuerdo a los procedimientos que se desarrollaron en el punto 5.4 anterior. La operación del Embalse desde 1951 hasta 1976 ha sido bastante errática, no existiendo antecedentes directos que permitan determinar los caudales medios entrega-

dos en dicho período. Las informaciones cualitativas de que se dispone en la actualidad respecto a la operación del Embalse en el pasado, han permitido establecer que normalmente el Embalse opera durante los meses de Diciembre a Abril, inclusivos. Durante los restantes meses, el Embalse se deja operar libremente.

Recientemente ha habido una mayor preocupación por el problema. Así por ejemplo, durante las temporadas de riego 1975-1976 y 1976-1977 se ha operado continuamente durante un período de 16 horas diarias (17 hrs. - 9 hrs.). También ha existido preocupación reciente por parte de la Dirección de Riego para medir los caudales actualmente entregados. Durante la temporada 1975-1976 se realizaron dos aforos en el canal de salida que correspondieron a $7 \text{ m}^3/\text{seg}$ y $13 \text{ m}^3/\text{seg}$ con una carga total de 10.4 m (máxima) sobre las compuertas. Durante el año 1976 se obtuvieron cotas de la superficie del agua en las Lagunas en orden a establecer relaciones que permitan determinar aproximadamente los gastos de entrada a las Lagunas.

Desgraciadamente la información disponible en la actualidad, en lo que se refiere a la estadística de entregas en el período 1951-1975, no va más allá de los antecedentes generales acerca del volumen máximo del Embalse ($70 \times 10^6 \text{ m}^3$) y de la capacidad de las obras de entrega del Embalse ($19 \text{ m}^3/\text{seg.}$).

Para la estimación de los caudales medios mensuales en régimen natural, se procedió a establecer correlaciones entre los caudales de la estación Claro de Los Queñes (no influenciada por el Embalse) con los de la estación Teno en Los Queñes para los meses de Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril. Se efectuaron dos tipos de correlaciones para cada mes: una para el período 1942-1950 (antes de la puesta en marcha del embalse) y otra para el período 1951-1975 (período de operación del embalse).

Se supuso que las correlaciones del período anterior a 1951, eran representativas de los caudales en régimen natural, de modo que podrían utilizarse en el período más reciente para estimar los caudales no afectados por la operación del embalse. En las Figuras A 5.28 y A 5.29 del Anexo 5, se incluyen las correlaciones gráficas obtenidas, pudiéndose observar que en general los coeficientes de correlación son aceptables en la mayoría de los casos.

Con el fin de establecer la idoneidad de la estadística sintetizada siguiendo el procedimiento explicado, se calcularon las diferencias entre el caudal medido y el del régimen natural. Ello equivalió a generar la estadística de caudales entregada por El Planchón. Este proceso se llevó a cabo solamente para la estación Teno en Los Queñes, ya que la estación Teno después de Junta (también influenciada por El Planchón, registra la suma de los caudales de la estación anterior y los de Claro en Los Queñes.

Se pudo establecer que en algunos años las diferencias resultaban negativas y por lo tanto, los caudales del Embalse generados, carecían de significado físico. Ello se debió principalmente a la dispersión observada en las correlaciones, lo cual se evidenció por la ocurrencia de dichos valores en condiciones más bien extremas.

Hubo necesidad por lo tanto de corregir aquellos años conflictivos con el fin de establecer una estadística de entregas fidedigna. Para estos efectos, la información disponible de aquellos años, considerados razonablemente buenos, se clasificó de acuerdo a la probabilidad de excedencia de los caudales medios anuales, como se indica en la Tabla 5.16.

TABLA 5.16

CRITERIOS DE CLASIFICACION DE LOS AÑOS DE ACUERDO A
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DEL CAUDAL MEDIO
ANUAL PARA ESTIMACION DE CAUDALES DE ENTREGA
EMBALSE PLANCHON

Tipo Año	Prob. Excedencia
Húmedo	$< 35 \%$
Normal	$35 \% < P < 65 \%$
Seco	$> 65 \%$

De esta forma, cada año quedó identificado como año húmedo, normal o seco, y además de acuerdo a las características del año precedente. Fue posible establecer así una distribución promedio según el tipo de año. Esta distribución, que se indica en la Tabla 5.17, permitió asimilar el resto de los años que requieran de corrección, a algún año de dicha tabla atendiendo a la probabilidad de excedencia de su caudal medio anual.

TABLA 5.17

DISTRIBUCION PROMEDIO DE GASTOS MEDIOS
MENSUALES (m^3/seg) ENTREGADOS POR EL
EMBALSE EL PLANCHON

Tipo de Año	MESES				
	D	E	F	M	A
H-H, H-N	0,2	6,6	8,2	3,5	0,3
N-H, N-N	0,8	6,4	4,5	3,5	0,2
N-S, H-S	0,0	8,4	7,4	3,5	0,1
S-N, S-S	0,0	7,5	4,9	3,4	0,2

H-H : Húmedo precedido de Húmedo
H-N : Normal precedido de Húmedo
N-H : Húmedo precedido de Normal
N-N : Normal precedido de Normal
N-S : Seco precedido de Normal
H-S : Seco precedido de Húmedo
S-N : Normal precedido de Seco
S-S : Seco precedido de Seco

En la Tabla 5.18 se incluyen los resultados de los caudales medios mensuales entregados por el Embalse El Planchón durante los meses de Diciembre a Abril inclusivos. En esta Tabla se han incluido además los promedios para el período Diciembre a Abril.

TABLA 5.18

ESTIMACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m^3/seg)
 ENTREGADOS POR EL EMBALSE EL PLANCHON EN EL
 PERIODO 1951 - 1975

AÑO	MESES					PROM.
	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	
51-52	0,78	3,90	6,80	3,50	0,10	3,02
52-53	0,00	7,70	7,90	3,50	0,20	3,86
53-54	5,60	6,40	4,50	3,10	0,20	3,96
54-55	0,00	5,60	1,60	3,40	0,00	2,12
55-56	0,00	7,70	6,20	3,40	0,00	3,46
56-57	0,00	7,60	3,00	3,40	0,40	2,88
57-58	0,00	6,70	4,70	3,40	0,40	3,04
58-59	0,20	6,50	1,70	3,40	0,30	2,42
59-60	3,70	6,40	3,00	3,40	0,20	3,34
60-61	0,00	9,40	8,10	3,40	0,50	4,28
61-62	2,60	0,90	4,90	3,30	0,20	2,38
62-63	0,00	0,90	8,60	3,60	0,20	2,66
63-64	8,90	7,50	4,90	3,30	0,20	4,96
64-65	0,00	7,30	6,50	3,50	0,10	3,48
65-66	2,20	6,60	8,20	3,30	0,30	4,12
66-67	2,40	7,50	4,90	3,30	0,20	3,66
67-68	0,00	7,30	6,20	3,40	0,20	3,42
68-69	0,00	10,80	13,00	3,20	0,10	5,40
69-70	1,10	7,40	11,90	3,60	0,10	4,82
70-71	0,00	10,50	12,70	3,70	0,10	5,40
71-72	0,20	9,30	12,40	3,50	0,40	5,16
72-73	8,70	6,40	4,50	3,00	0,20	4,56
73-74	0,00	7,30	9,00	3,50	0,30	4,02
74-75	0,20	4,60	8,90	3,50	0,30	3,50
75-76	1,10	4,50	2,00	3,40	0,00	2,20

Con los resultados obtenidos de caudales medios mensuales entregados por el Embalse y la estimación de caudales naturales de su cuenca afluente (ver punto 5.4), se reconstituyó la estadística en régimen natural de las estaciones Teno bajo Quebrada Infiernillo, Teno en Los Queñes, Teno después de Junta con Claro. Los registros correspondientes se incluyen en las Tablas 5.19 a 5.21 siguientes.

La influencia del Embalse El Planchón sobre las estaciones Teno en Puente en FFCC se considera en conjunto con la influencia de los canales de Riego en el punto 5.6.3 siguiente.

5.6.3 Influencia de las Extracciones por Canales de Riego.

Las estadísticas registradas que se consideran afectadas por extracciones de canales, a objeto de calcular los caudales medios mensuales en régimen natural, son: El Manzano en Desembocadura y Teno en Puente FF.CC. Según se indicó en la Tabla 5.15 anterior, en las otras estaciones esta influencia es despreciable, mínima o inexistente y por lo tanto no se intentará el cálculo del régimen natural por este concepto. Dada la naturaleza y poca extensión de los registros de Teno en Captación, esta estación no se consideró en este análisis.

5.6.3.1 Influencia en la Estación El Manzano en Desembocadura.

Con respecto a la estación de El Manzano en Desembocadura, la información sobre influencia de los canales de riego sobre el régimen natural de escorrentía es inexistente y por lo tanto, se ha considerado imposible aplicar algún método directo de cálculo.

El método que se ha considerado más efectivo y factible de utilizar, es reconstituir los caudales medios mensuales en dicha estación fluviométrica por medio del modelo de simulación hidrológica explicado en el punto 5.4 anterior. Por lo tanto, dada la estructura y modo de aplicación de dicho modelo, los caudales medios mensuales simulados durante el período 1942-75, pueden considerarse como la mejor estimación posible de la correspondiente estadística en régimen natural de la Estación El Manzano en Desembocadura. Esta estadística se incluye en la Tabla 5.6.

TABLA 5.19

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo
Control : D.G.A.

AÑO HIDROLOGICO	PROMEDIO ANUAL	AÑO HIDROLOGICO	PROMEDIO ANUAL
42-43	31,9	60-61	26,6
43-44	29,2	61-62	35,7
44-45	40,0	62-63	24,3
45-46	26,4	63-64	44,0
46-47	21,8	64-65	24,7
47-48	26,3	65-66	39,4
48-49	35,9	66-67	39,5
49-50	27,2	67-68	25,9
50-51	37,9	68-69	15,1
51-52	33,2	69-70	27,7
52-53	26,3	70-71	17,2
53-54	44,9	71-72	32,8
54-55	28,8	72-73	57,6
55-56	27,9	73-74	57,3
56-57	27,1	74-75	33,7
57-58	26,5	75-76	30,8
58-59	35,0		
59-60	37,4	PROM.	32,2

TABLA 20

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Los Queñes

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	16,0	13,7	11,4	34,3	28,5	44,2	78,9	92,4	54,6	31,8	25,4	14,9	37,2
43-44	21,9	23,7	20,2	17,0	43,7	49,3	56,4	63,2	31,4	24,9	22,3	14,2	32,4
44-45	25,5	27,1	22,7	31,2	45,7	58,1	92,0	157,2	61,1	66,9	22,6	14,9	52,1
45-46	36,1	20,8	16,9	21,5	36,4	34,7	43,9	47,3	28,8	19,7	14,0	11,6	27,6
46-47	15,7	14,6	27,4	14,2	18,8	30,5	35,8	34,2	20,3	13,4	8,9	6,1	20,0
47-48	11,1	18,0	19,0	14,7	22,2	50,7	75,0	61,9	25,5	17,2	11,5	8,0	27,9
48-49	15,7	15,6	35,0	21,7	43,5	75,5	92,0	126,0	64,7	21,7	15,3	8,2	44,6
49-50	55,4	42,0	20,9	20,3	23,7	38,8	45,7	35,8	25,3	12,6	17,9	12,9	29,3
50-51	43,5	31,2	16,0	26,2	38,5	57,8	77,5	142,8	85,1	25,9	19,5	10,5	47,9
51-52	19,01	44,52	45,92	30,69	36,25	56,46	75,45	104,56	49,51	20,25	13,12	9,67	42,12
52-53	39,12	24,80	26,42	16,78	27,95	39,05	48,89	65,05	28,44	17,35	12,86	9,01	29,64
53-54	30,02	22,29	24,16	76,46	73,35	57,85	99,60	163,16	102,45	53,92	38,07	20,31	63,47
54-55	21,31	37,63	24,10	22,64	28,13	42,68	65,87	63,11	39,99	32,65	21,43	10,73	34,19
55-56	12,25	34,44	17,29	19,79	28,72	43,33	66,19	84,50	28,88	21,41	19,99	12,04	32,40
56-57	19,30	13,92	20,19	22,18	26,00	52,96	65,14	66,56	29,21	29,18	20,07	7,04	30,90
57-58	18,42	21,13	27,34	26,58	24,33	42,97	57,59	57,53	32,45	25,08	17,86	7,60	29,91
58-59	20,57	50,75	28,58	42,12	29,28	78,32	87,73	79,04	35,12	32,96	22,54	37,12	45,34
59-60	34,11	30,29	46,32	29,30	48,34	56,06	99,62	124,82	69,05	29,82	19,15	10,23	49,76
60-61	13,98	26,62	21,60	19,38	23,60	53,40	69,22	65,52	18,66	17,18	23,64	7,78	30,05
61-62	9,12	23,71	25,27	26,48	50,08	87,38	77,81	117,75	66,04	36,66	28,20	12,32	46,74

TABLA 5.20

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Los Queñes

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	12,67	20,14	17,74	20,97	22,23	47,55	60,92	43,42	27,94	15,69	12,34	8,69	25,86
63-64	15,59	13,09	31,94	32,48	44,40	91,54	126,68	183,70	124,15	37,44	25,00	16,07	61,84
64-65	14,58	14,71	19,58	21,02	23,75	40,96	41,56	41,52	29,66	21,11	16,57	34,11	26,59
65-66	30,03	35,95	39,42	62,41	30,05	52,21	99,18	111,27	96,48	32,65	27,97	22,59	53,35
66-67	23,80	42,44	44,02	29,53	37,84	69,04	89,20	111,92	99,04	53,76	26,43	16,86	53,66
67-68	21,26	16,23	14,68	18,46	19,01	44,36	58,33	70,46	29,86	21,68	19,68	11,35	28,78
68-69	9,71	6,95	5,76	6,13	9,96	14,73	16,37	16,60	5,78	2,64	8,26	7,51	9,20
69-70	21,79	20,40	25,10	24,14	25,34	22,81	61,55	107,23	30,68	7,84	8,59	9,41	30,41
70-71	10,07	9,27	13,14	18,25	19,28	32,23	54,71	36,61	12,64	5,40	7,49	9,51	19,05
71-72	10,05	9,38	36,77	39,57	22,34	60,96	106,92	52,18	20,53	6,78	16,38	7,36	32,44
72-73	68,22	117,35	27,45	112,54	60,51	74,76	92,55	201,00	156,46	76,52	41,24	15,34	87,00
73-74	35,08	16,00	43,33	20,01	13,70	30,47	52,91	89,03	32,57	15,57	14,19	8,34	30,93
74-75	58,69	96,12	35,63	24,23	23,51	40,27	61,97	70,57	47,90	15,66	14,52	15,07	42,01
75-76	16,15	18,60	62,44	28,01	33,01	53,44	74,17	106,29	47,12	31,94	22,39	16,76	42,53

TABLA 5.21

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno Después de Junta

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	19,80	21,60	20,60	78,60	43,00	62,80	117,10	98,20	65,80	42,90	30,10	23,20	51,97
43-44	25,00	32,60	35,90	25,20	81,90	76,20	90,90	74,30	45,00	37,40	31,30	26,70	48,53
44-45	34,90	40,80	45,30	76,50	83,10	88,00	144,20	158,10	78,50	84,10	32,90	25,30	74,31
45-46	44,10	30,20	28,70	44,10	62,70	59,90	79,40	57,70	38,40	26,60	19,50	19,20	42,54
46-47	16,50	23,30	44,80	21,80	29,30	45,50	57,70	43,80	28,00	19,20	13,00	12,90	29,65
47-48	12,60	31,00	33,50	24,90	34,40	62,60	110,30	78,70	38,40	27,10	26,40	16,40	41,36
48-49	20,80	24,10	71,60	41,90	76,10	95,30	128,00	121,00	72,90	33,90	23,60	17,30	60,54
49-50	88,50	33,40	29,40	30,40	29,80	50,20	54,20	36,00	27,40	18,80	20,50	21,80	36,70
50-51	86,40	53,50	27,90	56,70	59,70	67,80	108,00	138,00	85,90	36,50	23,00	19,40	63,57
51-52	21,21	49,72	102,72	57,99	62,15	72,16	111,95	113,56	61,01	26,75	19,02	16,37	59,55
52-53	33,22	42,50	46,02	30,38	43,25	54,35	64,89	66,05	35,04	22,55	21,76	13,41	39,46
53-54	27,72	34,09	55,68	174,16	139,15	76,75	141,20	169,36	115,25	76,72	50,07	31,71	90,99
54-55	25,81	72,03	38,00	37,34	36,23	54,08	87,97	76,71	46,49	36,15	18,33	15,83	45,41
55-56	14,95	53,04	30,19	22,39	45,72	58,93	96,49	68,80	42,68	25,11	22,19	25,04	42,13
56-57	28,40	19,32	33,69	44,68	39,20	60,96	98,44	68,26	33,41	27,98	19,27	17,64	40,94
57-58	26,72	25,73	62,14	49,48	40,53	60,57	88,09	67,93	37,35	33,78	19,36	29,30	45,08
58-59	24,47	64,15	42,38	56,22	46,58	90,92	121,63	97,24	52,92	38,26	29,24	67,92	60,99
59-60	43,81	50,99	96,42	68,40	76,04	83,96	151,42	143,82	73,35	38,22	25,45	20,23	72,68
60-61	14,48	35,72	30,70	30,98	35,30	64,80	97,32	61,62	20,86	23,28	46,74	16,88	39,89
61-62	12,82	29,71	36,87	45,68	89,48	129,28	155,21	147,25	86,74	37,96	40,90	18,92	69,23

TABLA 5.21

(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGION NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno Después de Junta

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	14,57	33,94	30,34	40,67	36,43	74,65	108,12	62,72	37,04	23,49	16,14	11,99	40,84
63-64	12,49	15,89	55,84	61,38	82,10	96,74	114,38	193,10	127,95	53,54	31,90	20,57	72,16
64-65	13,28	14,91	19,48	19,42	37,15	53,86	74,56	63,42	31,86	21,31	19,17	36,11	33,71
65-66	40,53	50,35	68,02	108,11	52,85	84,91	138,88	122,97	116,48	40,25	34,27	36,39	74,46
66-67	32,30	74,44	79,82	44,53	65,54	93,24	133,90	131,92	111,40	108,76	31,03	25,06	77,66
67-68	21,56	19,93	20,18	26,16	36,21	73,66	86,63	84,56	29,66	22,48	20,18	16,55	38,15
68-69	10,21	8,65	8,26	8,83	11,86	17,33	22,07	17,20	6,78	2,54	8,46	11,11	11,11
69-70	26,49	75,00	49,30	53,64	43,44	41,01	77,05	90,23	46,88	16,64	18,79	13,11	45,96
70-71	12,47	14,97	30,24	33,85	36,28	53,23	72,91	71,41	27,04	8,60	11,89	9,81	31,89
71-72	16,55	16,58	54,27	33,07	38,54	69,96	92,52	88,68	26,23	14,78	20,19	13,86	40,44
72-73	81,02	128,35	47,75	124,54	92,01	87,46	114,05	188,99	163,46	85,42	45,34	23,04	98,45
73-74	70,28	47,30	66,23	41,61	52,20	60,87	96,01	98,13	47,57	26,47	19,19	13,74	53,28
74-75	75,89	118,22	66,93	42,93	39,00	66,87	86,37	92,97	64,70	23,76	19,62	21,17	59,87
75-76	33,65	27,50	86,14	53,01	54,91	68,84	98,57	110,29	51,92	32,74	24,19	16,66	54,87

5.6.3.2 Influencia en la Estación Teno en Puente FF.CC.

Dada la configuración hidrográfica del sector, para el cálculo de la estadística de caudales medios mensuales en régimen natural de esta estación fluviométrica, se consideró la siguiente ecuación de balance:

$$Q_T^N = Q_5^N + Q_1^N + Q_{AI}$$

en que:

$$Q_T^N = \text{caudal en Estación Teno en Puente FF.CC. en régimen natural}$$

$$Q_5^N = \text{caudal de Teno Después de Junta con Claro en régimen natural}$$

$$Q_1^N = \text{caudal de El Manzano en Desembocadura en régimen natural}$$

$$Q_{AI} = \text{caudales aportantes de la cuenca intermedia comprendida entre las tres estaciones fluviométricas mencionadas.}$$

Los valores de Q_5^N son conocidos en base a los valores registrados en Teno bajo Junta con Claro y a la consideración de la influencia del embalse El Planchón según se calculó en el punto 5.6.2 anterior. Las magnitudes de Q_1^N también son conocidas según los cálculos indicados en el punto precedente. Los valores de Q_{AI} se calcularon basándose en los caudales específicos determinados para la cuenca del Estero El Manzano.

En base a la ecuación anterior, se calculó preliminarmente una estadística en régimen natural para Teno en Puente FF.CC. A fin de verificar los cálculos así efectuados se siguió un procedimiento alternativo, el que se explica a continuación.

Para ello, se puede establecer la siguiente ecuación de balance que considera las extracciones de riego en el tramo comprendido entre las estaciones 5 y 6 más 7:

$$Q_T^R + Q_c - Q_1 - Q_{AI} = Q_5^R$$

en que: Q_c representa el total de extracciones de canales del sector, Q_1 representa el aporte del Estero El Manzano y Q_{AI} corresponde al aporte de la cuenca intermedia. Q_T^R y Q_5^R tienen el mismo significado anterior pero en régimen registrado.

Combinando esta ecuación con la anterior se llega a que:

$$Q_c = (Q_T^N - Q_T^R) - (Q_5^N - Q_5^R)$$

Esta ecuación permite por lo tanto estimar una estadística de los caudales medios mensuales del conjunto de canales comprendidos entre las estaciones fluviométricas de Teno en Puente FF.CC. y Teno bajo Junta con Claro. Los valores obtenidos se grafican en la Figura A 5.30 del Anexo 5.

Los valores de Q_c así calculados, se sometieron a una inspección para establecer aproximadamente su calidad y factibilidad. Esta inspección consistió en analizar el gráfico de la Figura A 5.30 del Anexo 5, que permitió descartar valores anormalmente bajos o altos, o los que quedaban fuera de la tendencia razonable que deben seguir las extracciones de riego durante la temporada de cada año. Además, se limitaron los valores de Q_c que excedían la capacidad total de canales estimada para el sector. La estadística definitiva estimada para los caudales mensuales de riego del sector, se incluye en la Tabla 5.22.

En aquellos meses y años en que hubo que efectuar ajustes de los valores de Q_c , se modificaron los valores de Q_T^N previamente calculados, utilizando la ecuación indicada más arriba.

La estadística definitiva del régimen natural de Teno en Puente FF.CC. se incluye en la Tabla 5.23.

TABLA 5.22

ESTADISTICA ESTIMADA DE EXTRACCIONES TOTALES POR CANALES (m³/s)
ENTRE TENO BAJO JUNTA CON CLARO Y PUENTE FF.CC.

AÑO	CAUDAL MEDIO m ³ /s						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
42-43	32.2	59.5	36.3	34.5	25.4	21.5	10.8
43-44	37.2	52.3	36.1	29.7	23.6	22.4	10.9
44-45	41.8	73.0	50.1	36.8	40.2	23.3	10.7
45-46	28.9	46.3	31.8	27.5	20.0	13.9	9.7
46-47	25.7	38.3	30.1	24.9	16.2	13.0	10.5
47-48	30.5	57.2	35.2	27.5	19.3	18.6	10.6
48-49	42.8	66.2	43.7	35.8	22.1	17.0	10.7
49-50	27.3	36.9	29.2	25.1	16.4	14.8	11.6
50-51	34.8	59.9	47.4	38.3	22.8	16.5	14.7
51-52	37.3	66.1	49.3	31.6	21.9	17.3	13.1
52-53	24.1	42.2	25.6	25.0	19.5	20.3	11.3
53-54	36.7	57.5	47.0	36.8	38.8	37.6	11.1
54-55	29.2	49.6	6.9	30.3	22.2	16.5	11.7
55-56	26.8	56.8	27.8	34.3	19.0	19.4	15.0
56-57	31.1	67.0	27.1	25.4	20.2	17.9	10.3
57-58	43.0	72.3	53.8	34.4	33.3	17.2	10.5
58-59	43.2	73.0	44.0	31.8	18.9	22.8	11.5
59-60	40.6	73.0	54.5	41.0	26.6	21.9	13.0
60-61	30.3	57.2	30.9	23.0	20.3	16.5	12.3
61-62	50.1	73.0	43.8	40.9	28.0	20.0	12.3

TABLA 5.22

ESTADISTICA ESTIMADA DE EXTRACCIONES TOTALES POR CANALES (m^3/s)
 ENTRE TENO BAJO JUNTA CON CLARO Y PUENTE FF.CC.
 (Continuación)

AÑO	CAUDAL MEDIO m^3/s						
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
62-63	40,8	73,0	36,2	27,6	22,3	13,7	9,9
63-64	41,5	32,1	68,2	50,0	32,3	24,0	12,2
64-65	36,8	50,2	37,1	23,2	17,8	14,9	11,4
65-66	40,9	45,7	30,7	51,7	22,5	24,3	8,6
66-67	39,6	49,6	49,6	52,6	39,0	24,7	10,9
67-68	30,4	35,7	48,1	26,2	19,6	16,5	11,3
68-69	14,0	17,5	13,6	14,1	12,3	6,2	7,3
69-70	29,4	30,7	26,8	35,9	18,0	14,4	8,1
70-71	29,2	32,1	46,6	28,2	17,4	11,4	7,2
71-72	36,0	52,9	60,6	23,9	18,0	15,2	7,3
72-73	24,0	30,0	24,5	49,3	37,6	22,9	8,5
73-74	34,8	37,5	50,2	33,5	18,0	12,4	8,6
74-75	21,0	24,8	42,2	37,0	17,3	11,6	7,0
75-76	54,9	73,0	73,0	36,0	27,4	20,9	11,8

TABLA 5.23

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Puente de Ferrocarriles

Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
42-43	15,5	24,4	22,4	113,4	48,6	67,5	120,8	99,9	67,0	43,6	30,6	23,5	56,4
43-44	19,5	35,9	39,2	32,6	89,2	80,6	93,7	76,1	46,2	38,2	31,8	27,0	50,8
44-45	29,0	45,6	50,3	103,8	89,4	93,5	147,4	160,1	79,8	85,0	33,5	25,7	78,6
45-46	38,4	33,7	31,2	59,9	65,4	61,5	81,2	58,4	38,9	27,8	19,7	18,4	44,5
46-47	11,3	24,8	49,5	27,8	32,5	47,6	59,1	44,6	28,5	19,5	16,8	13,1	31,3
47-48	7,8	34,7	37,0	32,8	38,0	65,1	111,6	79,6	39,0	27,5	26,6	16,6	43,0
48-49	15,5	26,0	81,8	55,9	82,3	99,7	130,7	122,8	74,1	34,7	24,1	17,6	63,8
49-50	20,7	37,3	31,7	40,3	34,1	52,9	55,7	37,2	28,1	19,3	20,8	22,8	33,4
50-51	77,3	60,1	29,4	75,5	65,6	72,1	111,4	139,7	87,0	37,2	23,5	19,7	66,5
51-52	14,4	57,0	96,6	93,8	69,1	76,9	115,1	115,6	62,3	27,6	19,6	16,7	63,7
52-53	48,5	50,4	52,6	36,0	48,2	57,9	66,9	67,3	35,9	23,1	22,1	13,7	43,6
53-54	13,9	32,7	56,1	237,0	152,0	83,5	145,4	209,4	117,0	77,9	50,8	32,3	100,7
54-55	20,1	77,2	46,0	55,6	42,3	58,3	90,6	78,4	47,6	36,9	18,8	16,2	49,0
55-56	7,6	62,5	37,4	34,5	50,1	61,8	98,3	70,0	43,5	25,6	22,5	22,3	44,7
56-57	15,1	14,6	37,2	68,5	45,7	65,9	101,4	70,2	34,7	28,8	19,8	18,0	43,3
57-58	17,8	28,8	56,3	51,5	46,0	91,0	90,7	69,7	38,5	34,5	19,8	29,6	47,9
58-59	19,6	73,2	27,0	102,0	55,3	96,2	125,0	99,5	54,4	39,2	29,9	69,8	65,9
59-60	51,8	65,4	121,0	97,3	82,7	87,2	143,8	145,8	74,6	39,1	26,0	20,6	79,6
60-61	5,8	38,2	16,6	42,0	39,1	67,7	98,9	62,7	21,5	23,7	23,9	17,1	38,1
61-62	8,2	46,2	53,8	67,2	96,8	134,5	157,8	149,4	88,1	38,9	26,7	19,3	73,9

TABLA 5.23
(Continuación)

ESTADISTICA DEFINITIVA EN REGIMEN NATURAL

HOYA DEL RIO MATAQUITO

Estación : Teno en Puente de Ferrocarril
Control : D.G.A.

AÑO HIDR.	CAUDAL MEDIO m ³ /s												PROM. ANUAL
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	
62-63	7,0	30,5	33,2	53,5	40,3	77,4	106,3	63,7	37,7	23,9	16,4	12,2	41,8
63-64	6,6	15,8	63,0	93,0	89,9	102,4	118,5	195,3	184,9	54,5	32,5	21,0	81,5
64-65	5,9	11,5	23,8	26,9	40,7	56,2	76,4	64,5	32,5	21,7	19,4	37,0	34,7
65-66	51,4	77,2	128,0	180,0	60,0	91,0	142,7	125,3	118,0	41,2	34,9	37,6	90,6
66-67	27,9	85,2	102,0	59,1	72,8	98,6	137,4	134,2	112,8	64,8	31,6	25,5	79,3
67-68	13,7	19,9	21,9	26,4	39,7	76,3	88,0	85,4	30,2	22,8	20,4	16,7	38,5
68-69	4,7	2,5	2,3	3,4	13,3	18,6	23,0	17,7	7,1	2,7	8,6	11,2	9,6
69-70	18,8	85,0	54,0	65,7	47,5	44,4	78,8	91,3	47,6	17,1	19,1	13,3	48,6
70-71	6,2	13,8	43,7	41,2	41,0	56,5	74,7	72,6	27,8	9,1	12,2	10,0	34,1
71-72	9,5	14,8	53,9	37,7	43,2	73,2	94,4	89,9	27,0	15,3	20,6	14,1	41,1
72-73	86,5	147,0	64,5	135,0	102,0	124,7	136,1	192,5	165,7	86,9	46,3	23,7	109,2
73-74	44,8	34,8	80,8	49,3	55,7	64,1	97,5	99,1	48,2	26,9	19,5	13,6	52,6
74-75	52,4	103,0	75,7	46,3	44,1	70,0	88,5	94,3	65,5	24,3	20,0	22,4	58,9
75-76	23,9	41,7	112,8	62,7	59,9	72,1	95,9	94,0	52,8	33,3	24,6	16,9	57,6

5.7 CARACTERIZACION ESTADISTICA DE LOS CAUDALES MEDIOS ANUALES, ESTACIONALES Y MEDIOS MENSUALES EN REGIMEN ACTUAL Y NATURAL

Con la información fluviométrica procesada y analizada según se explicó en los puntos 5.3, 5.4 y 5.6, se efectuó una caracterización estadística de los caudales medios anuales, estacionales (período de riego) y mensuales en régimen actual y natural. Esta caracterización consistió en:

- a) Análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales y mensuales en régimen actual y en régimen natural.
- b) Análisis de la Duración General de los caudales medios mensuales en régimen actual y natural.
- c) Determinar una serie de parámetros estadísticos básicos para los caudales medios anuales, estacionales y mensuales en régimen actual y natural.

Un resumen de la metodología empleada y de los resultados obtenidos se incluyen a continuación.

El análisis estadístico - probabilístico de las estaciones fluviométricas de: El Manzano en Desembocadura y Upeo en Upeo se hizo en base a los valores sintetizados con el modelo de simulación aplicado según se explica en el punto 5.4. La Estación de Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo se analizó sólo desde el punto de vista de los caudales medios anuales ya que no fue posible extender los registros de caudales medios mensuales.

5.7.1 Análisis de Frecuencia.

El análisis de frecuencia de los caudales medios anuales, estacionales y mensuales en régimen actual y natural, se efectuó por métodos analíticos utilizando el programa de computación especial, mencionado en el capítulo 4 del Estudio de Precipitaciones.

5.7.1.1 Resultados del Análisis de Frecuencia de los Caudales Medios Anuales en Régimen Actual y Natural.

En la Tabla 5.24 se incluye la nómina de las distribuciones de probabilidad de mejor ajuste. Puede observarse que existe preponderancia de la distribución Gumbel.

En las Figuras A 5.31 a A 5.43 del Anexo 5, se presentan los gráficos de frecuencia de las distribuciones óptimas analíticas ajustadas a los puntos utilizados, los cuales se dibujaron asignando probabilidades de excedencia de acuerdo a la fórmula de Weibull.

De estas figuras, puede concluirse que los ajustes analíticos obtenidos son altamente satisfactorios. La sola excepción a ello la constituye el punto correspondiente al año 1968 que correspondió a un año excepcionalmente seco, lo que en conjunto con la longitud de la muestra y la fórmula de asignación empírica de probabilidades, explican esta dispersión inevitable.

En la Tabla 5.25, se resumen los resultados de estos análisis de frecuencia para algunas probabilidades de excedencia seleccionadas.

Puede apreciarse que las diferencias entre los análisis en régimen actual y natural no son ni significativos ni sistemáticos. Dichas diferencias son atribuibles por lo tanto a la variabilidad inherente de los ajustes analíticos.

5.7.1.2 Resultados del Análisis de Frecuencia de los Caudales Medios Estacionales en Régimen Actual y Natural.

Los caudales medios estacionales en régimen actual y natural 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 la Tabla 5.26, pudiéndose apreciar en este caso que la distribución Gumbel y la Lognormal 2 se ajustan mejor a las muestras un mayor número de veces.

