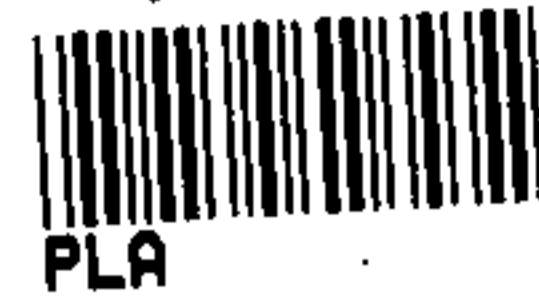


dirección de riego
ministerio de obras públicas

Microsystem - MOP_DGA



EMB-2055

estudio hidrológico y operacional
del sistema paloma

julio 1976

**ernesto brown fernández
patricio ferrer artigas
ingenieros civiles**

DIRECCION DE RIEGO
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

ESTUDIO HIDROLOGICO Y OPERACIONAL
DEL SISTEMA PALOMA

Julio 1976

ERNESTO BROWN FERNANDEZ

PATRICIO FERRER ARTIGAS

INGENIEROS CIVILES

A G R A D E C I M I E N T O S

En la realización de este estudio ha sido muy valiosa la colaboración recibida de parte de todo el personal del Sistema Paloma de la Dirección de Riego, muy especialmente del Ingeniero Jefe Regional Sr. José Miguel Fuentes Grez.

También deseamos agradecer el aporte del Ingeniero Jefe del Departamento de Explotación de la Dirección de Riego Sr. Luis Larroucau Contesse.

Vayan nuestros agradecimientos también a los colaboradores de nuestra oficina que participaron en este estudio Ingeniero Sr. Guillermo Osses G., Dibujante Sra. María Angélica Ortega y Secretaria Srta. Nancy Sánchez.

I N D I C E

CAPITULO 1 : <u>OBJETIVOS Y CONCLUSIONES.</u>	Pág.
1.1.- Introducción y Objetivos del Trabajo	1.1
1.2.- Metodología y Organización del Informe	1.3
1.3.- Conclusiones y Recomendaciones	1.6
1.3.1.- Hidrología y análisis del Riego Aguas Arriba de los Embalses	1.6
1.3.2.- Metodología de Pronósticos Estacionales para el Período Septiembre - Abril	1.9
1.3.3.- Operación del Sistema y Tasas de Riego bajo Embalses	1.9
CAPITULO 2 : <u>RESUMEN DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS ANTERIORES.</u>	
2.1.- Introducción	2.1
2.2.- Estudio Embalse Paloma - Anteproyecto General del Sistema Paloma - Recoleta - Cogotí	2.1
2.2.1.- Generalidades	2.1
2.2.2.- Tasas de Riego	2.4
2.2.3.- Seguridades de Riego	2.6
2.2.4.- Estudio del Río Grande	2.7
2.2.5.- Estudio del Embalse Cogotí y de los Ríos Cogotí y Huatulame	2.9
2.2.6.- Estudio del Embalse Recoleta y del Riego del Río Hurtado	2.10
2.2.7.- Aguas Subterráneas en el Río Limarí	2.10
2.2.8.- Estudio de Regulación del Embalse Paloma	2.11
2.2.9.- Conclusiones Finales del EEP	2.12
2.3.- Hidrometría Hoya Río Limarí y sus Afluentes	2.12
2.3.1.- Generalidades	2.12
2.3.2.- Hidrometría Río Cogotí	2.13
2.3.3.- Hidrometría Río Grande	2.13
2.3.4.- Hidrometría Río Hurtado	2.14
2.3.5.- Pérdidas por Conducción	2.14
2.4.- Estudio Embalse Paloma, 1963	2.14

	Pág.
2.4.1.- Generalidades	2.14
2.4.2.- Concepción del Mejoramiento del Riego de las 57.500 Hás. Contempladas en el Proyecto	2.15
2.4.3.- Otros aspectos	2.16
2.5.- Embalse Paloma - Hidrología de la Hoya del Río Limarí	2.16
2.5.1.- Generalidades	2.16
2.5.2.- Pérdidas y Recuperaciones en los Ríos	2.17
2.5.3.- Pérdidas en Canales	2.18
2.6.- Embalse Paloma - Recuperaciones Río Limarí	2.19
2.6.1.- Generalidades	2.19
2.6.2.- Recuperaciones en Río Limarí	2.20
2.7.- Informe sobre el Proyecto de Regadío y Desarrollo de La Paloma	2.20
2.7.1.- Generalidades	2.20
2.7.2.- Tasas de Riego	2.21
2.7.3.- Hidrología	2.22
2.7.4.- Areas de Riego Propuestas	2.23
2.8.- Distribución de las Aguas del Sistema Paloma ...	2.25
2.8.1.- Generalidades	2.25
2.8.2.- Superficies y Tasas de Riego según Ministerio de Agricultura	2.26
2.8.3.- Operación del Sistema Palomá	2.26
 CAPITULO 3 : <u>ANALISIS DE ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS</u>	
<u>Y FLUVIOMETRICAS.</u>	
3.1.- Pluviometría y Análisis Pluviométrico	3.1
3.1.1.- Generalidades	3.1
3.1.2.- Selección del Patrón y del Período de Estudio	3.2
3.1.3.- Relleno y Homogeneización del las Estaciones del Patrón	3.5
3.1.4.- Homogeneización y Extensión de Otras Estacio nes	3.6
3.1.5.- Análisis de Periodicidades y Tendencias	3.12
3.2.- Análisis de las Estadísticas Fluviométricas	3.16
3.2.1.- Objetivos del Estudio Hidrológico	3.16
3.2.2.- Información Disponible	3.17
3.2.3.- Características Generales del Régimen Fluviométrico de los Ríos de la Zona	3.20
3.2.4.- Análisis de Información Disponible en Cabece ra de los Distintos Afluentes	3.23

3.3.- Modelo Hidrológico de las Zonas de Riego Aguas Arriba de los Embalses. Resultados	3.36
3.3.1.- Objetivos	3.36
3.3.2.- Formulación del Modelo Hidrológico	3.37
3.3.3.- Calibración del Modelo Hidrológico	3.46
3.3.4.- Recomendaciones con Respecto a la Utiliza- ción de un Modelo Hidrológico	3.58
3.4.- Análisis de la Situación de Riego Aguas Arriba y Determinación de los Aportes a los Embalses del Sistema	3.60
3.4.1.- Objetivos	3.60
3.4.2.- Ríos Grande, Mostazal y Rapel	3.60
3.4.3.- Análisis del Río Hurtado y Aportes al Embalse Recoleta	3.77
3.4.4.- Río Cogotí y Aportes al Embalse Cogotí	
3.4.5.- Río Huatulame y Aportes al Embalse Paloma	3.87
 CAPITULO 4 : <u>METODOLOGIA DE PRONOSTICOS DE DESHIELO.</u>	
4.1.- Introducción	4.1
4.2.- Metodología General	4.2
4.3.- Metodología de Pronósticos Adoptada para Ríos Grande y Afluentes	4.5
4.3.1.- Río Grande	4.5
4.3.2.- Río Mostazal	4.14
4.3.3.- Río Rapel	4.15
4.3.4.- Río Hurtado	4.17
4.3.5.- Ríos Cogotí, Pama y Combarbalá	4.29
4.4.- Métodos de Estimación de Volúmenes Estaciona- les Afluentes a los Embalses del Sistema	4.29
4.4.1.- Embalses Recoleta y Paloma	4.29
4.4.2.- Afluentes al Embalse Cogotí	4.35
4.5.- Comentarios a la Metodología de Pronósticos	4.38
 CAPITULO 5 : <u>MODELO DE OPERACION DE SISTEMA PALOMA Y RESULTADOS.</u>	
5.1.- Objetivos	5.1
5.2.- Descripción del Modelo	5.2
5.3.- Datos Utilizados en la Operación del Modelo	5.12
5.3.1.- Número de Años de Simulación y Año Inicial ...	5.12

	Pág.
5.3.2.- Caudales de entrada a los embalses	5.12
5.3.3.- Precipitación mensual	5.12
5.3.4.- Evaporación en los embalses	5.16
5.3.5.- Curvas volumen - superficie de los embalses..	5.19
5.3.6.- Volúmenes máximos y mínimos de los embalses..	5.19
5.3.7.- Capacidades máximas de canales	5.21
5.3.8.- Eficiencia de Conducción de los canales	5.23
5.3.9.- Tasas de riego	5.23
5.3.10.- Superficie de cultivos por sector	5.24
5.4.- Resultados del Modelo	5.29
5.4.1.- Pasadas preliminares	5.29
5.4.2.- Pasadas definitivas	5.37

C A P I T U L O 1

OBJETIVOS Y CONCLUSIONES

1.1.- Introducción y Objetivos del Trabajo.

La cuenca afluyente del río Limarí se encuentra regulada por tres embalses : Cogotí, Recoleta y Paloma; en conjunto estos tres embalses tienen una capacidad máxima útil de aproximadamente 1000 millones de m³. La finalidad de estos embalses es distribuir en el tiempo en forma adecuada los recursos de agua disponibles en la cuenca, para abastecer las necesidades de riego de aproximadamente 35.000 Hás. que quedan bajo cota del extenso sistema de canales de distribución existente.

La importancia del sistema de riego del valle del Limarí y sus implicancias socio-económicas, han sido ampliamente discutidas en estudios anteriores, especialmente aquellos relativos al proyecto del embalse Paloma (1 y 2 por ejemplo). En su mayor parte los análisis realizados y las conclusiones obtenidas de estos trabajos han probado ser válidas. Ciertamente la construcción del embalse Paloma ha ayudado en gran medida a mejorar el riego de toda la zona de servicio de los tres embalses mencionados.

El carácter absolutamente irregular de los recursos hidrológicos naturales de los ríos de la zona, hace necesario analizar en mayor detalle la forma como debe operarse el sistema de embalses, de tal modo de lograr un aprovechamiento óptimo de los escasos recursos de agua existentes. En efecto, y tal como se analizará en mayor detalle en los capítulos siguientes, los recursos de agua disponibles en la zona son escasos y son el factor limitante fundamental que impide mayores superficies de cultivos en la zona. Adicionalmente la hidrología en la zona es de naturaleza tal, que frecuentemente se observan secuencias de varios años secos seguidos, antes de producirse algún año húmedo o muy húmedo.

(1) Adolfo León E. "Estudio Embalse Paloma - Anteproyecto General del Sistema Paloma - Recoleta - Cogotí".
Dirección de Riego, 1957.

(2) Rendel, Palmer y Tritton "Informe sobre el Proyecto de Riego y Desarrollo de La Paloma". 1967.

De acuerdo con lo descrito, los embalses han sido concebidos y deben operarse con el concepto de regulación interanual. En esta forma, se pretende traspasar recursos de aquellos años húmedos para suplementar los períodos de escasez.

En estas condiciones, subsisten un conjunto de interrogantes para la operación del sistema, que el presente estudio pretende ayudar a resolver. Por ejemplo cabe preguntarse cuál debe ser el volumen de agua que normalmente debe pretender entregar el sistema de embalses, es decir, cuál debe ser la meta de entrega. Esta pregunta puede responderse en mejor forma a la fecha, por la mayor cantidad de antecedentes hidrológicos reunidos, desde los estudios originales de concepción del sistema. Una vez resuelto lo anterior cabe preguntarse a qué sectores de riego y con qué distribución temporal puede entregarse la meta. Qué implica lo anterior en cuanto a posibilidades de áreas cultivadas y patrones de cultivo en los diferentes sectores del sistema.

Evidentemente, el sistema no ha sido concebido y no puede pretender operarse para satisfacer una meta de entrega con un 100% de seguridad. De esta forma caben algunas otras interrogantes, como por ejemplo : Cuándo debe restringirse la entrega desde los embalses por debajo de la meta de entrega fijada, para sobrellevar en la mejor forma períodos de sequía, y, qué criterios y metodologías deben aplicarse para proceder a restringir entregas. También hay que determinar en cuánto deben restringirse las entregas cuando proceda hacerlo.

El objetivo del presente estudio es el de tratar de responder a este conjunto de interrogantes, y dar las recomendaciones pertinentes al respecto. En esencia, se trata de determinar las reglas de operación óptimas para el sistema de embalses, desde el punto de vista de lograr un máximo aprovechamiento de los recursos de agua disponibles. El informe no pretende hacer ningún análisis económico, pues casi todas las obras son existentes; en lo único que cabía algún análisis ulterior de carácter socio-económico es en lo relativo a superficies más recomendables para ser efectivamente cultivadas, y en cuanto a los cultivos que desde el punto de vista regional sean más rentables. Se pretende que esto último pueda ser realizado con el factor agua disponible absolutamente predeterminado en base a las conclusiones del presente estudio.

1.2.- Metodología y Organización del Informe.

El estudio abarcó diversas etapas que se describen y explican en este punto.

Con el objeto de obtener una visión global de la concepción original del sistema en cuanto a su operación, en cuanto a los datos con que se contó y finalmente relativo a las metas de superficies de riego por sectores, se revisaron diversos estudios, informes y antecedentes existentes. La relación de los informes revisados, en conjunto con los principales antecedentes que ellos aportaron al presente estudio, se describe en el Capítulo 2.

El Capítulo 3 incluye todo el análisis de estadísticas hidrológicas (pluviométricas y fluviométricas) que se realizó para las diversas fases del estudio. Este análisis tuvo por objeto primordial obtener las estadísticas fluviométricas de entrada a los embalses del sistema, con las que se hizo posteriormente el estudio de operación del mismo. El estudio abarcó además el análisis de las zonas de riego aguas arriba de los embalses y una evaluación de los mejoramientos en el regadío que parecen factibles para ellas. Esto último condicionó finalmente los recursos disponibles para los embalses. El análisis fluviométrico realizado sirvió además para proporcionar los datos necesarios para elaborar una metodología de pronósticos de escorrentía. En cuanto a la pluviometría, ella sirvió de apoyo fundamental para diversas etapas del estudio fluviométrico. Finalmente, también en el Capítulo 3, se describe un modelo de simulación hidrológica que se intentó usar como herramienta de análisis de las zonas de riego aguas arriba de los embalses; se describen los resultados logrados y las limitaciones encontradas para su aplicación en este caso.

La metodología y relaciones de pronóstico estacionales, recomendadas para la utilización en la planificación anual de la operación del sistema, aparece descrita en detalle en el Capítulo 4. En esencia se trata de relaciones precipitación - escorrentía de tipo gráfico, que permiten pronosticar, en base a índices de precipitación, los caudales estacionales afluentes a los embalses del sistema. Adicionalmente se presentan algunas pautas para distribuir mensualmente los volúmenes esperados del período primavera - verano.

El Capítulo 5 presenta el modelo de operación de los embalses del sistema, en conjunto con los resultados obtenidos de la aplicación del mismo. El modelo (ver fig. 5.2) se operó utilizando como información de entrada las estadísticas hidrológicas obtenidas en el Capítulo 3. El análisis mediante el modelo de operación se realizó a dos niveles. El primero consistió en una macro operación del sistema con el objeto de fijar algunos de los parámetros incorporados en la regla de operación del sistema y al mismo tiempo obtener volúmenes totales que los embalses podían entregar para riego. Con este macro análisis se pudo acotar el volumen crítico de los embalses bajo el cual se restringen las entregas del sistema. Si el volumen disponible en los embalses que es el volumen almacenado conjuntamente por los tres embalses más el volumen por escurrir en la temporada siguiente es menor que el volumen crítico se recortan las entregas. Para determinar, en el mes de Mayo, el volumen por escurrir en el año hidrológico que comienza en ese mes se estableció una relación entre volumen escurrido en un año y volumen escurrido el año precedente. Para calcular en el mes de Septiembre, los afluentes de la temporada de deshielo se estableció una metodología de pronósticos que se explica en el Capítulo 4.

Para recortar las entregas se supone que el sistema puede entregar un porcentaje del volumen disponible. En este análisis preliminar, también se fija este porcentaje de entrega.

Los volúmenes que puede entregar el sistema, calculado mediante estas pasadas preliminares, permitió establecer tres alternativas de patrones de cultivos en los diferentes sectores en que se dividió la zona de riego aguas abajo de los embalses. En la Tabla 1.1 se resumen estos patrones dando la superficie total bajo riego y la distribución porcentual de cada categoría de cultivo.

T A B L A 1.1

PATRONES DE CULTIVO

ALTERNATIVA	PORCENTAJE DE SUPERFICIE TOTAL					
	SUP. TOTAL (hás)	FRUTAL	VIÑA	EMPAS.	CEREAL	CHACRAS
1	28584	3.9	3.4	10.1	64.5	18.1
2	23080	4.8	4.4	21.1	49.8	19.9
3	20190	10.0	10.2	32.7	21.8	25.3

La primera alternativa representa la situación actual y la tercera es la tendencia futura hacia cultivos de mayor rentabilidad en el valle. La alternativa 2 representa una situación intermedia.

En el segundo nivel de análisis del modelo, pasadas definitivas, se estudiaron las respuestas del sistema ante estas 3 alternativas de distribución de cultivos procediéndose a fijar la superficie máxima cultivable con cada una de ellas.

En estas pasadas definitivas se adoptó una regla de operación para Recoleta que consiste básicamente en mantener determinados volúmenes en el embalse (curva de alerta) bajo los cuales sólo entrega agua al sector de riego de los canales Talhuén, Tuqui y Villaseca que no pueden ser suplidos desde el embalse Paloma. Sobre esos volúmenes el embalse Recoleta puede abastecer libremente al sector de riego del canal Villalón e incluso al río Limarí. También se impuso un volumen mínimo en el embalse Recoleta, bajo el cual se conducen aguas desde el río Grande a través del canal Alimentador de Recoleta siempre que el embalse Paloma tenga almacenado más de un cierto volumen.

Finalmente, con la distribución de cultivos de la alternativa 1 se procedió a determinar el incremento de superficie de riego que provocarían ciertos cambios en el sistema. De esta forma se probó incrementar la capacidad de los embalses Cogotí y Recoleta y disminuir la pérdida por conducción en los canales Camarico y Villalón que son los canales no revestidos que conducen mayor cantidad de agua.

El informe se completa con 5 anexos, en los que se incluyen todos los datos utilizados y algunos de los resultados parciales obtenidos en las diversas etapas del estudio. Los resultados principales del modelo de operación del mismo, aparecen incluidos en forma de tablas y/o gráficos dentro del texto del Capítulo 5.

1.3.- Conclusiones y Recomendaciones.

Las conclusiones y recomendaciones se presentan ordenadas según los distintos temas y estudios abordados durante el trabajo.

1.3.1.- Hidrología y Análisis del Riego aguas arriba de los Embalses.

a) Estadísticas Hidrológicas : Se estima que los datos pluviométricos y fluviométricos y la elaboración que de ellos se ha hecho en el estudio, han sido suficientemente adecuados para los efectos de analizar el sistema Paloma mediante el modelo de operación. Sin embargo, situaciones locales de los valles interiores, especialmente en lo que a pérdidas y recuperaciones se refiere, no pueden ser estudiadas adecuadamente con los datos disponibles. Otros aspectos hidrológicos cuyo análisis se vio menoscabado por la falta de antecedentes hidrológicos son: fluviometría de los ríos Cogotí y Pama, fluviometría del Huatulame y fluviometría del río Ponio.

b) Estaciones Fluviométricas de la Cuenca : A pesar que el estudio no incluyó análisis exhaustivo alguno de las estaciones fluviométricas de los distintos ríos de la zona, se puede acotar lo siguiente :

- Resultó evidente la falta de una estación fluviométrica de cabecera en el río Cogotí. La estación Fragüita podría resultar adecuada, una vez que tuviera una longitud de registro mayor.
- En el río Grande se considera que las estaciones existentes son razonablemente adecuadas, salvo la estación Agua Chica.
- La estación Tascadero en Desembocadura no es adecuada; especialmente para caudales altos su precisión es pobre.

- La ubicación de la estación Huatulame en el El Tome no es adecuada para efectos de utilizar sus registros en la operación del sistema. Sería preferible tratar de instalar una estación más cercana de la entrada al embalse Paloma.
- Es conveniente instalar una estación en la desembocadura del río Ponio, con el objeto de poder cuantificar la hidrología de esta cuenca.
- En el río Hurtado, la estación existente en entrada al embalse Recoleta no es adecuada, especialmente para cuantificar caudales altos.

c) Riego en el río Grande Aguas Arriba de Paloma : Los análisis realizados indicaron que antes de la construcción del embalse Paloma el riego de esta zona no contaba con una seguridad superior al 33% (resultado por lo demás idéntico a la apreciación realizada en el Estudio Embalse Paloma - 1957, con menor información hidrológica). Liberando a la zona de aguas arriba de cualquier obligación de tributar al embalse Paloma y considerando una superficie actual de riego de 3.500 Hás., se aumenta la seguridad del riego en las zonas aguas arriba a un 74%.

d) Riego en el río Rapel : El análisis en el valle del río Rapel permitió estimar que no más allá de 1.700 Hás. podrían regarse con recursos propios del río, con seguridad adecuada.

e) Riego en el río Mostazal : El análisis realizado para el valle del Mostazal permitió estimar en no más allá de 1.250 Hás. la superficie factible de regarse con seguridad adecuada, con recursos propios.

f) Aumento de las superficies de riego aguas arriba del Embalse Paloma : El análisis de posibles aumentos de superficies de riego en el río Grande aguas arriba de Paloma indicó que 1000 Hás. adicionales de riego implicarían una disminución de la seguridad del sistema aguas arriba a un 65%; o bien, el río Grande podría seguir sirviéndose con un 74% de seguridad, de tal forma que las 1000 Hás. adicionales recibirían una dotación nula de agua en un 35% de los años. Estas 1000 Hás. adicionales podrían indistintamente corresponder a servir las zonas bajas de los valles del Rapel y/o Mostazal y/o zona del Palqui con aguas del río Grande. Para esta última sin embargo las 1000 Hás. consideradas es superficie equivalente dentro del valle del Grande, y por lo tanto correspondería a una menor

superficie neta en El Palqui por las grandes pérdidas del canal Semita-Palqui.

g) Riego en el río Hurtado aguas arriba de Recoleta : Según los análisis hechos el riego en el río Hurtado, con la obligación de éste de tributar al embalse Recoleta, se realiza con un 55% de seguridad. Si el sistema Paloma libera a este río de la obligación citada, la seguridad de riego que se logra alcanza a un 71%. Se estimó no factible intentar aumentar la superficie de riego en este río.

h) Riego en el río Cogotí aguas arriba del embalse : Debido a la carencia de información fluviométrica en el río Cogotí, no fue posible realizar un diagnóstico histórico de la situación de regadío en este río. Por la misma razón tampoco fue posible evaluar el mejoramiento en la seguridad de riego de su zona actual, que se lograría con la liberación de la obligación que el río Cogotí ha tenido de tributar al río Huatulame. El análisis hecho en base a los aportes históricos al embalse Cogotí, deducidos de la operación del mismo, indicó que no podrían regarse más allá de 100 a 200 Hás. adicionales al materializar la liberación de los derechos del Huatulame sobre el río Cogotí. Estas 100 a 200 Hás. consideran un patrón de cultivos similar al actual. En el caso de utilizar un patrón de cultivos menos demandante (con mayor porcentaje de cereales) la superficie equivalente de mejoramiento, sube a 300 Hás. con un 74% de seguridad.

i) Modelo de simulación hidrológica para los valles aguas arriba de los Embalses : El modelo hidrológico desarrollado para simular el comportamiento de las zonas aguas arriba de los embalses, no pudo ser calibrado adecuadamente, por falta de datos suficientes. En esta etapa no resulta posible decir taxativamente, si la estructura del modelo es suficientemente adecuada para efectuar la simulación. Se recomienda al respecto establecer un sistema completo confiable, de medición de las extracciones por los canales de riego. Se estima recomendable en el futuro, cuando se disponga de antecedentes suficientes, desarrollar un modelo de simulación hidrológica de las zonas aguas arriba de los embalses. Con un modelo de este tipo, sería factible conocer en mejor forma la estructura hidrológica de pérdidas y recuperaciones en los valles interiores, y además predecir el comportamiento anual de las zonas de riego de ellos. Adicionalmente un modelo de este tipo posibilitaría pronosticar en mejor forma

los afluentes estacionales a los embalses, con sólo disponer de relaciones precipitación-escorrentía de pronóstico, en las cabeceras de los valles.

1.3.2.- Metodología de Pronósticos Estacionales para el período Septiembre - Abril.

En el Capítulo 4 se presentan, en base a relaciones precipitación-escorrentía, las metodologías de pronóstico estacionales para los diferentes valles del sistema. Las relaciones estacionales de cabecera se consideran razonablemente buenas para los ríos Grande con sus afluentes y Hurtado. Las relaciones estacionales para ligar los pronósticos de cabecera con los afluentes a los embalses, tienen mayores dispersiones puesto que involucran distintas situaciones de riego históricas en las zonas intermedias (ver conclusiones modelo hidrológico). Las relaciones encontradas para el río Cogotí son bastante pobres, sin embargo se recomienda usarlas en vista de la carencia de mejores antecedentes. En general se recomienda utilizar las relaciones de pronóstico como dato de entrada para la metodología de operación del sistema de embalses.

1.3.3.- Operación del Sistema y Zonas de Riego bajo Embalses.

a) Política de operación : La política de operación adoptada determinó que el volumen crítico del sistema es de 550 millones de m³ y que si el volumen disponible es inferior a esa cantidad sólo se debe entregar un 50% del volumen disponible. El volumen de entrega calculado en la forma anterior se distribuye entre las diferentes categorías de cultivos, respetando la totalidad de la demanda de los frutales y viñas y restringiendo la superficie cultivada de empastadas, cereales y chacras. (*)

(*) NOTA : al existir restricciones en las entregas se ha supuesto en todo lo que sigue para las empastadas, cereales y chacras, que se mantendrán las tasas de riego y disminuirá la superficie cultivada. En la práctica posiblemente bajará tanto la tasa como la superficie pero, para poder cuantificar las diferentes alternativas con fines comparativos, hubo de adoptarse el criterio antes señalado.

Esto último respetando siempre un mínimo de 25% en cereales y chacras y 45% en empastadas. Esta política de operación dio buenos resultados en todas las pasadas salvo en la alternativa 3 de patrón de cultivos, para la cual en un año (1971) hay que reducir la tasa de frutales y viñas al 80% y bajar la superficie de empastadas a un 35%.

La curva de alerta del embalse Recoleta resultó ser de 90 millones de m^3 en los meses de Mayo a Septiembre y 80 millones de m^3 en el resto del año. El volumen mínimo de Recoleta debe ser de 20 millones de m^3 . Se suple lo que le falta al embalse Recoleta para alcanzar ese mínimo a través del canal alimentador Recoleta siempre que el embalse Paloma tenga almacenado un volumen mayor que 100 millones de m^3 .