TABLA 5.24

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA DE MEJOR AJUSTE A LOS CAUDALES
MEDIOS ANUALES EN REGIMEN ACTUAL Y NATURAL

Tipo Régimen	Estación N°	Nombre de la Estación	Distribución de mejor ajuste
ACTUAL	1	El Manzano en Desembocadura	Gumbel
	2	Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo	Gumbel
	3	Teno en Los Queñes	Log -Normal 2
	4	Claro en Los Queñes	Gumbel
	5	Teno Después de Junta	Gama 2
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	Gumbel
	8	Upeo en Upeo	Gumbel
	9	Colorado en Junta con Palos	Gumbel
	10	Palos antes de Junta con Colorado	Gumbel
NATURAL	2	Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo	Gama 2
	3	Teno en Los Queñes	Gumbel
	5	Teno Después de Junta	Gama 2
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	Gumbel

RESUMEN

Distribución Ajustada	N° Ocurrencias
Gumbel	9
Gama 2	3
Log -Normal 2	1

TABLA 5.25

RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS
ANUALES (m^3/s) EN REGIMEN ACTUAL Y NATURAL

Tipo Régimen	Estación N°	Nombre de la Estación	Probabilidad de Excedencia %				
			5	20	50	85	95
ACTUAL	1	El Manzano en Desembocadura	4,5	3,2	2,2	1,2	0,8
	2	Teno Bajo Junta Qda. Infiernillo	48,4	38,0	30,0	22,9	19,7
	3	Teno en Los Queñes	66,2	48,7	35,2	23,7	18,8
	4	Claro en Los Queñes	29,2	21,6	15,0	10,6	8,2
	5	Teno Después de Junta	85,3	66,4	49,7	33,2	25,6
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	74,4	52,1	34,9	19,6	12,7
	8	Upeo en Upeo	10,4	7,5	5,4	3,4	2,5
	9	Colorado en Junta con Palos	71,3	53,9	40,4	28,5	23,1
	10	Palos Antes de Junta con Colorado	42,3	32,7	25,4	18,9	15,9
NATURAL	2	Teno Bajo Junta Qda. Infiernillo	48,1	39,5	31,4	23,1	19,0
	3	Teno en Los Queñes	67,5	49,6	35,9	23,7	18,2
	5	Teno Después de Junta	87,4	67,7	50,3	33,3	25,4
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	101,3	73,8	52,7	33,9	25,4

TABLA 5.26

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA DE MEJOR AJUSTE A LOS CAUDALES MEDIOS ESTACIONALES EN REGIMEN ACTUAL Y NATURAL (Período de Riego)

Tipo Régimen	Estación N°	Nombre de la Estación	Distribución de mejor ajuste
ACTUAL	1	El Manzano en Desembocadura	Gama 2
	3	Teno en los Queñes	Log -Normal 2
	4	Claro en Los Queñes	Log -Normal 2
	5	Teno después de Junta	Gama 2
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	Log -Normal 2
	8	Upeo en Upeo	Log -Normal 3
	9	Colorado en Junta con Palos	Gumbel
	10	Palos antes de Junta con Colorado	Gumbel
NATURAL	3	Teno en Los Queñes	Log -Normal 2
	5	Teno Después de Junta	Gumbel
	6 + 7	Teno en Puente FF.CC.	Gumbel

RESUMEN

Distribución Ajustada	N° Ocurrencias
Gama 2	2
Gumbel	4
Log -Normal 2	4
Log -Normal 3	1

En las Figuras A 5.44 a A 5.54 del Anexo 5 se indican los resultados gráficos de las distribuciones ajustadas y en la Tabla 5.27 se incluye un resumen de los caudales medios para las probabilidades de excedencia especificadas.

Es interesante hacer notar que los resultados muestran claramente la influencia del embalse El Planchón y las extracciones de riego en los años más secos (alta probabilidad de excedencia). También existe una clara tendencia a que dicha influencia disminuya en los años más húmedos. Para el año 5% la diferencia resulta ser negativa, lo cual es atribuible al ajuste estadístico y a la extrapolación requerida.

5.7.1.3 Resultados del Análisis de Frecuencia de los Caudales Medios Mensuales en Régimen Actual y Natural.

En el análisis de frecuencia de los caudales medios mensuales en régimen actual y natural de las estaciones fluvio métricas consideradas, se obtuvieron las distribuciones de mejor ajuste que se indican en la Tabla 5.28. Los resultados de los ajustes analíticos de frecuencia se resumen en las Figuras 5.11 a 5.16 que representan las curvas de variación estacional o de frecuencia mensuales para probabilidades de excedencia de 5%, 20%, 50% y 85%.

Estas curvas permiten identificar claramente el régimen hidrológico de escorrentía de las diferentes cuencas. En general, en todas las estaciones cuyas cuencas abarcan zonas cordilleranas y de precordillera, se observa un régimen marcadamente nival en los años secos y nivo-pluvial en años muy húmedos. Los gastos medios mensuales máximos ocurren de preferencia en el mes de Diciembre, a excepción de los años muy secos en que los caudales máximos se adelantan un mes.

Las cuencas que presentan un régimen netamente pluvial, son las de El Manzano y Upeo, mientras que las de Claro en Los Queñes y Teno en Puente de FF.CC. presentan un régimen mixto pluvio-nival. En esta última estación es donde más se observa la diferencia entre la situación de régimen actual y de régimen natural, lo que se manifiesta por la mayor importancia relativa que adquieren los caudales máximo de deshielo durante Noviembre y Diciembre bajo condiciones de régimen natural.

TABLA 5.27

RESUMEN DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE LOS CAUDALES MEDIOS
ESTACIONALES EN REGIMEN ACTUAL Y NATURAL (Período de Riego)

Tipo Régimen	N° Estación	Nombre de la Estación	Probabilidad de Excedencia %				
			5	20	50	85	95
ACTUAL	1	El Manzano en Desembocadura	2,4	1,8	1,3	0,9	0,6
	3	Teno en Los Queñes	77,6	56,4	40,3	26,7	21,0
	4	Claro en Los Queñes	29,5	21,4	15,3	10,2	8,0
	5	Teno Después de Junta	93,7	73,0	54,6	36,6	28,2
	6 + 7	Teno en Puente FF. CC.	77,6	46,9	27,6	14,4	9,8
	8	Upeo en Upeo	6,1	4,4	3,3	2,3	1,9
	9	Colorado en Junta con Palos	84,5	63,3	47,0	32,4	25,8
	10	Palos Antes de Junta con Colorado	48,0	36,8	28,1	20,3	16,8
NATURAL	3	Teno en Los Queñes	81,4	57,6	40,1	25,7	19,8
	5	Teno Después de Junta	102,5	75,4	54,5	35,9	27,5
	6 + 7	Teno en Puente de FF. CC.	106,2	78,1	56,4	37,2	28,5

TABLA 5.28

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA DE MEJOR AJUSTE A LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN REGIMEN ACTUAL Y REGIMEN NATURAL

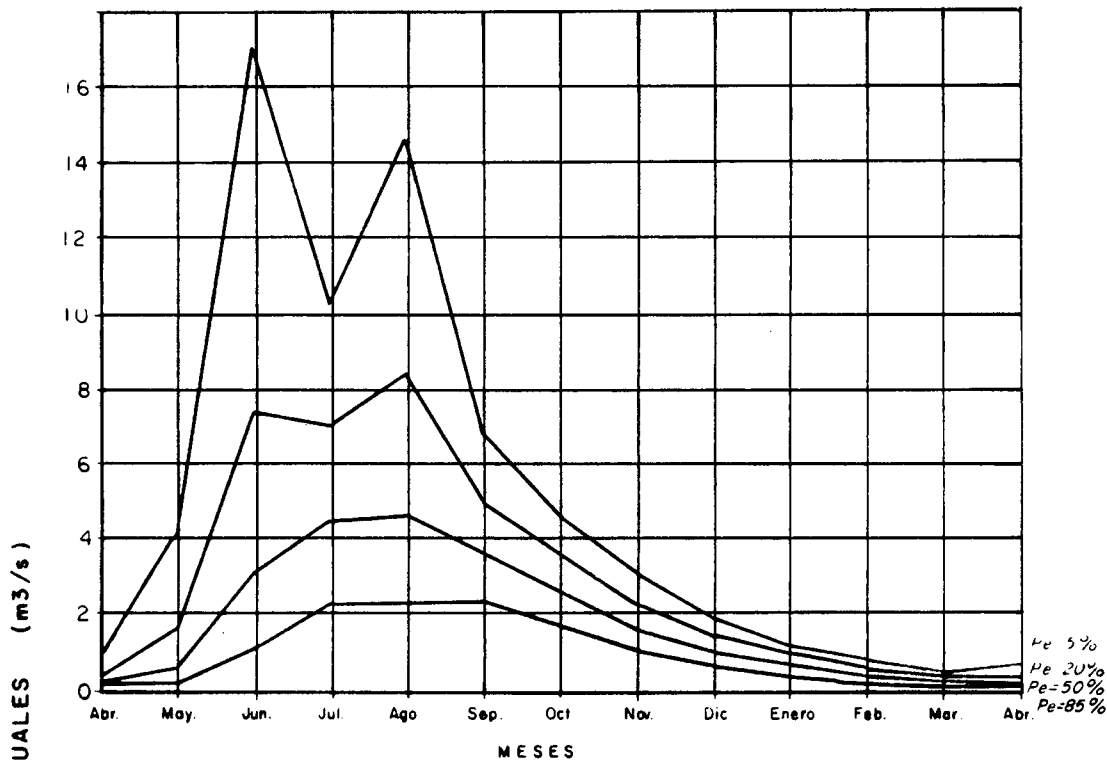
Tipo de Régimen	Estación	Nombre de la Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agoato	Septbre.	Octbre.	Novbre.	Dicbre.
ACTUAL	1	El Manzano en Desembocadura	Normal	Gama 2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°2	Gumbel	Log.N°2	Gumbel	Log.N°3	Gama 3	Gama 2
	3	Teno en Los Queñes	Log.N°3	Log.N°3	Gama 2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Gama 2	Gumbel	Gama 3
	4	Claro en Los Queñes	Gama 3	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Gumbel	Gumbel	Log.N°2	Normal	Gama 2	Log.N°2
	5	Teno Después de Junta	Log.N°3	Gumbel	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Gumbel	Log.N°2	Log.N°3	Normal	Gama 2	Gama 2
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°3	Gama 2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°3	Gumbel	Log.N°3
	8	Upeo en Upeo	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°2	Log.N°2	Log.N°3	Gumbel	Gumbel	Log.N°3
	9	Colorado en Junta con Palos	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Gumbel	Gumbel	Log.N°3	Normal	Normal	Log.N°3
	10	Palos Antes de Junta con Colorado	Log.N°2	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°3	Normal	Gumbel	Gumbel	Log.N°3	Normal	Log.N°2	Log.N°2
NATURAL	3	Teno en Los Queñes	Log.N°2	Gumbel	Gama 2	Log.N°3	Log.N°3	Log.N°2	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Gama 2	Gama 2	Log.N°3
	5	Teno Después de Junta	Log.N°3	Gumbel	Gama 2	Log.N°2	Log.N°3	Log.N°3	Gumbel	Log.N°2	Log.N°3	Normal	Normal	Log.N°3
	6 + 7	Teno en Puente de FF.CC.	Log.N°3	Gumbel	Gama 2	Gumbel	Log.N°2	Gama 2	Gama 2	Log.N°3	Log.N°2	Normal	Normal	Gumbel

RESUMEN	
Distribución de Frecuencia	N°de Ocurrencias
Normal	11
Log. Normal 2	30
Log. Normal 3	50
Gumbel	23
Gama 2	15
Gama 3	3

CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS

273

EL MANZANO EN DESEMBOCADURA; ESTACION N°1



ESTERO UPEO EN UPEO ESTACION N° 8

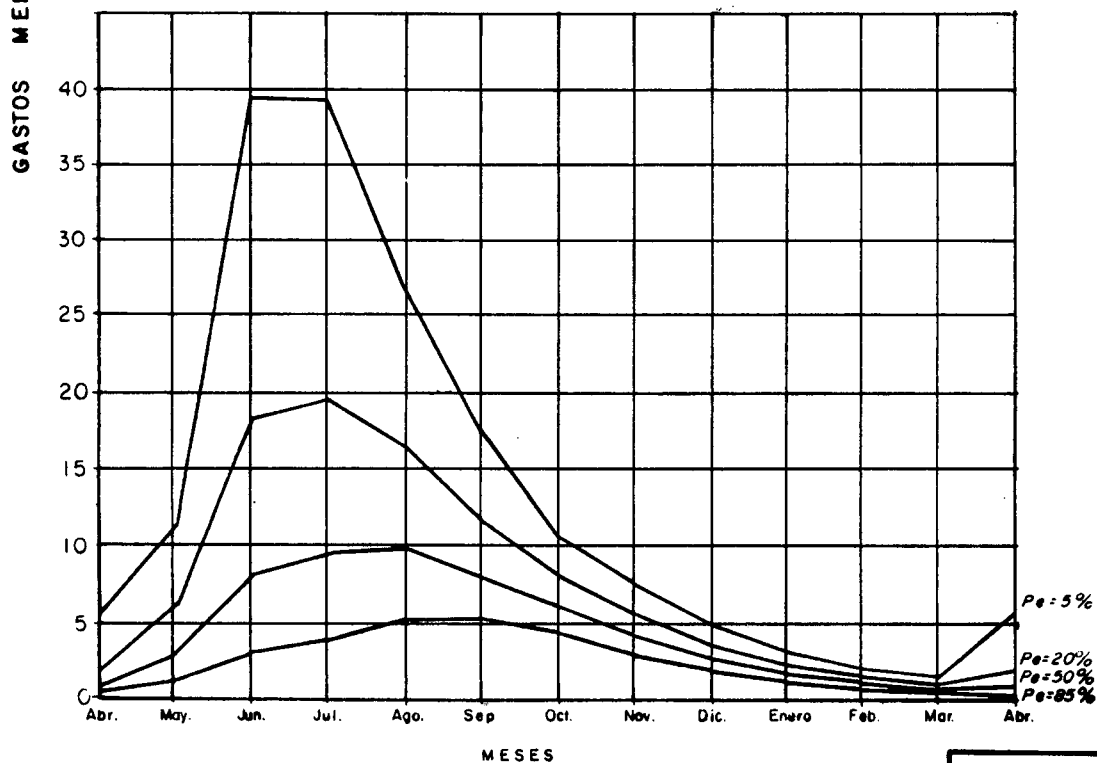
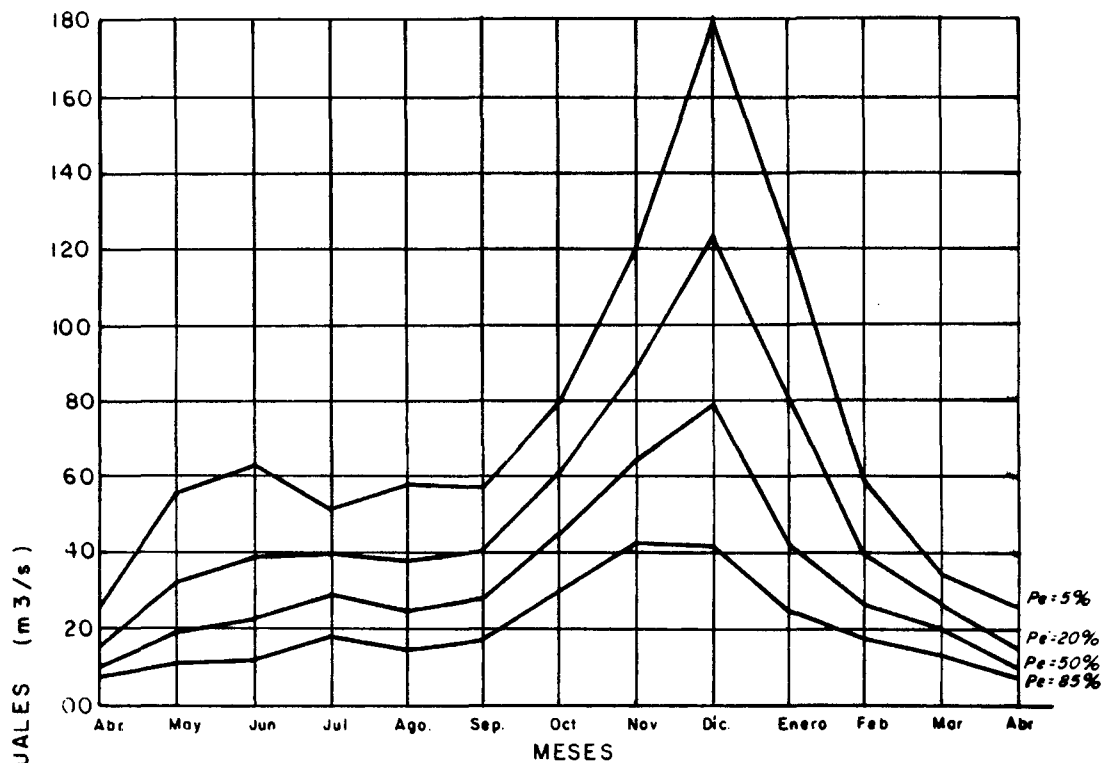


FIGURA 5.11

RIO TENO EN LOS QUEÑES (EST N° 3)



RIO CLARO EN LOS QUEÑES (EST N° 4)

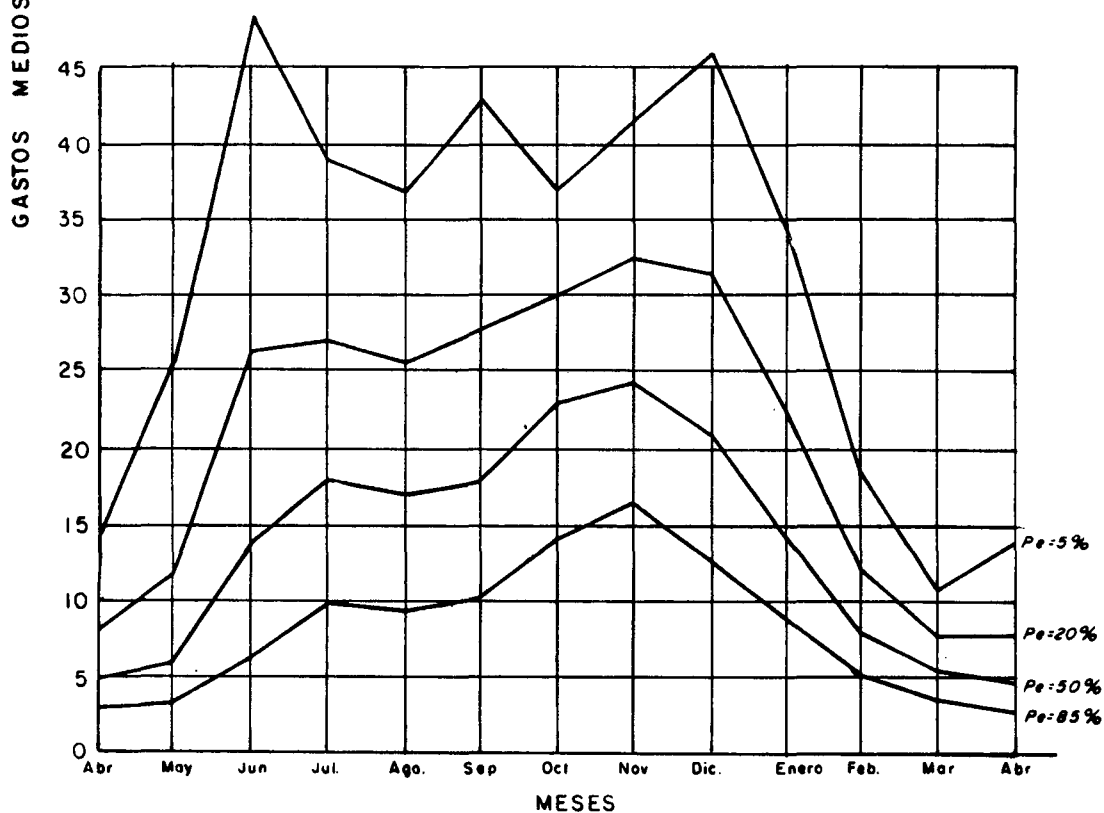
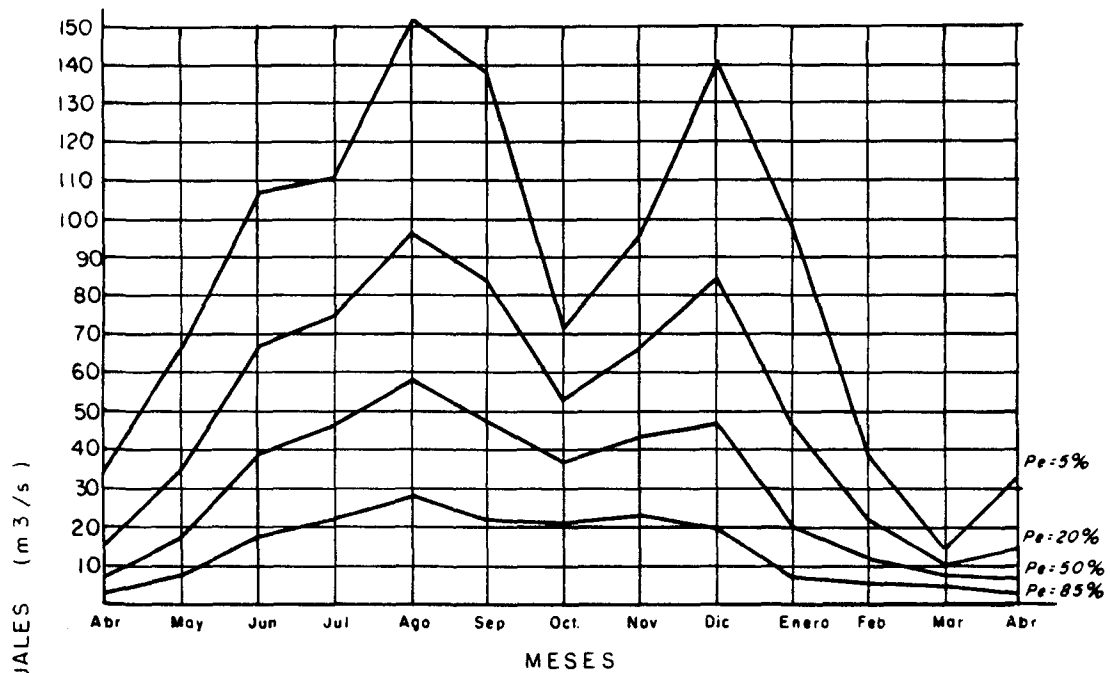


FIGURA 5.12

CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL

RIO TENO EN PUENTE FFCC (Brazos Sur y Norte) EST. N°6 + 7



RIO TENO DESPUES DE JUNTA EST. N°5

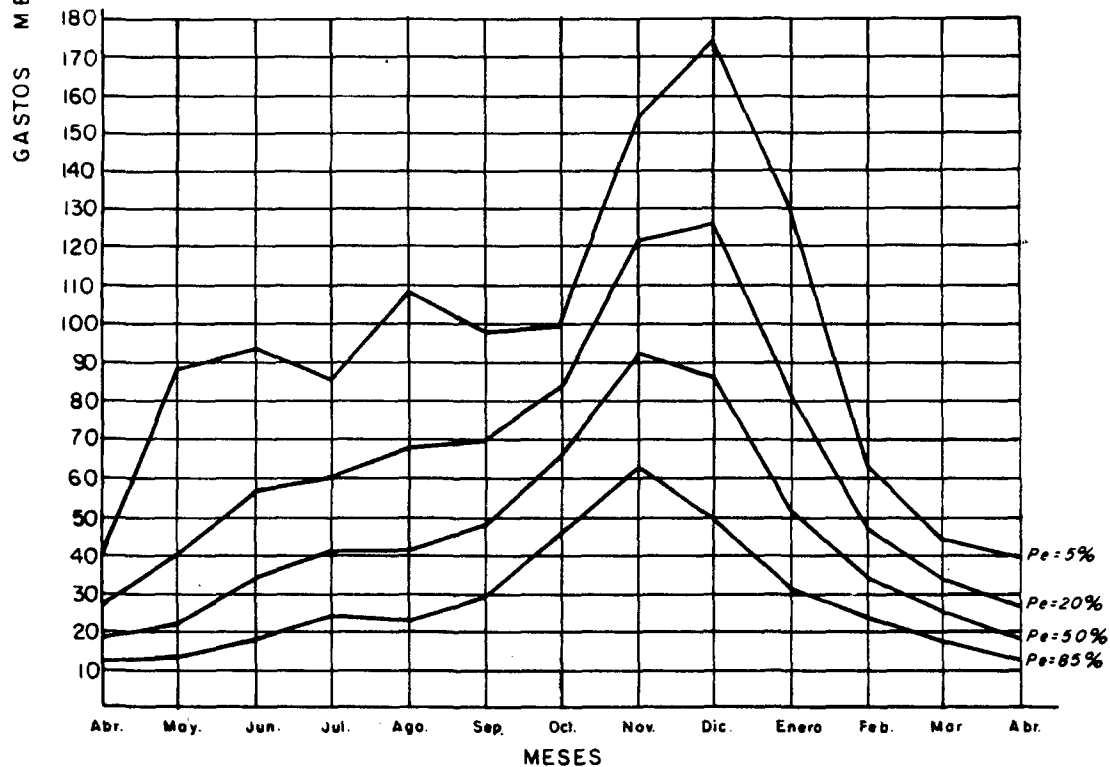
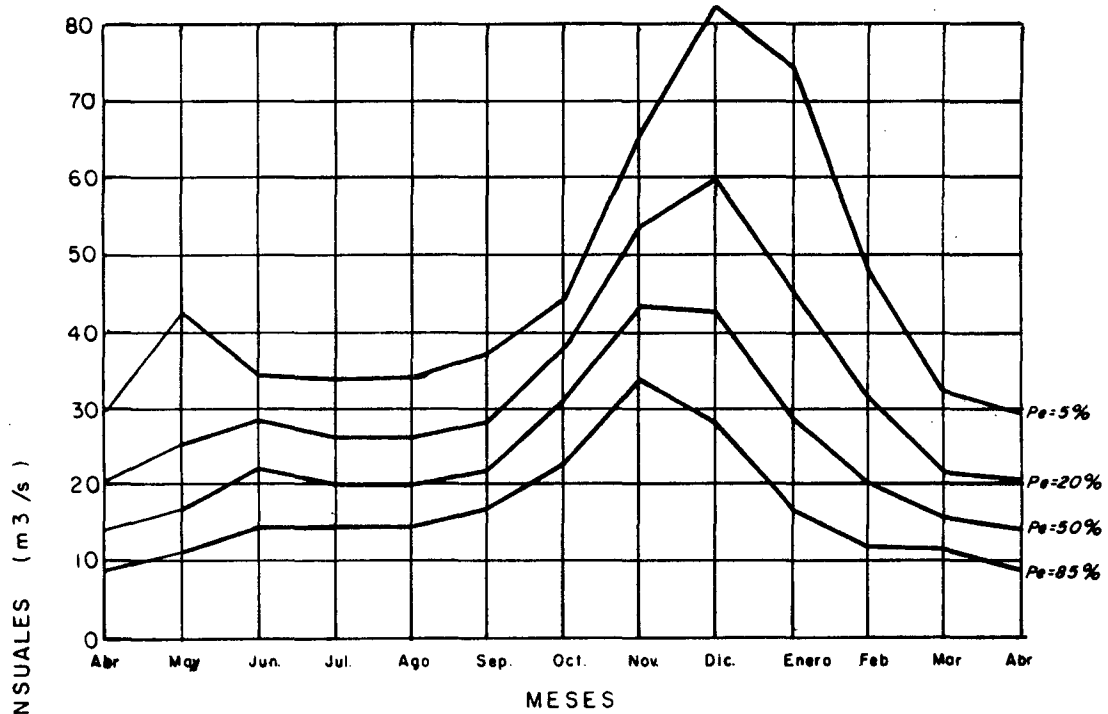


FIGURA 5.13

CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL

RIO PALOS ANTES DE JUNTA CON COLORADO

(EST N° 10)



RIO COLORADO EN JUNTA CON PALOS

(EST N° 9)

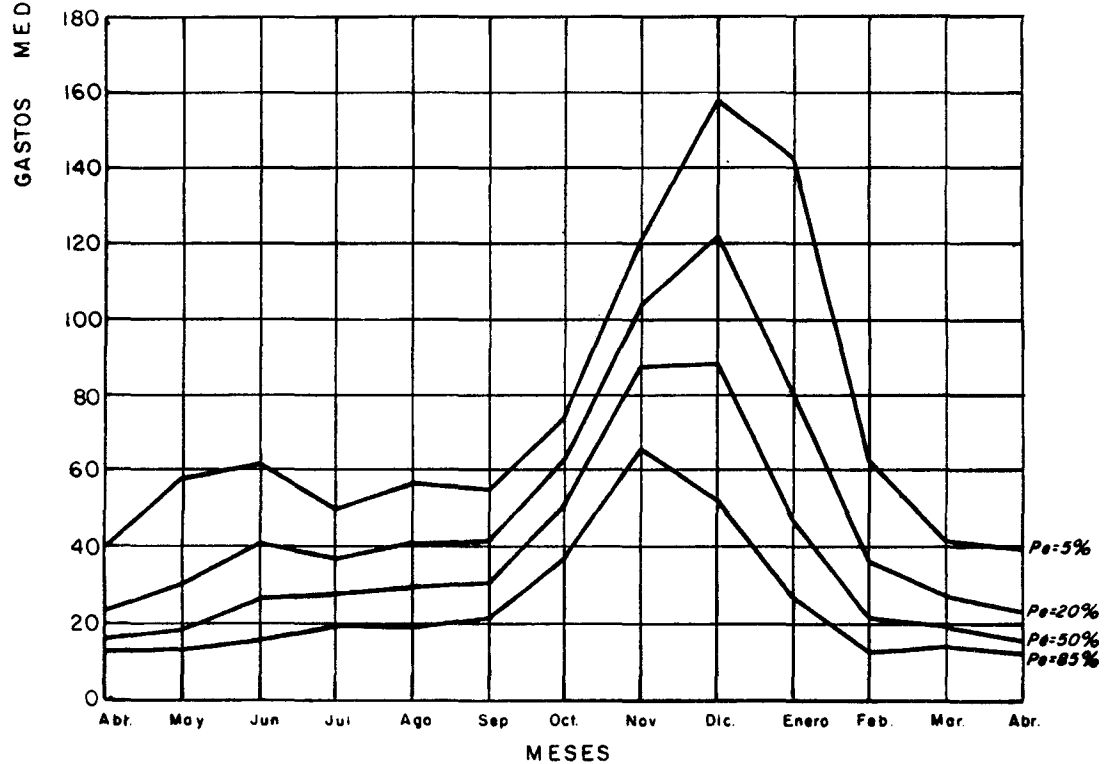
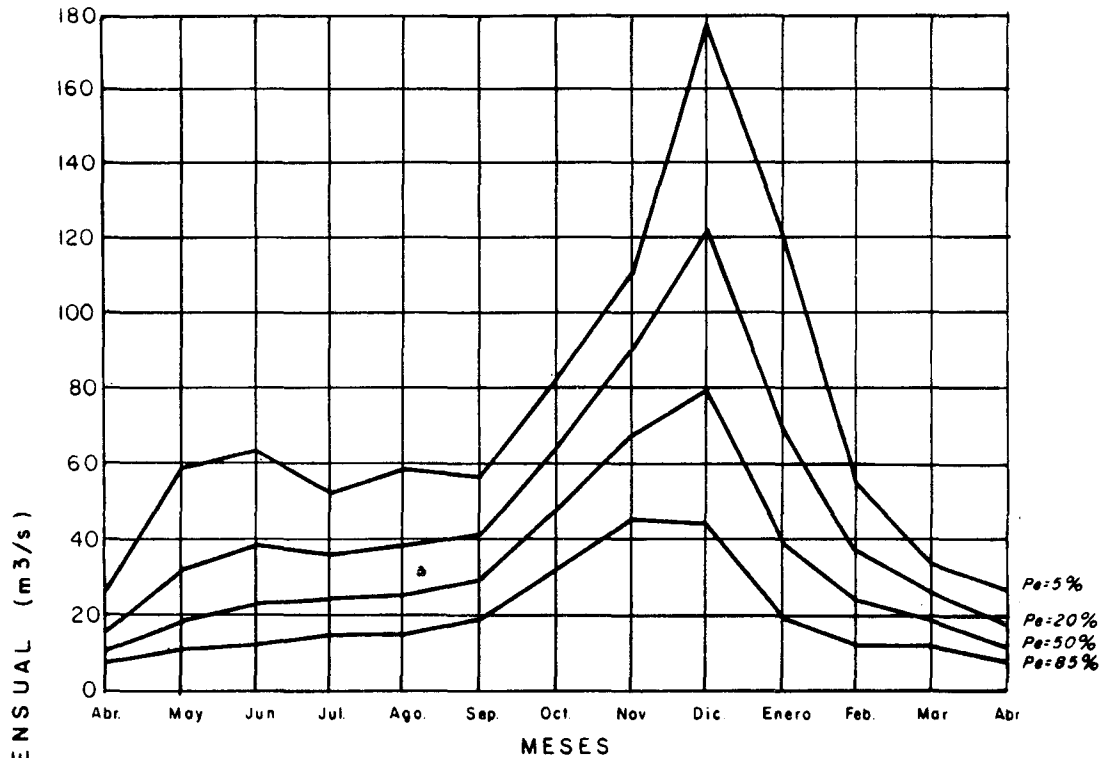


FIGURA 5.14

CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL

RIO TENO EN LOS QUEÑES (EST. N° 3)

REGIMEN NATURAL



RIO TENO DESPUES DE JUNTA (EST. N° 5)