Obviamente las cifras recomendadas anteriormente para operar el sistema son indicativas y podrán variarse dentro de ciertos rangos, dependiendo de las condiciones ya sea agrícolas, económicas, hidrológicas o de otra índole, de cada año en particular.

b) Patrón de cultivos actual :

Con un patrón de cultivos similar al que se está utilizando actualmente en la zona (alternativa 1) se puede regar una superficie total de 30000 hectáreas, con una seguridad del 81% y con una superficie media anual no regada de cereales, chacras y empastadas de 3053 hectáreas.

c) Patrón de cultivos intermedio:

Con el patrón de cultivos intermedio entre la situación actual y una posible situación futura (alternativa 2) se puede regar una superficie total de 25400 hectáreas, con una seguridad del 84% y con una superficie media anual no regada de cereales, chacras y empastadas de 2267 hectáreas.

d) Patrón de cultivos futuro :

Para el patrón de cultivos en una situación futura (alternativa 3) con mayor superficie de frutales, viñas y empastadas, se puede regar una superficie total de 20200 hectáreas, con una seguridad del 84% y con una superficie media anual no regada de cereales, chacras y empastadas de 1584 hectáreas. Hay que hacer notar que en esta alternativa no se pueden respetar los mínimos de superficie establecidos para las empastadas (45%) en uno de los años de simulación. Además en ese año es preciso, para poder suministrar recursos a las otras categorías de cultivo, disminuir la tasa de riego de los frutales y viñas en un 20%.

e) Resultados comparativos de los distintos patrones de cultivo : De las tres conclusiones anteriores se desprende que, de mantenerse las tasas de riego actualmente utilizadas, el cambio del patrón actual fundamentalmente triguero, a un patrón con una fuerte incidencia de frutales, viñas y empastadas (grandes consumidores de agua) provoca una disminución importante de la superficie total que se puede cultivar. Entre la alternativa 1 de patrón de cultivos y la alternativa 3, la diferencia de superficie es algo menor que 10000 hectáreas. Expresado en otros términos, lo anterior significa que si se empiezan a aumentar las plantaciones y las empastadas y no se reduce drásticamente la superficie total cultivada bajo embalses, se puede agotar rápidamente los recursos embalsados, con consecuencias gravísimas para años posteriores.

f) Incremento del volumen de embalse Cogotí : Al incrementar de capacidad el embalse Cogotí de 150 a 195 millones de m^3 y considerando una superficie cultivada de 31440 hectáreas, con una distribución de cultivos igual a la de la alternativa 1, se obtiene una seguridad de riego de 84%. La superficie media anual no regada alcanza a 3011 hectáreas. Teniendo en cuenta que sin modificar el sistema y con una superficie cultivada de 30000 hectáreas (alternativa 1), la superficie media anual no regada es de 3053 hectáreas, el aumento de capacidad del embalse permite incrementar la superficie de cultivos en 1500 hectáreas.

g) Incremento del volumen de embalse Recoleta : Al aumentar la capacidad del embalse Recoleta de 100 a 120 millones de m^3 y considerando una superficie cultivada de 31440 hectáreas se obtiene una seguridad de 77%. La superficie media anual no regada alcanza a 3734 hectáreas. Si se consideran los resultados obtenidos para la alternativa 1 sin modificación del sistema se puede deducir que el incremento neto de superficie de riego alcanza en este caso a 750 hectáreas.

h) Disminución de pérdidas de conducción en Canales : Si se disminuyen las pérdidas de conducción de los canales Camarico y Villalón de un 32% a un 15% y de un 46.6% a un 25% respectivamente y se considera una superficie cultivada de 32870 hectáreas con una distribución de cultivos igual a la de la alternativa 1, se obtiene una seguridad de riego de 84%. La superficie media anual no regada alcanza a 3120 hectáreas. Si se comparan estos resultados con los obtenidos para la alternativa 1 se obtie

ne al disminuir las pérdidas de los canales nombrados, un incremento neto de la superficie de riego de 2800 hectáreas.

i) Comparación entre alternativas de modificación del sistema actual : Se aprecia en forma clara, de los resultados del modelo de operación, que las mejoras más sustanciales en el riego de las zonas bajo embalses, se logran con la disminución de las pérdidas por conducción en los canales de distribución. De esto se puede concluir también que mejoramientos del sistema pueden lograrse con la racionalización del riego aguas abajo de los embalses. En todo caso cualquiera de las alternativas de mejoramiento que aparecen, deberán ser sometidas a una evaluación económica, cuantificando beneficios y costos, para decidir su implementación y secuenciación en el tiempo.

j) Operación del embalse Cogotí: Al dejar servido por el embalse Paloma toda el área bajo cota del canal derivado Cogotí, que históricamente ha sido abastecida por el embalse Cogotí, hace que dicho embalse tenga que cubrir sólo una área relativamente pequeña en superficie. Por esta razón el embalse Cogotí, en la operación del modelo, está casi siempre lleno con continuos rebalses que son captados por el embalse Paloma. En la operación práctica, es posible que los volúmenes embalsados en Cogotí sean algo menores; esto ya que, dependiendo del patrón de cultivos que adopten los regantes y de las tasas de riego que utilicen, el canal derivado Cogotí puede tener problemas de capacidad, que deberán ser resueltos enviando recursos desde el embalse Cogotí a través del canal Matriz Cogotí.

k) Influencia de la capacidad de los canales en la operación del sistema : Los canales Villa lón, Derivado Cogotí y Matriz Paloma presentan problemas de capacidad en algunos meses, fundamentalmente en el mes de Septiembre para la alternativa 1 de patrón de cultivos. Este problema provocado por una tasa de riego muy alta de los cereales, puede verse aminorado en la práctica. En efecto, si se tiene en cuenta que los diferentes regantes siembran en distintos meses, la demanda de toda el área cultivada por cereales, presentará variaciones mensuales menores que las de la tasa de riego. Si aún suavizándose la curva de demanda, persiste la falta de capacidad, en el caso del derivado Cogotí, que es el que presenta mayores problemas, se puede recurrir al embalse Cogotí como ya se explicó.

1) Influencia de la tasa de riego. En las conclusiones de este estudio ha tenido una importancia relevante las tasas de riego utilizadas. La tasa de riego total anual condiciona la superficie que puede ser cultivada, de manera que si existen diferencias apreciables entre las tasas usadas en este estudio y aquellas utilizadas en la práctica, se pueden producir cambios importantes en los resultados.

Por otra parte, la distribución estacional de la tasa de riego también tiene mucha importancia ya que los canales existentes del sistema tienen una capacidad limitada y en determinados meses se pueden producir déficit de capacidad provocados por una mal estimación de la tasa de riego estacional.

Se recomienda estudiar más a fondo la tasa de riego utilizada actualmente por los usuarios, tanto en volumen total como su repartición en el tiempo. Con estos nuevos valores se podrán afinar más las conclusiones de este estudio.

m) Funcionamiento del canal alimentador de Recoleta. En todas las pasadas del modelo de operación se pudo observar un funcionamiento bastante discontinuo del canal alimentador de Recoleta ya que sólo conduce excedentes del río Grande que rebalsarían en Paloma y además se envían recursos al embalse Recoleta para llevarlo al volumen mínimo fijado en 20 millones de m³.

El volumen medio anual en bocato ma que conduce este canal varía según las condiciones de la alternativa estudiada entre 3.9 y 11.6 millones de m³. La mayoría de este volumen corresponde a excedentes del río Grande que de todas maneras se perderían por rebalses en Paloma. Esto significa que las pérdidas del canal alimentador de Recoleta (52%) no tienen importancia en la operación del sistema y por lo tanto no se justifica revestirlo.

C A P I T U L O 2

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS ANTERIORES

2.1. Introducción.-

En este capítulo se analizan los principales estudios anteriores que tratan del Embalse Paloma, su concepción y la integración de él a lo que actualmente es el Sistema Paloma. Específicamente se analizan aquellos aspectos que atañen a la operación del sistema de riego; a las superficies bajo riego de cada uno de los embalses y también de las zonas de aguas arriba de los embalses; a las tasas de riego utilizadas en las etapas de proyecto y factibilidad y en general a todas aquellas cifras que deban ser contrastadas con la situación actual de un sistema existente, en operación. Esto además, teniendo en cuenta la gran cantidad de antecedentes fluvio y pluviométricos que se han agregado a aquellos disponibles en la época de ejecución de los anteproyectos y estudios de factibilidad del Embalse Paloma.

La ordenación del capítulo se ha hecho de tal modo de presentar en forma cronológica los estudios más importantes dejando para el final el análisis somero de algunos informes que tratan problemas muy puntuales y que son marginalmente relevantes para el presente estudio.

2.2. Estudio Embalse Paloma - Anteproyecto general del Sistema Paloma - Recoleta - Cogotí.-

2.2.1. Generalidades :

Este estudio data de Octubre de 1957 y fue realizado por el Ingeniero Sr. Adolfo León E. En adelante este estudio se designará como EEP.

El informe incluye dos partes principales más anexos y gráficos. La primera parte es un estudio hidrológico que incluye :

- Recursos de Agua
- Necesidades de Agua
- Estudio del Río Grande
- Estudio del Embalse Cogotí y de los ríos Cogotí y Huatulame
- Estudio del Embalse Recoleta y del riego del río Hurtado
- Aguas Subterráneas del río Limari
- Estudio de Regulación del Embalse Paloma

La segunda parte del informe es un anteproyecto de las obras por ejecutar, con el presupuesto respectivo.

En lo que concierne al presente estudio es importante destacar algunos aspectos tratados en la primera parte y los anexos respectivos.

Según el EEP, antes de la construcción del embalse Paloma, los terrenos regados alcanzaban a 68065 Hás., de las cuales 41065 Hás. eran regadas directamente por los ríos y 27000 Hás. por los embalses existentes Cogotí y Recoleta. El desglose de superficies de riego que se consideró para el EEP, fue el siguiente :

Embalse Recoleta	15000 Hás. (*)
Embalse Cogotí	12000 " (*)
Río Grande o Limarí, con derechos permanentes	12734 " (*)
Río Grande o Limarí, con derechos eventuales	4990 " (*)
Río Hurtado	3325 " (*)
Río Huatulame	953 " (*)
Río Cogotí	2113 " (*)
Río Pama	1630 " (*)
Río Combarbalá	2985 " (*)
Río Rapel	3650 " (*)
Río Palomo	1080 " (*)
Río Ponio	734 " (*)
Río Mostazal	2887 " (*)
Río Tulahuencito	1504 " (*)
Río Turbio	400 " (*)
Río Tascadero	469 " (*)
Río Caracha	29 " (*)
Otros ríos menores	1582 " (*)

Total ... 68065 Hás.

Los embalses existentes, Recoleta y Cogotí, en la fecha de ejecución del EEP no eran capaces de abastecer en forma adecuada sus superficies de riego. Así por ejemplo Re

(*) Se indica de esta forma aquellas zonas de riego que se mejorarían con la construcción del Embalse Paloma. Se disminuye la superficie del Río Grande en 375 Há y la del Huatulame en 525 Hás. por quedar bajo aguas del Embalse Paloma, con lo que el total mejorado alcanza a 57650 Hás.

coleta no regaba con seguridad adecuada más de 8500 de sus 15000 Hás.; mientras que Cogotí no regaba adecuadamente más de 4650 Hás. aproximadamente de su total de 12000 Hás. bajo canal. Por otro lado los terrenos regados directamente por los ríos tampoco contaban con seguridades adecuadas; así por ejemplo se estimaba que los terrenos abastecidos por el río Grande recibían dotación completa de agua sólo en un 33% de los años, mientras que para el río Hurtado y los demás del sistema se estimaban seguridades de riego del orden del 20%.

La concepción del embalse Paloma pretendía mejorar la situación descrita en el párrafo anterior. La premisa básica contemplada en el EEP fue la de lograr, a través de un embalse como Paloma, el mejoramiento de las seguridades de riego de los terrenos que se suponía debían regarse adecuadamente con el sistema anterior. Sólo en el caso de existir sobrantes de agua se destinarían éstos al regadío de nuevos terrenos.

La ubicación elegida para el embalse Paloma en el EEP, permitía dejar en su zona de influencia un total de 27877 Hás., regadas en ese entonces por las fuentes que a continuación se indican :

Río Grande o Limarí, con derechos permanentes :	9132 Hás.
Río Grande o Limarí, con derechos eventuales (Canal Camarico) :	3740 "
Zona regada por Embalse Cogotí :	5140 "
Zona regada por Embalse Recoleta :	9865 "
Total	<u>27877 Hás.</u>

Más adelante se consigna lo que el EEP determinó que debía regarse con Paloma del total anterior.

Para las zonas aguas arriba de los embalses, el EEP consideraba su mejoramiento de riego a través de la liberación de los derechos de aprovechamiento de aquellas áreas que quedarían bajo influencia directa del embalse.

En lo que sigue se detalla, por sectores, los mejoramientos que el embalse Paloma permitía, indicándose las hipótesis contempladas en el EEP. Es preciso establecer que el EEP contó con 15 años de estadísticas hidrológicas (Marzo de 1942 a Febrero de 1957) para los análisis de regulación de los embalses. El estudio se hizo para seguridades de riego de 80 y 85%, determinándose la capacidad que debería tener

el embalse Paloma para cada una de ellas. En el presente resumen se indican las cifras sólo para 85% de seguridad de riego, que fue la finalmente adoptada por el EEP luego de un análisis económico, y que daba un volumen de regulación necesario de 740 millones de m³ para Paloma.

2.2.2. Tasas de Riego :

Las distribuciones de cultivos y tasas de riego consideradas en el EEP, por sectores fueron las siguientes :

a) Zona Aguas Abajo de los Embalses

Cultivo	Distribución (%)	Tasa (m ³ /Há/año)
Chacras	15	5390
Cereales	20	3000
Alfalfa	48	9200
Alfalfa asociada	6	5450
Frutales	10	6690
Hortalizas	1	4500
Tasa media ponderada :		7045,5 m ³ /Há/año

b) Zona Río Grande y Afluentes Aguas Arriba de Paloma (excepto río Huatulame)

Se estimó el consumo en un 50% superior al del punto a), con la siguiente distribución de cultivos :

Chacras y Hortalizas	16%
Cereales	8%
Cereal asociado con alfalfa	8%
Alfalfa	48%
Frutales	20%

La tasa media ponderada por Há. fue de 12600 m³/año.

c) Zona del Río Hurtado Aguas Arriba del Embalse Recoleta.

Distribución de cultivos utilizada :

Cereales	14% (9% asociado con alfalfa)
Chacras y Hortalizas	15%
Frutales	15%
Alfalfa	56%

Con esta distribución la tasa media ponderada fue de 16360 m³/Há/año.

d) Zona del Río Huatulame entre los Embalses Cogotí y Paloma.

Se estimó una tasa por cultivo aproximadamente 100% superior a la del acápite a) y un 33% superior a la del acápite b). La distribución de cultivos utilizada fue :

Cereales	7%
Frutales	30%
Hortalizas y primores	32%
Chacras y melones	10%
Alfalfa	21%

La tasa media por Há. al año, fue de 13250 m³.

e) Zona del Río Cogotí.

Comprende todas las zonas de riego aguas arriba del embalse Cogotí. Para este sector se utilizó la siguiente distribución de cultivos :

Cereales	19%
Chacras y Hortalizas	19%
Frutales	5%
Alfalfa	57%

La tasa media para el sector fue de 11650 m³/Há/año.

Los valores anotados corresponden a tasas netas en el terreno y por lo tanto no toman en cuenta las recuperaciones de riego aprovechables, como tampoco las pérdidas en los canales de distribución.

2.6

El EEP supuso que en todos los valles aguas arriba de los embalses, el consumo neto de agua sería sólo de un 70% de las tasas anotadas, ya que por la conformación de los valles, las recuperaciones de riego serían en gran medida aprovechables dentro de los mismos valles. Para los terrenos regados en las terrazas por los embalses Cogotí y Recoleta sin embargo, se consideraron no aprovechables las recuperaciones, y además se castigaron las tasas anotadas debido a las pérdidas por conducción. Las pérdidas consideradas fueron las siguientes :

Canales del Embalse Cogotí	38%
Canales del Embalse Recoleta	17%
Canal Alimentador Recoleta	17%
Canales de Paloma que reemplazaría a Canales Cogotí	17%
Canal Camarico	19%
Canales de Paloma de reemplazo de Canales Recoleta	17%

De acuerdo a lo anterior, las tasas de riego a la salida de los embalses fueron las siguientes :

Terrenos de la terraza sur, servidos por Cogotí	11364 m ³ /Há/año
Terrenos de la terraza sur, servidos por Paloma (reemplazo de Cogotí y C. Camarico)	8698 m ³ /Há/año
Terrenos de la terraza norte, regados por Recoleta o Paloma	8489 m ³ /Há/año

Para las zonas de riego situadas en el río Grande o Limarí, aguas abajo de Paloma, se tomó un 90% de la tasa como agua no recuperable para el riego de aguas abajo.

2.2.3. Seguridades de Riego :

La idea básica del EEP fue tratar de proporcionar seguridades de riego semejantes a los distintos sectores beneficiados con Paloma. En el caso de terrenos abastecidos por ríos no regulados aguas arriba de los embalses, se intentó que ellos recibiesen dotaciones no inferiores al 80% de sus necesidades anuales.

Para los terrenos servidos directamente por los embalses se buscó hacer equivalentes sus condiciones en cuanto a seguridad de riego. La política de operación de los embalses, adoptada en el EEP, fue de reservar un volumen de agua en los embalses, para ser usado solamente en los años de sequía. En la parte superior del agua embalsada no se consideran restricciones y puede entregarse dotación completa. Si en un año determinado hay déficit de agua en la parte superior, se podrá usar además hasta la mitad del volumen de reserva, salvo en el caso que el volumen de la parte superior sea suficiente para entregar a lo menos un 75% de la tasa necesaria. El volumen de reserva se consideró dividido en dos partes iguales, en forma de utilizar la mitad en un año seco y dejar la otra mitad para usarla en el caso que el siguiente año fuese también seco. La magnitud de este volumen de reserva se fija en cada caso, de manera de asegurar en todos los años un abastecimiento mínimo equivalente a un 40% de la tasa.

Para evaluar las fallas y la correspondiente seguridad de riego, se estimó que la falla es total (año fallado), si sólo se entrega un 40% del agua necesaria; la falla se consideró de un 50% (medio año fallado), si la entrega es de un 60% de la dotación necesaria; finalmente una entrega del 90% de las necesidades se estimó que no constituía falla. Para valores intermedios de entregas se evaluaba la falla por interpolación lineal entre los valores indicados.

2.2.4. Estudio del Río Grande :

El estudio del río Grande se hizo considerando 5456 Hás. de riego aguas arriba de Paloma. No se consideraron los valles de los ríos Mostazal y Rapel, por tener éstos disponibilidades muy escasas frente a sus necesidades, lo que hace que ellos sean considerados no tributarios del Grande. El estudio consideró que la zona aguas arriba de Paloma podría ocuparla la totalidad de los recursos disponibles, ya que el resto podría ser servido directamente por el embalse. Se constató que con estas hipótesis se conseguía un riego con seguridad adecuada para las 5456 Hás. Se consideró además que 1331 Hás. del total anterior, podrían a futuro ser servidas directamente por el embalse o bien quedarían inundadas por el mismo; por lo tanto podría disponerse de recursos para regar por lo menos 1331 Hás. nuevas. Finalmente un análisis de factibilidad de riego de una mayor superficie con recursos propios del río, determinó que aguas

arriba del embalse podían regarse otras 2000 Hás. nuevas con seguridad aceptable. En consecuencia el EEP consulta el riego de 3331 Hás. nuevas aguas arriba de Paloma.

Estas Hás. nuevas consideradas, contemplan los siguientes mejoramientos :

a) Río Mostazal :

El EEP toma como superficie regada para este río 2887 Hás. No existían a la fecha datos fluvio métricos para este río, aún cuando cualitativamente se conocía su escasez de agua. El EEP contempla la posibilidad de regar las últimas 568 Hás. de este valle con aguas del río Grande, a través de un canal que se internara por el valle del Mostazal. Con ésto la superficie de riego del río Mostazal se reduciría a 2319 Hás.

b) Río Rapel :

La situación planteada es enteramente análoga a la del río Mostazal. El total de Hás. regadas considerada fue de 3650 Hás. El EEP consultó el reemplazo del riego de las últimas 632 Hás. por aguas del río Grande.

c) Zona del Palqui :

En el EEP se consideró para esta zona, ubicada en una rinconada del río Huatulame, un total de 2200 Hás. de riego. A la fecha sólo 150 Hás. eran regadas con derechos permanentes del río Grande. El estudio indicó que era factible regar 1568 Hás. con aguas del río Grande disponibles para nuevas superficies, de tal forma que sólo 632 Hás. deberían regarse con el Embalse Cogotí. El EEP consideró el total de 2200 Hás. para esta zona, a pesar que 400 Hás. quedaban inundadas por Paloma, ya que se suponía que estas 400 Hás. iban a reemplazarse en otras zonas del valle del río Huatulame.

Considerando que para el valle del río Huatulame se utilizó una tasa de riego mayor que para el Grande, el riego considerado para la zona del Palqui copa las 3331 Hás. nuevas de riego consultadas por el EEP aguas arriba de Paloma.

Los mejoramientos descritos para el río Grande, en conjunto con un análisis de disponibilidades de derechos eventuales que quedarían liberados por los canales Semita-Palqui, Camarico y Alimentador Recoleta, proporcionan al EEP las pautas de corrección de las estadísticas fluviométricas que quedarían disponibles a la entrada del embalse Paloma. Estos recursos disponibles son empleados en primer lugar para mejorar el riego de la zona servida por el embalse Cogotí, a través de un canal alimentador contemplado en el EEP. En segundo lugar para mejorar la situación de la zona servida por el embalse Recoleta, utilizando su canal alimentador. Finalmente los excedentes son considerados como aportes al embalse Paloma.

2.2.5. Estudio del Embalse Cogotí y de los Ríos Cogotí y Huatulame :

De acuerdo con los aportes al embalse Cogotí, se determinó que este sólo podía cubrir un total de 4650 Hás., para una seguridad de 85%, de su total de 12000 Hás. bajo riego.

El EEP contempló el mejoramiento del regadío en el valle del río Cogotí, aguas arriba del embalse, considerando que éste no debería seguir tributando al río Huatulame. Este último con el sistema Paloma implementado podría abastecerse directamente desde el embalse Cogotí. El embalse Cogotí utilizaría los excedentes de agua en épocas de abundancia. El río Pama no modificaría su situación deficitaria.

Con la situación descrita, significaba un aumento de 428 Hás. del río Huatulame que deberían servirse directamente por el embalse Cogotí.

El EEP contempla aumentar el volumen de regulación del Embalse Cogotí de 150 a 195 millones de m³. Además se contempla un canal alimentador de 800 lts/seg de capacidad que capte en el río Grande y abastezca el Canal Matriz de Cogotí; con esto se pretendía aprovechar cualquiera sobrante del río Grande, aliviando las demandas directas al embalse. Con estos dos cambios de infraestructura, se determinó que Cogotí podría cubrir una superficie de riego de 7600 Hás. para una seguridad de riego 85%, por lo tanto el embalse Paloma debería ser capaz de reemplazar 4852 Hás. (*) de Cogotí.

(*) La diferencia con el total de 12428 Hás. indicado al comienzo de este punto, resulta de algunas consideraciones menores con respecto a las superficies de Huatulame y además a que para este valle se tomó una tasa mayor que obliga a un ajuste para la equivalencia a Hás. de Cogotí.

El EEP consideró que una vez satisfechas las demandas impuestas por el canal alimentador del matriz Cogotí, los sobrantes de agua del río Grande quedarían disponibles para ser utilizados por el canal alimentador Recoleta, o bien, para ser embalsados en Paloma. Además se hizo un ajuste a los aportes del río Huatulame a Paloma debido a la distinta modalidad de operación y capacidad del embalse Cogotí, que modificaría sus estadísticas históricas de rebalses.

2.2.6. Estudio del Embalse Recoleta y del Riego del Río Hurtado :

El embalse Recoleta fue originalmente concebido para regar 15000 Hás. nuevas en las terrazas del lado norte del río Limarí. Estas, aún con la construcción del Canal Alimentador, no podían ser regadas adecuadamente. El EEP determinó que el embalse Recoleta sólo era capaz de regar 8500 Hás. con 85% de seguridad.

En el EEP se concibe mejorar el riego en el valle del río Hurtado, aguas arriba de Recoleta, liberando a este río de la obligación de tributar una parte de sus recursos al embalse. De esta forma se logra un mejoramiento, aún cuando no se llega a un ideal de riego en este valle. La estadística fluviométrica histórica afluente a Recoleta, fue modificada de acuerdo con la concepción nueva de riego para la zona de aguas arriba.

El EEP concibe aumentar los aportes del canal alimentador Recoleta, utilizando los sobrantes de agua en el río Grande, una vez logrados los mejoramientos contemplados en los puntos anteriores de este informe. Para ésto es necesario aumentar la capacidad del embalse Recoleta de 100 a 120 millones de m³. Con este aumento de capacidad del embalse y política de operación del canal alimentador, según el EEP, Recoleta puede cubrir 12300 Hás., para una seguridad 85%. Como el total de superficie bajo riego de este embalse era de 15000 Hás., Paloma debería regar 2700 Hás. de la zona de Recoleta, para una seguridad 85%.

2.2.7. Aguas Subterráneas en el Río Limarí :

El EEP estudió la posibilidad de complementar el embalse Paloma explotando aguas subterráneas en la caja del río Limarí, entre Ovalle y la Carretera Panamericana, con el objeto de regar terrenos bajos. El estu-

dio sólo tuvo carácter preliminar pues se carecía de antecedentes completos que permitieran llegar a conclusiones definitivas.

Este estudio preliminar concluyó que era factible regar al menos 1000 Hás. con esta fuente.

2.2.8. Estudio de Regulación del Embalse Paloma :

Para una seguridad 85%, y de acuerdo a todos los análisis ya expuestos, el embalse Paloma se estudió para servir las siguientes superficies :

En reemplazo de Cogotí	4852	Hás.
Zona de Camarico	3740	"
En reemplazo de Recoleta	2700	"
Río Grande o Limarí, aguas abajo de Paloma	9132	"

Total ... 20424 Hás.

De este total, 1000 Hás. se deberían regar con aguas subterráneas.

La tasa de riego neta usada fue de 7045,5 m³/Há/año. La tasa de riego en embalse, considerando las pérdidas en los sistemas de distribución, o las recuperaciones en la caja del río, fueron las siguientes :

Zonas de Cogotí y Camarico (19% de pérdidas supuestas)	:	8698	m ³ /Há/año
Zona de Recoleta (17% de pérdidas supuestas)	:	8489	m ³ /Há/año
Zona del valle del Grande o Limarí (se supuso recuperaciones; 90% de la tasa neta)	:	6341	m ³ /Há/año

Con los valores anteriores, para un 85% de seguridad, el EEP considera que Paloma debería regar 17607 Hás. equivalentes de Recoleta, con tasa de 8489 m³/Há/año.

El estudio de regulación efectuado con estas bases y considerando como aportes al embalse Paloma :

- sobrantes del río Grande una vez cumplido el mejoramiento del río Grande y sus afluentes y la alimentación a los embalses Cogotí y Recoleta.
- aportes del río Huatulame, indicó para un 85% de seguridad la necesidad de un embalse de 740 millones de m³ de capacidad.