REGIMEN NATURAL

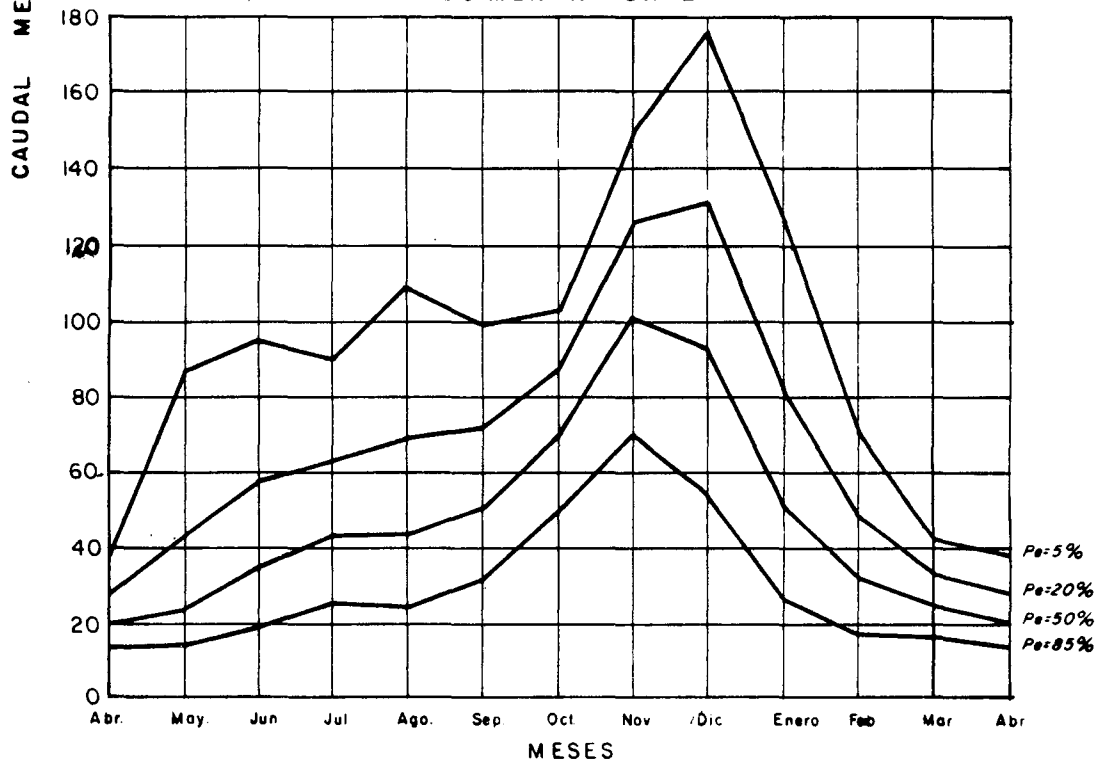


FIGURA 5.15

CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL

RIO TENO EN PUENTE FERROCARRIL (EST. N°6+7)

REGIMEN NATURAL

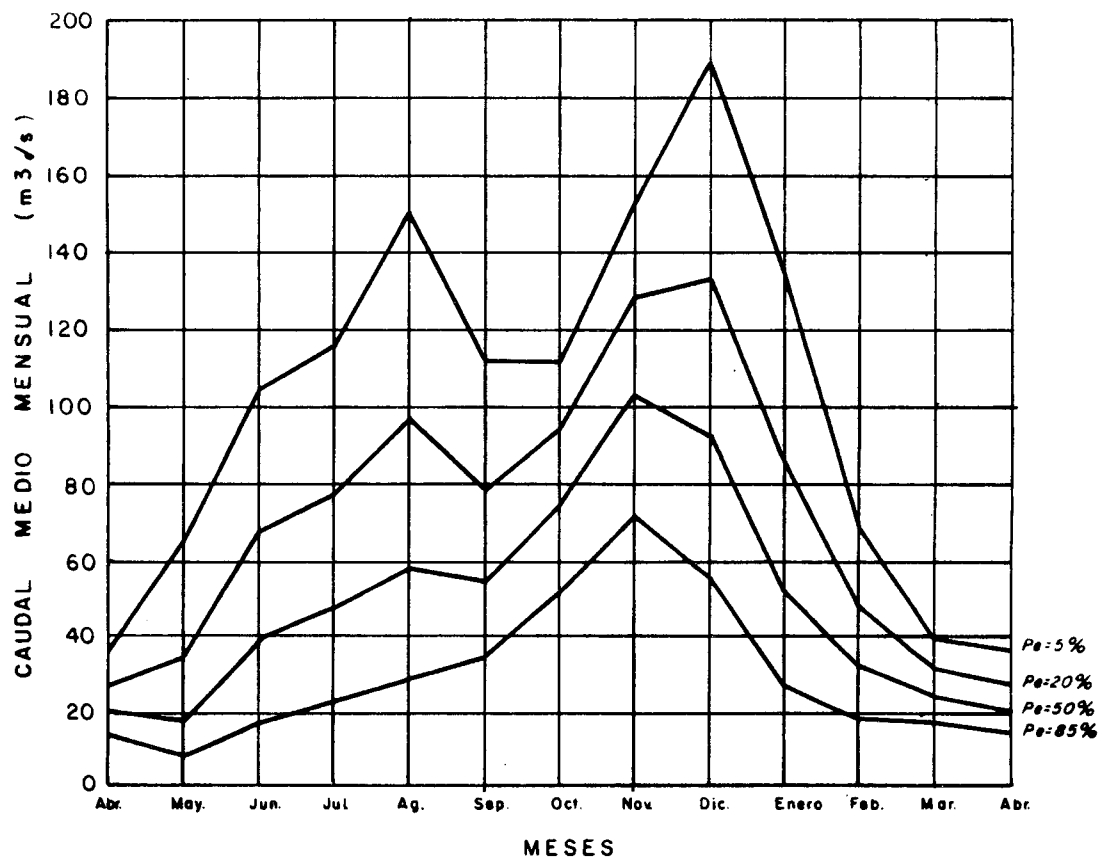


FIGURA 5.16

5.7.2 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 de duración correspondientes.

Estas curvas de duración, o de gastos clasificados, corresponden a funciones de distribución de frecuencias acumuladas que indican el porcentaje del tiempo, o número promedio de meses, en que un caudal medio mensual iguala o excede diferentes valores es pe ci fi ca d os.

Las curvas de duración se calcularon utilizando caudales específicos (en lts/seg/Km²) para facilitar la comparación entre diversas cuencas.

En la Figura 5.17, se incluyen las curvas de du ra ci ó n general de las cuencas de régimen mixto del río Teno, vale decir, Teno en Los Queñes, Claro en Los Queñes y Teno después de Junta en régimen actual y de Teno en Puente FF.CC. en régimen ac t u a l y régimen natural.

Se puede observar la semejanza del régimen hidro l ó g i c o de las tres primeras estaciones mencionadas, produciéndose rendimientos específicos muy similares para la mayoría de las proba bi li d a d e s altas y medias. Para los caudales menores, la Estación Cl a r o en Los Queñes presenta una mayor variabilidad de su régimen. Las dos curvas trazadas de la Estación Teno en Puente FF.CC., (régimen actual y natural) reflejan las extracciones de riego que modi fi c a n su régimen natural.

La Figura 5.18, incluye las curvas de duración correspondientes a las estaciones Colorado en junta con Palos y Palos en junta con Colorado. Estas curvas son similares a las de las estaciones de la hoya del Teno, excepto para los caudales altos, en que se observan regímenes menos variables; para caudales bajos se ob s e r v a n por el contrario mayor variabilidad que en el Teno.

Las curvas de duración de las cuencas pluviales se incluyen en la Figura 5.19, en que se observa la gran variabilidad típica de estos regímenes. Para un mismo rendimiento específico,

CURVAS DE DURACION GENERAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
EN LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS DEL RIO TENO
(CUENCAS NIVO-PLUVIALES)

287

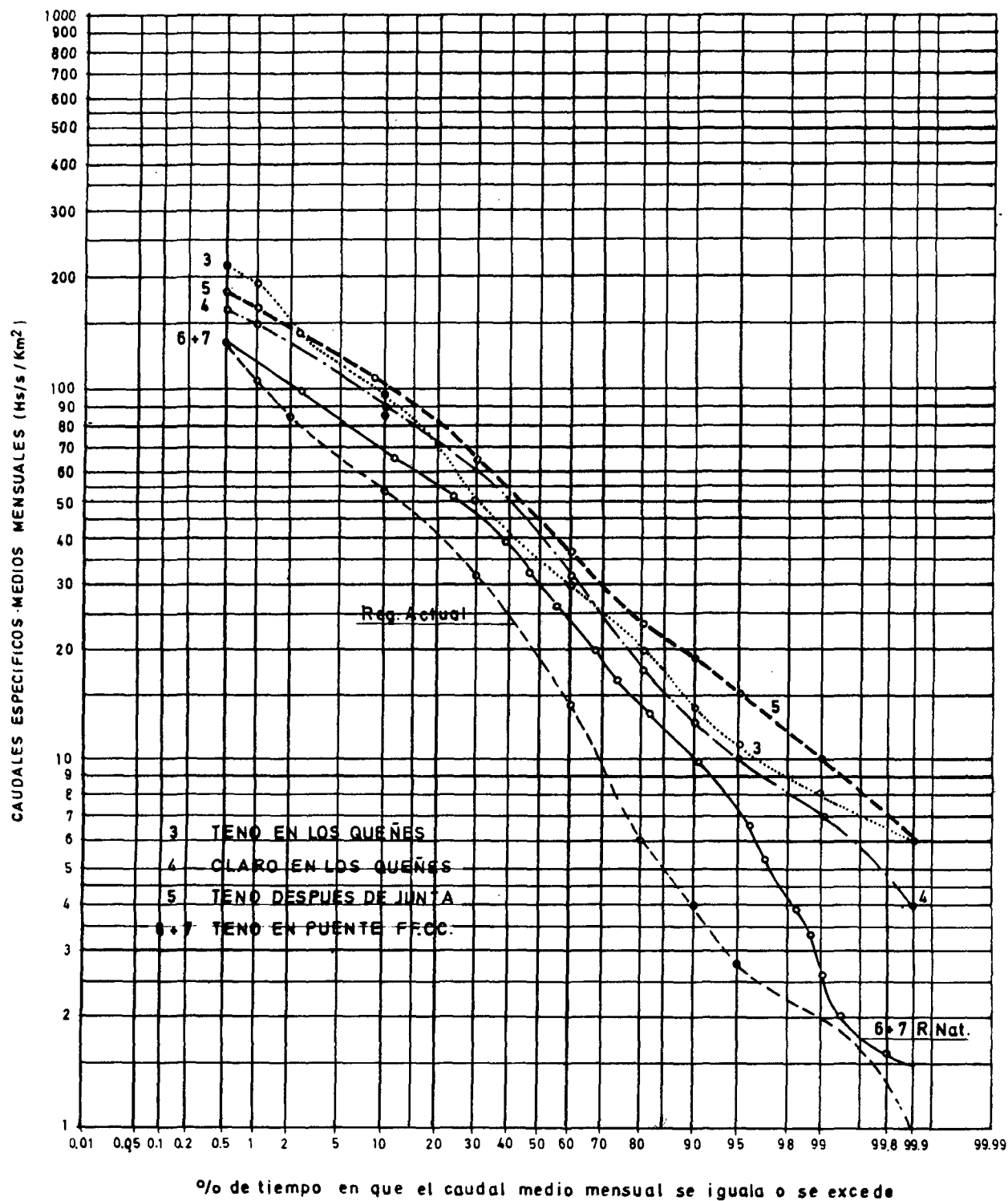


FIGURA 5.17

CURVAS DE DURACION GENERAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
EN LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS DEL RIO LONTUE
(CUENCAS PLUVIALES)

289

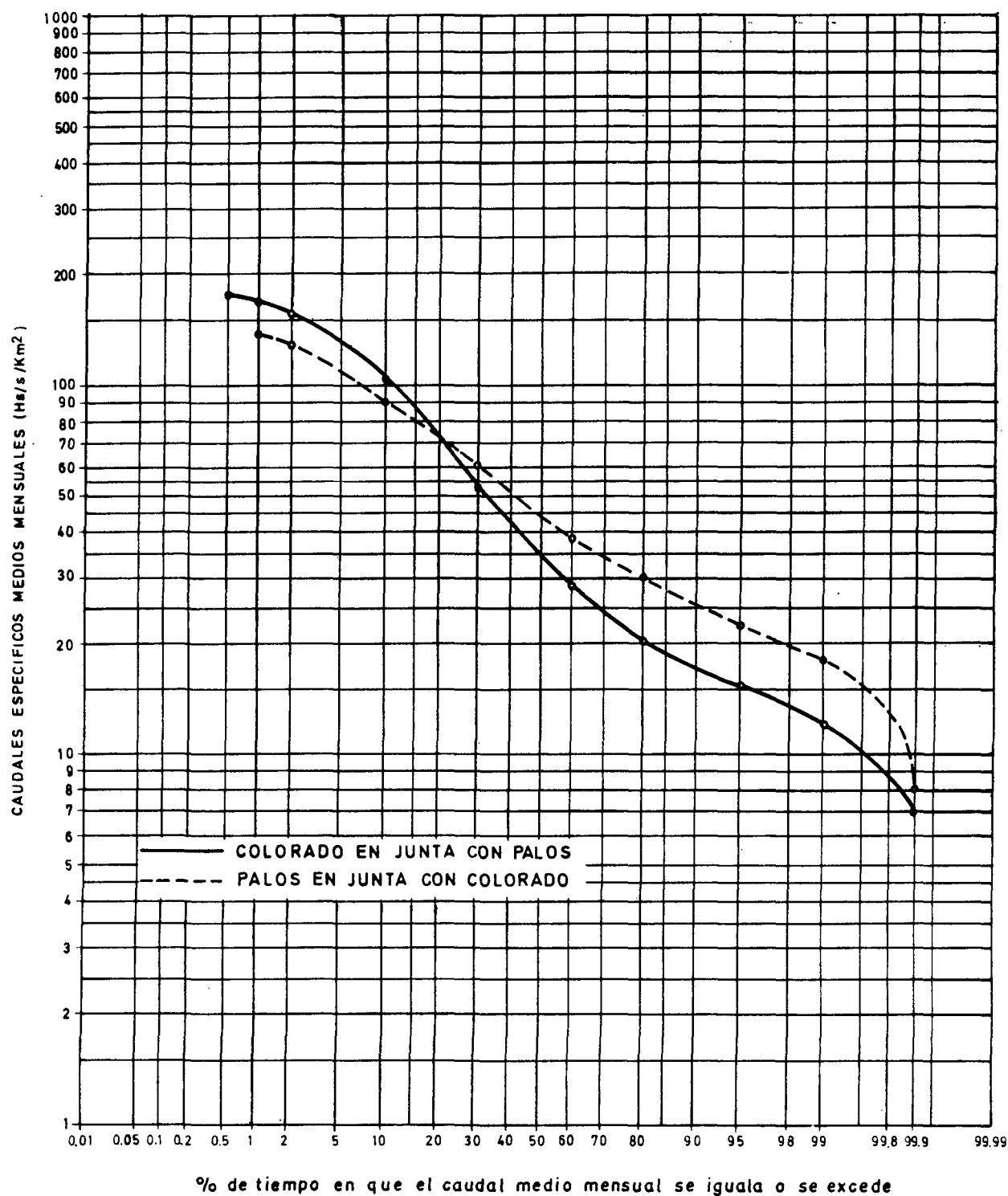


FIGURA 5.18

CURVAS DE DURACION GENERAL DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
EN LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS DE LOS RIOS TENO Y LONTUE
(CUENCAS PLUVIALES)

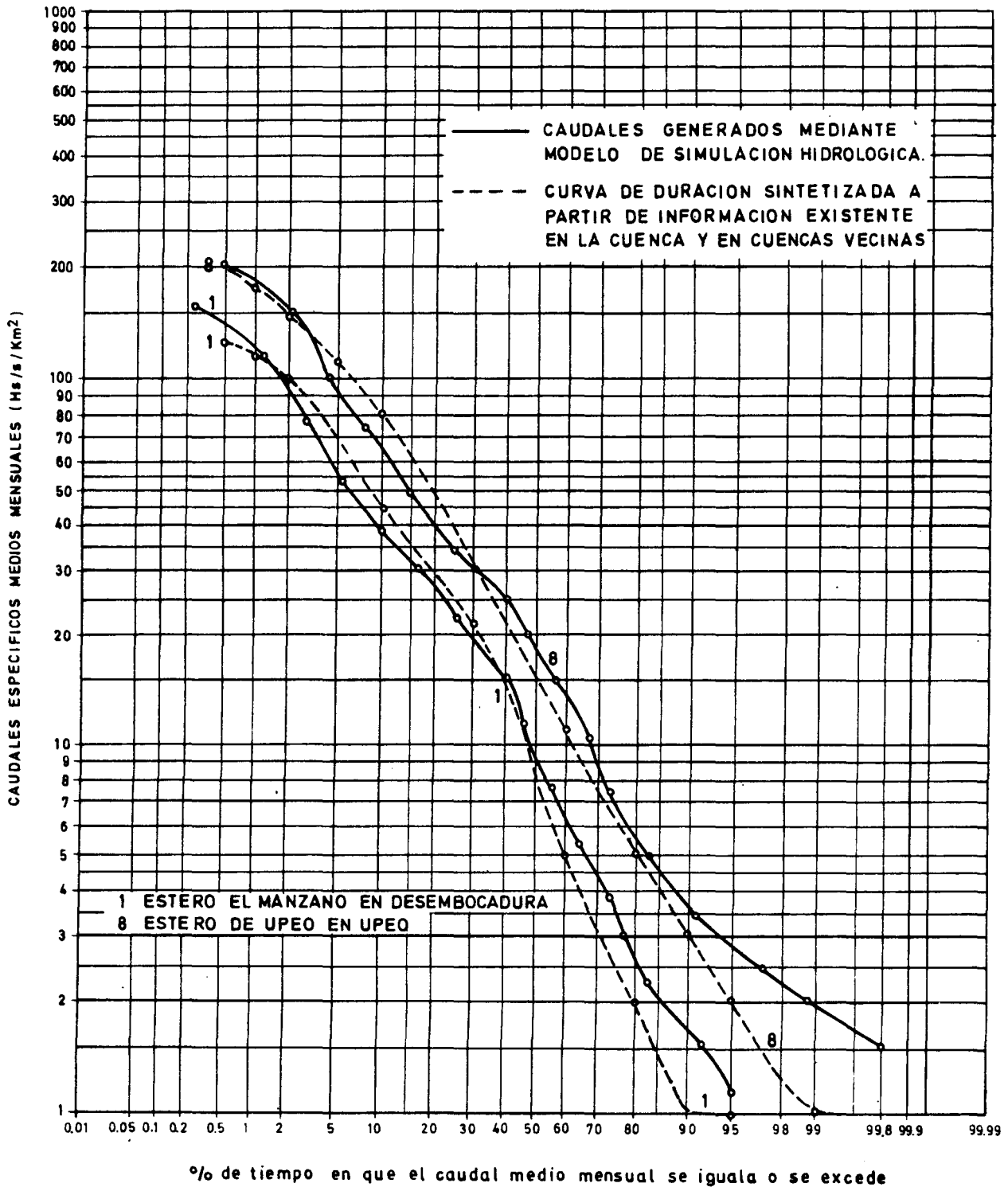


FIGURA 5.19

éste es excedido un mayor porcentaje del tiempo en el Estero Upeo que en el Estero El Manzano, lo que indica que esta última subcuenca presenta una mayor producción específica que la primera.

Finalmente en la Tabla 5.29, se incluyen la media, moda y mediana en cada cuenca, obtenidas a partir de las curvas de duración. De estos valores se concluye, que aún cuando los caudales medios específicos son similares en la cuenca con régimen hidrológico homogéneo, sus distribuciones de frecuencia difieren un tanto. En efecto, las estaciones Teno en Los Queñes, Colorado en Junta con Palos y Palos en Junta con Colorado, son las estaciones que presentan mayor semejanza entre sí tanto con respecto a la media, como en la moda y la mediana. Sin embargo los grados de simetría son diferentes como lo pone de manifiesto la disímil variación relativa de los valores medios, modales y de las medianas.

5.7.3 Parámetros Estadísticos Básicos de Caudales Medios en Régimen Actual y Natural.

Se calcularon los siguientes parámetros estadísticos básicos para los caudales medios anuales, estacionales y mensuales en régimen actual y natural: valor 50% de probabilidad de excedencia, desviación típica, coeficiente de variación, promedio aritmético, valores máximos y mínimos registrados y rango.

Los valores obtenidos para cada una de las estaciones fluviométricas con registros adecuados tanto en régimen actual como natural, se incluyen en la Tabla 5.30.

5.8 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS ESPECIFICOS

Con el fin de caracterizar en términos comparativos, los regímenes de escorrentía superficial de las diversas cuencas con control fluviométrico, se procedió a analizar sus rendimientos hidrológicos en términos de los rendimientos específicos anuales en $\text{m}^3/\text{seg}/\text{Km}^2$.

Para dichos efectos, se utilizaron los caudales medios anuales asociados con las probabilidades de excedencia 5%,

TABLA 5.29

CARACTERISTICAS DE LAS CURVAS DE DURACION DE LOS CAUDALES MEDIOS
MENSUALES POR UNIDAD DE AREA EN LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

N°	ESTACION	MEDIANA	MODA	MEDIA $\bar{X} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$	RANGO ($\bar{Q}_{\text{máx}} - \bar{Q}_{\text{mín}}$)
1	El Manzano en Desembocadura	0,009	0,013	0,013	0,115
3	Teno en Los Queñes	0,035	0,039	0,048	0,235
4	Claro en Los Queñes	0,040	0,026	0,047	0,167
5	Teno después de Junta	0,033	0,029	0,043	0,117
6 + 7	Teno en Puente FF.CC.	0,020	0,008	0,026	0,130
8	Upeo en Upeo	0,018	0,023	0,021	0,200
9	Colorado en Junta con Palos	0,035	0,032	0,049	0,158
10	Palos Antes Junta con Colorado	0,043	0,040	0,051	0,150
		(m ³ /seg/Km ²)			

TABLA 5.30

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)

ESTACION N° 1: EL MANZANO EN DESEMBOCADURA

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	2,15	1,31	0,69	0,42	0,28	0,20	0,57	3,02	4,44	4,65	3,59	2,62	1,61	1,01
X	2,31	1,38	0,70	0,45	0,30	0,28	1,19	4,74	4,99	5,75	3,83	2,73	1,75	1,07
∇	1,05	0,54	0,29	0,19	0,12	0,24	1,81	4,75	3,20	4,00	1,52	1,01	0,71	0,44
C _v	0,45	0,39	0,41	0,42	0,40	0,87	1,52	1,00	0,64	0,70	0,40	0,37	0,41	0,41
Valor Máximo	5,20	2,77	1,56	1,01	0,66	1,29	8,71	20,46	14,39	16,87	8,78	5,42	3,86	2,39
Valor Mínimo	0,35	0,42	0,21	0,13	0,09	0,08	0,08	0,13	0,17	0,35	1,00	0,88	0,63	0,34
Rango	4,85	2,35	1,35	0,88	0,57	1,21	8,63	20,33	14,22	16,52	7,78	4,54	3,23	2,05

ESTACION N° 3: TENO EN LOS QUEÑES

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	35,90	40,32	42,28	26,50	20,24	10,24	19,12	22,81	24,35	24,33	27,97	45,92	65,03	79,26
X	37,75	43,42	52,09	30,53	21,27	12,66	23,50	27,81	26,01	28,29	30,61	48,11	66,24	85,79
∇	14,17	16,81	32,14	14,58	7,59	6,59	14,16	21,96	11,52	19,10	13,04	16,51	21,55	43,98
C _v	0,38	0,39	0,62	0,48	0,36	0,52	0,60	0,79	0,44	0,68	0,43	0,34	0,33	0,51
Valor Máximo	85,20	88,50	156,00	78,30	42,90	35,70	65,00	144,00	61,80	110,00	71,20	87,60	121,30	199,00
Valor Mínimo	10,90	13,00	16,10	12,60	8,90	6,10	7,80	6,70	5,30	5,60	9,30	13,90	15,30	15,90
Rango	74,30	75,50	139,90	65,70	34,00	29,60	57,20	107,30	56,50	104,40	61,90	73,70	106,00	183,10

TABLA 5.30

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)
(Continuación)

ESTACION N° 9: COLORADO EN JUNTA CON PALOS

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	40,29	46,95	47,77	21,71	19,80	16,09	18,43	26,76	27,60	29,46	30,75	51,86	87,60	88,33
$\bar{X}$	42,53	49,43	58,94	27,00	22,27	19,45	23,87	30,66	29,79	32,12	32,86	51,59	87,45	92,11
$\sqrt{\quad}$	13,68	16,07	36,63	17,57	8,61	9,70	14,31	19,47	11,08	18,52	11,88	14,28	20,32	37,43
C _v	0,32	0,33	0,62	0,66	0,39	0,51	0,60	0,64	0,37	0,58	0,36	0,28	0,23	0,41
Valor Máximo	80,30	86,40	148,80	83,50	45,60	57,80	64,30	123,00	59,70	115,00	77,10	104,20	125,20	174,70
Valor Mínimo	14,30	15,70	16,00	7,40	11,60	11,30	11,30	11,20	10,80	11,60	13,80	16,30	26,10	16,80
Rango	66,00	70,70	132,80	76,10	34,00	46,50	53,00	111,80	48,90	103,40	63,30	87,90	99,10	157,90

ESTACION N° 10: PALOS ANTES DE JUNTA CON COLORADO

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	25,41	28,05	28,96	20,12	15,61	13,75	16,64	22,01	19,82	19,78	21,74	30,92	43,61	42,69
$\bar{X}$	26,63	29,45	32,97	22,86	17,12	15,51	19,91	22,05	21,37	21,43	23,18	30,86	44,82	46,30
$\sqrt{\quad}$	7,07	8,86	16,44	11,55	6,34	5,96	8,92	7,18	7,00	9,77	6,67	7,88	9,67	17,30
C _v	0,27	0,30	0,51	0,51	0,38	0,39	0,45	0,33	0,33	0,46	0,29	0,26	0,22	0,37
Valor Máximo	43,60	51,30	68,90	53,00	34,00	35,50	45,30	37,10	37,00	63,80	38,10	49,40	63,00	86,10
Valor Mínimo	17,60	11,30	7,63	4,39	8,08	8,57	10,00	9,81	8,87	10,40	13,10	10,90	17,60	13,10
Rango	26,00	40,00	61,27	48,61	25,92	26,93	35,30	27,29	28,13	53,40	25,00	38,50	45,40	73,00

TABLA 5.30
PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)
(Continuación)

ESTACION N° 4: CLARO EN LOS QUEÑES

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	15,50	15,33	14,44	8,19	5,69	4,85	7,43	13,87	17,94	16,98	17,91	23,11	24,54	21,15
$\bar{X}$	16,60	16,47	16,89	9,27	6,15	6,31	10,61	17,88	19,98	18,93	20,29	23,08	25,49	23,54
$\sqrt{\sigma}$	5,63	6,08	7,91	4,48	2,45	5,34	9,13	13,34	10,38	10,85	10,30	8,22	8,59	10,19
C _v	0,34	0,37	0,47	0,48	0,40	0,86	0,86	0,75	0,52	0,57	0,51	0,36	0,34	0,43
Valor Máximo	29,10	31,30	37,60	22,00	13,10	28,80	44,60	59,00	51,80	53,70	53,40	44,60	46,60	45,70
Valor Mínimo	4,00	4,80	7,00	3,50	2,80	2,20	2,90	2,40	1,50	2,60	4,30	3,70	7,80	5,60
Rango	25,10	26,50	30,60	18,50	10,30	26,60	41,70	56,60	50,30	51,10	49,10	40,90	38,80	40,10

ESTACION N° 5: TENO DESPUES DE JUNTA

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	49,66	54,61	52,84	34,85	25,33	18,52	22,13	34,04	41,30	41,72	48,48	66,73	92,88	86,25
$\bar{X}$	51,91	57,00	61,29	37,76	26,80	20,91	31,09	40,49	46,05	49,41	52,67	66,71	96,34	93,43
$\sqrt{\sigma}$	17,61	19,75	33,15	17,13	9,14	10,21	22,01	26,34	22,02	31,71	24,20	19,15	28,06	42,19
C _v	0,34	0,35	0,54	0,45	0,34	0,49	0,71	0,65	0,48	0,64	0,46	0,29	0,29	0,45
Valor Máximo	96,70	98,80	163,00	87,20	52,40	66,50	88,50	125,00	101,00	173,00	137,00	125,00	145,00	190,00
Valor Mínimo	12,80	14,90	17,10	15,10	11,20	9,50	10,00	8,40	7,80	8,30	11,20	16,50	21,00	16,50
Rango	83,90	83,90	145,90	72,10	41,20	57,00	78,50	116,60	93,20	164,70	125,80	108,50	124,00	173,50

TABLA 5.30

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)
(Continuación)

ESTACION N° 6 + 7: TENO EN PUENTE DE FERROCARRIL

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	34,89	27,64	20,48	12,34	7,62	7,03	17,36	38,85	46,11	58,32	47,82	36,75	43,78	47,39
$\bar{X}$	37,84	32,85	30,88	15,23	8,22	10,56	24,03	45,63	53,90	67,87	56,88	37,98	46,66	56,25
$\sqrt{C_v}$	19,16	19,28	30,50	11,38	3,87	10,27	20,37	29,97	30,08	45,70	42,70	18,04	23,19	39,99
C _v	0,91	0,59	0,99	0,75	0,47	0,98	0,85	0,66	0,56	0,67	0,75	0,47	0,50	0,71
Valor Máximo	92,40	84,50	136,00	51,10	25,10	56,90	86,50	147,00	128,00	237,00	224,00	98,30	100,00	166,00
Valor Mínimo	3,50	3,70	3,00	2,90	3,80	2,00	4,70	2,50	2,30	3,40	2,80	3,80	4,40	3,40
Rango	88,90	80,80	133,00	48,20	21,30	54,90	81,80	144,50	125,70	233,60	221,20	94,50	95,60	162,60

ESTACION N° 8: UPEO EN UPEO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	5,35	3,27	1,67	1,08	0,73	0,82	3,13	8,20	9,51	9,81	7,89	6,10	4,20	2,72
$\bar{X}$	5,73	3,54	1,78	1,15	0,79	1,47	4,14	11,99	12,67	11,84	9,11	6,42	4,48	2,93
$\sqrt{C_v}$	2,40	1,44	0,67	0,44	0,35	1,58	3,40	10,28	9,08	8,41	5,69	2,09	1,65	1,01
C _v	0,42	0,41	0,38	0,38	0,45	1,08	0,82	0,86	0,72	0,71	0,62	0,33	0,37	0,35
Valor Máximo	12,35	8,48	3,62	2,35	2,01	8,42	14,37	42,54	38,22	39,60	32,54	11,84	9,06	5,60
Valor Mínimo	1,19	1,45	0,57	0,38	0,24	0,40	0,30	0,45	0,39	1,47	3,02	2,50	1,97	1,39
Rango	11,16	7,03	3,05	1,97	1,77	8,02	14,07	42,09	37,83	38,13	29,52	9,34	7,09	4,21

TABLA 5.30

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)
(Continuación)

ESTACION N° 3: TENO EN LOS QUEÑES (EN REGIMEN NATURAL)

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	M E N S U A L E S											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	35,90	40,12	39,28	23,60	18,30	10,97	19,20	23,40	24,34	25,20	29,58	48,71	67,98	79,84
$\bar{X}$	38,15	43,61	48,75	26,33	19,28	13,06	24,29	28,63	26,87	29,15	31,82	50,75	70,80	88,04
$\sqrt{C_v}$	14,74	17,49	33,59	16,24	7,59	6,85	14,43	22,40	11,78	19,46	13,21	17,06	22,64	44,29
C _v	0,39	0,40	0,69	0,62	0,39	0,53	0,59	0,78	0,44	0,67	0,42	0,34	0,32	0,50
Valor Máximo	87,00	89,80	156,46	76,52	41,24	37,12	68,22	117,35	62,44	112,54	73,35	91,54	126,68	201,00
Valor Mínimo	9,20	10,23	5,78	2,64	7,49	6,10	9,12	6,95	5,76	6,13	9,96	14,73	16,37	16,60
Rango	77,80	79,57	150,68	73,88	33,75	31,02	59,10	110,40	56,68	106,41	63,39	76,81	110,31	184,40

ESTACION N° 5: TENO DESPUES DE JUNTA (EN REGIMEN NATURAL)

Parámetros Estadísticos Básicos	C A U D A L E S M E D I O S													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	M E N S U A L E S											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	50,27	54,50	50,48	31,36	23,94	19,59	23,38	34,42	43,15	42,86	49,89	69,34	100,60	92,33
$\bar{X}$	52,60	57,57	58,07	35,12	25,09	21,30	31,87	41,57	46,92	50,28	53,87	69,34	100,60	96,85
$\sqrt{C_v}$	18,26	20,59	34,75	22,32	9,63	10,43	22,20	26,84	22,29	31,96	24,40	19,76	29,04	42,34
C _v	0,35	0,36	0,60	0,64	0,38	0,49	0,70	0,65	0,48	0,64	0,45	0,29	0,29	0,44
Valor Máximo	98,45	100,03	163,46	108,76	50,07	67,92	88,50	128,35	102,72	174,16	139,15	129,28	155,21	193,10
Valor Mínimo	11,11	12,17	6,78	2,54	8,46	9,81	10,21	8,65	8,26	8,83	11,86	17,33	22,07	17,20
Rango	87,34	87,86	156,68	106,22	41,61	58,11	78,29	119,70	94,46	165,33	127,29	111,95	133,14	175,90

TABLA 5.30

PARAMETROS ESTADISTICOS BASICOS DE CAUDALES MEDIOS (m³/s)
(Continuación)

ESTACION N° 6 + 7: TENO EN PUENTE DE FERROCARRIL (EN REGIMEN NATURAL)

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS													
	Anuales	Estacionales (Período de Riego)	MENSUALES											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
X _{50%}	52,66	56,43	51,63	31,33	23,63	19,87	17,52	39,04	47,52	58,50	54,31	74,91	103,05	91,98
$\bar{X}$	55,79	59,75	60,72	34,49	24,51	21,62	24,03	45,63	53,90	67,87	59,49	74,91	103,05	99,30
$\sqrt{C_v}$	21,11	21,97	39,36	19,23	8,42	10,73	20,37	29,97	30,08	45,70	26,22	22,31	29,64	44,66
C _v	0,38	0,37	0,65	0,56	0,34	0,50	0,85	0,66	0,56	0,67	0,44	0,30	0,29	0,45
Valor Máximo	109,20	109,70	184,90	86,90	50,80	69,80	86,50	147,00	128,00	237,00	152,00	134,50	157,80	209,40
Valor Mínimo	9,60	12,80	7,10	2,70	8,60	10,00	4,70	2,50	2,30	3,40	13,30	18,60	23,00	17,70
Rango	99,60	96,90	177,80	84,20	42,20	59,80	81,80	144,50	125,70	233,60	138,70	115,90	134,80	191,70

ESTACION N° 2: TENO BAJO JUNTA QUEBRADA INFIERNILLO

Parámetros Estadísticos Básicos	CAUDALES MEDIOS ANUALES	
	Régimen Actual	Régimen Natural
X _{50%}	30,00	31,41
$\bar{X}$	31,42	32,23
$\sqrt{C_v}$	8,91	9,25
C _v	0,28	0,29
Valor Máximo	56,90	57,61
Valor Mínimo	15,40	15,09
Rango	41,50	42,52

20%, 50%, 85% y 95%, obtenidos del análisis de frecuencia de los caudales medios anuales (ver punto 5.71). Los resultados de este análisis se incluyen en la Tabla 5.31.