2.2.9. Conclusiones Finales del EEP :

Un anteproyecto preliminar de las obras por ejecutar, en conjunto con un estudio de costos de las mismas y un estudio de beneficios agroeconómicos de los mejoramientos logrados, llevó al EEP a concluir la conveniencia de ejecutar las obras enumeradas anteriormente.

En particular se concluyó que el sistema debía diseñarse para un 85% de seguridad de riego, lo que implicaba un volumen de regulación de 740 millones de m³ para Paloma.

2.3. Hidrometría Hoya Río Limarí y Sus Afluentes.-

2.3.1. Generalidades :

Este trabajo fue realizado por el Ingeniero del Departamento de Estudios de la Dirección de Riego Sr. Renato Pinochet V., en el año 1959.

El informe se refiere básicamente a los aspectos fluviométricos de la hoya, analizando las hipótesis y metodologías empleadas en el EEP, a la luz de nuevos antecedentes recogidos en terreno. Adicionalmente, se analizan las situaciones legales que el Embalse Paloma y su concepción de funcionamiento produciría en el aspecto regadío de la cuenca, y se hacen proposiciones en cuanto a necesidades hidrométricas futuras en los distintos ríos y canales del sistema.

En los aspectos pertinentes al presente estudio, que son analizados en el informe del Ingeniero Pinochet (HHL), es importante destacar los que se mencionan en los puntos siguientes.

2.3.2. Hidrometría Río Cogotí :

El informe HHL analiza el criterio utilizado en el EEP para considerar los aportes al embalse Cogotí. En efecto en el EEP se concibió mejorar el riego en el río Cogotí aguas arriba del embalse, liberando para esto la necesidad de este río de dejar pasar agua para el riego del Huatulame, considerando a la zona de riego de este último como abastecida por el embalse Cogotí directamente. De acuerdo a esta consideración en el EEP hubo que modificar los aportes históricos al embalse Cogotí. Esto se hizo calculando el consumo mensual promedio de la zona de riego del Huatulame, suponiéndose que el embalse Cogotí debió dejar pasar estos caudales siempre que el aporte del río Cogotí fuese mayor que este consumo y en caso contrario debió dejar pasar el total del aporte. Según el HHL este cálculo es sólo aproximado por dos razones :

- el embalse realiza una cierta regulación de las disponibilidades del río Huatulame en épocas de escasez, entregándole unos meses menos de lo que le corresponde y otras veces más.
- el turno no se cumple estrictamente conforme a derecho por falta de control, por lo que no siempre se dejó pasar para el Huatulame lo correspondiente según derecho.

2.3.3. Hidrometría Río Grande :

En vista que los terrenos regados por el río Grande aguas abajo de la ubicación de Paloma, serían servidos directamente por el embalse, una vez construido éste, era necesario modificar la estadística histórica afluyente a Paloma, de modo de hacerla representativa de los caudales disponibles para el embalse. El problema principal se presentaba en los casos de escasez en que el río estaba a turno. En el EEP se estimaron los consumos de riego históricos en el caso de turnos, calculando las diferencias de volumen producidas en el hidrograma del río cuando el turno está aguas abajo y aguas arriba de la sección de control, o sea interpolando las partes altas de los senos del hidrograma supuesto continuo y uniformemente variable. El informe HHL hacer ver que esta metodología no considera el hecho que en épocas de turno existieron históricamente una serie de diferencias en la distribución del agua, y que ésta en general no se ajustaba a derecho. Además el HHL indica que la hipótesis empleada en el EEP de suponer que los canales con derechos eventuales captaron agua sólo conforme a derecho, y por

lo tanto no recibiendo agua en períodos en que el río estaba a turno o en desmarque, tampoco era realista.

El HHL propone, luego de algunas consideraciones adicionales, un plan de mediciones hidrométricas que permitiera mejorar las deficiencias de los análisis del EEP en cuanto a la fluviometría del río Grande, deficiencias causadas básicamente por falta de mediciones. Una recomendación básica al respecto es la medición de los caudales extraídos efectivamente por los canales de riego.

2.3.4. Hidrometría Río Hurtado :

El análisis del EEP fue realizado básicamente en la misma forma que para el río Grande. El análisis hecho en el informe HHL indica los mismos tipos de deficiencias y propone recomendaciones similares.

2.3.5. Pérdidas por Conducción :

El informe HHL hace una recomendación especial de mediciones hidrométricas especiales en los canales del sistema para detectar sus pérdidas efectivas. De acuerdo a informaciones reunidas por el autor se exponen las siguientes discrepancias con las hipótesis de pérdidas por conducción utilizadas en el EEP.

- Para el canal alimentador de Recoleta, el EEP consideró un 17% de pérdidas. De acuerdo con algunas corridas de aforo el informe HHL indica que éstas serían bastante mayores ; del orden de un 22-30%.
- Para los canales de distribución del Embalse Recoleta, el EEP consideró un 17% de pérdidas. De acuerdo con los informes de la administración del Embalse, las pérdidas en el canal principal (Villalón) y los derivados del lado Norte estarían comprendidas entre un 22 y un 32%.

2.4. Estudio Embalse Paloma, 1963.-

2.4.1. Generalidades :

Este estudio complementa y modifica algunos aspectos del EEP. Fue desarrollado por el Ingeniero

Civil Sr. Ricardo Edwards G. de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas. En adelante se designará como ERE.

En este punto se analizan aquellos aspectos del ERE que concierne directamente al presente estudio.

Los cambios fundamentales de concepción del sistema, que incluye el ERE, con respecto a la proposición original del EEP, son :

- Se suprimen las ampliaciones de capacidad de los embalses Recoleta y Cogotí, propuestas en el EEP.
- No se considera la utilización de agua subterránea para servir parte de las áreas de riego aguas abajo de los embalses.
- La zona de riego aguas arriba de los embalses se reduce a 16142 Hás. Las zonas aguas abajo de los embalses se aumentan a 41358 Hás. para incluir 1500 Hás. de riego nuevo en la zona de Punitaqui. Esto lleva a un total de 57500 Hás. de riego.
- Se contempla la disminución de pérdidas por conducción en el canal matriz Cogotí, a través de obras de revestimiento de este canal en algunos de sus tramos.

2.4.2. Concepción del Mejoramiento del Riego de las 57500 Hás. Contempladas por el Proyecto :

El río Limarí y sus tributarios servían directamente a una superficie de riego de 13632 Hás. con derechos permanentes y 4090 Hás. con derechos eventuales; de este total 13222 Hás. quedarían aguas abajo de Paloma, por lo que se contempló deberían ser servidas directamente por éste. De las 4500 Hás. restantes, 375 Hás. quedarían inundadas por el embalse siendo 4125 Hás. la superficie de riego aguas arriba del mismo, que debería ser servida directamente por el río.

El embalse Recoleta, según los análisis hechos, regaba con seguridad adecuada 8500 de sus 15000 Hás. de riego. Se contemplaba un funcionamiento más continuo del canal alimentador de Recoleta y un reemplazo de 6000 Hás. que debían ser regadas directamente por Paloma. Con esto se consideraba que quedarían en buenas condiciones de riego las 15000 Hás. de Recoleta y además se daría un mejoramiento parcial a

las 3325 Hás. de riego en el valle del río Hurtado, aguas arriba de Recoleta. Esto último se lograba mediante la cesión de los derechos que el embalse Recoleta tenía sobre dicho río, en favor de los regantes de aguas arriba.

El mejoramiento de las 12000 Hás. servidas por el embalse Cogotí, se concebía de la siguiente forma :

- Paloma debería regar 7260 Hás. del total de 12000 Hás. Las 4740 Hás. restantes se regarían con recursos propios del Embalse Cogotí.
- Los análisis hechos indicaban que el Embalse Cogotí contaría con recursos para abastecer 4650 Hás. con seguridad adecuada.
- Se contemplaba un mejoramiento de la red de distribución del embalse Cogotí, revistiendo parcialmente sus canales. Con esto se pretendía disminuir el nivel de pérdidas de un 38 a un 25%.
- Hecho el mejoramiento anterior y considerando la superficie de reemplazo que se abastecería directamente de Paloma, Cogotí podría abastecer 400 Hás. adicionales. Esta situación se emplearía en el mejoramiento de los valles de Huatulame y Cogotí aguas arriba del embalse.

2.4.3. Otros Aspectos :

El ERE se completa con un análisis económico que contempla costos directos e indirectos, beneficios directos e indirectos, y aspectos financieros. Incluye además un análisis de suelos. En cuanto a necesidades de agua y tasas de riego, el ERE no innova con respecto a lo indicado en el EEP.

2.5. Embalse Paloma - Hidrología de la Hoya del Río Limari.-

2.5.1. Generalidades :

Este estudio fue realizado por los ingenieros P. Kleiman, y J. Torres en el año 1964. Abarca fundamentalmente los siguientes tópicos :

- Estudio de pérdidas y recuperaciones en los ríos Hurtado, Grande, Cogotí, Huatulame y Limarí.

- Estudio de pérdidas en los siguientes canales del sistema : Matriz Cogotí, Semita-Palqui, Alimentador Recoleta, Camarico, Tameicura y Villalón.
- Recopilación de informaciones sobre pozos y análisis químicos de agua subterránea en el valle del río Limarí.

La hidrometría en terreno, fue realizada en el período Octubre 1963 a Julio 1964, que fue un año lluvioso en que los ríos no fueron sometidos a turno. Comprendió corridas con un total de 2350 aforos.

2.5.2. Pérdidas y Recuperaciones en los Ríos :

En el río Hurtado se realizaron 3 corridas de aforo en el período, en el tramo Las Breas a Embalse Recoleta. De acuerdo con estas experiencias se observó en el tramo una recuperación del orden de 5 m³/seg, que según los autores provendría en buena medida del empleo de tasas de riego muy altas.

En el río Grande, se realizaron 8 corridas de aforo en el período, sin embargo hubo de descartarse 3 de ellas que arrojaban resultados dudosos. De acuerdo a las experiencias restantes, el informe indica que la recuperación en el tramo Tulahuén a Paloma resultaba bastante constante y del orden de 5 m³/seg. En el tramo de Paloma a Peñones Bajos, se observó una recuperación de aproximadamente 1,7 m³/seg.

En el río Cogotí se realizaron 3 corridas de aforo, sin embargo se utilizaron sólo dos de ellas. Los valores resultaron muy dudosos. Los autores indican que como resultado muy preliminar se podría considerar una recuperación de aproximadamente 0,5 m³/seg entre Puente Chineo (aguas abajo de Cogotí 18) y el Embalse Cogotí.

Para el río Huatulame, en base a 7 corridas de aforo con resultados bastante dispersos, se determinó que en el tramo entre el Embalse Cogotí y Chañaral existiría una pérdida de aproximadamente un 10% del gasto inicial del río. Entre Chañaral y Paloma se detectó un valor medio de recuperación de 1,6 m³/seg.

Para el río Limarí, entre Peñones Bajos y la Carretera Panamericana, se realizaron 8 corridas de aforo, entre Noviembre de 1963 y Julio de 1964. De éstas se conside

raron sólo aquellas realizadas de Febrero en adelante pues las anteriores dieron resultados erráticos. Con las 5 corridas consideradas, se determinó una recuperación bastante constante del orden de 2,5 m³/seg (máximo 3,22 m³/seg; mínimo 2 m³/seg).

Adicionalmente los autores calcularon " retornos de riego ", dividiendo las recuperaciones totales en cada tramo por las extracciones totales de los canales del tramo. De acuerdo a este procedimiento se determinó un " retorno de riego " de 60% para el río Hurtado aguas arriba del Embalse ; un " retorno de riego " muy variable con una media de 40% para el río Grande entre Tuluahuén y Paloma y un valor de 35% para el río Huatulame entre San Marcos y Paloma.

2.5.3. Pérdidas en Canales :

Se realizaron experiencias en los canales :

- Matriz Cogotí
- Semita-Palqui
- Camarico
- Alimentador Recoleta
- Tameicura
- Villalón

2.5.3.1. Matriz Cogotí.

Se realizaron 8 experiencias entre Noviembre de 1963 y Julio de 1964. La pérdida total en el tramo (98 Km) fue de 45%, con un rango entre 64% como máximo y 34% como mínimo. En vista de la longitud del canal, los autores expresan que esta pérdida es normal para un canal en tierra en buenas condiciones.

2.5.3.2. Semita-Palqui.

Se realizaron 5 experiencias entre Diciembre de 1963 y Junio de 1964.

Se consideraron los resultados de las últimas 4 corridas, obteniéndose una pérdida promedio de 33% en el largo total del canal (27,7 Km). El rango de las mediciones abarcó entre un 26 y un 41% de pérdida promedio.

2.5.3.3. Camarico.

Considerando 4 de las 5 corridas de aforo realizadas entre Diciembre de 1963 y Abril de 1964, se determinó una pérdida promedio de 26% para el largo total (40,7 Km). El rango abarcó entre un 16% y un 37%

2.5.3.4. Alimentador Recoleta.

Se realizaron 5 corridas de aforo entre Noviembre de 1963 y Junio de 1964. La pérdida promedio en el largo total del canal (75,5 Km) determinada con estas experiencias fue de 31%. El rango de pérdidas promedio determinadas con cada experiencia, fue de 22% como mínimo, hasta 41% como máximo.

2.5.3.5. Tamelcura.

Se realizaron 5 experiencias entre Enero y Junio de 1964. De las 5 corridas de aforo realizadas, los autores consideraron sólo 4, que arrojaron una pérdida promedio de 35% para los 11 Km. de canal. El rango de los valores abarcó desde 24 hasta 41%. Los autores consideran elevadas las cifras obtenidas.

2.5.3.6. Villalón.

En base a 5 corridas de aforo en el período de Enero a Junio de 1964, se obtuvo una pérdida promedio de 20% con un rango entre 13 y 35%

2.6. Embalse Paloma - Recuperaciones Río Limarí.-2.6.1. Generalidades :

Este trabajo es un complemento a aquel presentado en 2.5.; fue realizado por los mismos autores del anterior, en 1965. El trabajo comprende lo siguiente :

- Tres corridas de aforos entre Paloma y la Panamericana.
- Cálculo de recuperaciones totales y principales.
- Análisis químico del agua superficial y subterránea. Comparación con los resultados obtenidos en 1964.
- Recomendación para la ubicación de pozos de observación de la napa subterránea.

La hidrometría se realizó en los meses de Febrero, Marzo y Mayo de 1965.

2.6.2. Recuperaciones en Río Limarí :

Las tres corridas de aforo realizadas dieron los siguientes valores de recuperaciones :

- Tramo Paloma a Peñones Bajos ; 0,06 ; 0,76 y 1,21 m³/seg.
- Tramo Peñones Bajos a Panamericana ; 0,48, 1,08 y 3,25 m³/seg.

Los autores observan que en general (tanto en las experiencias realizadas en 1964 como en 1965) ocurre que las recuperaciones son del orden de los caudales captados por los canales, lo que implicaría una dependencia entre ambos valores. Según los autores ésto significaría que la principal fuente de recuperaciones son los retornos de riego, más bien que la napa subterránea.

Los autores descartan la primera experiencia como representativa de la situación, debido a que el río se encontraba a turno abajo. Según ésto en el cambio de turno de arriba hacia abajo, se producirían mayores pérdidas por encontrar se el lecho muy seco.

Como cifra media, los autores en base al análisis de las experiencias realizadas durante ambos años, se inclinan por una recuperación aproximada de 2 m³/seg.

2.7. Informe sobre El Proyecto de Regadío y Desarrollo de La Paloma.-

2.7.1. Generalidades :

Este estudio data de Enero de 1967 y fue realizado por Rendel, Palmer y Tritton, Ingenieros Consultores de Westminster, Londres. En adelante este estudio se designará como RPT.

El informe es un estudio de factibilidad global del proyecto Paloma, abarcando tanto los aspectos de factibilidad de las obras civiles y de desarrollo agrícola, como un análisis socio-económico de la región.

Las conclusiones principales del informe RPT, que atañen al presente informe son las siguientes :

- El proyecto de regadío y desarrollo agrícola de La Paloma se considera técnicamente factible.
- Los estudios de funcionamiento indicaron que se podría regar 37860 Hás. de las cuales 9192 tendrían dos cosechas. La seguridad de riego promedio fue de 94%, con un mínimo de 75% de los suministros normales en el año más seco.

2.7.2. Tasas de Riego :

Las tasas de riego anuales utilizadas en el RPT, fueron las siguientes :

Z O N A	Tasa m ³ /Há/año (*)
Valle Hurtado (aguas arriba)	12141
Valle Grande (aguas arriba)	13864
Valle Cogotí (aguas arriba)	11152
Valle Huatulame	16715
Los Peñones a Tranques Paloma y Recoleta	15604
Valle Limarí Bajo	13704
Area Punitaqui	15658
Llanos Limarí	13513

(*) Tasas a nivel predial, considerando un 65% de eficiencia de aplicación y pérdidas de distribución en el predio.

Estas tasas son en general superiores a las usadas en el EEP. Ellas corresponden a un uso futuro de la tierra que aparece resumido en la tabla siguiente :

C O S E C H A S	H E C T A R E A S		
	Una cosecha	Dos cosechas	Total
Trigo y otros cereales	3350	4542	7892
Maíz		4742	4742
Papas y otras cosechas de hileras	500	3300	3800
Tomates y otras hortalizas tempranas	1800	1150	2950
Duraznos, Nueces y otras frutas	4700		4700
Vid	5600		5600
Pastos de Invierno	2350	4650	7000
Cosechas forrajeras	10368		10368
Total de áreas cultivadas	28668	18384	47052
Area total regada			37860

2.7.3. Hidrología :

Las estadísticas hidrológicas utilizadas abarcaron el período 1942 a 1964, en la generalidad de los casos. Para obtener la fluviometría referida a la nueva concepción de riego del sistema, se utilizaron las mismas consideraciones de corrección de caudales que en el EEP. En esencia se amplió el período de análisis en los valores corregidos del tramo 1957 - 1964.

De acuerdo con los datos disponibles a la fecha del informe RPT, se resumen en la tabla siguiente los gastos volumétricos totales anuales del sistema Río Limarí.

Volúmenes en 10^6 m³

	Usado en Areas Aguas Arriba	En Ubicación de Embalses	Volúmen Combinado de Areas Aguas A- rriba y Embalses
Máximo	159,4	1181,8	1336,7
Promedio	124,5	460,5	585,0
Mínimo	81,7	130,2	218,4
Media		328,1	452,0

2.7.4. Areas de Riego Propuestas :

En la tabla siguiente, se incluyen las áreas de riego propuestas en el informe RPT, por zonas. En esta tabla se incluyen también con fines de comparación, las áreas consideradas en los estudios anteriores.

ZONAS DE RIEGO PROPUESTAS - SUPERFICIES EN HECTAREAS

Río o Zona	Estudio Embalse Paloma 1957		Estudio Embalse Paloma 1963		Informe RPT	
	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Sector Orient	Sector Occid	Aguas Arriba	Aguas Abajo
	Total	Total	Total	Total	Total	Total
Hurtado	3325	2700	6025	6025	2000	1020
Rapel	3650	3650			1910	
Mostazal	2887	2887			1290	
Grande o Limarí	3975	9132	11068	7226	3300	6680
Cogotí	2113	2113	2113	2113		
Combarbalá	(2985)					
Pama	(1630)					
Huatulame	2628	2628	2794	2794	2000	2000
Zona Recoleta		12300				
Canal Camarico		3740				
Zona Cogotí		11000				
						17560
Total	18578	38872	22000	35500	12600	25260
		57450		57500		37860

2.8. Distribución de las Aguas del Sistema Paloma.-

2.8.1. Generalidades :

Este informe fue realizado por el ingeniero Sr. Ricardo Edwards. de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas. Data del año 1967, y en lo que sí que se denominará DAP.

El informe DAP, considerando diversas situaciones producidas y antecedentes reunidos desde la concepción original del Sistema Paloma, propone algunas modificaciones al esquema de operación inicialmente concebido para el mismo. En lo esencial este informe toma en cuenta diversas informaciones y consideraciones hechas en la época, por el Ministerio de Agricultura.

2.8.2. Superficies y Tasas de Riego según Ministerio de A- gricultura :

En el cuadro siguiente se incluyen las superficies y tasas de riego que el Ministerio de Agricultura proponía a la fecha del estudio.

SECTOR	Superficie total susceptible de riego		Superficie recomendable para riego con 1ª prioridad	
	Hás.	Tasa de riego * m ³ /Há/año	Hás.	Tasa de riego m ³ /Há/año *
Río Hurtado	1400	10707	1305	10397
Río Grande	4803	10226	4718	10139
Ríos Cogotí y Huatulame	4070	10396	3887	10180
Ríos Hurtado y Grande	2832	10062	2823	10048
Río Limarí	4143	12324	3638	11932
Llanos	31200	13752	10940	13270
Plan Punitaqui	5868	12007	3422	11292
Camárico-Punitaqui	756	12386	676	12060
Totales	55072		31409	

(*) Tasas de riego a nivel predial.

2.8.3. Operación del Sistema Paloma :

La operación del sistema se efectúa comparando la concepción modificada presentada en el informe ERE (1963), con las cifras presentadas por el Ministerio de Agricultura.

2.8.3.1. Sector Río Grande.

En la operación estudiada en el ERE, se consideraba una superficie total para este sector, de 6456 Hás., con tasas de 12600 m³/Há/año para el río Grande y sus afluentes y de 13250 m³/Há/año, para la zona de Palqui. Se suponía adicionalmente un consumo neto de 70% de la tasa. De acuerdo con las cifras del Ministerio de Agricultura se requería contemplar sólo 3566,4 Hás, con una tasa de 10226 m³/Há/año. Lo anterior significaba un ahorro anual de agua de 26,3 millones de m³, considerando sólo un 10% de recuperaciones, en lugar de 30%. Como el Sistema Paloma se estudió considerando un 19% de pérdidas por conducción, la disponibilidad anotada, equivaldría a 21,3 millones de m³ al año, en terreno.

2.8.3.2. Sectores Cogotí y Huatulame.

Se mantiene la concepción original de mejorar el riego del río Cogotí liberándolo de la obligación de tributar al río Huatulame. Se consideran 1440,4 Hás. de riego en el valle del río Cogotí y 476,4 Hás, en el Huatulame, constituyendo estas últimas un área de servicio del Embalse Cogotí.

2.8.3.3. Regulación del Embalse Cogotí.

En el ERE se consideraba que este embalse con algunos mejoramientos de su canal matriz (reduciendo sus pérdidas por conducción a un 25%), era capaz de abastecer 5625 Hás. con una tasa en terreno de 7045 m³/Há/año y con 85% de seguridad. De acuerdo con las cifras de tasas y superficies consideradas en el DAP, para las necesidades de agua de la zona del Palqui y el río Huatulame, el embalse podría proveer un volumen anual de 32,5 millones de m³ para las zonas situadas aguas abajo de Paloma (sectores denominados ríos Grande y Hurtado; río Limarí, Llanos y Punitaqui)

2.8.3.4. Sector Río Hurtado.

En el informe DAP se mantiene la concepción original de liberar al río Hurtado de la obligación de tener que tributar una parte de sus recursos, al Embalse Recoleta.

2.8.3.5. Disponibilidad de Agua para los Sectores Ríos Hurtado y Grande, Río Limarí, Llanos y Plan Punitaqui.

De acuerdo al ERE, Paloma y Recoleta en conjunto y una vez cumplidos los mejoramientos aguas arriba de los embalses, regularían anualmente un volumen de 259,5 millones de m³, en terreno y con 85% de seguridad. Agregando a este total 21,3 millones de m³ de mayor disponibilidad de Paloma y 32,5 millones de m³ del embalse Cogotí, se obtiene una disponibilidad total de 313,3 millones de m³ para los sectores indicados en este acápite.

Para la zona de los Llanos el ERE consideró una tasa de 7045 m³/Há/año, mientras que el Ministerio de Agricultura indicaba una tasa de 13752 m³/Há/año. El informe DAP no se pronuncia al respecto, e indica que para este sector se podría considerar el total de 31200 Há. con tasa de 7045 m³/Há/año o bien 15983 Há. con tasa de 13752 m³/Há/año. Evidentemente cualquier situación intermedia con consumo total de 219,8 millones de m³ al año resultaría también factible.

Para los sectores Hurtado y Grande y Limarí, el informe DAP considera las áreas totales indicadas por el Ministerio de Agricultura. En cambio para el Plan Punitaqui considera incorporar al riego sólo los suelos recomendados con primera prioridad.

De acuerdo con lo expuesto el informe entrega el siguiente balance de aguas para estos sectores : (Ver Tabla en página siguiente).

Esta Tabla representaría una situación de un pequeño déficit con respecto a las disponibilidades. El informe DAP considera poco significativo este déficit, debido al carácter necesariamente aproximado de los cálculos realizados.

SECTOR	HAS.	TASA (m ³ /Há)	TOTAL m ³ x 10 ⁶	MENOS m ³ x 10 ⁶	NETO m ³ x 10 ⁶
Ríos Hurtado y Grande	2832	10062	28,5	---	28,5
Río Limarí	4143	12324	51,1	7,1*	44,0
Llanos	31200	7045	219,8	---	219,8
Plan Punitaqui	3422	11292	38,6	4,8**	33,8
Totales	41597				326,1

(*) Considera el aprovechamiento de $7,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ provenientes de agua subterránea.

(**) Considera recuperaciones de $4,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ aprovechables.

C A P I T U L O 3

ANALISIS DE ESTADISTICAS
PLUVIOMETRICAS Y FLUVIOMETRICAS

3.1. Pluviometría y Análisis Pluviométrico.-

3.1.1. Generalidades :

El estudio de precipitaciones que aquí se presenta tiene por objeto homogeneizar, corregir, rellenar y extender las estadísticas pluviométricas de las principales estaciones ubicadas dentro de la cuenca del río Limarí. Las estaciones se eligieron de manera tal que cubrieran toda la cuenca en la forma más homogénea posible.

Una vez procesada la información pluviométrica se utiliza para calcular los índices de precipitación requeridos como datos para efectuar los siguientes estudios:

- pronóstico de deshielo
- estudio de la escorrentía de los valles interiores entre las estaciones pluviométricas ubicadas en la cabecera de los ríos y los embalses.
- operación simulada del sistema Paloma.

Para el análisis de la homogeneidad de las estadísticas de precipitación se ha utilizado principalmente el método de las curvas doble acumuladas. (*) Este método, que consiste en llevar los valores acumulados del promedio de un grupo de estaciones versus los valores acumulados de la estación en estudio, permite verificar la consistencia de un registro pluviométrico utilizándose también para la extrapolación de estadísticas faltantes. Si los puntos graficados caen sobre una recta única, se dice que la estación estudiada es consistente y no requiere corrección. Si se detecta algún quiebre, se supone que la estadística más reciente es la representativa de las mediciones que se efectuarán en el futuro y se procede a corregir aquellos años que caen sobre una recta diferente a la del último período.

También se utilizó en este estudio el análisis de correlaciones para el relleno de estadísticas. (**)

(*) Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. "Ampliación de Estadísticas Pluviométricas y Fluviométricas". Santiago, Junio 1974.