TABLA 5.31

RENDIMIENTOS ESPECIFICOS ANUALES EN $m^3/s/km^2$ PARA
DIFERENTES PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA

N°	ESTACION	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA				
		5%	20%	50%	85%	95%
1	Manzano en Desembocadura	0.035	0.025	0.017	0.010	0.007
2	Teno Bajo Junta Q.Infiernillo	0.085	0.068	0.053	0.041	0.034
3	Teno en Los Queñes	0.082	0.060	0.043	0.029	0.023
4	Claro en Los Queñes	0.082	0.061	0.044	0.030	0.023
5	Teno después de Junta	0.073	0.056	0.042	0.028	0.022
8	Upeo en Upeo	0.029	0.022	0.015	0.010	0.007
9	Colorado en Junta con Palos	0.080	0.061	0.046	0.032	0.026
10	Palos en Junta con Colorado	0.083	0.065	0.050	0.037	0.032

De esta Tabla, se observa que los rendimientos medios anuales de las cuencas pluviales de El Manzano y Upeo son significativamente menores a las de las otras cuencas. Estas diferencias se explican por la menor pluviosidad media anual sobre estas cuencas (ver plano de isoyetas) y por las distintas características vegetacionales e hidrológicas en general de las cuencas pluviales.

Las cuencas nivales y nivopluviales (Estaciones 2, 3, 4, 5, 9 y 10), tienen rendimientos específicos muy similares entre sí. Sólo se observan menores rendimientos específicos para años muy húmedos (5% y 20% de probabilidad de excedencia) en la Estación de Teno después de Junta con Claro. Los rendimientos específicos de Teno bajo Junta Quebrada Infiernillo presentan rendimientos algo mayores que el resto de las cuencas nivales, lo que se explica por la mayor pluviosidad media anual de la cuenca afluente correspondiente.

Se estudió además, la variación a lo largo del tiempo de los rendimientos hidrológicos en algunas cuencas. Los antece-

dentes respectivos se incluyen en las Figuras 5.20 a 5.23. De este análisis puede concluirse que en general se observa un leve aumento en la tendencia de los rendimientos específicos anuales en los últimos 34 años. Este aumento de tendencia es mayor en aquellas cuencas con mayores aportes relativos de la alta cordillera. Como en el estudio de las precipitaciones en la cuenca se demostró la tendencia de disminución de las precipitaciones anuales en la cuenca, el hecho que los rendimientos específicos manifiesten una leve tendencia a aumentar, presenta especial interés.

Aún cuando los antecedentes disponibles hacen aventurado explicar el hecho anterior, es posible plantear ciertas hipótesis preliminares que intenten explicar esta situación. En las cuencas pluviales dichos aumentos de rendimientos específicos podrían estar relacionados con una disminución de la vegetación natural de las cuencas, ya que al disminuir las pérdidas por evapotranspiración y la infiltración, las precipitaciones tendrían mayores oportunidades de transformarse en escorrentía superficial. En las cuencas con aportes predominantemente nivales, los aumentos de rendimiento específicos podrían relacionarse a eventuales tendencias de aumentos del balance energético anual en la alta cordillera, lo que a su vez induciría a un balance de masas negativo de los campos de nieves "eternas" y de los glaciares de roca presentes en el sector.

En las Figuras 5.20 a 5.23, se han acotado los rendimientos específicos anuales correspondientes a probabilidades de excedencia de 30% y del 70%. Ello permite visualizar los años que pueden clasificarse como húmedos, normales y secos.

5.9 ESTUDIO DE CAUDALES DE CRECIDAS

5.9.1 Introducción.

El estudio de los caudales de crecida se desarrolló con dos objetivos: a) caracterizar el régimen de caudales extremos máximos en diferentes subcuencas de la Hoya del Río Mataquito y b) elaborar los caudales e hidrogramas de diseño para diferentes obras y embalses físicamente posibles en la Hoya.

La metodología empleada fue diferente según el régimen hidrológico de la cuenca en estudio. Para las cuencas niva-

VARIACION TEMPORAL DE CAUDALES ESPECIFICOS

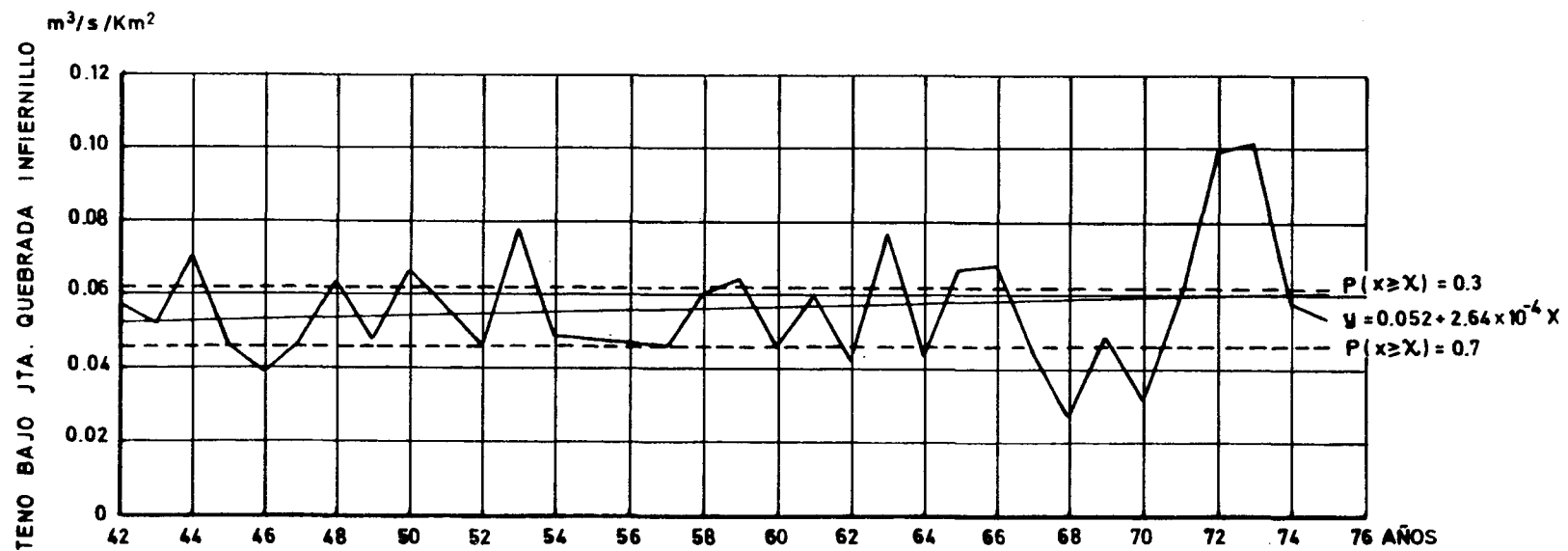
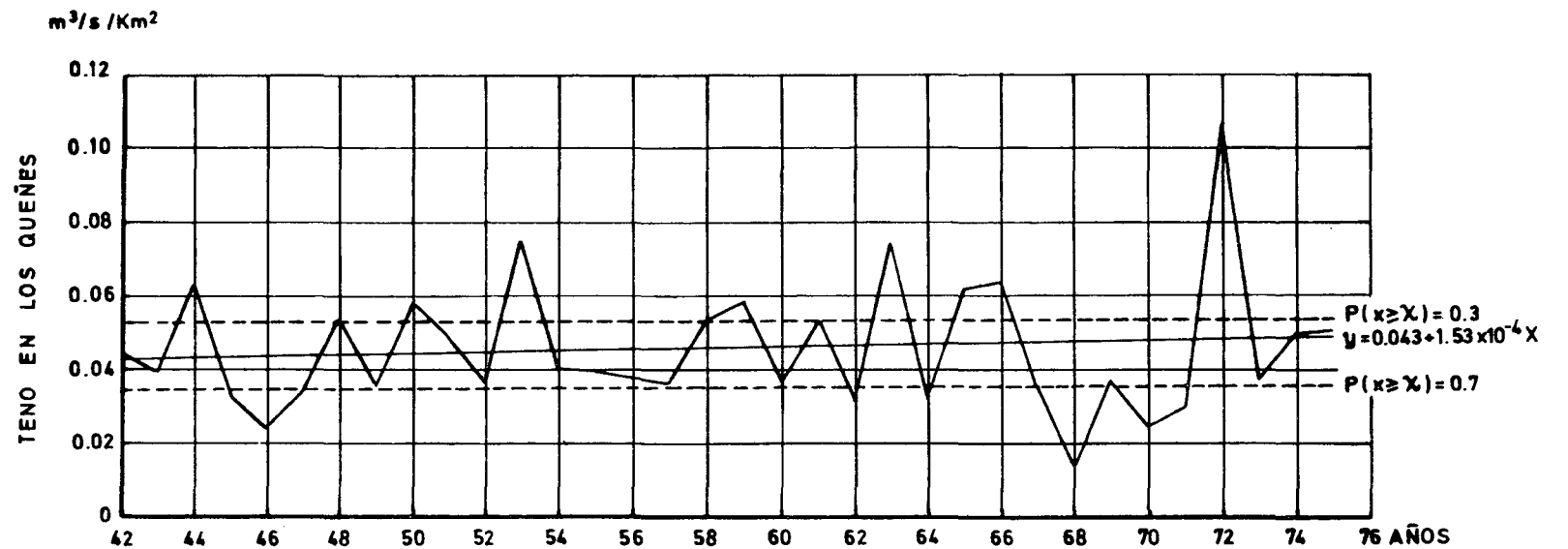


FIGURA 5.20

VARIACION TEMPORAL DE CAUDALES ESPECIFICOS

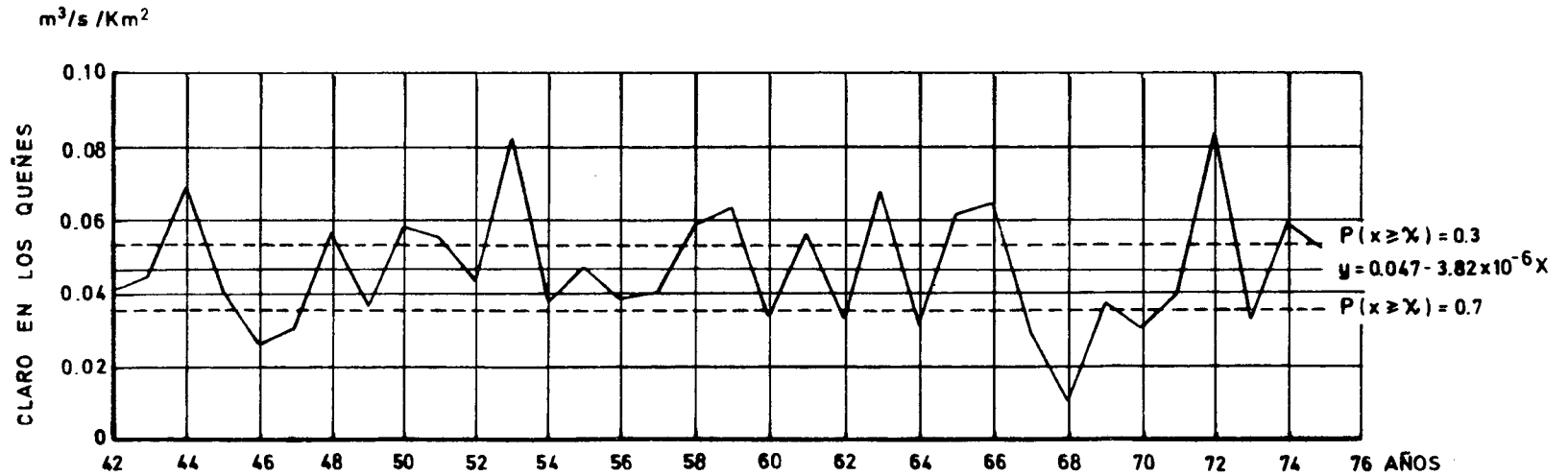
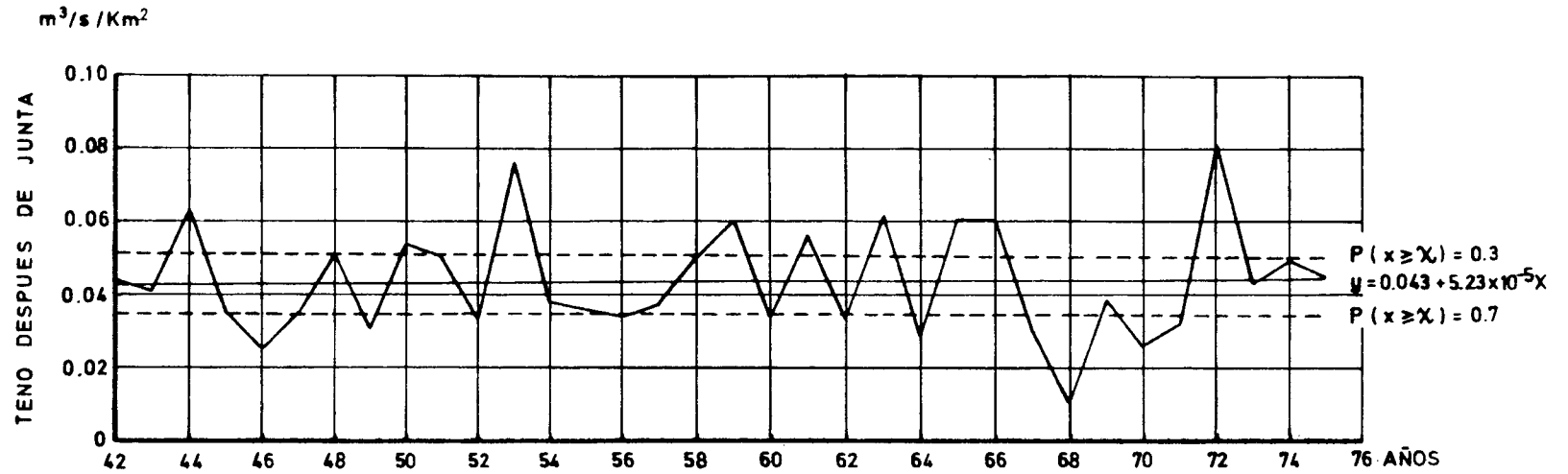


FIGURA 5.21

VARIACION TEMPORAL DE CAUDALES ESPECIFICOS

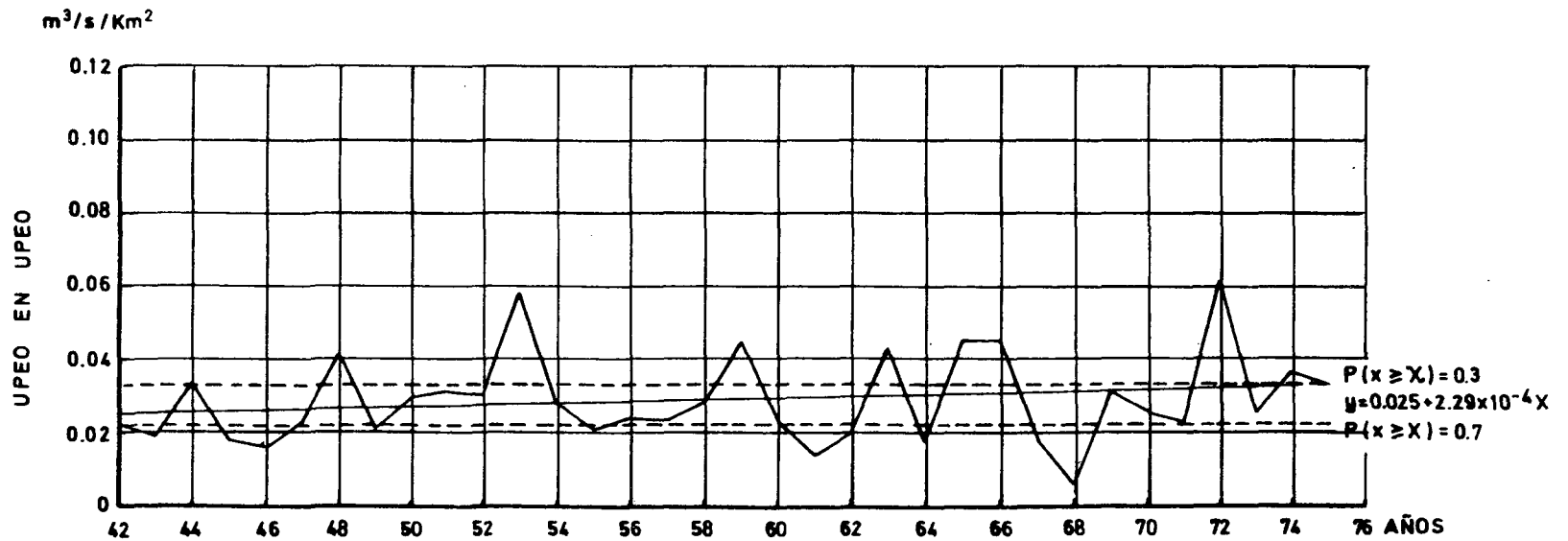
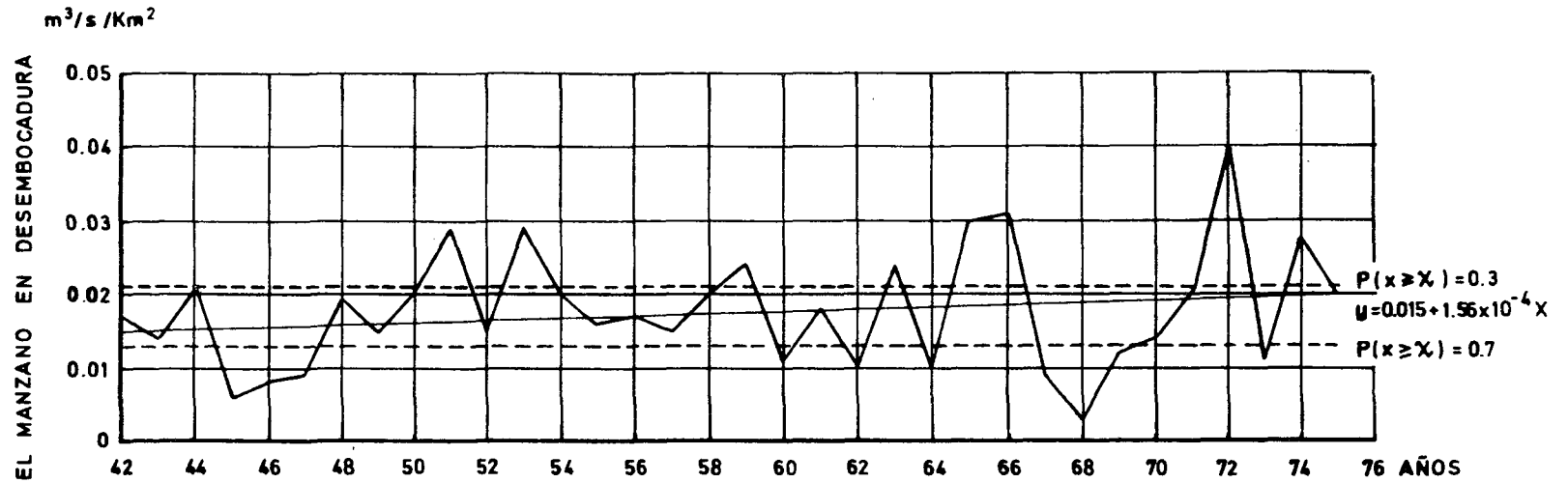


FIGURA 5.22

VARIACION TEMPORAL DE CAUDALES ESPECIFICOS

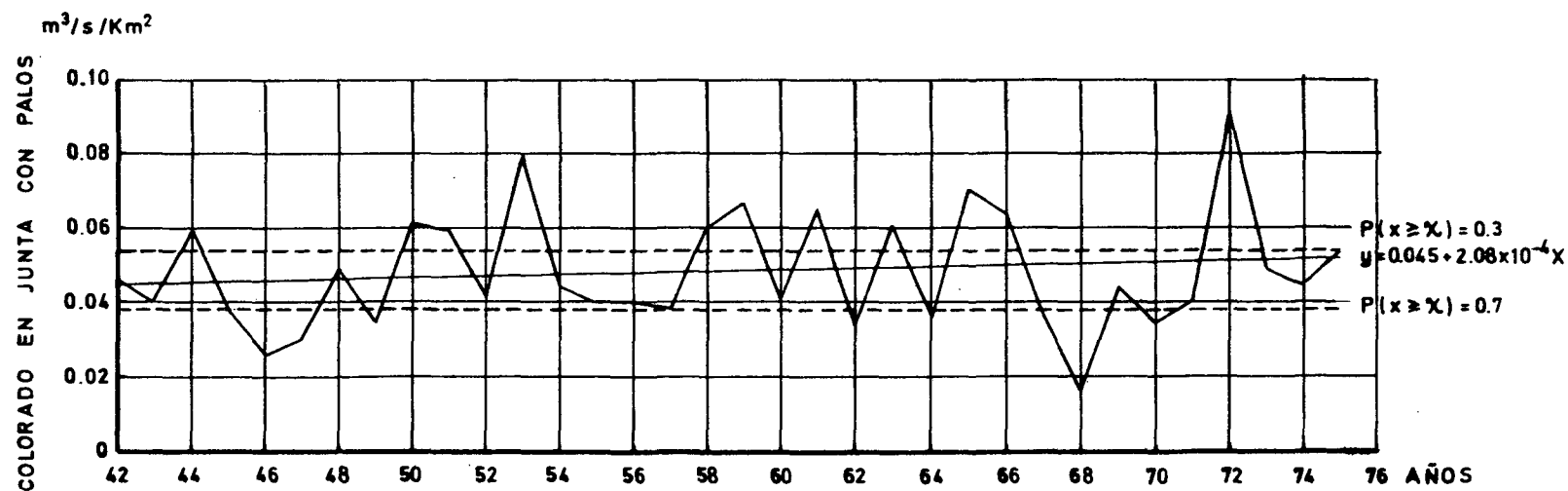
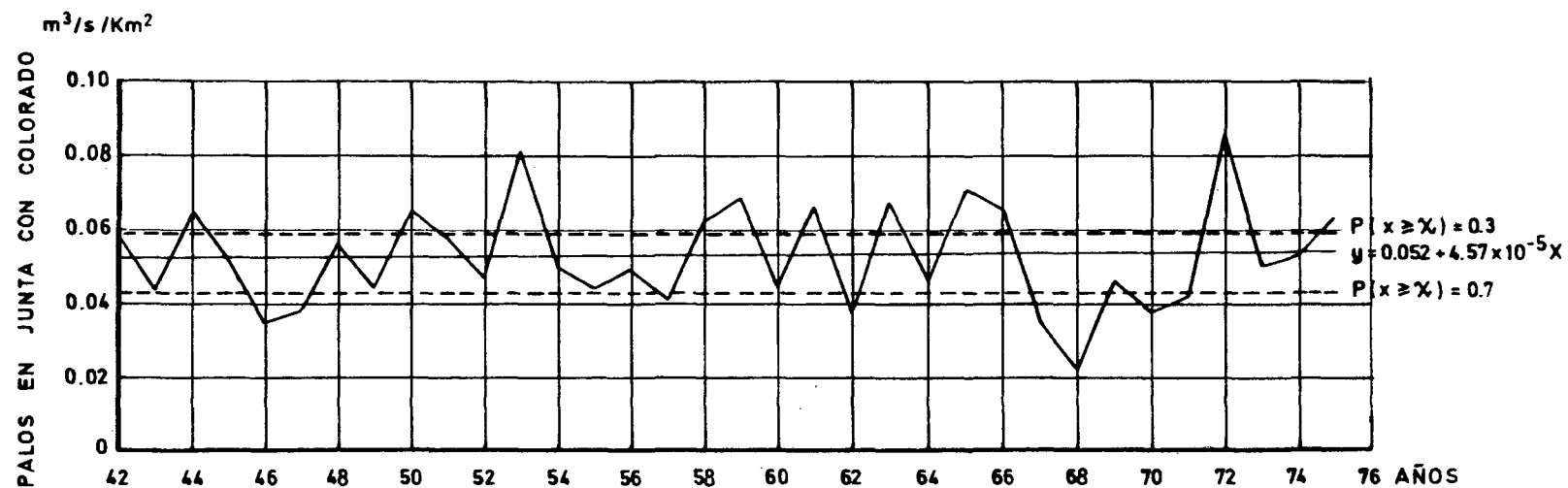


FIGURA 5.23

les, se utilizaron procedimientos probabilísticos basados en el análisis de frecuencia de caudales máximos instantáneos o máximos medios diarios y en transposiciones de estas relaciones dentro de las subcuencas. En el caso de cuencas pluviales se aplicó fundamentalmente el método del Hidrograma Unitario Sintético, utilizando parámetros regionales desarrollados en otros estudios; además, en algunos casos, se utilizaron otros métodos a modo de comparación y corroboración de los resultados.

Para las crecidas de diseño de obras de embalse se adoptó un período de retorno preliminar de 1 en 1.000 años.

A continuación se incluye la metodología usada y los resultados obtenidos, presentando primeramente un análisis de los caudales máximos registrados en la Hoya del Río Mataquito y posteriormente lo referente a las crecidas de diseño para las diferentes obras de embalse analizadas en los estudios de Ingeniería.

5.9.2 Estudio de Caudales Máximos Registrados en la Cuenca del Río Mataquito.

Para este estudio se dispuso de registros de caudales máximos (anuales) medios diarios y máximos (anuales) instantáneos registrados en las diferentes estaciones fluviométricas de la cuenca. El número de años de registro de cada una de estas variables se consigna en la Tabla 5.32 siguiente.

TABLA 5.32

AÑOS CON REGISTRO DE CAUDALES MAXIMOS MEDIOS DIARIOS
E INSTANTANEOS EN LA CUENCA DEL RIO MATAQUITO

N°	ESTACION	Años con Reg. Q máx. Medio Diario	Años con Reg. Q máx. Ins - tantáneos
1	Manzano en Desembocadura	17	13
2	Teno Bajo Junta Qda. Infiernillo	8	8
3	Teno en Los Queñes	39	-
4	Claro en Los Queñes	58	-
5	Teno después de Junta	29	17
6 y 7	Teno en Puente FF. CC.	11	10
8	Upeo en Upeo	11	9
9	Colorado en Junta con Palos	36	11
10	Palos antes Junta con Colorado	27	10

Los registros de Teno Bajo Junta Quebrada Infernillo y de Upeo en Upeo se eliminaron de los análisis siguientes, dado su poca confiabilidad y la imposibilidad de extenderlos por correlación.

Con el objeto de extender los registros de caudales máximos (anuales) medios diarios (Q máx. diarios), se ajustaron regresiones lineales entre aquellas estaciones cuyas correlaciones fueran satisfactorias. A su vez, para extender los registros de caudales máximos anuales instantáneos (Q . máx. inst.), se establecieron regresiones lineales entre esta variable y los correspondientes valores de caudal máximo diario (Q máx. diario) para la misma estación fluviométrica. Los tipos de correlación ajustadas y sus expresiones gráficas y analíticas se incluyen en las Figuras A 5.55 a A 5.59 del Anexo 5. También se incluyen en las Tablas A 5.31 a A 5.3 del Anexo 5, las estadísticas originales y extendidas de Q máx. diarios y Q máx. Instantáneos.

Con dichas estadísticas se procedió a efectuar un análisis de frecuencia, tanto de los Q máx. diarios como de los Q máx. Instantáneos. Para ello se utilizó el programa de computación de análisis de frecuencia generalizado a que se ha hecho mención en capítulos anteriores. De esta manera, se identificaron las distribuciones probabilísticas de mejor ajuste y se calculó analíticamente con ellas la curva de frecuencia correspondiente.

La única excepción a este método lo constituyó el análisis para El Manzano en Desembocadura. En este caso, dado lo limitado y la calidad de los registros, se procedió a un ajuste gráfico para el análisis de frecuencia de caudales medios diarios máximos. Como el valor medio de la relación Q máx. inst./ Q máx. diario de los valores concernientes para esta estación es de 1,32, el análisis de frecuencia de los Q máx. instantáneos se estimó aplicando dicho factor a la curva de frecuencia de los Q máx. diarios.

Las curvas de frecuencia se incluyen en las Figuras A 5.60 a A 5.71 del Anexo 5.

La Tabla 5.33 a continuación, resume los resultados de estos análisis en cada una de las estaciones, para los períodos de retorno de 50, 100, 500 y 1.000 años.

TABLA 5.33

RESUMEN RESULTADOS DEL ANALISIS DE FRECUENCIA DE
LOS CAUDALES MAXIMOS (ANUALES) MEDIOS DIARIOS Y
CAUDALES MAXIMOS (ANUALES) INSTANTANEOS

ESTACION	Q. Máx. Medios Diarios para diferentes períodos de retorno en (m ³ /seg)				Q. Máx. Instantáneos para diferentes períodos de retorno en (m ³ /seg)			
	50	100	500	1.000	50	100	500	1.000
El Manzano en Desembocadura	120	140	190	220	158	185	251	290
Teno en Los Queñes	550	660	900	1.020	-	-	-	-
Claro en Los Queñes	435	490	620	680	-	-	-	-
Teno Después de Junta	690	800	1.090	1.200	980	1.100	1.400	1.550
Teno en Puente FF.CC.	1.050	1.200	1.580	1.700	1.550	1.800	2.450	2.600
Colorado en Junta con Palos	395	440	550	600	505	565	720	780
Palos Antes Junta con Colorado	310	350	440	475	530	610	760	820

5.9.3 Crecidas de Diseño para Embalses en Cuencas Nivales.

Los embalses que se ubican en cuencas nivales son el actual embalse El Planchón y el eventual embalse de Valle Grande analizado en los estudios de ingeniería de obras.

Primeramente se procedió a efectuar un análisis de la potencialidad de las crecidas durante los períodos de deshielo y durante el invierno, con el fin de determinar las condiciones más desfavorables. Para ello se efectuó un análisis general preliminar de los caudales máximos instantáneos registrados en Teno bajo Junta Quebrada Infiernillo. Este análisis se desarrolló en base a una serie de excedencias anuales tomando $90 \text{ m}^3/\text{seg}$ como valor base. En la Figura A 5.72 del Anexo 5 se incluye la serie correspondiente al período de deshielo y la serie del período de invierno. De dicha figura se concluye que para altos períodos de retorno las crecidas de deshielo son mayores que las crecidas durante el invierno. Con este antecedente, el estudio de crecidas en cuencas nivales se prosiguió solamente en base a las crecidas durante el período de deshielo.

Las estaciones fluviométricas de apoyo para dicho estudio fueron Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo, en el Mataquito, Cortaderal antes Junta Cachapoal en el Rapel y Puelche en Junta con Maule. Ninguno de estos registros puede considerarse suficientemente largo para efectuar un análisis estadístico muy completo. Sin embargo, dado que era la única información disponible equivalente a las de las cuencas en estudio, no existió otra alternativa que utilizar dichos registros.

Primeramente, se estableció una correlación entre los caudales máximos medios diarios y máximos instantáneos en la estación de Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo. Dicha correlación se incluye en la Figura A 5.73 del Anexo 5. La relación entre ambos caudales es de 1,18, lo que permite estimar los caudales máximos instantáneos en Río Puelche en Junta con Maule a partir de sus registros de caudales medios diarios máximos.

Los análisis de frecuencia de los caudales máximos de las estaciones de apoyo mencionadas se incluyen en las Figuras A 5.74 y A 5.75 del Anexo 5.

Los resultados de estos análisis se deben transponer a las cuencas de los embalses El Planchón y Valle Grande. Para ello se refirieron los caudales máximos a gastos específicos por unidad de precipitación, es decir a gastos específicos unitarios ($\text{lt/seg/Km}^2/\text{mm}$). La precipitación utilizada correspondió a la precipitación media sobre la cuenca obtenida del mapa de isoyetas con probabilidad de excedencia 50%.

Los resultados finales obtenidos utilizando el análisis de frecuencia de gastos máximos y el procedimiento de transposición por unidad de área y precipitación descrito en los párrafos anteriores, se incluyen en las Tabla 5.34 y 5.35.

TABLA 5.34

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS Y CAUDALES MAXIMOS ESPECIFICOS EN CUENCAS DE APOYO (T = 1.000 años)

ESTACION	Caudal Máximo Instantáneo (m^3/seg)	Area (Km^2)	Precipitación media 50% (mm)	(Q/Area)/P media ($\text{l/s/Km}^2/\text{mm}$)
Puelche en Junta con Maule	248	273	2.000	0.000454
Cortaderal antes Junta Cachapoal	115	382	900	0.000334

TABLA 5.35

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS (T = 1.000 años) EN LUGARES DE EMBALSE EN CUENCAS NIVALES

EMBALSE	Area (Km^2)	Precipitación media 50% (mm)	CAUDALES (m^3/seg)		
			Calculados con		Valor Promedio
			Puelche	Cortaderal	
El Planchón	39	2.500	43,9	32,6	38,3
Valle Grande	83	2.400	89,6	65,7	77,7

5.9.4 Crecidas de Diseño para Embalses en Cuencas Pluviales.

Los embalses en cuencas pluviales considerados en el estudio de Obras Civiles, son los siguientes: El Manzano, Guaiquillo, Upeo, San Pablo, Rapilermo, Vaquería, Baquil 1 y Baquil 2.

Para el cálculo de las crecidas de diseño de estos embalses se utilizó el método del Hidrograma Unitario Sintético (HUS), ya que a excepción del Embalse El Manzano, las demás cuencas no disponen de registros fluviométricos medidos.

Los coeficientes para la utilización de este método se obtuvieron del estudio "Método para la Determinación de Hidrogramas Unitarios Sintéticos en Chile" de A. Benítez G. y C. Rodríguez V. Por consiguiente las ecuaciones del método adoptan la siguiente expresión para la región comprendida entre las cuencas de Rapel, Mataquito y Maule.

- Tiempo al "Peak" o tiempo de retardo:

$$t_p = 0.3 \left(\frac{L \cdot L_g}{\sqrt{S}} \right)^{0.44} \quad [\text{horas}]$$

- Gasto "Peak" o máximo:

$$q_p = 269 t_p^{-1.08} \left[\frac{\text{lbs}}{\text{seg. Km}^2} \right]$$

En que:

L = Longitud del cauce principal de la cuenca (Km).

Lg = Distancia entre la sección de salida y el centro de gravedad del área de la cuenca (Km).

S = Pendiente media de la cuenca

Estas expresiones son válidas para duraciones de la lluvia efectiva que cumplen con la restricción impuesta por el método, vale decir:

$$t_r = \frac{t_p}{5.5}$$

Esta limitante es algo flexible puesto que de acuerdo a la teoría del Hidrograma Unitario, la duración del HU tiene una tolerancia de $\pm 25\%$.

En el caso en que se utilicen duraciones distintas, el tiempo de retardo y el gasto q_p deben modificarse de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$t_p' = t_p + \frac{1}{4}(t_R - t_r)$$

$$q_p' = 269 t_p'^{-1.08}$$

en que t_R es la duración de la lluvia de diseño que se desea utilizar.

5.9.4.1 Parámetros Fisiográficos de las Cuencas.

Para la aplicación del método del HUS es menester estimar algunos parámetros que caractericen la fisiografía de la cuenca como son: la pendiente media, la longitud del cauce principal y la distancia entre el centro de gravedad del área de la cuenca y la sección de salida.

Para estimar la pendiente media de la cuenca se usó la fórmula de Mocornita. Esta fórmula corresponde a un promedio ponderado en base a áreas, de las pendientes en las diferentes zonas de la cuenca. La relación puede expresarse como sigue:

$$S = \frac{h \left(\frac{l_0}{2} + \sum_{i=1}^{N-1} l_i + \frac{l_n}{2} \right)}{A}$$

en que:

- l_i = longitud de la curva de nivel i
- h = desnivel constante entre curvas de nivel
- A = área total de la cuenca
- N = N° de franjas (cada una de ellas definidas entre dos curvas de nivel contiguas).

El área de las cuencas se obtuvo planimetreando las superficies de las planchetas 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM). De estas planchetas se obtuvieron también los largos del cauce principal y la distancia desde el centro de gravedad a la

sección de salida. La ubicación del centro de gravedad se obtuvo mediante procedimientos gráficos especiales.

En la Tabla 5.36 se resumen los parámetros fisiográficos de las cuencas de los embalses en estudio.

TABLA 5.36

PARAMETROS FISIOGRAFICOS DE LAS CUENCAS DE
LOS EMBALSES EN ESTUDIO

CUENCA	AREA (Km ²)	L (Km)	Lg (Km)	S
El Manzano	126	21.0	9.6	0.343
Guaiquillo	72	19.0	10.2	0.304
Upeo	206	43.5	27.0	0.357
San Pablo	171	29.6	11.2	0.222
Rapilermo	190	24.2	11.0	0.120
Vaquería	173	21.8	9.6	0.149
Baquil 1	197	20.0	7.1	0.083
Baquil 2	102	15.0	7.8	0.086

5.9.4.2 Lluvias de Diseño.

El cálculo de las lluvias de diseño se basó en la información de precipitaciones máximas en 24 horas disponibles en las diversas estaciones pluviométricas de la cuenca.

El procedimiento adoptado consistió en asociar a cada cuenca una o más estaciones pluviométricas cercanas, que se consideraron como las más representativas del régimen de precipitaciones de ella.

A continuación, se supuso que la configuración espacial de las precipitaciones máximas en las cuencas, guardaba directa relación con la configuración del mapa de isoyetas correspondientes a las precipitaciones anuales con 50% de probabilidad de exceedencia.

Las consideraciones anteriores permitieron definir un factor de transposición de precipitaciones que se utilizó para llevar los valores máximos medidos en las estaciones a valores máximos medios sobre la cuenca. Estos factores se calcularon utilizando las precipitaciones anuales medias sobre la cuenca y las precipitaciones de la o las estaciones asociadas a ellas. En la Tabla 5.37 se señalan las estaciones pluviométricas correspondientes a cada cuenca, junto con las precipitaciones anuales (50%) media sobre la cuenca y de la estación respectiva. También se incluyen los factores de transposición calculados.

Los factores de transposición de la Tabla anterior, en conjunto con la información disponible de precipitaciones máximas en 24 horas, permitieron definir la magnitud de la lluvia de diseño. El procedimiento seguido para ello consistió en calcular la precipitación máxima en 24 horas con período de retorno de 1.000 años en las estaciones indicadas en la Tabla 5.37 anterior. Para ello, se hizo uso de los análisis de frecuencia elaborados en el estudio de precipitaciones. Estos valores se convirtieron en valores medios sobre las cuencas respectivas utilizando los factores de transposición mencionados.

A continuación se calculó la duración de la lluvia de diseño, utilizando el criterio de adoptar una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Los tiempos de concentración se calcularon utilizando la relación recomendada por el California Highways Public Works de EE.UU.

$$t_c = 0.95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

en que :

t_c = Tiempo de concentración (horas)
 L = Longitud del cauce principal (Km)
 H = Diferencia de elevación entre el comienzo del cauce principal y la sección de salida (m).

Las duraciones así calculadas se utilizaron para estimar las precipitaciones asociadas con ellas. Para este efecto se hizo uso de los coeficientes de duración generalizados propuestos por B. Espíldora C., (1^{er}. Coloquio Nacional de Hidráulica). Santiag

TABLA 5.37

FACTORES PLUVIOMETRICOS DE TRANSPOSICION PARA ESTUDIOS DE CRECIDAS

CUENCA	Estaciones Pluviométricas Utilizadas	Precip. Anuales 50% (mm)		Factor de Transposición $\left(\frac{\overline{PP} \text{ media cuenca}}{\overline{PP} \text{ Estación}} \right)$
		Media sobre Cuenca	Estación	
El Manzano	Los Queñes Retén	985	1.184	0.832
Guaiquillo	Los Queñes Retén-Romeral	1.000*	954	1.048
Upeo	Los Queñes Retén	1.030	1.184	0.870
San Pablo	Los Queñes Retén-Romeral	975*	954	1.022
Rapilermo	Curepto	730	530	1.377
Vaquería	Curepto	730	530	1.377
Baquil 1	Lolol	650	679	0.957
Baquil 2	Lolol	650	679	0.957

* Promedio de ambas estaciones.

go. Chile 1971. Estos coeficientes se definen para un período de retorno dado, como la razón entre la precipitación de duración en t horas y la precipitación de duración 1 hora:

$$CD_t = \frac{\text{Precipitación en } t \text{ horas}}{\text{Precipitación en 1 hora}} = \frac{P_t}{P_1}$$

Utilizando la relación para $t = 24$ horas, es posible estimar la precipitación en t horas a partir de una en 24 horas, mediante la siguiente expresión.

$$P_t = \left(\frac{CD_t}{CD_{24}} \right) \times P_{24}$$

Los valores de CD_t propuestos se graficaron en papel doble logarítmico para permitir una extrapolación más expedita. (Fig. A 5.76 del Anexo 5).

De acuerdo a este procedimiento, se calculó la magnitud de la precipitación de diseño, utilizando la precipitación máxima en 24 horas (con período de retorno 1:1.000 años) y la duración de diseño igual al tiempo de concentración de la cuenca. Los resultados de este análisis se resumen en la Tabla 5.38 siguiente.

TABLA 5.38

RESULTADOS DEL CALCULO DE LLUVIAS DE DISEÑO

CUENCA DEL EMBALSE	Precipitación Máxima en 24 horas		Lluvia de Diseño T = 1.000 años		
	Estación (mm)	Media sobre cuenca (mm)	Duración (Horas)	Precipita <u>ción</u> (mm)	Intensi- dad (mm/hr)
El Manzano	161	134	1.7	40.7	23.9
Guaiquillo	161	169	1.8	52.7	29.3
Upeo	161	140	3.8	61.1	16.1
San Pablo	161	164	2.9	63.4	21.9
Rapilermo	117	161	3.4	66.8	19.7
Vaquería	117	161	2.8	61.2	21.9
Baquil 1	182	174	2.6	64.0	24.6
Baquil 2	182	174	2.0	56.9	28.5

La precipitación efectiva sobre las cuencas, se obtuvo descontando la infiltración de la precipitación total. Para ello, la infiltración se estimó de las curvas elaboradas por ENDESA en la cuenca del río Rapel. Dichas curvas se obtuvieron para las precipitaciones del año 1961 y 1962 correspondientes a caudales máximos de crecidas superiores a $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Estos datos de ENDESA se recalcularon para expresarlos en la forma de curvas de tasas de infiltración promedio versus tiempo, y se incluyen en la Figura A. 5.77 del Anexo 5.

De dicha figura puede concluirse que dadas las duraciones de las lluvias de diseño calculadas, las tasas de infiltración resultantes son del orden de 0.4 mm/hr . Este valor se utilizó por lo tanto para el cálculo de la precipitación efectiva y de la intensidad respectiva.

5.9.4.3 Caudales de diseño.

Estas lluvias efectivas se aplicaron al HUS determinado, para calcular los gastos máximos de diseño en cada una de las cuencas afluentes a los embalses en estudio, según los procedimientos explicados.

En la Tabla 5.39 se resumen los resultados finales obtenidos para cada cuenca. El gasto máximo con período 1 en 1.000 años, se calculó utilizando la expresión (1).

$$Q = q_p^1 \times A \times I_{ef} \times t_R \times 10^{-3} \quad (\text{m}^3/\text{seg})$$

en que las variables se han definido anteriormente y se indican en dicha Tabla.

-
- (1) En estricto rigor, dada la magnitud de la diferencia entre t_r y t_R , debiera haberse usado el hidrograma en S para el cálculo de los gastos máximos. Sin embargo, cálculos preliminares demostraron que con este método se determinaban valores de Q, muy similar a los de la fórmula propuesta. Por lo tanto, dada la simplicidad de esta expresión se prefirió seguir empleándola.

TABLA 5.39

RESULTADOS DE LA APLICACION DEL METODO DEL
HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO

CUENCA DEL EMBALSE	t_p (hrs)	t_r (hrs)	t_R (hrs)	t'_p (hrs)	q'_p (lts./seg, Km ²)	A (Km ²)	I_{ef} (mm/hr)	Caudal Máx. Inst. de diseño Q (m ³ /seg.)
El Manzano	3.9	0.71	1.7	4.0	57.5	126	23.5	290
Guaiquillo	4.0	0.72	1.8	4.0	57.0	72	28.9	213
Upeo	8.4	1.53	3.8	8.3	24.5	206	15.7	302
San Pablo	5.4	0.98	2.9	5.4	39.8	171	21.5	424
Rapilermo	5.6	1.01	3.4	5.6	38.3	190	19.3	478
Vaquería	4.8	0.87	2.8	4.8	44.5	173	21.5	463
Baquil 1	4.6	0.83	2.6	4.6	46.4	197	24.2	575
Baquil 2	4.2	0.76	2.0	4.2	53.9	102	28.1	309

NOTA: Para todas las cuencas se adoptaron valores de $t_r = 1.0$ hora y los correspondientes valores de t_R se aproximaron a la unidad respectiva para el cálculo de t'_p .

Con el fin de verificar parcialmente las estimaciones obtenidas mediante el método del HUS, se hicieron estimaciones de gastos máximos instantáneos utilizando la "Fórmula Racional" y el análisis gráfico de frecuencia de los caudales máximos instantáneos en la cuenca de El Manzano.

Para el primer método, es decir, la "Fórmula Racional", se utilizaron los mismos valores empleados para el HUS en lo concerniente a la intensidad media máxima de la lluvia y el área de la cuenca. Los coeficientes de escorrentía adoptado fueron 0.35 para las cuencas cordilleranas y del valle y 0.40 para las cuencas costeras. Esta diferencia se justificó en términos de las características en cuanto a suelos y cubierta vegetal de las cuencas. En efecto, las cuencas de la costa se presentan altamente erosionadas, con cubiertas vegetales limitadas o prácticamente inexistentes.

Los resultados del método del HUS y de la "Fórmula Racional" se resumen en la Tabla 5.40.

TABLA 5.40

CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS CON T = 1.000 AÑOS
PARA CUENCAS PLUVIALES SEGUN METODO DEL HUS Y
FORMULA RACIONAL

CUENCA	CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS (m ³ /seg)	
	HUS	Fórmula Racional
El Manzano	290	288
Guaiquillo	213	203
Upeo	302	315
San Pablo	424	409
Rapilermo	478	408
Vaquería	463	415
Baquil 1	575	530
Baquil 2	309	319

El análisis gráfico de frecuencia correspondiente, en El Manzano, dió como resultado (ver Figura A 5.67 del Anexo 5) un valor de 290 m³/s.

El valor obtenido por análisis de frecuencia no difiere substancialmente del correspondiente al método del HUS. El método de la "Fórmula Racional", aunque muy aproximado y estrictamente aplicable sólo a pequeñas cuencas preferentemente urbanas o semi rurales, también da valores muy semejantes.

Estos hechos permiten tener confianza en los resultados del HUS. Además, este método es aplicable a todas las cuencas en estudio, lo que permite calcular las crecidas de diseño con datos y criterios homogéneos. Por este motivo, se adoptarán los resultados del método del HUS para la consideración de las crecidas en el diseño preliminar de los embalses en estudio.

5.9.5 Valores Definitivos de Caudales Máximos Instantáneos de Diseño.

En base a los resultados obtenidos en los puntos 5.9.3 y 5.9.4, la Tabla 5.41 resume los valores definitivos de caudales máximos instantáneos de diseño para los embalses en estudio.

TABLA 5.41

VALORES DEFINITIVOS DE CAUDALES MAXIMOS DE DISEÑO EN LUGARES DE EMBALSE

CUENCA	Q máx. (m ³ /seg) T = 1.000 años	Q. máx. Unitario (m ³ /seg/Km ²) para T = 1.000 años
El Manzano	290	2.30
Guaiquillo	213	2.96
Upeo	302	1.47
San Pablo	424	2.48
Rapilermo	478	2.52
Vaquería	463	2.68
Baquil 1	575	2.92
Baquil 2	309	3.03
El Planchón	38	0.97
Valle Grande	78	0.94

5.10 ANALISIS DE CAUDALES MINIMOS

Para el análisis de caudales mínimos registrados, se dispone de registros de caudales medios diarios anuales en ocho estaciones fluviométricas. La tabla 5.42 siguiente, indica el número de años de registros en cada una de estas estaciones.

TABLA 5.42

AÑOS CON REGISTROS DE CAUDALES MEDIOS
DIARIOS MINIMOS ANUALES

Estación	Años de Registro
Manzano en Desembocadura	17
Teno en Los Queñes	39
Claro en Los Queñes	58
Teno después de Junta con Claro	29
Teno en puente FF. CC.	12
Upeo en Upeo	12
Colorado en Junta con Palos	35
Palos antes de Junta con Colorado	29

El análisis efectuado consistió en considerar la factibilidad de extender, por correlación, algunos de estos registros y posteriormente someterlos a un análisis de frecuencia.

Debe aclararse que estos registros de caudales mínimos, están afectados en mayor o menor grado por extracciones de riego (régimen actual). Dada la inexistencia de información con fiable para evaluar las influencias de las extracciones de riego, no se intentó convertir los registros de caudales mínimos a régimen natural.

Sin embargo, el análisis de estos registros en régimen actual presenta de todas maneras utilidad e interés, por cuanto permite disponer de información sobre caudales mínimos

para su eventual consideración como recurso disponible para otros usos del agua, dado el actual uso del agua en regadío.

Primeramente se intentaron extender los registros por correlación. La única correlación relativamente aceptable fue la que permitió extender la estadística de Palos en Junta con Colorado, en base a los registros de Colorado en Junta con Palos. La regresión respectiva se incluye en la Figura A 5.78 del Anexo 5.

En la Tabla A 5.33 del Anexo 5 se incluyen los registros de caudales medios diarios mínimos anuales, incluyendo los años extendidos para la estación de Palos en Junta con Colorado.

En base a estos registros se efectuó un análisis de frecuencia análogo a los desarrollados en los puntos anteriores. Las distribuciones de mejor ajuste y la calidad de dichos ajustes se pueden observar en las figuras del Anexo 5 que incluyen los resultados de este análisis.

La Tabla 5.43, a continuación, resume los resultados de este análisis para algunas probabilidades de excedencia de interés.

TABLA 5.43

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE FRECUENCIA
DE LOS CAUDALES MEDIOS DIARIOS MINIMOS ANUALES
(m³/s)

Estación	Probabilidad de Excedencia en %			
	50	85	95	99
Manzano en Desembocadura	0,07	0,02	0,0	0,0
Teno en Los Queñes	9,40	6,50	5,2	4,1
Claro en Los Queñes	3,30	1,85	0,9	-
Teno después de Junta con Claro	14,50	8,80	5,3	1,8
Teno en Puente FF.CC.	4,90	1,85	0,1	0,0
Upeo en Upeo	0,29	0,07	-	-
Colorado en Junta con Palos	12,50	9,80	8,8	8,0
Palos antes Junta con Colorado	11,50	8,10	6,7	5,2

5.11 ESTUDIO DE PERDIDAS Y RECUPERACIONES

5.11.1 Antecedentes Generales.

El conocimiento actual de las pérdidas y recuperaciones en el lecho de los principales cauces de la hoya del Mataquito es en general limitado.

El río Teno ha sido objeto de algunos estudios de esta índole debido a que el problema es de importancia en el reparto de aguas entre los canales de riego.

En relación al río Lontué, cabe señalar que a la fecha existen datos en la zona aguas abajo de Pichingal, que permiten hacer estimaciones preliminares de la infiltración y recuperación característica de su lecho.

En el río Mataquito, en cambio, a excepción de los aforos realizados con motivo del presente estudio, no se cuenta con información que permita determinar si su lecho presenta algunas de las propiedades que le son propias a sus dos principales afluentes.

A continuación, se efectúa un análisis de los antecedentes disponibles y en base a éstos, se establecen conclusiones respecto al régimen de pérdidas y recuperaciones de estos ríos.

5.11.2 Antecedentes disponibles en el Río Teno.

De acuerdo a estudios anteriores, el río Teno presenta zonas bien definidas donde las pérdidas y recuperaciones alcanzan niveles significativos.

El primer estudio detallado data de 1949 y fue efectuado por el Ing. Sr. Jorge Jiménez Arrau. Los resultados de dicho estudio aparecieron publicados en la memoria de título, "Determinación de las Pérdidas que se producen en el lecho del Río Teno y Proyecto de Mejoramiento del Regadío de la Región", Escuela de Ingeniería, U. de Chile, 1949.

De acuerdo a este estudio, el río Teno se caracteriza por estar compuesto de 3 tramos desde el punto de vista de pérdidas y recuperaciones. El tramo de cabecera, comprendido entre Los Queñes y la zona de Cerrillo Verde, cerca de la toma del Canal Ventanas, se extiende por aproximadamente 22 Km. En este tramo las pérdidas pueden considerarse despreciables o son del orden de magnitud de la precisión de los aforos. El segundo tramo, está ubicado entre Cerrillo Verde y la localidad denominada Vista Hermosa, a la altura del puente carretero del camino Longitudinal Sur, siendo su extensión de alrededor de 12 Km. de largo. Esta sección presenta pérdidas que durante el período de riego alcanzan niveles significativos con respecto al gasto medio de entrada del tramo. El tercer tramo (sección poniente), se extiende hasta el puente Rauco, alcanzando una extensión de 16 Km. Esta zona del río se caracteriza por presentar recuperaciones durante el período de Primavera que tienden a disminuir y a desaparecer en el período de estiaje.

Estos antecedentes han sido corroborados total o parcialmente por estudios más recientes. Entre éstos, cabe mencionar los estudios hechos para la Dirección de Riego del MOP por los ingenieros señores P. Kleiman y J. Torres. "Valle del Teno. Recursos de Agua-Embalse El Manzano" (1965) y por el ingeniero Sr. A. Monsalve, "Regadío del Valle del Río Teno, Provincia de Curicó", (1972).

En la Tabla A 5.34 del Anexo 5, se incluyen los datos obtenidos en los diferentes estudios mencionados anteriormente.

J. Jiménez Arrau concluyó que las pérdidas netas total entre Los Queñes y Puente Rauco estaban comprendidas entre 2.6 y 3.1 m³/seg.

Por otra parte, en el informe de los ingenieros P. Kleiman y J. Torres se concluye que las pérdidas en el período de riego son del orden de un 5% del caudal medio del río, dejando eso sí constancia que el número de experiencias realizadas era insuficiente como para adoptar en forma definitiva dicha cifra.

Por su parte el Ing. Sr. A. Monsalve concluyó que debido a imperfecciones inherentes a las mediciones de los caudales, la pérdida estimada por los ingenieros Kleiman y Torres po-

dría ser mayor. Considera además, que es muy improbable que durante diferentes fechas la sucesión de pérdidas y recuperaciones observadas a lo largo del río no se mantenga, ya que éstos son propiedades del lecho y prácticamente invariantes (caso de Enero 1965, ver Tabla A 5.34 del Anexo 5. Finalmente, plantea algunas correcciones que deberían efectuarse en los datos del Informe de Kleiman y Torres, para tener en cuenta las variaciones de caudal del río durante el período de aforos.

Con estas correcciones, las conclusiones del informe Kleiman-Torres se verían afectadas en el sentido que en vez de un 5% de pérdidas, el río se caracterizaría más bien por tener un 10% de pérdidas durante el período de riego, lo que concuerda satisfactoriamente con las conclusiones del ing. J. Jiménez A.

En general, de acuerdo a los estudios mencionados, puede observarse que en el tramo comprendido entre Los Queñes y el Puente Rauco, existe durante el período de riego una pérdida neta promedio de 2.2 a 3.7 m³/seg., lo que equivale a diferentes porcentajes del caudal de entrada, de acuerdo al mes de que se trate.

En lo referente al tramo comprendido entre el puente Rauco y la Junta con el Lontué, los datos son prácticamente inexistentes. Según el Ing. J. Jiménez, el río acusa en esta zona una recuperación neta que se incrementa paulatinamente hacia aguas abajo.

Esta aseveración es lógica y parece quedar confirmada por los pocos datos con que se cuenta actualmente. Estos provienen de las experiencias de Diciembre de 1964 y Marzo de 1965 de los ingenieros Kleiman y Torres. En aquellas oportunidades, los aforos se continuaron aguas abajo del puente Rauco por una extensión de 11 Km. Dichas mediciones mostraron una recuperación de 2 m³/seg., lo que corresponde a aproximadamente 16,2% y 47,6% (c/r al gasto de entrada al tramo) para los meses de Diciembre y Marzo, respectivamente.

5.11.3 Corridas de Aforo efectuadas en el río Teno durante el estudio.

Entre los días 11 y 12 de Junio de 1977 se efectuó una corrida de aforos en el río Teno y canales derivados.

El estudio de terreno se completó el día 13 con 3 aforos efectuados en el río Mataquito.

El río Teno se recorrió con dos grupos de hidromensores, desde Los Queñes hacia aguas abajo por la ribera sur y desde el cruce del canal San Miguel con el camino a la Montaña por la ribera Norte. La sección terminal se ubicó junto al puente Rauco.

Se constató que un gran número de canales se encontraba seco a la fecha; se aforaron todos aquellos que llevaban agua.

El río Teno propiamente tal se aforó en dos secciones. La sección de aguas arriba, ubicada alrededor de 500 a 1.000 m. aguas arriba del Estero El Manzano, se aforó vadeando el río, midiéndose además el aporte del estero El Manzano. El aforo de aguas abajo en la sección terminal, se efectuó desde el puente Rauco.

El recorrido del río se hizo simultáneamente por ambas riberas y de Oriente a Poniente.

En las Tablas A 5.35 y A 5.36 del Anexo 5 se indican los resultados de los aforos. La Figura 5.24 indica el diagrama de gastos registrados durante la corrida de aforos.

Debe señalarse que a la fecha de los aforos sólo había caído una lluvia en el año (en Mayo de 1977). La recesión de la crecida ocasionada por dicha lluvia ya había pasado al momento de la corrida de aforo, según se observó en los limnigramas de la estación de Teno después de Junta. Por lo tanto, a pesar de lo avanzado del invierno, se puede considerar que la información obtenida de la corrida es representativa de las condiciones de pérdidas y recuperaciones del río durante el estiaje.

DIAGRAMA DE CORRIDAS DE AFORO EN EL RIO TENO (SEGUN AFOROS REALIZADOS ENTRE EL 11 Y 12 DE JUNIO DE 1977)

333

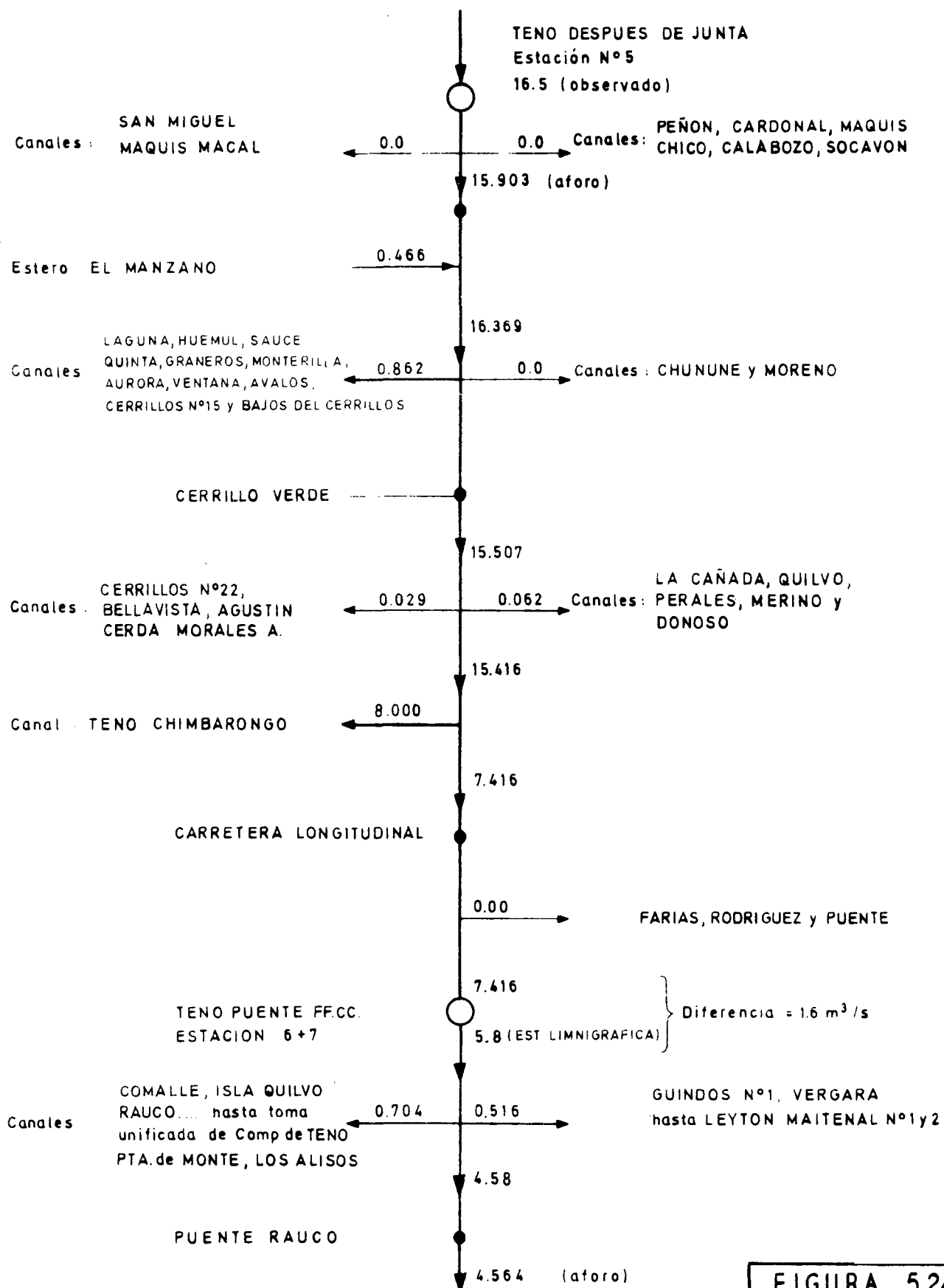


FIGURA 5.24

De los resultados de la corrida de aforos efectuada se concluye:

- a) En el tramo comprendido entre la estación Teno después de Junta y la junta con el Estero El Manzano, la diferencia entre el caudal de entrada y de salida al tramo es de $0.6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Ello representa un 3.6% de diferencia, valor que puede considerarse dentro del rango de precisión de los aforos efectuados. Este tramo puede asimilarse con el tramo I de los ingenieros Jiménez Arrau y Kleiman y Torres, ya que, el límite inferior está suficientemente cercano a Cerrillo Verde (límite del tramo I).
- b) El tramo II que se extiende hasta el puente de FF.CC., presentó una pérdida neta de $1,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$, cantidad que equivale a un 10 % del caudal de entrada al tramo ($16 \text{ m}^3/\text{seg.}$).
- c) El tramo III, comprendido entre el puente de FF.CC. y el puente Rauco, no acusó ni pérdidas ni recuperaciones, existiendo apenas una diferencia de $0,02 \text{ m}^3/\text{seg.}$ entre el gasto de entrada y de salida del tramo.

5.11.4 Conclusiones sobre Pérdidas y Recuperaciones en el Río Teno.

De los estudios anteriores analizados (incluyendo la información de la Tabla A 5.34 del Anexo 5 y de la corrida de aforos efectuada en Junio de 1977, pueden inferirse las siguientes conclusiones para el régimen de pérdidas y recuperaciones del río Teno:

- i) Entre Los Queñes y el sector de Cerrillo Verde, cercano a la toma del Canal Ventanas, las mediciones de pérdidas del río varían entre $0,6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a $5.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$, habiéndose registrado incluso recuperaciones de $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ No se han observado variaciones estacionales sistemáticas al respecto. En promedio puede aceptarse una cifra representativa de pérdida neta de $1,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$, lo que representa una tasa de unos 85 l/s/Km. de río a lo largo de este sector.
- ii) En el sector comprendido entre la toma del Canal Ventanas y la Carretera Panamericana (canal Puente), las pérdidas netas aumentan. Los valores registrados fluctúan entre $0,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a $5,81 \text{ m}^3/\text{seg.}$, sin ninguna relación estacional aparente y siste-

mática. Puede aceptarse una cifra promedio de pérdida neta de $2,1 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y, por lo tanto, una tasa de pérdida de 180 l/s/Km. a lo largo de los 11 Kms. de río del sector.

- iii) En el tramo comprendido entre la Carretera Panamericana y Puente Rauco, se han observado recuperaciones durante el período de primavera que han alcanzado valores de $1,0$ a $1,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en Noviembre y Diciembre.

Estas recuperaciones se estiman que provienen fundamentalmente de la recesión de invierno de la cuenca pluvial intermedia afluente al tramo considerado. En el estiaje propiamente tal, y a partir de Enero se han registrado pérdidas netas que fluctúan entre $0,02 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a $1,4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ En resumen, en este sector puede aceptarse que durante la primavera e inicio del verano se produce una recuperación neta promedio del orden de $1,50 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y durante el estiaje, a partir del mes de Enero, una pérdida neta promedio de unos $0,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (tasa de pérdida de 31 (l/s/Km.)).

- iv) No existen antecedentes que permitan detectar una variación estacional del régimen de pérdidas del río Teno. Además, debido a que los valores medidos se han efectuado para diferentes magnitudes de caudales del río, representativos de los caudales medios mensuales que pueden ocurrir tanto en invierno como en verano, es posible aceptar que las cifras promedio de pérdidas netas, consignadas más atrás, son válidas a lo largo de todo el año.
- v) En el tramo de río comprendido entre el puente Rauco y la confluencia con el río Lontué, se observan cualitativamente fuertes recuperaciones. El único registro disponible, permite concluir que durante el período de riego estas recuperaciones son superiores a $2 \text{ m}^3/\text{seg.}$, pudiéndose aceptar una tasa promedio de recuperación de unos 180 l/s/Km.

5.11.5 Antecedentes de Pérdidas y Recuperaciones en el Río Lontué.

En los sistemas Río Lontué y Estero Río Seco, entre Pichingal y Camino Longitudinal, se dispone de una serie de 8 corridas de aforos realizadas por la Dirección de Riego entre Diciembre de 1957 y Abril de 1958. Desafortunadamente en 3 de estas corridas no fue posible aforar el río Lontué en Pichingal, por lo que las conclusiones más relevantes provienen de las 5 corridas restantes. En la figura 5.25 se indica la ubicación de los canales en el tramo indicado.

En las corridas mencionadas en el Río Lontué, no se aforaron los 3 canales que captan en la ribera Norte del río. Según los fotomosaicos, estos canales serían: La Obra, San Gregorio y Maquehua, sin embargo, la información actual que dispone la DGA, los señala como la Obra de Arriba, La Obra del Medio y La Obra de Abajo, respectivamente. Puesto que estos canales no fueron aforados, sus caudales se estimaron basándose en las partes alicuotas de ellos (2,44; 1,60 y 0,66 respectivamente) con respecto a las del canal Río Seco del Bajo (14,0). Estos porcentajes resultaron de 17,4%, 11,4% y 4,7% con respecto al Canal Río Seco, respectivamente.