(**) Varas, E. y P. Ferrer "Métodos Estadísticos en Hidrología" Universidad Católica de Chile, Publicación N° 72-5, Octubre 1972.

En la figura 3.1 se presenta la ubicación geográfica de las estaciones pluviométricas elegidas para el estudio y en la figura 3.2 un diagrama de barras que muestra en forma esquemática la estadística existente en cada una de las estaciones.

En este capítulo se presenta la elección del período para el estudio de precipitaciones, la selección del patrón, el relleno de las estaciones del patrón, la homogeneización de las estaciones del patrón y la extensión de las estaciones que no integran el patrón.

3.1.2. Selección del patrón y del período de estudio:

Del diagrama de barras de la figura 3.2 se observa que son muy pocas las estaciones que tienen registros anteriores al año 1940. Por otra parte, una estadística de 30 años de precipitaciones es suficiente para los fines perseguidos por este estudio, de manera que se seleccionó el período 1944-1973 (30 años) para realizar el análisis de las precipitaciones.

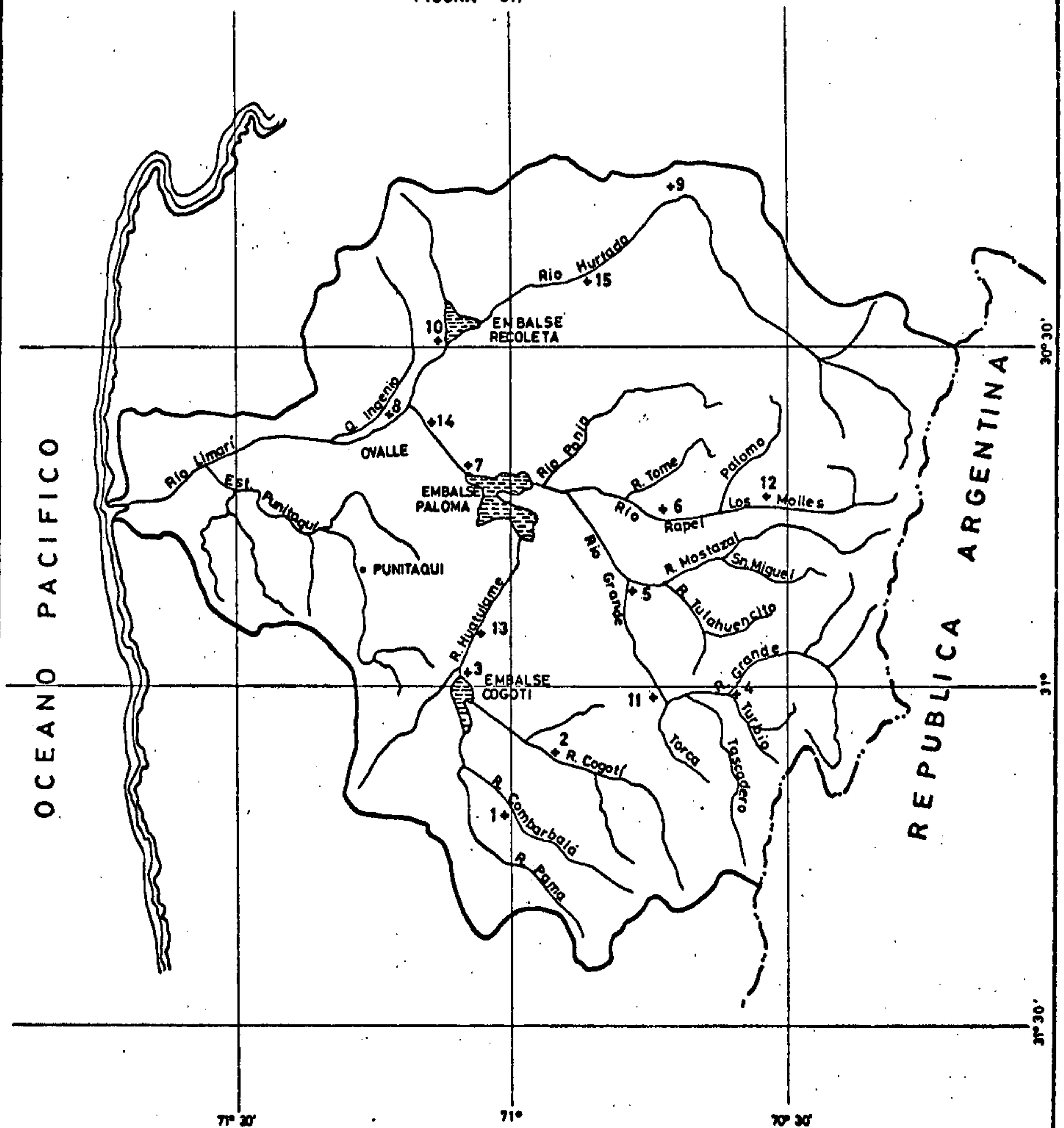
En el período seleccionado las estaciones cuyos registros estuvieran más completos se seleccionaron para integrar el patrón. Además para este efecto se tuvo en cuenta el análisis de precipitaciones Sector Copiapó-Aconcagua de CORFO (*). De acuerdo con este criterio y la figura 3.2 el patrón quedó formado por las siguientes estaciones:

- 1.- Combarbalá
- 2.- Cogotí 18
- 3.- Embalse Cogotí
- 4.- Las Ramadas
- 5.- Caren
- 6.- Fundo Valdivia
- 7.- Paloma
- 8.- Ovalle
- 9.- Hurtado
- 10.- Embalse Recoleta

(*) Wood, G. "Estudio de Precipitaciones Anuales, Sector Copiapó-Aconcagua, Isoyetas CORFO, Julio 1971.

HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO LIMARI UBICACION ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

FIGURA 3.1

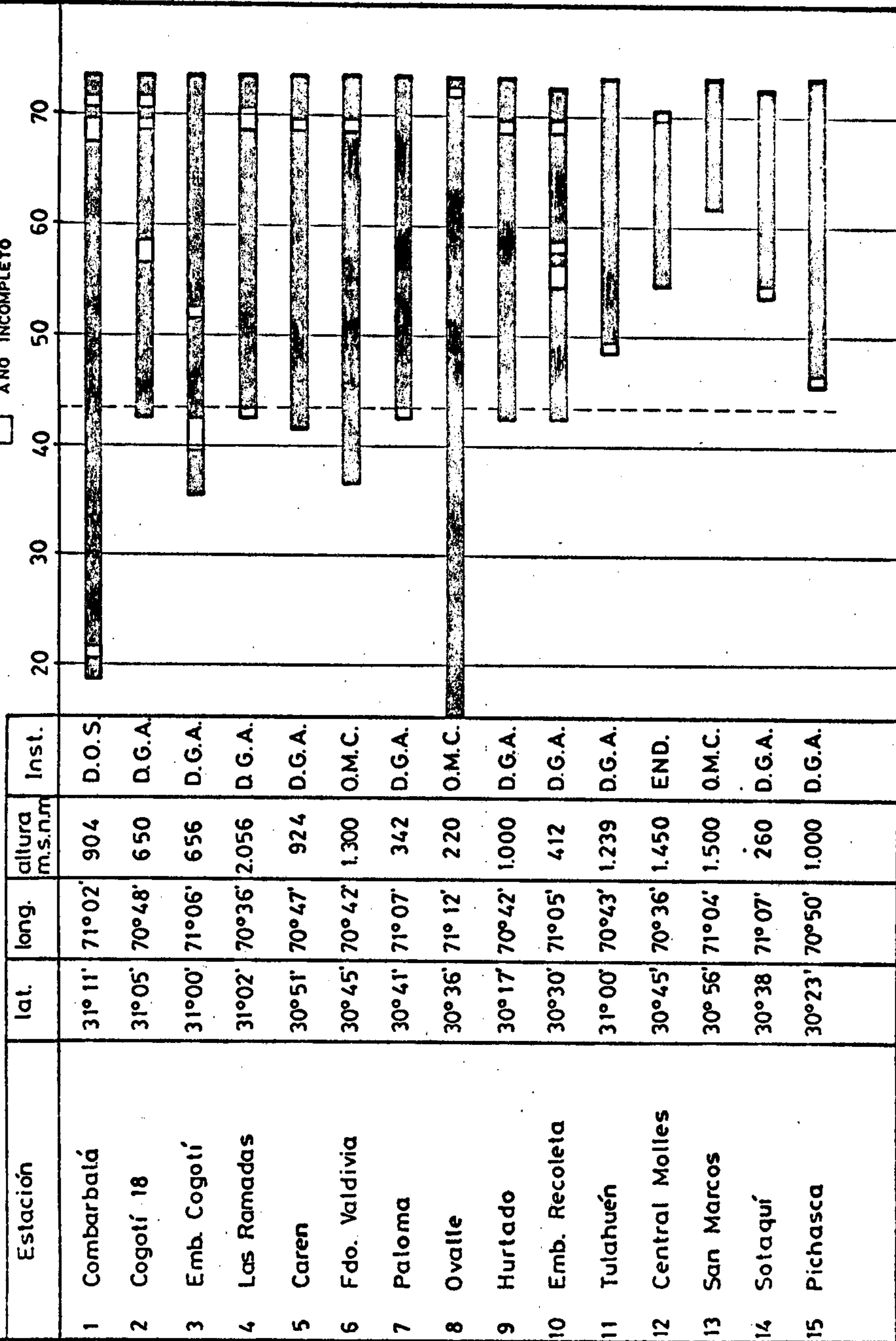


10 5 0 10 20 30 40 50KM.

- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. COMBARBALA (O.M.C.) | 9. HURTADO (D.G.A.) |
| 2. COGOTI 18 (D.G.A.) | 10. EMB. RECOLETA (D.G.A.) |
| 3. EMB. COGOTI (D.G.A.) | 11. TULAHUEN (D.G.A.) |
| 4. LAS RAMADAS (D.G.A.) | 12. CENTRAL MOLLES (ENDESA) |
| 5. CAREN (D.G.A.) | 13. SAN MARCOS (O.M.C.) |
| 6. FDO. VALDIVIA (O.M.C.) | 14. SOTAQUI (D.G.A.) |
| 7. EMB. PALOMA (D.G.A.) | 15. PICHASCA (D.G.A.) |
| 8. OVALLE (O.M.C.) | |

FIGURA 3.2
ESTADÍSTICAS PLUVIOMÉTRICAS EXISTENTES

■ AÑO COMPLETO
□ AÑO INCOMPLETO



3.1.3. Relleno y homogeneización de las estaciones del patrón :

Para homogeneizar las estadísticas del patrón es preciso construir las curvas doble acumuladas del patrón versus cada una de las estaciones que lo integran. Para esto es necesario que las estaciones del patrón tengan registros completos. Como se puede apreciar de la figura 3.2 las estaciones que integran en patrón a lo más tienen 4 años de estadística faltante o incompleta. El relleno de los años incompletos o inexistentes se realizó según uno de los 3 métodos que se explican a continuación :

- a) Si el año incompleto le faltaban meses de verano se supuso precipitación nula en los meses faltantes.
- b) Si al año incompleto le faltaban 1 o 2 de los meses de invierno en que había precipitación, se supuso que en esos meses la precipitación había sido igual al de alguna de las estaciones vecinas con módulo pluviométrico similar.
- c) Si el año completo no había sido medido se procedió a rellenar mediante el método de la Precipitación Normal Anual. (*) Este método calcula la precipitación en la estación faltante mediante el siguiente promedio ponderado :

$$P_x = \frac{N_x}{3} \left(\frac{P_a}{N_a} + \frac{P_b}{N_b} + \frac{P_c}{N_c} \right)$$

donde :

- P_x : precipitación anual en la estación en estudio.
- N_x : promedio anual en la estación en estudio.
- $P_{a,b,c}$: precipitación anual en tres estaciones vecinas a la estación x en el año correspondiente
- $N_{a,b,c}$: promedio anual en las estaciones a, b y c.

Una vez rellenas las estaciones del patrón por alguno de los 3 métodos anteriores se procedió a formar el patrón promediando las 10 estaciones para cada uno de los años. Las curvas doble acumuladas del patrón versus cada una de las estaciones que lo integran se muestran en las figuras 3.3 y 3.4. En esas figuras se puede ver que la mayoría de las estaciones presentan inconsistencias con

(*) Soc. Chilena de Ing. Hidráulica. "Ampliación de Estadísticas Pluviométricas y Fluviométricas". Junio 1974.

excepción de Embalse Recoleta y Paloma. También aparece en las figuras el factor de corrección (f) para las estaciones inconsistentes que se calcula como la razón :

$$f = \frac{p_1}{p_2}$$

donde :

p_1 : pendiente del tramo final de la curva doble acumulada.

p_2 : pendiente del tramo por corregir.

De acuerdo con la teoría de las curvas doble acumuladas, para la corrección de las estadísticas se aplica el factor f a las precipitaciones de los años comprendidos entre 2 quiebres consecutivos sin incluir el punto final del tramo.

Una vez corregidas las estaciones inconsistentes se formó un nuevo patrón y se graficaron las curvas doble acumuladas de algunas estaciones versus el patrón. Todas ellas dieron rectas únicas y por lo tanto las estadísticas corregidas se pueden suponer homogéneas.

Para las estaciones del patrón, se corrigieron además las precipitaciones mensuales, utilizando para ello los mismos factores de corrección establecidos por las curvas doble acumuladas anuales.

En el anexo I, tablas I.1 a I.10 se presentan las estadísticas mensuales y anuales originales de las estaciones del patrón. En la tabla I.11 se presentan los valores anuales de cada una de ellas en conjunto con el valor calculado del patrón. Finalmente en las tablas I.12 a I.19 se presentan las estadísticas mensuales y anuales corregidas, para aquellas estaciones que presentaban inconsistencias.