Basándose en las 5 corridas de aforo más completas y en lo anteriormente indicado, se han confeccionado las Tablas A 5.37 y A 5.38 del Anexo 5. En la Tabla 5.44 siguiente, se hace un balance resumen entre aportes y extracciones totales a cada uno de los dos sistemas para el total de las corridas de aforo mencionadas.

Debe aclararse, que de aquí en adelante se entenderá que el término "recuperaciones" corresponde al aumento total de caudal observado a lo largo de un tramo del río. Por lo tanto, esta recuperación de caudal puede provenir del aporte de escorrentía subterránea al tramo de río y/o de los retornos de riego en la forma de derrames superficiales y del flujo subsuperficial proveniente de las percolaciones del agua de riego.

Del análisis de los valores indicados en las Tablas mencionadas, se concluye que en el tramo comprendido entre Pichingal y Camino Longitudinal, tanto el Río Lontué como el Estero Río Seco presentan recuperaciones importantes durante la temporada de riego.

CROQUIS UBICACION DE CANALES RIO LONTUE Y ESTERO RIO SECO SECTOR PICHINGAL CAMINO LONGITUDINAL

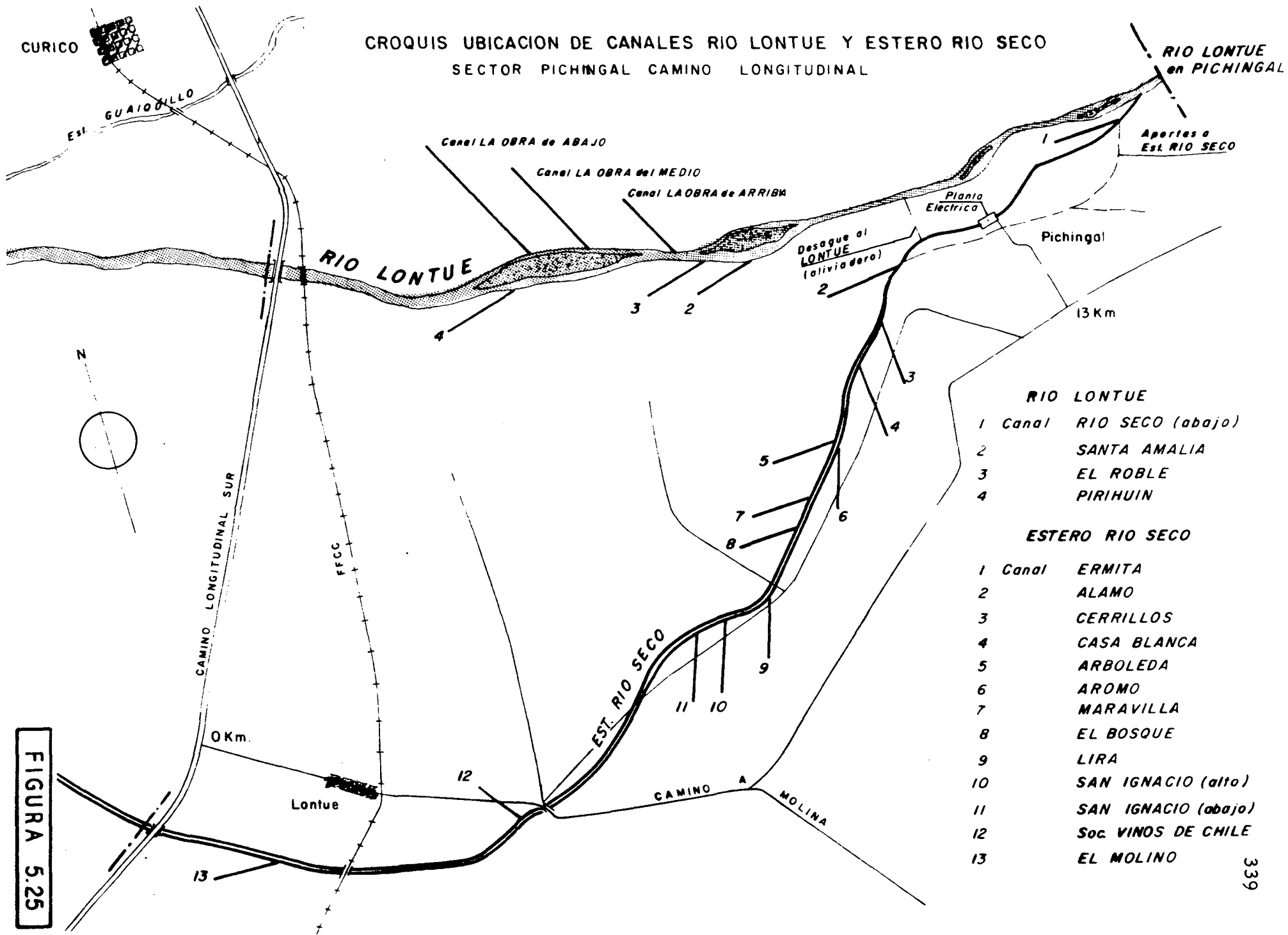


FIGURA 5.25

TABLA 5.44

PORCENTAJES Y CAUDALES DE RECUPERACIONES EN EL SISTEMA
DEL RIO LONTUE Y ESTERO RIO SECO

(entre Pichingal y Camino Longitudinal)

Fuente: Dirección General de Aguas

	12-13 Dic/57	21-22 Dic/57	17-18 Ene/58	7-8 Feb/58	17-18 Feb/58	13-14 Mar/58	24-25 Mar/58	17-18 Abr/58	Prom.
% Recuperación:									
Sistema Río Lontué	-	-	-	15,77	33,3	37,0	66,5	168,4	64,2
Sistema Estero Río Seco	45,8	47,5	11,7	27,3	64,7	36,4	44,6	47,5	40,7
Caudales de Recuperación en:									
Sistema R. Lontué				1,26	1,81	2,31	3,65	5,22	
Sistema Est.R.Seco				1,27	1,83	0,98	1,29	1,40	
Caudales Totales de Recuperac. (m ³ /s) en ambos sistemas	4,85	4,88	0,72	2,53	3,64	3,29	4,94	6,62	4,20

De acuerdo a las corridas de aforo de la DGA en 1958, el proceso de recuperaciones expresado en términos de porcentajes respecto a los caudales aportantes, es relativamente más estable en el sistema del Estero Río Seco que en el Río Lontué, ya que varía entre 11,7% y 64,7%, con un promedio de 40,7%. Al contrario, en el Río Lontué este proceso es bastante irregular variando entre 15,7% y 168,4%, con un promedio de 38% si se descarta el valor más extremo.

En términos de caudal, dichas recuperaciones son mayores en el Río Lontué que en el Estero Río Seco. En el primero, los caudales de recuperación en el tramo comprendido entre Pichingal y Carretera Panamericana, fluctúan entre 1,26 m³/s. a 5,22 m³/s. De acuerdo a estos aforos se pueden aceptar cifras promedio de recuperación de 2,85 m³/s en el Río Lontué y de 1,35 m³/s en el Estero Río Seco. Sólo en el Río Lontué se observa una tendencia de aumento de la recuperación a lo largo de la temporada de riego. En el Estero Río Seco las variaciones son erráticas y no indican una tendencia estacional.

Existen otras informaciones disponibles de recuperaciones en el Río Lontué. En efecto, de acuerdo a antecedentes de la Junta de Vigilancia del Río Lontué, citados en el Informe N° 18 de IREN sobre Antecedentes Hidrométricos de la cuenca del Mataquito, con un caudal de 40 m³/s en la junta del Río Palos con el Río Colorado, el río lleva unos 20 m³/s en el cruce con el Camino Longitudinal, habiéndose previamente abastecido todos los canales en el tramo correspondiente. Ya que el aporte del Río Upeo representa un caudal medio del orden de 5 m³/s durante la temporada de riego, las cifras citadas anteriormente implicarían una eventual "recuperación" en el tramo mencionado de unos 18 m³/s, es decir, de un 40% con respecto al caudal total de aporte superficial del tramo. La cifra anterior supone que el total de extracciones de riego es similar al total de los caudales de aporte al tramo.

Por otro lado, según cifras citadas en "Antecedentes Hidrométricos. Hoyas de los Ríos Aconcagua, Mataquito, etc." de IREN, en Febrero de 1962 el caudal entrante al sector de riego del Río Lontué (junta del Río Colorado y Río Palos) fue de 70 m³/s y el caudal del Río Lontué en el puente camino Longitudinal de unos 22 m³/s; la totalidad de los caudales extraídos por canales en el tramo era de 67 m³/s. De acuerdo a estas cifras y suponiendo que

el aporte medio del Río Upeo en Febrero de 1962 era del orden de $0,84 \text{ m}^3/\text{s}$ y el del Estero Potrero Grande de $1.57 \text{ m}^3/\text{s}$, la eventual "recuperación" neta en el sector resultaría ser de unos $17 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir, un 23% del caudal total de entrada al tramo.

Estos antecedentes de recuperaciones del informe de IREN son relativamente consistentes entre sí, en términos de caudal y porcentaje de recuperación total en relación al gasto total entrante al sector. Sin embargo, estas cifras aparecen exageradamente altas en relación a las que aportan los aforos de la DGA en 1958, ya citados anteriormente, y al no conocer exactamente las condiciones bajo las cuales fueron determinadas las cifras de "recuperación" podrían tener un significado diferente al habitual.

En efecto, ambos antecedentes citados en el informe IREN, arrojan una cifra media de recuperación de $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en un tramo de unos 35 km de río, comprendido entre la Junta del Río Palos con Río Colorado, hasta el camino Longitudinal; es decir la tasa media de recuperación sería de unos 500 l/s/Km . Por otro lado, según los aforos de la DGA en 1958, las tasas de recuperación en el Río Lontué fluctuaron entre 115 l/s/Km a 475 l/s/Km y entre 115 l/s/Km a 166 l/s/Km en el Estero Río Seco. Como estos valores abarcan sólo desde Pichingal hasta la Panamericana, la cifra media de 500 l/s/Km del informe IREN implicaría que las recuperaciones entre Juntas y Pichingal tendrían que ser muy superiores a 500 l/s/Km . Este hecho no tendría una explicación razonable en términos de las características hidrogeológicas del tramo Juntas-Pichingal y de la configuración del sector de riego correspondiente. Este solo factor tendería a restarle confiabilidad a dichos antecedentes.

Por otro lado, de los antecedentes disponibles en el informe IREN, no ha sido posible dilucidar si tales cifras se refieren al Río Lontué propiamente tal, o si corresponden al sistema conjunto del Río Lontué más el Canal Estero Río Seco. Aún más, en los aforos de Febrero de 1962 es posible, que por corresponder dicho período a un año húmedo (tipo 40%), los $67 \text{ m}^3/\text{s}$ supuestamente extraídos por los canales, retornaran luego al río por medio de sus descargas, lo que explicaría la alta cifra de $22 \text{ m}^3/\text{s}$ aforados en el camino Longitudinal. Ello implicaría por lo tanto, una recuperación real bastante menor que la que se deduciría de este antecedente ya que englobaría además recursos de agua sobrantes no utilizados en regadío.

Finalmente, la información de la Junta de Vigilancia resulta imposible de interpretar, porque se desconocen los detalles y condiciones en que se basa. Además, parece exagerado el antecedente de que cuando el caudal en Juntas es de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (año tipo 90%) el caudal del Lontué en Longitudinal sea de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

En base a estas consideraciones, se ha estimado prudente descartar para este análisis las cifras de recuperaciones citadas en el informe de IREN y considerar para las conclusiones preliminares que se incluyen más adelante, solamente los aforos de la DGA en 1958. (Desgraciadamente cuando se efectuó la corrida de aforos en el Río Teno en Junio de 1977, no se pudo proseguir con una corrida de aforos en el Río Lontué, debido a que posteriormente se iniciaron una serie de lluvias).

Por lo tanto, de acuerdo al estado actual de la información disponible sobre recuperaciones en el Río Lontué, no puede pretenderse una evaluación exacta y definitiva de estas recuperaciones y sólo podrán efectuarse estimaciones preliminares muy aproximadas de órdenes de magnitud y efectuar algunas recomendaciones sobre estudios futuros al respecto. Estas conclusiones preliminares se resumen a continuación.

5.11.6 Conclusiones Preliminares sobre Pérdidas y Recuperaciones del Sistema del Río Lontué

- i) En el sector comprendido entre Pichingal y el camino Longitudinal, no existen pérdidas netas de caudales en el río, sino sólo un régimen de recuperaciones.
- ii) El Río Lontué presentaría un leve aumento del caudal de recuperaciones hacia el término de la temporada de riego. En el Estero Río Seco las variaciones del caudal de recuperaciones son erráticas y no señalan una tendencia estacional.
- iii) Para el sector mencionado (Pichingal-Panamericana) se puede aceptar una cifra media preliminar de $2,85 \text{ m}^3/\text{s}$ de recuperación en el Río Lontué y de $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$ en el Estero Río Seco. Las tasas medias de recuperación serían por lo tanto de unos 200 l/s/Km y de 120 l/s/Km , respectivamente.

- iv) De acuerdo a la red de canales del sector y a consideraciones hidrogeológicas analizadas en otras partes de este estudio, se estima que estas recuperaciones provendrían fundamentalmente de aportes subterráneos en el Río Lontué y de retornos de riego en el Estero Río Seco.

Las cifras de recuperación mencionadas para el Lontué y el Estero Río Seco son además, compatibles con los estudios de Hidrogeología efectuados y con el análisis del sistema de riego para la situación actual.

- v) Con el objeto de aportar antecedentes más concluyentes y definitivos sobre las recuperaciones del Lontué y los esteros adyacentes, deberán efectuarse corridas de aforos especiales durante la temporada de riego en años de diverso tipo de sequedad. Ello permitirá además, aclarar el verdadero origen de dichas recuperaciones.

5.11.7 Aforos efectuados en el Río Mataquito

El 13 de Junio de 1977 se efectuaron aforos entres secciones del río Mataquito. Los resultados de estos aforos son los siguientes:

Mataquito en Puente Huerta:	46,58 m ³ /seg
Mataquito en Puente Hualañé:	60,15 m ³ /seg
Mataquito en Puente Licantén:	57,75 m ³ /seg

El aumento de caudales entre Puente Huerta y Puente Hualañé se explica por los aportes de los esteros Culenar y Tonlemono, Limávida, Peralillo, Eloísa y La Pellana. La diferencia de valores entre Hualañé y Licantén es mínima y está comprendida en el error usual de un aforo.

Dado que estos aforos se efectuaron en una oportunidad en que el año presentaba un anormal atraso en el inicio de las lluvias, ellos son ilustrativos para extraer algunas conclusiones preliminares generales bajo condiciones de un estiaje prolongado.

En efecto, las recuperaciones entre Puente Huer-ta y Hualañé por efecto de los esteros y quebradas afluentes al tramo, pueden estimarse del orden de $13 \text{ m}^3/\text{s}$. Estas recuperaciones provienen fundamentalmente de los aportes de la cuenca intermedia correspondiente. Los caudales entre Hualañé y Licantén durante el estiaje son sensiblemente similares, no observándose ni pérdidas ni recuperaciones netas significativas.

El caudal mínimo disponible en el Río Mataquito inmediatamente después de la junta con los Esteros Carretones, Patagual y Pichuco, puede aceptarse preliminarmente que era a lo menos del orden de $40 \text{ m}^3/\text{s}$ en el momento de efectuar los aforos mencionados. En forma igualmente preliminar, el caudal mínimo disponible en ese momento en el Río Mataquito en la confluencia del Teno, Lontué y Estero Rauco sería de un orden no menor de $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

6. - ESTUDIO DE ARRASTRE DE SEDIMENTOS

6.1 INTRODUCCION

La estimación de las tasas de producción de sedimento en las diversas cuencas aportantes a los embalses en estudio reviste especial importancia, por cuanto puede ser un factor condicionante de la factibilidad técnico-económico de dichas obras.

El problema es sin embargo, uno de los más difíciles de abordar debido a la escasa información sedimentométrica disponible. Esta es una característica de especial gravedad en la cuenca del río Mataquito; pero, también se presenta en otras zonas del país.

La red sedimentométrica chilena es relativamente completa y su operación y control está a cargo de la Dirección General de Aguas del MOP y de la ENDESA. El problema estriba en que la mayoría de las estaciones dispone de registros cortos (entre 2 y 12 años) y que en su gran mayoría no se encuentran procesados en la actualidad.

En el caso de la cuenca del río Mataquito, existe solamente una estación sedimentométrica ubicada en Teno en Los Queñes. La información recopilada en esta estación data de Noviembre de 1976 y no se encuentra procesada. La utilidad de dicha información para el presente estudio es, por lo tanto, limitada.

Para realizar las estimaciones del gasto sólido total promedio en las cuencas de interés se utilizó una metodología especialmente desarrollada para la presente situación. Esta metodología se basó en la información sedimentológica disponible y en la experiencia de otros estudios realizados tanto en Chile como en el extranjero.

Para el estudio, se reunió la bibliografía pertinente que se indica a continuación:

- Fleming, G., "Design Curves for Suspended Load Estimation", Proceeding of Institution of Civil Engineers, London, May 1969.

- Dirección de Riego, MOP y T., Salzgitter Industriebau Gesellschaft MBH, "Proyecto Embalse Puclaro Provincia de Coquimbo, Estudio de Factibilidad Física del Embalse", Sept. 1972.
- Arretz, L.A., "Estudio del Transporte Sólido Fluvial en la cuenca Superior del Río Aconcagua", Memoria de Título, Univ. de Chile, 1965.
- Vega, S., "Cálculo del Transporte de Sedimentos en el río Maipo", 1^{er} Coloquio Nacional, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, 1971.
- Basso, E., Rabi, F. y Morales, H., "Sedimentación en el Embalse de la Central Rapel", ENDESA, División de Hidrología, 1962.
- Benítez, A (comunicación personal) "Antecedentes sobre la Sedimentación en el Embalse de la Central Colbún", ENDESA, 1977.

6.2 METODOLOGIA EMPLEADA

La metodología desarrollada consistió, en primer lugar, en hacer una revisión de la información sedimentométrica disponible de otros estudios, con el fin de sintetizar tasas específicas medias anuales de producción de sedimentos.

Esta información se utilizó para verificar la posible aplicación de curvas generalizadas de descarga del gasto sólido desarrolladas en otros países. Estas curvas generalizadas fueron propuestas en 1969 por Fleming, quién utilizó la información sedimentométrica de gasto sólido en suspensión de diversos ríos ingleses, americanos, africanos, chinos y canadienses.

Las curvas de Fleming corresponden a cuatro tipos generales de vegetación y son relaciones exponenciales entre el caudal medio anual (m^3/seg) y el gasto sólido anual en suspensión (Ton/año). Estas relaciones se incluyen a continuación.

Vegetación Tipo a : Bosques de coníferas y empastadas altas tipo sabana

$$Q_s = 4444 Q^{1.0207}$$

Vegetación Tipo b : Vegetación mixta latifoleada y bosque de coníferas con cubierta vegetal superficial densa.

$$G_s = 66133 Q^{0.8227}$$

Vegetación Tipo c : Vegetación desértica y de matorral

$$G_s = 196964 Q^{0.6523}$$

Vegetación Tipo d : Pradera baja y vegetación de matorral

$$G_s = 482475 Q^{0.7150}$$

en que:

G_s = Gasto sólido en suspensión en Ton/año
 Q = Caudal medio anual en m^3 /seg.

La aplicabilidad de estas relaciones al caso de ríos chilenos se investigó confrontando las estimaciones obtenidas a partir de las curvas generalizadas, con la información sedimentométrica disponible en Chile.

Este procedimiento permitió establecer la validez de cierto tipo de curvas, las que no necesariamente coincidieron con el tipo de vegetación especificado por el autor. Las curvas así seleccionadas se utilizaron para sintetizar tasas de producción de sedimentos de cuencas no controladas.

Finalmente las tasas resultantes se utilizaron para adoptar valores regionales de acuerdo a la siguiente clasificación: cuencas cordilleranas, cuencas pre-cordilleranas y del valle central, y cuencas costeras.

Las tasas de producción promedio se verificaron a su vez utilizando un segundo método, basado en curvas de descarga del gasto sólido disponible en los ríos Cachapoal, Tinguiririca y Maipo.

Los volúmenes de sedimentación y tiempo de llenado probables en cada embalse se calcularon utilizando las tasas específicas regionales derivadas en la forma indicada anteriormente.

6.3 INFORMACION DISPONIBLE EN CHILE SOBRE PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN CUENCAS CONTROLADAS

La información que se reunió corresponde a las siguientes estaciones o puntos de control:

- i) Río Rapel a la entrada del embalse de la Central Rapel
- ii) Río Cachapoal en Puente Arqueado
- iii) Río Cachapoal en Coya
- iv) Río Tinguiririca en Los Olmos
- v) Río Maule en Los Baños
- vi) Río Maipo en Quelitehues
- vii) Río Aconcagua en Chacabuquito
- viii) Río Elqui en Almendral
- ix) Río Polcura en Balseadero
- x) Río Maule en Colbún

Las tasas de arrastre en suspensión se obtuvieron en dichas estaciones a partir de muestreos diarios o instantáneos. En algunos estudios se hicieron además estimaciones del gasto sólido de fondo utilizando relaciones teóricas.

En la Tabla 6.1 se incluyen las principales características de la información recopilada y en la Figura 6.1 se muestra la ubicación aproximada de las respectivas estaciones.

Además de la información anterior, en algunos de los estudios correspondientes citados, se desarrollaron curvas de descarga del gasto sólido en suspensión. Estas curvas se obtuvieron haciendo aforos y muestreos detallados concurrentes en el tiempo en secciones de control especialmente seleccionadas. A continuación se indican las relaciones incluídas en los estudios respectivos:

$$\text{Cachapoal} : G_s = 0.7 Q^{1.72}$$

$$\text{Tinguiririca} : G_s = 1.3 Q^{1.48}$$

$$\text{Maipo} : G_s = 0.10 Q^{2.50}$$

TABLA 6.1

CARACTERISTICAS SEDIMENTOLOGICAS EN CUENCAS
CHILENAS CONTROLADAS

CUENCA	Area (Km ²)	Producción Es- pecífica Total Ton./año/Km ²	Gasto Sólido Fondo/Gasto Sólido Total (%)
Rapel en Rapel	9.570	176	47
Cachapoal en Puente Arqueado	6.481	201	54
Cachapoal en Coya	2.066	350 *	-
Tinguiririca en Los Olmos	3.089	125	22
Maule en Los Baños	1.250	700 *	-
Maipo en Queltehues	1.500	3.850	90
Aconcagua en Chacabuquito (Vilcuya)	2.100	2.540	14
Elqui en Almendral	6.800	32	49
Polcura en Balseadero	928	113	48
Maule en Colbún	5.300	480	20

* Gasto sólido en Suspensión

PLANO DE UBICACION DE LAS
ESTACIONES SEDIMENTOLOGICAS.

- 1 RIO ACONCAGUA EN CHACABUQUITO
- 2 RIO MAIPO EN QUELTEHUES
- 3 RIO RAPEL A LA ENTRADA DEL EMBALSE
- 4 RIO CACHAPOAL EN PUENTE ARQUEADO
- 5 RIO TINGUIRIRICA EN LOS OLMO
- 6 RIO CACHAPOAL EN COYA
- 7 RIO TENO EN LOS QUEÑES
- 8 RIO MAULE EN COLBUN
- 9 RIO MAULE EN LOS BAÑOS
- 10 RIO POLCURA EN BALSEADERO
- 11 RIO ELQUI EN ALMENDRAL

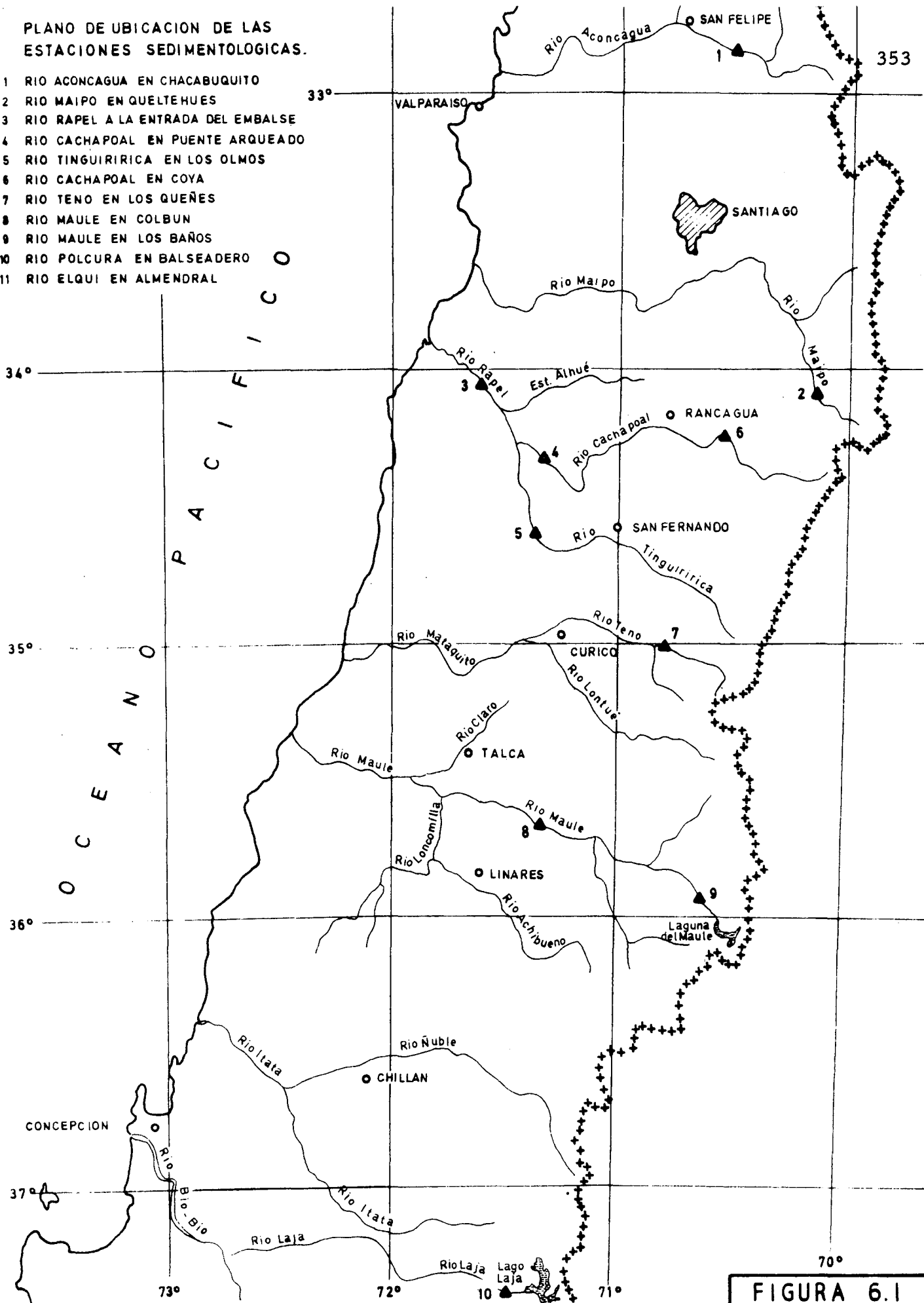


FIGURA 6.1

en que:

Q = Caudal en m^3/seg

G_s = Gasto sólido de suspensión en $\text{Ton}/\text{día}$

Estas relaciones son de utilidad si se acepta su extrapolación y si se dispone de información fluviométrica adecuada. Sin embargo, para el apropiado uso de esta información es preciso señalar algunas de sus características y limitaciones.

Para Rapel en Rapel por ejemplo, la tasa específica corresponde a la suma de los aportes de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, de modo que en estricto rigor este valor no corresponde a un gasto sólido medido en esta estación.

La tasa específica de la estación Maule en Los Baños corresponde al gasto sólido en suspensión medido aguas abajo de la Laguna del Maule. Esta tasa es por lo tanto menor que la tasa real, ya que parte del sedimento proveniente de la cuenca aportante es retenido en ésta.

Las tasas totales correspondientes a Maipo en Queltehues y Aconcagua en Chacabucito (Vilcuya) deben utilizarse con cautela puesto que dichos valores adolecen de ciertas limitaciones. Para Maipo en Queltehues, es preciso indicar que el gasto sólido en suspensión se obtuvo utilizando una curva de duración de caudales medios mensuales (desarrollada a partir de una estadística sintética). En el caso de ríos de régimen hidrológico variable, las curvas de duración de gastos medios mensuales pueden conducir a una subestimación seria de los gastos peaks, con el consecuente efecto sobre el gasto sólido en suspensión. Este efecto se ve a su vez amplificado por la característica exponencial de las curvas de descarga del gasto sólido. Estas consideraciones deben tenerse en cuenta al analizar la tasa específica total y el porcentaje (90%) del gasto sólido de fondo indicado en la Tabla 6.1.

Por otro lado, los datos medidos a partir de los cuales se obtuvo la producción específica de sedimentos de Aconcagua en Chacabucito son puntuales y limitados. A la fecha del estudio en que se consigna dicha información no se contaba con una estadística de gasto sólido medida. El valor indicado en la tabla 6.1 es en la práctica el resultado de estimaciones obtenidas de la aplica-

ción de métodos teóricos, que no han sido hasta ahora adecuadamente verificados en nuestro medio.

El resto de la información disponible está basada en estadísticas medidas cuya extensión es en general corta. Sin embargo, esta información es de gran utilidad para la predicción de tasas de producción de sedimentos en cuencas no controladas, como se verá a continuación en los puntos que siguen.

6.4 COMPARACION DE LAS CURVAS GENERALIZADAS DE FLEMING CON LOS VALORES MEDIDOS EN CUENCAS CHILENAS

Con el fin de investigar la aplicabilidad de las relaciones empíricas de Fleming al caso de ríos chilenos se utilizaron dichas curvas para hacer una estimación del gasto sólido en cuencas controladas. Los resultados se compararon con los efectivamente medidos, determinándose que dichas estimaciones son aceptables si las características de la cubierta vegetal se toman como un factor secundario. En efecto, los mejores ajustes se lograron con cubiertas vegetales tipo a y b, que no corresponden exactamente al tipo de vegetación existente en las cuencas.

En la tabla 6.2 se incluyen las tasas medidas y estimadas, pudiéndose constatar la relativa concordancia de los resultados. Las cifras que se consignan corresponden al gasto sólido en suspensión solamente.

De la tabla 6.2 se deduce que en general las estimaciones más aceptables se logran con Curvas de Fleming tipo a y tipo b. Las curvas tipo a se ajustan mejor a las cuencas cordilleras mientras que las tipo b, a las cuencas de precordillera y costeras. La única excepción la constituye la cuenca de Aconcagua en Chacabuquito. Sin embargo, es preciso recalcar que la información de esta estación está sujeta a revisión por las limitaciones señaladas en el punto anterior.

Para las cuencas tipo b, en general, se observa una sobreestimación de las tasas específicas del orden del 100%. Para las cuencas tipo a en cambio, el ajuste es más satisfactorio

TABLA 6.2

COMPARACION ENTRE VALORES DE GASTO SOLIDO EN
SUSPENSION ESTIMADOS CON CURVAS DE FLEMING Y
MEDIDOS EN CUENCAS CONTROLADAS

CUENCA	Caudal Medio Anual (m ³ /seg)	Curva de Fleming con mejor ajuste	Producción Específica (Ton/Año/Km ²)	
			Medida	Estimada
Rapel en Rapel	134,0	a	93	69
Cachapoal en Puente Arqueado	87,0	a	92	65
Cachapoal en Coya	49,0	b	350	790
Tinguiririca en Los Olmos	47,0	a	98	77
Maule en Los Baños	45,0	b	700	1.213
Maipo en Queltehues	35.6	b	385	835
Aconcagua en Chacabuquito	36.0	d	2.976	2.184
Elqui en Almendral	7.2	a	16	5
Polcura en Balseadero	52.6	a	113	273
Maule en Colbún	273.0	a	384	257

observándose en la gran mayoría de los casos, subestimación de la producción de sedimentos, salvo en el caso de la estación Polcura en Balseadero.

6.5 ESTIMACION DEL ARRASTRE DE SEDIMENTOS EN LAS SUBCUENCAS NO CONTROLADAS EN LA HOYA DEL RIO MATAQUITO

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se procedió a adoptar para las estimaciones de la producción de sedimentos, las curvas de Fleming tipo a y b, solamente. Considerando además las sobre-estimaciones encontradas en el caso de cuencas cordilleranas, se adoptaron para éstas los resultados de las curvas tipo b reducidos en un 50%.

Para las cuencas costeras se adoptaron en definitiva las curvas tipo a. Para las cuencas de precordillera y del valle central se utilizó un promedio entre las curvas a y b.

Los resultados obtenidos se incluyen en la Tabla 6.3.

Para el cálculo de las tasas específicas totales de las cuencas cordilleranas, se supuso que un 60% del gasto sólido total correspondía a gasto sólido de fondo. Para las cuencas restantes, se adoptó un valor de 40%; este valor está de acuerdo con el promedio de los porcentajes indicados en la Tabla 6.1 y con las consideraciones hechas respecto a la limitación de la información en alguna de las cuencas.

Los valores de las tasas de producción de sedimentos indicados en la Tabla 6.3 se verificaron utilizando un segundo método, totalmente independiente del primero.

Este método complementario se basó en las curvas de descarga del gasto sólido determinadas para el río Tinguiririca y Maipo. La curva de este último río se utilizó para las cuencas cordilleranas altas. La del Tinguiririca se utilizó para las cuencas restantes. (Las curvas obtenidas en el río Cachapoal se descartó por dar resultados poco realistas).

TABLA 6.3

PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN CUENCAS NO-CONTROLADAS
DE LA HOYA DEL RIO MATAQUITO DE ACUERDO A CURVAS
GENERALIZADAS DE FLEMING

CUENCA	PRODUCCION DE SEDIMENTOS			
	Area (Km ²)	Anual (Ton)	Específica en suspensión (Ton/Año/Km ²)	Específica Total (Ton/Año/Km ²)
El Planchón	39	60.840	1.560	3.750
El Manzano	126	68.157	541	1.084
Guaiquillo	72	38.175	530	1.060
Valle Grande	83	111.831	1.350	3.375
Upeo	206	43.930	213	426
San Pablo	171	85.905	502	1.004
Rapilermo	190	97.347	567	1.134
Vaquería	173	97.347	442	884
Baquil	197	87.165	483	966

Los caudales representativos utilizados correspondieron a los de crecida con período de retorno 1 en 1000 años. Por otra parte se hizo uso del conocimiento que se tiene en el sentido que unas 2 o 3 crecidas grandes en el año conducen del orden de un 80% del gasto sólido total acarreado en el año por los ríos.

Los valores obtenidos corresponden a gasto sólido de fondo. Para las cuencas de precordillera, del valle y de la costa se supuso un porcentaje de gasto sólido de fondo de 40% al igual que en el método anterior.

Para las cuencas cordilleranas con cursos de gran pendiente se supuso que un 60% del gasto sólido correspondía a gasto sólido de fondo. Aún cuando se utilizó la misma curva de descarga obtenida para el río Maipo, se hizo uso de este porcentaje en vez del recomendado por su autor, por considerarlo más de acuerdo con los valores consignados en la literatura.

Las tasas totales de producción obtenidas por este procedimiento se incluyen en la Tabla 6.4.

Los resultados obtenidos de la Tabla 6.4 cuando se comparan con los incluidos en la Tabla 6.3, indican que las tasas estimadas a partir de las curvas de Fleming son en general conservadores.

La mejor concordancia se obtiene para las cuencas costeras. En el caso de las cuencas de precordillera y del valle central, existe buena concordancia en algunos casos y sobre-estimación de las tasas en otros.

Los valores obtenidos para las cuencas cordilleranas altas en general arrojan diferencias sustanciales. Uno de los problemas más serios en este caso lo constituye la estimación del gasto sólido de fondo. Esto necesariamente introduce un grado de incertidumbre mayor de lo normal en la estimación de la tasa total de producción de sedimentos.

Además es preciso señalar que estas cuencas po seen un régimen de precipitaciones netamente nival. En ella, el manto de nieve actúa durante gran porcentaje del tiempo como manto protector y mecanismo regulador de la esorrentía, disminuyendo

TABLA 6.4

PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE
ACUERDO A CURVAS DE DESCARGA DEL GASTO SOLIDO DE LOS
RIOS TINGUIRIRICA Y MAIPO

CUENCA	80% Producción Anual en Suspensión (Ton x 10 ⁴)	Producción Anual Total (Ton x 10 ⁴)	Tasa Específica Total (Ton/Año/Km ²)
El Planchón	0.267	0.834	214
El Manzano	3.589	7.477	593
Guaiquillo	2.022	4.213	585
Valle Grande	1.612	5.038	607
Upeo	4.027	8.390	407
San Pablo	6.799	14.165	828
Rapilermo	8.405	17.510	922
Vaquería	8.345	17.385	1.005
Baquil	12.249	25.519	1.295

así la agresividad del agua sobre el suelo. Sólo cabe esperar una producción importante de sedimentos durante el deshielo, tanto por erosión laminar como por remoción en masa. Este proceso se visualiza claramente a través de la gran turbiedad del agua durante este período.

Las curvas de Fleming por su parte, prescinden totalmente de la compleja influencia de estos factores. Esto explicaría en parte las altas tasas resultantes estimadas a partir de estas curvas para el caso de cuencas de Cordillera.

Las consideraciones anteriores llevaron a adoptar en definitiva las siguientes tasas específicas regionales que se consideraran en razonable concordancia con la realidad:

Cuencas Cordilleranas	2.000 Ton/Año/Km ²
Cuencas de Precordillera y del Valle Central	800 Ton/Año/Km ²
Cuencas de la Costa	1.000 Ton/Año/Km ²

6.6 VOLUMENES DE SEDIMENTACION Y TIEMPOS DE COLMATACION DE LOS EMBALSES

Las tasas específicas de producción de sedimento estimadas en el punto anterior se utilizaron para calcular los volúmenes de sedimentación probables en los lugares del embalse.

Fué necesario además adoptar pesos volumétricos (pesos específicos globales) de los sedimentos depositados, para reducir las tasas de Ton/Km²/Año a m³/Km²/año.

De acuerdo a lo recomendado en la bibliografía se adoptaron los siguientes valores promedios.

a) Grava Gruesa y arena	2,2 (Ton/m ³)
b) Finos (< malla 200)	1,2 (Ton/m ³)

Para el cálculo de los pesos específicos globales de los depósitos se supuso que las cuencas cordilleranas en general poseen una distribución de 40% de finos y 60% de grava y arena. Para las demás cuencas el porcentaje de finos se supuso igual a 60%.

Estos valores se adoptaron en concordancia con los porcentajes de gasto sólido de fondo y en suspensión utilizados en las estimaciones de las tasas específicas.

De acuerdo a esto, los pesos específicos adoptados son los siguientes:

- a) Cuencas Cordilleranas 1.8 Ton/m^3
- b) Otras Cuencas 1.6 Ton/m^3

Los volúmenes anuales de sedimentación calculados con estos valores se incluyen en la Tabla 6.5.

TABLA 6.5

VOLUMENES ANUALES DE SEDIMENTACION EN LOS EMBALSES

CUENCA	Tasa de Producción de Sedimentos (Ton/Año/Km ²)	Volumen Anual de Sedimentos acumulados (m ³ x 10 ⁴)
El Planchón	2.000	4.33
El Manzano	800	6.30
Guaiquillo	800	3.61
Valle Grande	2.000	9.23
Upeo	800	10.31
San Pablo	800	8.56
Rapilermo	1.000	11.87
Vaquería	1.000	10.81
Baquil	1.000	12.31

Los valores anteriores demuestran que ninguno de los embalses podría presentar problemas serios de sedimentación considerando que dichos embalses poseen capacidades probables que varían entre 60 y 130 millones de m³.

Con el fin de verificar esta conclusión se calcularon los posibles volúmenes muertos de cada embalse y los correspondientes tiempos de llenado. Para dicho efecto se utilizaron dos criterios. En uno de ellos se consideró que aproximadamente un 20% de la capacidad del embalse correspondía a volumen muerto. El otro criterio consistió en calcular el volumen muerto como el volumen correspondiente a $1/3$ de la altura de aguas máxima, leído de la curva de volumen de almacenamiento vs. altura del embalse. Se adoptó en definitiva el promedio de ambos valores.

Los tiempos necesarios para la colmatación de los embalses resultaron en su gran mayoría superiores a 150 años tal como se desprende de la tabla 6.6.

La Tabla 6.6 indica además que el único embalse que podría presentar problemas de sedimentación es el embalse Upeo. El tiempo de llenado de su volumen muerto es el más cercano a la vida útil económica (50 a 60 años) del embalse.

En lo referente al porcentaje de aterramiento de los embalses, los que poseen valores más altos (excluyendo a Upeo) son los embalses de la costa.

Los embalses que presentan características más ventajosas desde el punto de vista del problema de sedimentación son los embalses de precordillera y de cordillera.

TABLA 6.6

TIEMPO DE SEDIMENTACION Y DE PORCENTAJE DE LLENADO
DE LOS EMBALSES PARA 50, 100 y 200 AÑOS DE VIDA UTIL

CUENCA	Capacidad ($m^3 \times 10^6$) prevista	Volumen Muerto ($m^3 \times 10^6$)	N° de Años de llenado por sedimen- tación (años)	Porcentaje de llenado con respecto a capaci- dad del embalse (%)		
				50 años	100 años	200 años
El Planchón	70	16	369	3.1	6.1	12.3
El Manzano	140	19	302	2.3	4.5	9.0
Guaiquillo	150	25	692	1.2	2.4	4.8
Valle Grande	190	30	326	2.4	4.8	9.7
Upeo	60	8	78	8.6	17.2	34.4
San Pablo	130	26	304	3.3	6.6	13.2
Rapilermo	115	21	177	5.2	10.4	20.8
Vaquería	75	17	157	7.2	14.4	28.8
Baquil	115	18	146	5.4	10.7	21.4

7. ANALISIS HIDROLOGICO GENERAL

7.1 INTRODUCCION

Este Capítulo tiene como objetivo general integrar en un análisis regional global diversos aspectos y resultados específicos de los estudios hidrológicos parciales efectuados en relación al régimen de precipitaciones, de escorrentía, climatológico y de arrastre de sedimentos de la cuenca.

Parte de los resultados de este análisis se expresan en una carta de caracterización hidrológica, en la que se identifican diversos sectores, y sub-sectores hidrológicamente homogéneos. De esta manera, las principales conclusiones y resultados de los estudios hidrológicos parciales pueden visualizarse en forma compacta e integral, sirviendo de pauta y guía para posteriores estudios hidrológicos de detalle o la actualización futura de los efectuados en este Informe.

En los puntos que siguen se establecen primera - mente los criterios en que se basará la sectorización hidrológica de la cuenca y una descripción general de los sectores considerados. Luego se efectúa la caracterización de cada uno de estos sectores en términos del régimen de precipitaciones, de evapotranspiración, de escorrentía y de arrastre de sedimentos, para posteriormente esta - blecer balances hidrológicos medios anuales en cada uno de ellos y de los cuales se concluyen antecedentes adicionales.

Finalmente toda esta información se expresa a través de índices adecuados en una carta hidrológica general.

7.2 CRITERIOS PARA LA SECTORIZACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA

Se han utilizado diferentes criterios para identificar en la cuenca diversos sectores hidrológicamente homogéneos. Para ello, se han utilizado variables y características tales como: precipitación, escorrentía, pérdidas y recuperaciones, evapotranspira - ción, fisiografía, red de drenaje natural, meteorología y la naturale -

za y grado de aprovechamiento actual y potencial del recurso hídrico. Cada uno de estos criterios se analiza a continuación en relación a la magnitud y modo en que influyen en identificar algún sector de la cuenca.

7.2.1 Régimen de Precipitaciones

El régimen general de precipitación entre diferentes zonas de la cuenca del Mataquito, es bastante homogéneo desde el punto de vista de su distribución dentro del año y de las variaciones interanuales. Por lo tanto, sólo se tuvo en cuenta esta variable en la sectorización desde el punto de vista de la mayor o menor influencia orográfica y de la forma de la precipitación, ya sea nival o pluvial.

7.2.2 Régimen de Escorrentía

En términos de su modo de generación, interesa identificar sectores con régimen netamente nival o nivo-pluvial de aquellos sectores con régimen pluvial neto. Conjuntamente, se requiere detectar sectores de diferentes magnitudes de rendimiento específico medio anual medido en lts/s/km^2 y aquellos en que la escorrentía presenta mayor o menor variación dentro de cada año.

7.2.3 Régimen de evapotranspiración

Las pérdidas por evapotranspiración definen el balance hidrológico de los sectores e integran la influencia de diversas variables meteorológicas, de suelo, fisiográficas, y vegetacionales. La mayor o menor magnitud estimada de la evapotranspiración es por lo tanto un buen índice de diferenciación entre sectores de la cuenca.

7.2.4 Ubicación, Fisiografía y Red de Drenaje

Pueden identificarse diversos sectores en la cuenca, que por sus características de ubicación relativa, fisiografía general (exposición, pendientes, orientación, factores topográficos, etc.) y magnitud y tipo del desarrollo de su red de drenaje natural, presentan características hidrológicas diferentes.

7.2.5 Aspectos Meteorológicos

En el capítulo 3 se establecieron diversos criterios climáticos y meteorológicos para identificar zonas agroclimáticamente homogéneas. Esta sectorización agroclimática es conveniente tenerla en cuenta en la sectorización hidrológica, por su influencia en el régimen de precipitaciones y de evapotranspiración.

7.2.6 Naturaleza y Grado del Aprovechamiento de Agua

A este respecto es conveniente diferenciar aquellos sectores de cuenca natural, de aquellos sectores dedicados a la agricultura de riego. Esta diferenciación es importante por cuanto los sectores de riego, por ejemplo, representan condiciones especiales en cuanto a topografía, fisiografía, vegetación y a suelos; además, influyen marcadamente en el régimen natural de escorrentía de la cuenca. Por otro lado, en algunos sectores de cuenca natural, puede ser conveniente identificar subsectores en que se preveen, a lo menos potencialmente, posibles desarrollos de obras hidráulicas, lo que hace de interés caracterizarlos separadamente (sectores de cuencas costeras).

7.2.7 Pérdidas y Recuperaciones

En los sectores de riego existen antecedentes que permiten identificar aquellos subsectores en que predomina un régimen de pérdidas en el río, de otros con recuperaciones netas en el subsector.

7.2.8 Producción de sedimentos

Desde el punto de vista de la magnitud de la producción anual de sedimentos, que posteriormente son arrastrados por los cursos de agua, es posible identificar diferentes sectores en la cuenca. Este antecedente es de alto interés para evaluar las potencialidades de erosión de dichos sectores y contemplar estos hechos en el diseño de obras hidráulicas y en acciones de manejo de las subcuencas respectivas.

En base a los criterios expuestos, se ha efectuado la sectorización hidrológica de la cuenca que se indica en la Figura 7.1. Esta sectorización se ha efectuado de manera de minimizar

el número de sectores diferenciables posibles, tratando de agrupar el mayor número de criterios concurrentes posibles. Al mismo tiempo se han identificado así claramente las zonas hidrológicamente más homogéneas.

7.3 DESCRIPCION Y CARACTERIZACION HIDROLOGICA DE LOS SECTORES

En la Figura 7.1, se han identificado los siguientes sectores hidrológicamente homogéneos:

- Sector Cordillera (C)
- Sector de Precordillera (PC)
- Sector de Riego Norte (R-Norte)
- Sector de Riego Sur (R-Sur)
- Sector de Riego Poniente (R-Poniente)
- Sector de Cuenca Natural Intermedia (CNI)
- Sector de Cuenca Costera Norte (CC Norte)
- Sector de Cuenca Costera Centro (CC Centro)
- Sector de Cuenca Costera Sur (CC Sur)
- Sector Litoral Norte (L-Norte)
- Sector Litoral Sur (L-Sur)

A continuación se describen brevemente cada uno de estos sectores, consignándose sus características hidrológicas más importantes.

7.3.1 Sector Cordillera

Queda comprendido entre el límite con Argentina, los límites Norte y Sur de la Cuenca y una línea que pasa por las estaciones fluviométricas de Palos, Colorado y Teno Bajo Junta con Claro y el límite superior de la cuenca del Estero Upeo.

El régimen de escorrentía de este sector es predominantemente nival, con una precipitación media anual de unos 2.014 mm y una producción específica media anual de 48 l/s/km².

La red hidrográfica básica está conformada principalmente por el curso alto del río Teno, y por los ríos Claro, Colorado y Palos. Junto al límite oriente del sector, se encuentran las

SECTOR	REGIMEN DE PRECIPITACIONES																REGIMEN DE ESCORRENTIA																Producción Anual de Sedimento (Ton/km ² /año)	Evapotranspiración Potencial Media Anual (mm/año)	Evapotranspiración Real Media Anual (mm/año)	
	ESTACION TIPICA	DISTRIBUCION MENSUAL TIPICA (%)												PREC MAX ANUAL EN 24 HRS			q (lt/s/km ²)	q unit x 10 ⁻² (lt/s/km ² /mm)	DISTRIBUCION MENSUAL TIPICA (%)												GASTO MAX ANUAL INST. (m ³ /s/km ²) T = 1000 años					
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T=10 años	T=100 años	T=1000 años			M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A						
CORDILLERA (C)	Los Queñes Retén	2 014	1,0	0,7	1,7	5,7	15,3	20,4	17,8	15,1	8,3	5,4	3,6	1,9	112,3	138,2	160,9	48,0	2,38	60,3	76,4	80,7	85,0	90,9	127,9	87,2	195,0	125,6	71,6	52,5	42,1	1,14	2 000	*	395,0	
PRE-CORDILLERA (PC)	Hda Monte Grande	1 093	1,0	0,8	2,0	5,0	18,0	27,0	18,0	14,0	8,0	5,0	2,0	1,0	110,0	136,4	160,8	16,0	1,46	56,8	213,7	226,0	237,2	158,5	110,7	74,2	46,5	29,2	19,0	12,7	16,2	2,30	800	1 050	552,7	
R - NORTE	Romeral	768	0,9	0,8	1,9	5,3	17,9	23,4	19,8	14,5	7,4	4,3	2,2	1,6	103,9	134,6	160,7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 020	1 020,0
R - SUR	Curicó	723	1,0	0,6	1,6	5,3	16,9	25,2	20,0	14,6	6,8	4,4	2,1	1,5	103,4	148,0	191,8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 020	1 020,0
R - PONIENTE	Hda. Caune	680	0,7	1,8	1,2	5,1	14,7	19,3	23,9	16,6	7,0	5,7	3,1	0,9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1 010	917,6	
C.N.I.	Hda. Caune	680	0,7	1,8	1,2	5,1	14,7	19,3	23,9	16,6	7,0	5,7	3,1	0,9	*	*	*	15,0	2,21	35,0	206,2	255,5	278,6	208,0	116,9	56,6	23,3	10,4	4,7	2,4	2,0	*	800 - 1000	1 020	*	
CC - NORTE	Lolol	670	0,9	0,7	1,4	4,3	17,0	25,8	20,2	15,1	7,7	3,9	1,7	1,3	118,8	155,7	355,7	7,0	1,04	27,6	204,3	257,6	284,4	214,6	117,9	55,2	22,2	10,4	4,7	2,4	1,9	2,98	1 000	1 010	448,9	
CC - CENTRO	Curepto	643	1,0	0,7	1,9	6,0	17,6	23,9	19,8	14,5	7,5	3,7	2,0	1,3	86,7	103,9	116,5	7,8	1,21	33,3	200,6	265,1	278,0	207,1	118,3	56,1	22,0	10,0	4,6	2,3	3,6	2,52	1 000	1 010	396,7	
CC - SUR	Gualleco	746	0,5	0,8	1,9	7,0	14,0	18,5	26,2	17,0	6,3	4,0	2,8	1,0	112,6	163,7	213,9	8,5	1,14	35,0	207,5	271,9	267,5	201,9	116,3	55,6	21,9	10,0	4,4	2,5	3,8	2,68	1 000	1 010	477,4	
L - NORTE	Dunas de Llico	653	0,3	1,4	1,7	3,7	16,0	21,1	23,0	16,8	6,8	6,1	2,4	0,7	108,0	153,0	197,4	6,0 - 7,0	0,99	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	600 - 800	990	*
L - SUR	Constitución	656	0,9	0,8	1,9	5,3	17,9	23,4	19,8	14,5	7,4	4,3	2,2	1,6	112,6	163,7	213,9	6,0 - 7,0	0,99	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	600 - 800	990	*

NOTA:

* No existen antecedentes

T A B L A 7.1

Lagunas del Teno y otras menores tales como las de Aguas Calientes, de Mondaca y de la Mollera. En las cercanías de su cumbre más alta (Volcán Peteroa de 4090 m s.n.m.), se ubican los glaciares del Planchón y del Nevado.

Las precipitaciones máximas en 24 horas para un período de retorno de 100 años alcanzan a unos 138 mm y los caudales máximos de crecidas para retornos de 1.000 años son aproximadamente de $1,14 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$. La evaporación media anual se puede estimar en 1.800 mm y la tasa de producción media anual de sedimentos en $2.000 \text{ Ton}/\text{km}^2$.

7.3.2 Sector Precordillera

Los límites de este sector están comprendidos entre el límite occidental del sector cordillerano, los límites norte y sur de la cuenca y una línea occidental que configura el piedmont andino.

La red hidrográfica está principalmente constituida por los Esteros El Manzano, Potrero Grande, Upeo, los afluentes del Estero El Guaiquillo, y el curso superior del río Lontué bajo la junta del Río Colorado con el Río Palos.

El régimen de escorrentía de este sector es predominantemente pluvial con cierta influencia nival. La precipitación media anual es aproximadamente de 1.093 mm y la producción específica media anual es de $16 \text{ l}/\text{s}/\text{km}^2$.

Las precipitaciones máximas en 24 horas para un retorno de 100 años se estima en unos 136 mm y los caudales máximos de crecida con retornos de 1000 años en unos $2,30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$.

La evapotranspiración potencial media anual es de unos 1.050 mm y la tasa de producción de sedimentos de unas $800 \text{ Ton}/\text{km}^2/\text{año}$.

7.3.3 Sectores de Riego Norte y Riego Sur

Quedan enmarcados hacia el oriente por el piedmont andino, los límites norte y sur de la cuenca, la confluencia del Teno y del Lontué y los límites noroeste y suroeste del valle central

dentro de la cuenca. El límite entre el sector norte y el sector sur se ha fijado de manera que en el sector norte quede la zona drenada por el río Teno y sus afluentes y en el Sur, la drenada por el río Lontué y sus afluentes (Guaiquillo, Chequenlemono, río Seco y Est. Pa tagual).

La precipitación media anual es de aproximada - mente 746 mm. La evapotranspiración puede considerarse en régi - men potencial, alcanzando un valor medio anual de unos 1020 mm. Las precipitaciones máximas en 24 horas para un retorno de 100 a - ños pueden fluctuar entre 134 y 148 mm.

En el sector norte acusa un régimen neto de pér - didas en el río Teno, mientras que en el sector sur, el río Lontué y el Estero río Seco, presentan un régimen importante de recuperacio - nes.

No existen antecedentes para estimar las tasas de producción de sedimentos ni la producción específica media anual.

7.3.4 Sector de Riego Poniente

Queda delimitado por toda la zona de riego adya - cente al río Mataquito propiamente tal, incluyendo lo correspondien - te a la zona de Culenar y la de Curepto. Se extiende desde la con - fluencia de los Ríos Teno y Lontué y el mar.

La precipitación media anual alcanza a unos 680 mm. El régimen de evapotranspiración y de precipitaciones máxi - mas en 24 horas es análogo al de los sectores de riego norte y sur.

El río Mataquito presenta un régimen de equili - brio desde el punto de vista de pérdidas y recuperaciones.

7.3.5 Sector Cuenca Natural Intermedia

Se ha denominado cuenca natural intermedia a la zona comprendida entre el límite exterior del sector de riego ponien - te y el límite de la cuenca del Mataquito, a excepción de la subcuen - ca del Estero Rapilermo. Este sector corresponde a la cuenca de ali - mentación natural del sector de riego Poniente.

El régimen hidrológico de este sector es netamente pluvial y con una hidrografía incipiente y desmembrada. La precipitación media anual es de 680 mm y los rendimientos específicos medios anuales son del orden de 7 l/s/km^2 .

Las características de vegetación, suelos y relieve del sector son las típicas de la zona de cordillera de la Costa.

La evapotranspiración potencial anual se ha estimado en 1.020 mm y las tasas anuales de producción de sedimentos son del orden de $800\text{-}1000 \text{ Ton/km}^2/\text{año}$.

7.3.6 Sectores de Cuencas Costeras

Se han identificado tres sectores de cuencas costeras, conformados de acuerdo a las hoyas afluentes a posibles embalses de interés.

El sector de cuenca costera sur, queda conformado en gran parte por la cuenca afluente al embalse Vaquería, en la zona alta de la hoya del río Huenchullami. Este sector se ubica por lo tanto entre la cuenca del Maule y del Mataquito. La precipitación media anual es de 746 mm, con una producción específica media anual de $8,5 \text{ l/s/km}^2$. La evapotranspiración potencial media anual se estima en 1.010 mm. La hidrografía es de tipo dendrítico, distinguiéndose los esteros Gualleco, Las Águilas y Batuco.

El sector de cuenca costera central, corresponde a la cuenca del Estero Rapilermo, a excepción del sector de riego adyacente a Culenar. La precipitación media anual es de 643 mm y la producción específica media anual se estima en $7,8 \text{ l/s/km}^2$. La evapotranspiración potencial media anual es del orden de 1.010 mm. La hidrografía está constituida fundamentalmente por el estero Hui-linlebu y el curso superior del Estero Rapilermo.

El sector de cuenca costera norte está conformado por el conjunto de las cuencas altas de los esteros de Vichuquén, San Pedro de Alcántara y Paredones (o Membrillo); es decir, corresponde al sector de alimentación de las lagunas de Vichuquén y Bucalemu. La precipitación media anual de este sector es de 670 mm con una producción específica de $7,0 \text{ l/s/km}^2$. La evapotranspiración potencial media anual es de 1.010 mm.

El relieve, suelos y vegetación de estos tres sectores de cuencas costeras corresponde a lo típico de cordillera de la Costa de esta zona.

Las precipitaciones máximas en 24 horas con retorno de 100 años son aproximadamente 163 mm en la cuenca costera sur, 104 mm en la cuenca costera central y 156 mm en la cuenca costera norte.

Las tasas anuales de producción de sedimentos son de 1.000 Ton/km².

7.3.7 Sectores Litorales

Se han delimitado dos sectores litorales (Norte y Sur) entre el límite oeste de los sectores de cuencas costeras y el Océano. Ambos sectores quedan aguas abajo de las posibles obras de embalses identificadas en los sectores de las cuencas costeras sur y norte. Su identificación se justifica además por presentar un relieve más suave que el de los sectores de cuencas costeras y por estar afectados a una influencia marítima más marcada.

En ambos sectores (Norte y Sur) la precipitación media anual es de unos 654 mm con producciones específicas medias anuales entre 6 y 7 [l/s/km²]. La evapotranspiración potencial media anual se estima en 990 mm.

Las tasas de producción de sedimentos se estiman en unas 600 a 800 ton/km².

Las partes más bajas cercanas al mar de ambos sectores, son de escasa pendiente y la red de drenaje es pobre, observándose varios cursos de agua que se sumen. En el sector litoral norte se forman lagunas costeras entre las cuales las más importantes son las de Vichuquén y Bucalemu.

En la Tabla 7.1, se presentan diversos índices hidrológicos para cada uno de los sectores identificados. Estos índices se han elaborado en base a todos los antecedentes hidrológicos analizados en los capítulos anteriores de este informe. Ellos permiten caracterizar en forma global y resumida las principales características hidrológicas de los diferentes sectores hidrológicos identificados en la cuenca del río Mataquito, en términos del régimen de

precipitaciones, escorrentías, crecidas, evapotranspiración y arrastre de sedimentos. Estos valores son necesariamente aproximados dado su carácter de índices globales sectoriales.

7.4 BALANCES HIDROLOGICOS

En base a los resultados y conclusiones de los capítulos anteriores es posible establecer balances hidrológicos para los diferentes sectores en que se ha dividido la cuenca (ver punto 7.3). Estos balances hidrológicos permiten disponer de antecedentes adicionales para la caracterización hidrológica de la cuenca, especialmente en lo que dice relación con los déficit de escorrentía superficial y pérdidas por evapotranspiración real.

Los balances hidrológicos se establecen en términos anuales, para diferentes grados de probabilidades de excedencia, en base a la siguiente ecuación general aplicada a cada sector en estudio:

$$P + Q_1 + R_1 + Q_{z1} = ET + Q_2 + R_2 + Q_{z2} + H + Z$$

en que:

- P = Precipitación neta media sobre la cuenca
- Q_i = Escorrentía superficial afluente ($i=1$) y efluente ($i=2$)
- R_1 = Aportes superficiales por canales
- R_2 = Extracciones superficiales por canales
- Q_{zi} = Escorrentía subterránea afluente ($i=1$) y efluente ($i=2$)
- ET = Pérdidas por evapotranspiración real (media sobre la cuenca)
- ΔH = Variación de almacenamiento por humedad de suelos
- ΔZ = Variación de almacenamiento subterráneo

En términos anuales se puede suponer que $\Delta H = \Delta Z = 0$, por lo tanto la ecuación toma la siguiente expresión general:

$$P + Q_1 + R_1 + Q_{z1} = ET + Q_2 + R_2 + Q_{z2}$$

En los puntos siguientes se establece el balance hidrológico anual para cada uno de los sectores hidrológicos identi-

ficados y de acuerdo al siguiente procedimiento general para calcular cada una de las variables que intervienen.

La precipitación media anual para diferentes probabilidades de excedencia se calcula en base a la precipitación media anual 50% según el plano de isoyetas y los factores de frecuencia determinados en el capítulo 4.

Las escorrentías superficiales se calculan en base a un promedio de los resultados de los rendimientos específicos anuales que se han determinado para diferentes grados de probabilidad en las subcuencas que conforman el sector. En algunos sectores se utilizan directamente los registros procesados de las estaciones fluviométricas correspondientes.

Las recargas y descargas superficiales por canales se basan en los datos pertinentes aportados por los estudios de ingeniería de riego.

La evapotranspiración real se obtiene por diferencia de la ecuación de balance, o se estima en base a los resultados del estudio agroclimático del capítulo 3.

Las escorrentías subterráneas afluentes y efluentes del sector, se obtienen por diferencia en conjunto con las pérdidas por evapotranspiración o bien se estiman en base a los resultados del estudio hidrogeológico.

7.4.1 Balance Hidrológico del Sector Cordillera

Dada las características de este sector, la ecuación de balance hidrológico toma la siguiente forma:

$$P = ET + Q_2$$

Se ha supuesto además que la escorrentía subterránea efluente es despreciable frente al valor de Q_2 . Es decir, se supone que el déficit de escorrentía ($P - Q_2$) es aproximadamente igual a la evapotranspiración real.

La Tabla 7.2, resume los cálculos y resultados del balance hidrológico de este sector. La superficie del sector es de 2.569 km².

TABLA 7.2

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR CORDILLERA

Prob. Exc. %	Volúmenes Escurridos Q_2 1/s/km ²	10^6 m ³	Precipitaciones P mm	10^6 m ³	Déficit de Escorrentía DES mm	10^6 m ³	%
5	82	6643,3	3.396	8724,3	606	2081,0	23,9
20	63	5104,0	2.614	6715,4	479	1611,4	24,0
50	48	3888,4	2.014	5174,0	395	1285,6	24,8
85	33	2674,3	1.480	3802,1	383	1127,8	29,7
95	26	2106,4	1.239	3183,0	369	1076,6	33,8

En resumen, puede concluirse que los déficit de escorrentía en el sector cordillerano alcanzan un 24% de la precipitación media anual para años muy húmedos y que fluctúan entre un 25 a un 34% de dicha precipitación para años con probabilidad de excedencia del 50 a 95%, respectivamente.

7.4.2 Balance Hidrológico del Sector Precordillera

En este sector la ecuación de balance hidrológico puede tomar la forma de:

$$P + Q_1 = ET + Q_2 + Q_{z2}$$

o bien:

$$P + (Q_1 - Q_2) = ET + Q_{z2} = D_{ES}$$

en que:

$$D_{ES} = \text{Déficit de escorrentía superficial}$$

Dada la delimitación del sector, Q_1 queda constituido sólo por los caudales aportantes del Palos y del Colorado. El término Q_2 , corresponde a los caudales efluentes por el río Lontué, Esteros El Manzano, el Guaiquillo y Chequenlemillo y diversas quebradas repartidas a lo largo, del límite occidental del sector. Supo-

niendo que parte de Q_1 no se incorpora a la napa ni a ET, se tiene que

$$Q_2 = Q_{AC} + Q_1$$

en que Q_{AC} es la escorrentía que se genera dentro del sector. Por lo tanto la ecuación de balance toma finalmente la siguiente expresión:

$$P + Q_{AC} = ET + Q_2 = D_{ES}$$

La Tabla 7.3 resume los cálculos y resultados de este balance.

La superficie total del sector es de 940 km^2 .

TABLA 7.3

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR PRECORDILLERA

Prob. Exc.	Volúmenes Escurridos		Precipitaciones		Déficit de Escorrentía		
	Q_{AC}		P		D_{ES}		
%	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³	%
5	33,0	978,2	1807,0	1698,6	720,4	766,4	45,1
20	24,0	711,5	1406,1	1321,7	610,2	649,2	49,1
50	16,0	474,3	1092,5	1026,9	552,7	587,9	57,3
85	9,4	278,7	800,8	752,8	474,1	504,3	67,0
95	6,3	186,8	665,3	625,4	438,6	466,6	74,6

De esta tabla puede observarse que el déficit de escorrentía superficial disminuye mientras más seco es el año, variando de 552.7 mm para un año 50% a 438,6 mm en un año tipo 95% de probabilidad de excedencia. En términos de porcentaje con respecto a la precipitación, éste aumenta de un 57,3% a un 74,6% para las mismas probabilidades de excedencia anotadas.

- De acuerdo a los análisis y resultados del Estudio Hidrogeológico, la escorrentía subterránea efluente del sector es nula o despreciable, por lo tanto el Déficit de escorrentía superficial calculado en el balance es un adecuado estimador de las pérdidas reales por evapotranspiración.

7.4.3 Balance Hidrológico del Sector de Riego Norte y Sur

Para el cálculo del balance hidrológico, los sectores de riego Norte y Sur se considerarán en conjunto.

La ecuación de balance hidrológico para este sector, se puede escribir en la siguiente forma:

$$P + Q_1 + Q_{z1} = ET + R_2 + (Q_2 + Q_{z2})$$

Dadas las características y configuración geográfica de este sector, cada término de esta ecuación tiene el siguiente significado:

- P = precipitación neta media sobre el sector de riego
- Q_1 = caudales superficiales afluentes al sector provenientes de: la junta de los ríos Palos, Colorado (Q_1^P ; Q_1^C) y Teno bajo junta con Claro (Q_1^T), escorrentías superficiales generadas en el sector precordillera (Q_1^{PC}) y parte norponiente del sector cuenca natural intermedia (Q_1^{CI}).
- Q_{z1} = escorrentía subterránea afluente proveniente del sector precordillera (Q_{z1}^{PC}) y desde la cuenca del Maule (Q_{z1}^M).
- ET = evapotranspiración real media en el sector de riego.
- R_2 = Extracciones por canales del sector hacia la zona del Rapel (R_2^R) y hacia la zona del Maule (R_2^M).
- Q_2 = Caudales superficiales efluentes del sector en la sección de salida que da inicio al río Mataquito propiamente tal.
- Q_{z2} = Escorrentía subterránea efluente por la sección de salida al inicio del río Mataquito (Q_{z2}^M) y por el límite norte adyacente a la cuenca del Rapel (Q_{z2}^R)

Dado el nivel de información disponible y las variables de interés, la ecuación de balance hidrológico se aplicará para estimar por diferencia las escorrentías efluentes del sector de riego en la sección de salida en la Junta del Teno y el Lontué.

A continuación se incluye la metodología y los resultados del cálculo de cada una de las variables de la ecuación de balance hidrológico.

7.4.3.1 Cálculo de la precipitación (P)

Según el plano de isoyetas, la precipitación media anual 50% es 745,5 mm. De acuerdo a los factores de frecuencia de la estación de Curicó, las precipitaciones medias anuales para distintos grados de probabilidad de excedencia son los siguientes:

Prob. Esc. %	Precipitación	
	mm	10^6 m^3
5	1271,1	1073,3
20	974,4	822,8
50	745,5	629,5
85	542,0	457,7
95	450,3	380,2

7.4.3.2 Cálculo de las Escorrentías Superficiales Afluentes (Q_1)

De acuerdo a la nomenclatura mencionada en el punto 7.4.3:

$$Q_1 = Q_1^P + Q_1^C + Q_1^T + Q_1^{PC} + Q_1^{CI}$$

Los términos Q_1^P , Q_1^C , Q_1^T se obtienen de los análisis de frecuencia de los caudales anuales de las estaciones fluviométricas de los ríos Palos y Colorado (en Junta) y de la estación de Teno Bajo junta con Claro. Los valores de Q_1^{PC} se han ya utilizado en el balance del sector precordillera. Para Q_1^{CI} se han estimado las producciones específicas medias anuales en base a las de los sectores de cuencas costeras.

La información para el cálculo de Q_1 es la indicada en la Tabla 7.4.

TABLA 7.4

CAUDALES SUPERFICIALES AFLUENTES AL SECTOR DE RIEGO NORTE Y SUR

Prob. Exc. %	Q_1^P		Q_1^C		Q_1^T		Q_1^{PC}	Q_1^{CI}		Q_1
	m^3/s	$10^6 m^3$	m^3/s	$10^6 m^3$	m^3/s	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	$l/s/km^2$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$
5	42,0	1324,5	70,6	2227,7	87,4	2758,1	978,2	20,0	89,6	7378,1
20	32,9	1037,2	53,9	1698,6	67,7	2136,5	711,5	13,0	58,2	5642,0
50	25,3	797,9	40,6	1280,9	50,3	1587,4	474,3	8,5	38,1	4178,6
85	18,7	590,4	28,3	891,1	33,3	1050,9	278,7	4,7	21,1	2832,2
95	16,2	510,6	23,0	724,0	25,4	801,6	186,8	3,0	13,4	2236,4

7.4.3.3 Cálculo de la Escorrentía Subterránea Afluente (Q_{z1})

De acuerdo al Estudio Hidrogeológico, el caudal subterráneo afluente al sector de riego es despreciable o nulo, es decir $Q_{z1}^{PC} - Q_{z1}^M = 0$. Por lo tanto en los cálculos de balance hidrológico, esta componente no se considerará.

7.4.3.4 Cálculo de la Evapotranspiración real (ET)

De acuerdo al estudio agroclimático del Capítulo 3, la evapotranspiración potencial media en el sector de riego, se puede estimar en 1020 mm/año. Se supone que este valor corresponde a un año 50% y que dada las características de este sector, la evapotranspiración potencial corresponde a la evapotranspiración real en un año de este tipo.

No existen antecedentes confiables que permitan estimar la evapotranspiración para años de distinta probabilidad. Apreciativamente, en base al conocimiento general que se tiene de este proceso y a las características del sector en estudio, se pueden adoptar coeficientes por los cuales se puede multiplicar el anterior valor para tener las pérdidas por evapotranspiración en años con las probabilidades usadas en el cálculo del balance hidrológico. Estos coeficientes y los resultados correspondientes se incluyen a continuación:

Prob. Exc. %	Factor	Evapotranspiración	
		mm	$10^6 m^3$
5	1,10	1122	947,4
20	1,05	1071	904,4
50	1,00	1020	861,3
85	0,90	918	775,2
95	0,80	816	689,0

7.4.3.5 Cálculo de las extracciones por canales (R_2)

En conformidad con los canales que extraen agua del sector para regar terrenos que quedan fuera de él, tanto en la cuenca del Rapel como en la del Maule, se ha podido estimar la magnitud de los caudales medios durante la temporada de riego que son extraídos del sector para un año 50% y un año 85%. Estas cifras están basadas en los antecedentes y resultados consignados en el Estudio de Ingeniería de Riego.

A su vez, para estimar estos caudales en los años tipo 5, 20 y 95% de probabilidad de excedencia, se han usado factores estimativos de multiplicación. Estos factores y los resultados correspondientes se incluyen a continuación:

Zona de Riego Abastecida	Sup. Km ²	Prob.Exc. %	Factor	Caudal Extracción (R_2) m ³ /s
Teno Norte		5	1,05	14,00
Cuenca Rapel		20	1,05	14,00
	136	50	1,00	13,33
		85	1,00	9,03
		95	0,85	7,68
Lontué Sur		5	1,05	15,68
		20	1,05	15,68
Cuenca Maule	86	50	1,00	14,93
		85	1,00	10,64
		95	0,85	9,04

7.4.3.6 Cálculo del Balance Hidrológico y Conclusiones

La Tabla 7.5 siguiente resume los cálculos del balance hidrológico en el sector de riego, para determinar por diferencia la escorrentía total efluente del sector (superficial y subterránea).

TABLA 7.5

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR DE RIEGO NORTE Y SUR

Prob. Exc. %	P		Q ₁	ET		R ₂	Q ₂ + Q _{z2}	
	mm	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	m ³ /s
5	1271,1	1073,3	7378,1	1122	947,4	615,4	6888,6	218,0
20	974,4	822,8	5642,0	1071	904,4	615,4	4945,0	157,0
50	745,5	629,5	4178,6	1020	861,3	586,0	3360,8	107,0
85	542,0	457,7	2832,2	918	775,2	407,9	2106,8	66,8
95	450,3	380,2	2236,4	816	689,0	346,7	1580,9	50,5

De acuerdo a los antecedentes del Estudio Hidrogeológico, para un año medio el caudal subterráneo medio anual efluente del sector, Q_{z2} es aproximadamente 340 l/s. Como esta cifra puede estar dentro del orden de precisión de los cálculos del balance, puede suponerse con suficiente aproximación que los caudales medios anuales en la sección de inicio del Río Mataquito son los de la Tabla 7.6.

TABLA 7.6

CAUDAL MEDIO ANUAL ESTIMADO EN LA JUNTA DEL RIO TENO CON EL RIO LONTUE

Prob. Exc. %	Caudal Medio Anual	
	m ³ /s	10 ⁶ m ³
5	218	6879,6
20	157	4954,5
50	107	3376,7
85	66	2082,8
95	50	1577,9

7.4.4 Balance Hidrológico en Sectores de Cordillera de la Costa

Para cada uno de los sectores de Cordillera de la Costa se puede aplicar la siguiente ecuación de balance hidrológico:

$$P = Q_2 + ET$$

en que el déficit de escorrentía puede suponerse aproximadamente igual a la evapotranspiración media.

Es decir: $P - Q_2 = ET = D_E$

Por lo tanto en base al estudio pluviométrico y de análisis de frecuencia de las escorrentías superficiales, se pueden determinar los balances hidrológicos en cada sector (Sur, Centro, Norte) según se indica en las Tablas 7.7, 7.8 y 7.9.

TABLA 7.7

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR CORDILLERA COSTA SUR
(518 Km²)

Prob. Exc. %	Precipitación		Escorrentía Sup. Q ₂		Déficit de Escorrentía		
	mm	10 ⁶ m ³	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	mm	%
5	1263,7	654,6	19,0	310,6	344,0	664,7	52,6
20	971,3	503,1	13,0	212,5	290,6	561,4	57,8
50	746,0	386,4	8,5	138,9	247,5	477,4	64,0
85	546,1	282,9	4,7	76,8	206,1	397,6	72,8
95	455,1	235,7	3,0	49,0	186,7	360,4	79,2

TABLA 7.8

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR CORDILLERA
COSTA CENTRO (386 km²)

Prob. Exc. %	Precipitación		Escorrentía Sup. Q ₂		Déficit de Escorrentía		
	mm	10 ⁶ m ³	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	mm	%
5	1080,9	417,2	19,0	231,5	191,8	497,2	46,0
20	850,1	328,1	13,0	158,4	175,8	455,6	53,6
50	643,0	248,2	9,0	109,7	153,2	396,7	61,7
85	437,9	169,0	5,5	67,0	116,6	302,2	69,0
95	341,4	131,8	4,0	48,7	98,3	254,7	74,6

TABLA 7.9

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR CORDILLERA
COSTA NORTE (658 km²)

Prob. Exc. %	Precipitación		Escorrentía Sup. Q ₂		Déficit de Escorrentía		
	mm	10 ⁶ m ³	l/s/km ²	10 ⁶ m ³	10 ⁶ m ³	mm	%
5	1165,1	766,6	18,0	373,8	392,8	596,5	51,2
20	889,1	585,0	11,0	228,4	356,6	542,4	61,0
50	670,0	440,9	7,0	145,4	295,5	448,9	67,0
85	473,0	311,2	3,5	72,7	238,5	362,3	76,6
95	385,3	253,5	1,8	37,4	216,1	328,7	85,3

7.4.5 Balance Hidrológico en Sector de Riego Poniente

Dada la ubicación y características de este sector, la ecuación de balance hidrológico puede adoptar la siguiente expresión:

$$P + Q_{1A} + Q_{z1} + Q_{1B} + Q_{1C} = ET + Q_2 + Q_{z2}$$

en que:

- Q_{1A} y Q_{z1} = Escorrentía superficial y subterránea afluente, respectivamente, en la sección de confluencia del Teno y el Lontué.
- Q_{1B} = Escorrentía superficial afluente proveniente del Sector de Cuenca Natural Intermedia.
- Q_{1C} = Escorrentía superficial afluente proveniente del Sector Cordillera Costa Centro.
- P = Precipitación media sobre el sector.
- ET = Evapotranspiración media sobre el sector.
- Q_2 y Q_{z2} = Escorrentía superficial y subterránea efluente, respectivamente, referida a la desembocadura del río Maquito en el Océano.

Los valores de Q_{1A} y Q_{z1} se estiman a partir de los resultados del balance hidrológico del sector de riego principal. Q_{1C} ha sido calculado en el balance hidrológico del sector de Cordillera de Costa Centro.

Q_{1B} se obtiene de las cifras de rendimientos específicos medios anuales adoptadas para la cuenca natural intermedia, de acuerdo al Estudio de Escorrentía.

ET se estima a partir de los resultados del balance hidrológico del sector de riego principal afectado por un coeficiente de 0,95, basado en la distribución espacial de la evapotranspiración potencial según el estudio agroclimático y en el hecho que la precipitación media en el sector de riego poniente es menor que la del sector de riego principal.

En base a lo planteado, la Tabla 7.10 incluye los cálculos del balance hidrológico para el sector.

TABLA 7.10

BALANCE HIDROLOGICO DEL SECTOR DE RIEGO PONIENTE

Prob. Exc. %	Precipitación		$Q_{1A}+Q_{z1}$ $10^6 m^3$	Q_{1B}		Q_{1C} $2 \cdot 10^6 m^3$	ET		Escorrentía Efluente	
	mm	$10^6 m^3$		$l/s/km^2$	$10^6 m^3$		mm	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	m^3/s
5	1152,6	466,8	6879,6	25	696,6	225,4	1009,7	408,9	7859,5	249
20	839,8	340,1	4954,5	20	557,3	152,3	963,9	390,4	5613,8	178
50	680,0	275,4	3376,7	15	418,0	95,0	917,6	371,7	3793,4	120
85	497,0	201,3	2082,8	10	278,6	52,4	826,1	334,6	2280,5	72,3
95	414,1	167,7	1577,9	7	195,1	33,5	734,0	297,4	1676,8	53,2

Es interesante comparar los resultados de la es -
correntía efluente de este sector, que corresponde al caudal medio
anual total del río Mataquito en desembocadura, con el caudal medio
anual estimado para el Mataquito en junta del Teno con el Lontué; se -
gún el balance hidrológico del sector de riego principal (ver Tabla
7.5). De esta comparación se observa que para años húmedos (5 y
20% de probabilidad de excedencia) y medios, los caudales medios a
nuales en desembocadura serían del orden de 12 a 14% mayores que
en la junta del Teno con el Lontué, lo que parece razonable dada la
gran diferencia de rendimientos específicos entre la parte media y
alta de la cuenca del Mataquito con los correspondientes a su parte
baja. Sin embargo, en años secos tipo 85% y 95%, las diferencias de
caudales medios anuales entre ambos puntos mencionados, son bas -
tante menores y del orden del 6.4 al 9.5%. Estas diferencias pare -
cen bajas, lo que podría explicarse en parte por los errores propios
inevitables de aplicar la ecuación del balance hidrológico con varia -
bles no medidas directamente. Una explicación adicional de ello, se
ría que en años secos las diferencias entre rendimientos específicos
entre la parte alta y baja de la cuenca, son aún mayores que para
años normales y húmedos. En todo caso parece razonable aceptar
que los caudales medios anuales estimados en el río Mataquito en
desembocadura (ver Tabla 7.9) representarían cifras conservadoras
que en los años secos podrían ser aproximadamente un 10% mayor
que lo estimado en el balance hidrológico.

Finalmente, la causa del hecho mencionado pue -
de deberse a que la precipitación media sobre el sector de cordille -
ra costa centro (zona de Curepto) sea mayor que la supuesta, lo que
generaría mayores rendimientos específicos en esta subcuenca y por
lo tanto mayores aportes al sector en estudio en este balance. Este
hecho sería en parte consecuente con la menor precipitación local
que registra la estación pluviométrica de Curepto y que es lo que
ocasiona el centro de bajas precipitaciones del sector (ver Figura
4.22). Todo ello indicaría que la estación pluviométrica de Curepto
no sería totalmente representativa del régimen de precipitaciones de
la zona correspondiente.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 INTRODUCCION

En este Capítulo se resume las conclusiones principales derivadas de los estudios climáticos e hidrológicos desarrollados en los capítulos 3, 4, 5, 6 y 7.

Estas conclusiones se ordenan en diferentes puntos, correspondientes a cada uno de estos capítulos, incluyéndose además las recomendaciones que se estiman pertinentes.

8.2 ASPECTOS CLIMATOLOGICOS Y METEOROLOGICOS

- La Hoya del río Mataquito se caracteriza por un clima de tipo mediterráneo y templado, con estación estival seca e invernal húmeda.
- En términos anuales, la región muestra una notable homogeneidad térmica, con valores promedio entre 12° y 13° C. La oscilación anual es del orden de 7° C en el litoral, alcanzando a unos 12° C hacia el interior.
- La distribución geográfica mensual (Ver Fig. 3.9) muestra en Enero un campo térmico (promedio de 20°C) homogéneo entre Hualañé y Curicó (sector intermedio), con disminuciones marcadas hacia el litoral y en piedmont Andino. En Julio, el campo térmico es similar, con una faja de influencia costera más reducida y una variación Oeste-Este más suave.
- Las temperaturas máximas anuales tienen una distribución análoga a los valores medios estivales, en tanto que las temperaturas mínimas se distribuyen con una disminución suave hacia Los Andes (ver Figura 3.10).

- En la zona del Valle Central las heladas ocurren principalmente en los meses de Mayo a Septiembre inclusivos. Hacia Hualañé, este período se reduce entre Junio y Agosto y en el litoral, se circunscribe a Julio y Agosto. Los días libres de heladas disminuyen de unos 300 a 328 en la Costa a unos 210 días en la zona de Curicó y Molina (ver Figura 3.18).
- El total de grados-día anuales varía de unos 1.200 en la zona costera, pasando por un máximo de 2.270 en Hualañé y disminuyendo hacia el Macizo Andino, con un valor de 1.400 en el Valle Central (ver Figura 3.18).
- El aire de la región es húmedo durante el invierno y no alcanza a ser seco en ninguna estación. La diferencia de humedades relativas medias anuales entre Costa y Valle Central es sólo del 3%, mientras que en términos de amplitudes anuales, en la Costa éstas alcanzan a 12% y en el interior a 25%. La humedad relativa media anual es de 78% en Curicó (ver Tabla 3.3).
- Las magnitudes anuales de nubosidad son alrededor de 45% de cielo cubierto, observándose poca diferencia entre la Costa y el interior. Los máximos de nubosidad ocurren en Mayo y Junio, y los mínimos en Enero (ver Figuras 3.19 a 3.21).
- La radiación solar media es del orden de $350 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$, con valores medios mínimos de 120 a 150 $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ en Junio, y valores medios máximos de 570 a 598 $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ en Enero (ver Tabla 3.4).
- La zona costera se caracteriza por una alta frecuencia de calmas con vientos dominantes del SW y con velocidades de 8 a 10 nudos, excepto durante el invierno que es Norte, con velocidades medias de 10 a 12 nudos. La zona del Valle Central muestra el dominio de vientos del Sur y SW, con velocidades medias entre 6 y 8 nudos, excepto de Mayo a Julio en que la dirección más frecuente es NW con velocidades de 8 nudos en promedio (ver Figura 3.22 y Tablas 3.5 y 3.6).
- La evaporación media anual es de unos 1.000 a 1.100 mm en zonas costeras, alcanzando valores de 1.100 a 1.400 mm en la zona del Valle Central y remontándose entre los 2.000 y 2.100 mm en zonas cordilleranas (ver Tabla 3.7).

- Los totales anuales de evapotranspiración potencial indican un aumento desde 960 mm en la Costa hasta unos 1.060 en el piedmont andino. Desde Hualañé hasta Curicó se observa gran homogeneidad.
- Ha sido posible identificar diversos distritos agroclimáticamente homogéneos, cuya ubicación y delimitación se indica en la Figura 3.35 y cuyas principales características se incluyen en la Tabla 3.9.

8.3 ASPECTOS DEL REGIMEN DE PRECIPITACIONES

- La red pluviométrica de la cuenca no tiene una cobertura adecuada (ver Figura 4.1) especialmente en los sectores cordilleranos, a lo largo del valle del curso del río Mataquito y en la zona de la Cordillera de la Costa. Es de especial interés, la instalación de pluviógrafos en un número no inferior a tres y que cubran el sector bajo, medio y alto de la cuenca. Además, es recomendable instalar a lo menos una ruta de nieve en el sector cordillerano alto, que permita efectuar predicciones confiables de escurrimientos de deshielo.
- Las estaciones pluviométricas de: Curicó, Los Queñes Retén, Lolol, Talca y Constitución constituyen el patrón pluviométrico básico de la cuenca. Por lo tanto, debe darse primera prioridad a la calidad y continuidad de los registros pluviométricos correspondientes. Las Tablas 4.1 a 4.6 contienen las estadísticas anuales y mensuales corregidas y ampliadas para estas estaciones.
- La calidad, extensión y continuidad de los registros de la red de 29 estaciones consideradas en el estudio de precipitaciones, requirió diversos análisis para su homogeneidad, corrección, relleno y extensión. Las estadísticas anuales definitivas se incluyen en la Tabla 4.8.
- Del análisis de frecuencia de las precipitaciones anuales se deduce que no existe una distribución de probabilidades óptima única que se ajuste a todas las estaciones consideradas. La distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la mayoría de los registros es la Gumbel (51% de los casos), seguida de la Log Normal 2 y 3 (21%). Los resultados de dicho análisis se consignan

en la Tabla 4.13. Los factores de frecuencia obtenidos para cada una de las estaciones pluviométricas no difieren significativamente entre ellas, lo que indica la homogeneidad probabilística del régimen de precipitaciones en la cuenca. Se detectó además que los valores 50% de probabilidad de excedencia, son entre un 2.5 y un 5.5% mayores que los valores promedio aritmético de las precipitaciones anuales.

- Comparando las precipitaciones anuales del período 1926-1975 con los del período 1942-75, se detectó que los valores de este último período son en promedio un 5,0% menores. Ello demuestra la tendencia decreciente del régimen de precipitaciones en los últimos decenios.
- Según el análisis de frecuencia de precipitaciones mensuales, se concluye que la distribución de mejor ajuste más frecuente es la Log-normal 3. Las Figuras 4.9 a 4.21 del Capítulo 4, resumen los resultados de este análisis, del cual se deduce nuevamente la homogeneidad del régimen de precipitación en la zona.
- El análisis de la distribución espacial (isoyetas) de la precipitación anual sobre la cuenca, se incluye en la Figura 4.22. De este análisis se deduce que en la zona costera se genera un centro de altas precipitaciones (800 mm) en la parte alta del río Huenchullami y un centro de bajas precipitaciones (600 mm) en el sector de Curepto; en el sector central norte de la cuenca las precipitaciones son altas, del orden de 800 mm, para disminuir hacia el sur del sector a unos 650 mm a lo largo de la zona de riego junto al río Mataquito; en el sector de riego principal de la cuenca, la precipitación aumenta hacia la precordillera de 700 mm a 850 mm. Finalmente, en toda la zona de precordillera y cordillera, las isoyetas se orientan preferentemente de Nororiente a Surponiente con una variación que va desde los 850 mm a los 2.500 mm.
- El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas anuales en 24 horas no detectó ninguna distribución de mejor ajuste que preponderara sobre alguna otra. Este análisis tampoco identificó una variación regional consistente de las precipitaciones diarias. Los resultados respectivos se resumen en la Tabla 4.15.

8.4 ASPECTOS DEL REGIMEN DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL

- La red fluviométrica de la cuenca queda concentrada en la parte alta cordillerana, no disponiéndose de información registrada a la salida de los valles, en las zonas costeras, en la confluencia de los ríos Teno y Lontué ni a lo largo del río Mataquito. Se recomienda por lo tanto un estudio de mejoramiento de la red fluviométrica existente, que a partir de un análisis crítico de ella, proponga la supresión, cambio o nuevas instalaciones de estaciones fluviométricas. Al respecto, puede adelantarse que del estudio efectuado, se concluye la conveniencia de contar con una estación fluviométrica en la junta de los ríos Teno y Lontué.
- Las estaciones fluviométricas de Colorado en Junta con Palos, Palos en Junta con Colorado y Teno después de Junta son fundamentales para el conocimiento de los recursos disponibles para regadío en la cuenca. Además, las estaciones de Teno en Los Queñes y Claro en Los Queñes, poseen registros prácticamente completos en los últimos 35 años. Por lo tanto, a las estaciones fluviométricas mencionadas, debe dárseles primera prioridad en su operación, mantenimiento y procesamiento de las estadísticas.
- Es necesario instalar registros de niveles y estaciones fluviométricas en el Embalse El Planchón, no sólo con el objeto de permitir una adecuada planificación y operación de los sistemas de riego de la cuenca, sino además como control hidrológico de las características de escorrentía típicas de las cuencas de alta cordillera.
- La calidad, extensión y continuidad de los registros fluviométricos disponibles requirió de diversos análisis para la homogeneización, corrección, relleno y extensión de las estadísticas correspondientes. A excepción de las estaciones El Manzano en Desembocadura, Teno Bajo Junta Quebrada Infiernillo y Upeo en Upeo, que tuvieron tratamientos diferentes, dada su escasa extensión y calidad, las demás estaciones se trataron en forma similar. Las estadísticas definitivas en régimen actual se incluyen en las Tablas 5.6 a 5.14.
- Fue posible aplicar un modelo de simulación hidrológica para síntesis de los caudales medios mensuales en diversas sub-cuencas de interés. Los resultados correspondientes se incluyen en las Tablas A 5.13 a A 5.30 del Anexo 5.

- Los registros fluviométricos en el río Teno quedan influenciados en mayor o menor grado por la operación del Embalse El Planchón y por las extracciones de los canales de riego. En la mayoría de las estaciones fluviométricas existentes, fue posible considerar estos efectos para reconstituir las estadísticas fluviométricas en régimen natural. Para ello, se logró calcular estimativamente los caudales medios mensuales entregados por el Embalse El Planchón en el período 1951 a 1976 (ver Tabla 5.18) y las extracciones totales medias mensuales de los canales de riego del río Teno (ver Tabla 5.22). Las estadísticas fluviométricas en régimen natural se incluyen en las Tablas 5.19, 5.20, 5.21 y 5.23.
- En el análisis de frecuencia de los caudales medios anuales se concluyó que la distribución Gumbel se ajustaba un mayor porcentaje de veces. De los resultados obtenidos, que se resumen en la Tabla 5.25, se concluye que los ajustes analíticos son altamente satisfactorios y que las diferencias entre los análisis en régimen natural y actual no son significativos ni sistemáticos.
- En el análisis de frecuencia de los caudales medios estacionales durante el período de riego, las distribuciones de mejor ajuste son la Gumbel y la Log-normal 2. En estos análisis se manifiesta claramente la diferencia entre régimen natural y actual, especialmente en los años más secos. Los resultados se resumen en la Tabla 5.27.
- El régimen de escorrentía de las subcuencas con control fluviométrico queda reflejado en los resultados del análisis de frecuencia de caudales medios mensuales que se resumen en las Figuras 5.11 a 5.16. En efecto, en las cuencas cordilleranas y precordilleranas se observa un régimen marcadamente nival en los años secos y nivo-pluvial en años muy húmedos; los caudales medios mensuales máximos ocurren preferentemente en Diciembre, a excepción de los años muy secos en que ocurren en Noviembre. Las cuencas netamente pluviales quedan caracterizadas por las de los esteros El Manzano y Upeo, mientras que las estaciones fluviométricas de Claro en Los Queñes y Teno en Puente FFCC reflejan un régimen nivo-pluvial; es en esta última estación donde más se detecta la diferencia entre régimen natural y actual.

- Los resultados del análisis de duración general de los caudales medios mensuales se resume en las Figuras 5.17 a 5.19. De estos resultados se puede concluir que las subcuencas definidas por las estaciones de Teno en Los Queñes, Claro en Los Queñes y Teno después de Junta presentan un régimen hidrológico muy similar, en términos de duración general, de rendimientos específicos y de su variabilidad correspondiente. A su vez, las subcuencas de Palos y Colorado presentan análogas similitudes y homogeneidades entre sí. En las cuencas pluviales, caracterizadas por las de los esteros El Manzano y Upeo, se presenta gran variabilidad del régimen de escorrentía mensual, no manifestándose similitudes de régimen entre ellas, sino que por el contrario, mayor productividad específica en el primero.
- El análisis de frecuencia de los rendimientos específicos medios anuales en las subcuencas controladas, que se resume en la Tabla 5.31, reveló que en las cuencas netamente pluviales, dichos rendimientos son significativamente menores que en cuencas nivales o nivo-pluviales. A su vez, este último tipo de cuencas presenta rendimientos específicos similares entre sí, que sólo reflejan la variabilidad propia de la magnitud de la recarga por precipitaciones.
- Al analizar la tendencia en el tiempo de los rendimientos específicos medios anuales se detectó un leve aumento de esta variable con el tiempo.
- La calidad, continuidad y extensión de los registros de caudales máximos de crecida son especialmente deficientes, requiriéndose dar mayor importancia a este aspecto en la operación y mantenimiento de las estaciones fluviométricas y en el procesamiento de la información respectiva.
- Los resultados de los análisis de frecuencia de los caudales máximos medios diarios y de los caudales máximos instantáneos en las cuencas controladas, se resumen en la Tabla 5.33.
- Las crecidas de diseño para obras en cuencas nivales pudieron estimarse por transposición hidrológica de cuencas vecinas similares controladas. Para períodos de retorno de 1.000 años, se obtuvieron caudales máximos instantáneos de aproximadamente entre 0,94 y 1,62 m³/seg/km², con un promedio de 1,14.

- Las crecidas de diseño para obras en cuencas pluviales, debieron estimarse en base al método del Hidrograma Unitario Sintético. Para períodos de retorno de 1.000 años se obtuvieron valores comprendidos en general entre 2,3 y 3,0 m³/seg/km².
- No fue posible extender todos los registros actuales de caudales medios diarios mínimos, dada la calidad de la información y la influencia de las extracciones de riego. Sin embargo con los registros existentes puede efectuarse un análisis de frecuencia de estos caudales en régimen actual, cuyos resultados se resumen en la Tabla 5.43.
- El río Teno presenta un régimen de pérdidas netas a lo largo de su curso hasta el puente del FFCC longitudinal sur. Entre Los Queñes y la toma del Canal Ventanas, la pérdida es de aproximadamente 1,8 m³/seg (85 l/s/km). El sector comprendido entre canal Ventanas y Carretera Panamericana presenta una pérdida media del orden de 2,1 m³/seg (180 l/s/km). Entre la Carretera Panamericana y Puente Rauco, se observan recuperaciones medias durante la primavera del orden de 1,50 m³/s y durante el estiaje de verano y otoño una pérdida neta media de 0,5 m³/s (31 l/s/km). No existen antecedentes que permitan detectar una variación estacional sistemática del régimen de pérdidas en el río Teno en los sectores mencionados.
- El río Teno presenta un régimen de recuperaciones netas en el sector comprendido entre puente Rauco y la confluencia con el río Lontué. Estas recuperaciones son superiores a 2 m³/seg (180 l/s/km) durante el período de riego.
- En el sistema del río Lontué, los antecedentes sobre pérdidas y recuperaciones son escasos, dudosos y de limitada validez. Se recomienda por lo tanto efectuar un estudio especial sobre estos aspectos, a través de un programa de mediciones exhaustivo y sistemático. Este estudio debe cubrir no sólo el tramo del río Lontué mismo, sino dilucidar el régimen de recuperaciones de diversos esteros que convergen hacia la confluencia del sistema del Lontué con el río Teno.
- En base a los escasos antecedentes disponibles sobre el régimen de pérdidas y recuperaciones en el río Lontué, puede concluirse que desde la localidad de Pichingal hasta la confluencia con el

Teno, existe un importante proceso de recuperaciones. Estas recuperaciones serían aproximadamente de $2,85 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Pichin gal y Carretera Panamericana (200 l/s/km) y provendrían con - juntamente de aportes subterráneos y de los retornos de riego al sector.

- No se dispone de antecedentes para evaluar con seguridad el régimen de recuperaciones del río Mataquito. Información preliminar aportada por aforos realizados durante este estudio, indican que entre el Puente Huerta y el Puente Hualañé se registró un aporte de unos $13 \text{ m}^3/\text{s}$ en Junio de 1977, por efecto de los este - ros y quebradas afluentes al tramo. Entre Hualañé y Licantén, el río presentaría un régimen de equilibrio desde el punto de vista de las pérdidas y recuperaciones.

8.5 ASPECTOS DE ARRASTRE DE SEDIMENTOS

- De acuerdo a los antecedentes disponibles, es razonable aceptar que en cuencas cordilleranas el 60% del gasto sólido total corresponde a gasto sólido de fondo. En las cuencas del valle Central, precordillera y Cordillera de la Costa este porcentaje es del orden del 40%.
- Las tasas específicas regionales de arrastre total de sedimento que se pueden adoptar en la cuenca, son las siguientes:

Cuencas Cordilleranas	$2.000 \text{ Ton/km}^2/\text{año}$
Cuencas de Precordillera y Valle Central	$800 \text{ Ton/km}^2/\text{año}$
Cuencas de la Costa	$1.000 \text{ Ton/km}^2/\text{año}$

- Ninguno de los embalses estudiados en la Cuenca podría presentar problemas serios de sedimentación y aterramientos para un período útil de 50 años. Los embalses más desfavorables de este punto de vista, serían los embalses de cordillera de Costa.

8.6 ASPECTOS DE SECTORIZACION HIDROLOGICA Y BALANCES HIDROLOGICOS

En base a diversos criterios basados en el régimen de: precipitaciones, escorrentía y evapotranspiración y en aspectos de: ubicación, fisiografía, red de drenaje, producción de sedimentos, meteorología y aprovechamiento del agua, se han podido identificar los diversos sectores hidrológicamente homogéneos que se representan en la Figura 7.1. La Tabla 7.1 resume a su vez diversos índices hidrológicos para caracterizar estos sectores en términos del régimen de precipitaciones, escorrentías, crecidas, evapotranspiración y arrastre de sedimentos.

- El déficit de escorrentía superficial del sector cordillerano alcanza un 24% de la precipitación media anual para años húmedos y fluctúan entre un 25 a un 34% de dicha precipitación, para años con probabilidad de excedencia del 50 a 95%, respectivamente. Este déficit de escorrentía puede suponerse aproximadamente igual a las pérdidas por evapotranspiración.
- En el sector de precordillera, el déficit de escorrentía superficial disminuye mientras más seco es el año, variando de unos 553 mm para un año 50% a unos 439 mm en un año tipo 95%. En términos de porcentaje con respecto a la precipitación media anual, este déficit aumenta de un 57,3% a un 74,6% para las mismas probabilidades de excedencia anotadas. Este déficit de escorrentía superficial es aproximadamente igual a las pérdidas por evapotranspiración real en el sector.
- De acuerdo al balance hidrológico del sector de riego principal de la cuenca, el caudal medio anual en la confluencia de los sistemas de los ríos Teno y Lontué, es de $66 \text{ m}^3/\text{seg}$ para un año 85% y de $50 \text{ m}^3/\text{seg}$ en un año tipo 95% de probabilidad de excedencia.
- En los sectores de cordillera de la Costa, los porcentajes de déficit de escorrentía superficial con respecto a la precipitación media anual fluctúan de 62% a 67% en un año medio hasta 75% a 85% en un año 95%. El sector cordillera Costa del centro presenta porcentajes de déficit comprendidos entre los de los sectores sur y norte, siendo los de este último mayores a los de los demás.

- El caudal medio anual del río Mataquito en desembocadura es aproximadamente unos $80 \text{ m}^3/\text{s}$ para un año tipo 85% y de unos $58 \text{ m}^3/\text{s}$ en un año 95% de probabilidad de excedencia.