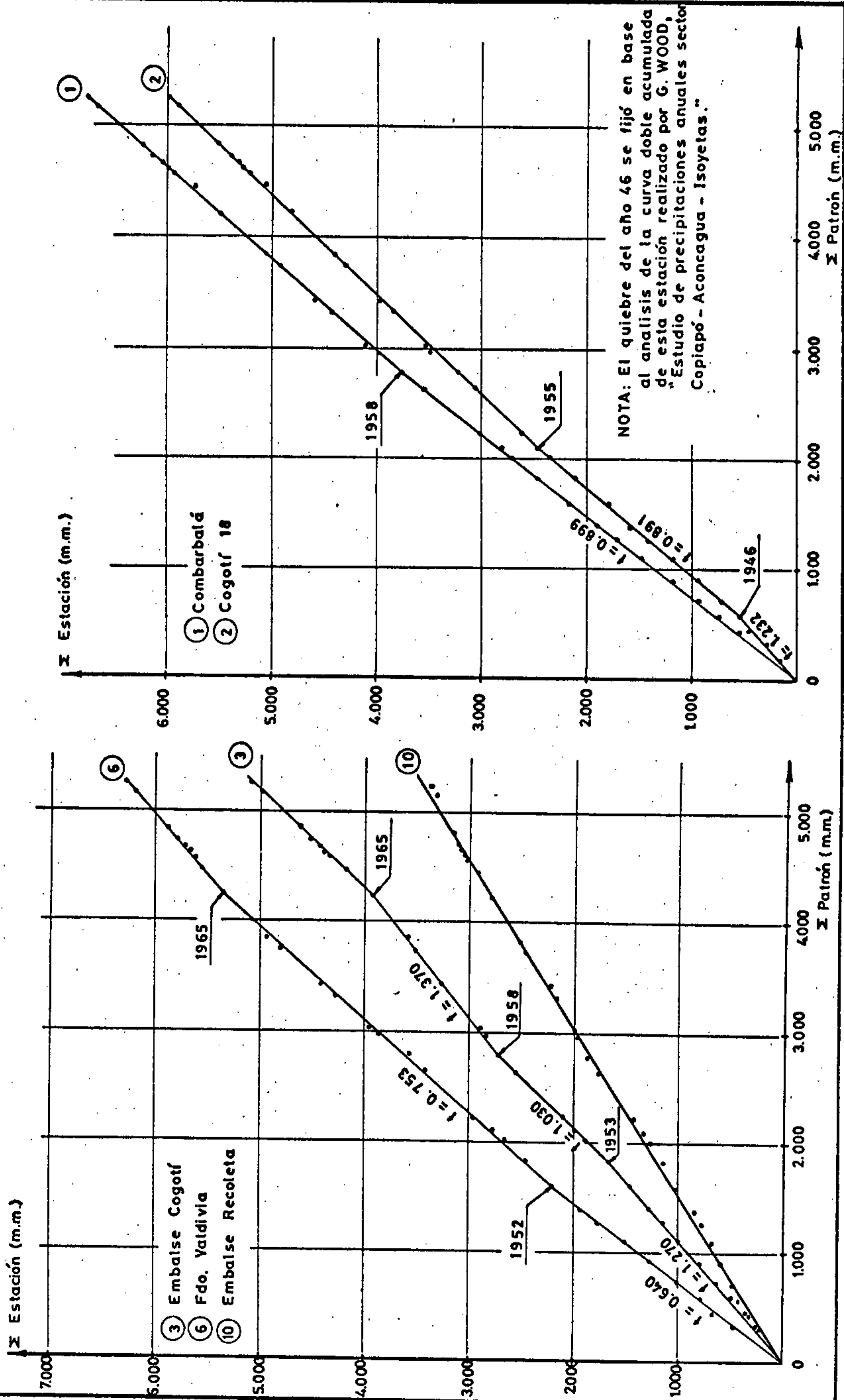
3.1.4. Homogeneización y extensión de otras estaciones:

Ademas de las estaciones seleccionadas para integrar el patrón existen otras estaciones que por su ubicación son de interés para este estudio. Ellas son:

11.- Pichasca

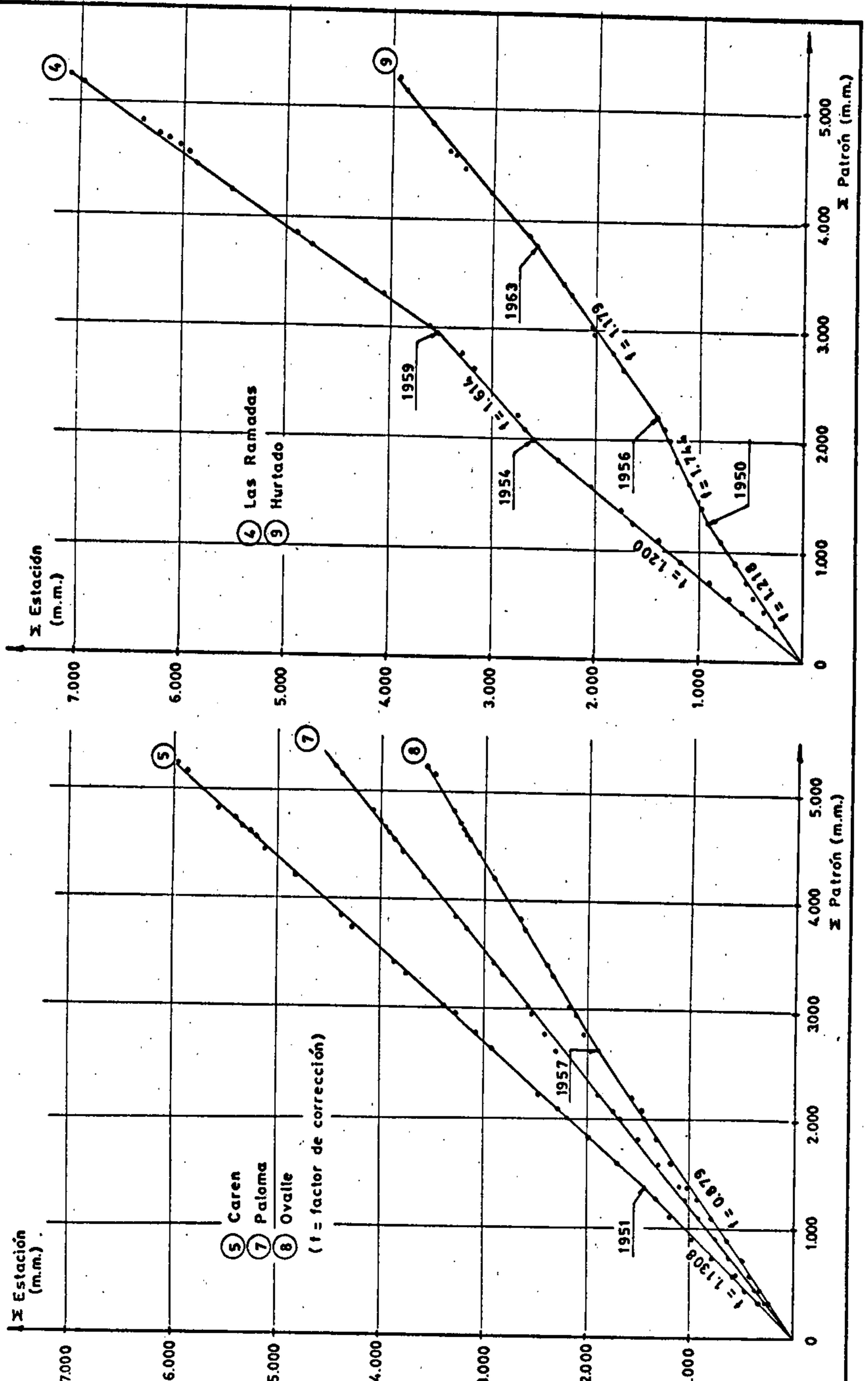
12.- Tulahuén

FIGURA 3.3
HOYA RIO LIMARI - CURVAS DOBLE ACUMULADAS



NOTA: El quiebre del año 46 se fijó en base al analisis de la curva doble acumulada de esta estación realizado por G. WOOD, "Estudio de precipitaciones anuales sector Copiapó - Aconcagua - Isoyetas."

FIGURA 3.4
HOYA RIO LIMARI - CURVAS DOBLE ACUMULADAS



- 13.- Sotaquí
- 14.- San Marcos
- 15.- Los Molles

En la figura 3.5 aparecen las curvas doble acumuladas de estas 5 estaciones versus el patrón corregido, observándose que únicamente Pichasca y San Marcos son consistentes. Se corrigieron las estaciones inconsistentes de acuerdo con los factores de corrección que aparecen en la figura 3.5.

La extensión de estas estadísticas se realizó en base a la curva doble acumulada si los años faltantes eran pocos; en caso contrario se establecieron correlaciones con estaciones vecinas. A continuación se explica el procedimiento utilizado en cada caso.

i) Estación Pichasca.

A esta estación le faltaban 3 años de manera que se completó mediante la curva doble acumulada. Precipitación anual Pichasca = $0.663 \times$ Precipitación anual patrón.

ii) Estación Tulahuén.

La estadística faltante en esta estación es de 6 años de modo que se utilizó la curva doble acumulada para extenderla. Precipitación anual Tulahuén = $1.140 \times$ Precipitación anual Patrón.

iii) Estación Sotaquí.

Para extender esta estación se correlacionó con Paloma (Estadística de Sotaquí corregida). En la figura 3.6 se muestra esta correlación. Precipitación anual Sotaquí = 0.825 Precipitación anual Paloma.

iv) Estación San Marcos.

Se correlacionó con embalse Cogotí (figura 3.6) y se extendió. Precipitación anual San Marcos = 0.875 Precipitación anual Embalse Cogotí corregida.

v) Estación Los Molles.

Para extender esta estación se efectuó

HOYA RIO LIMARI - CURVAS DOBLE ACUMULADAS

FIGURA 3.5

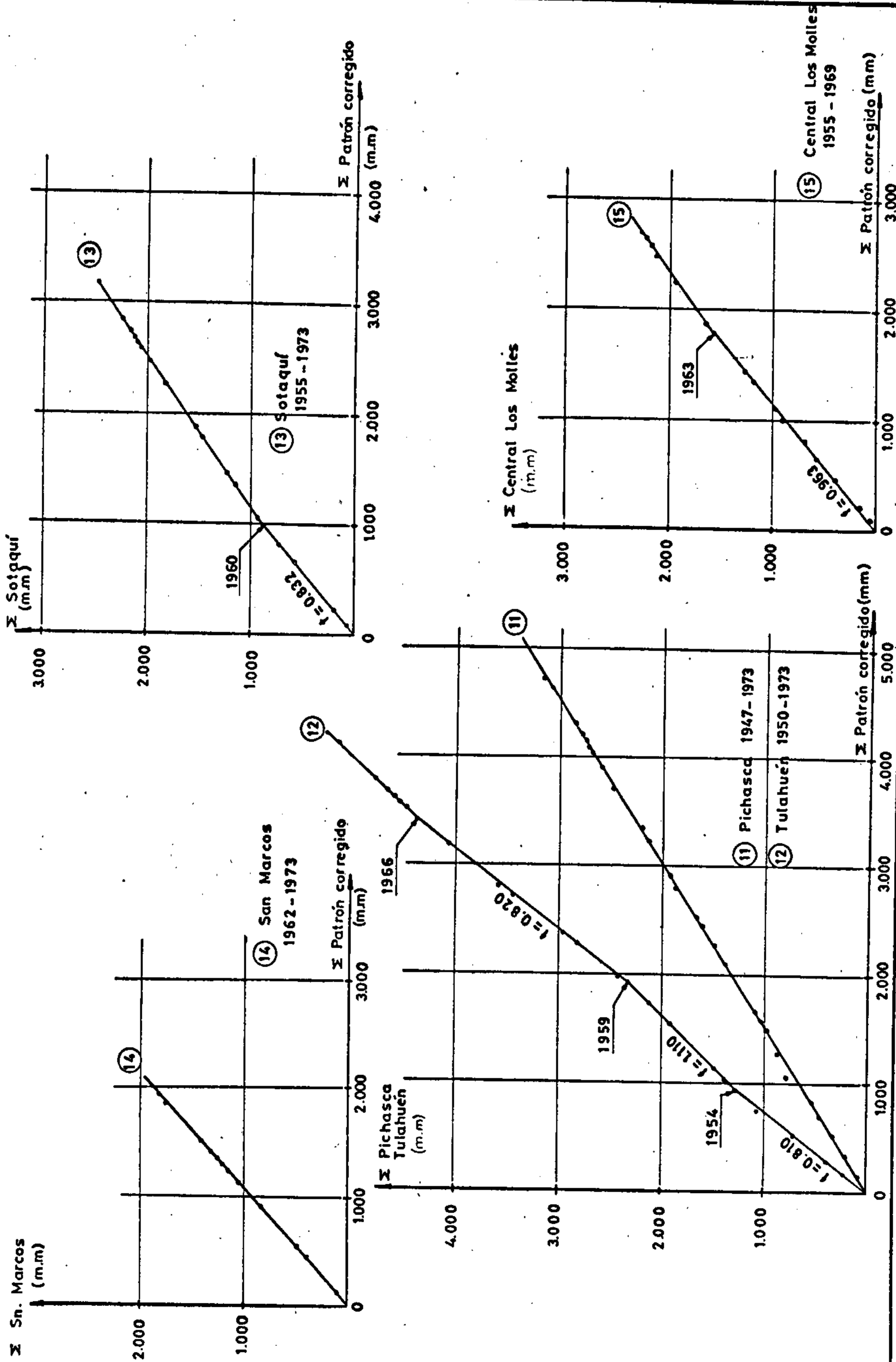
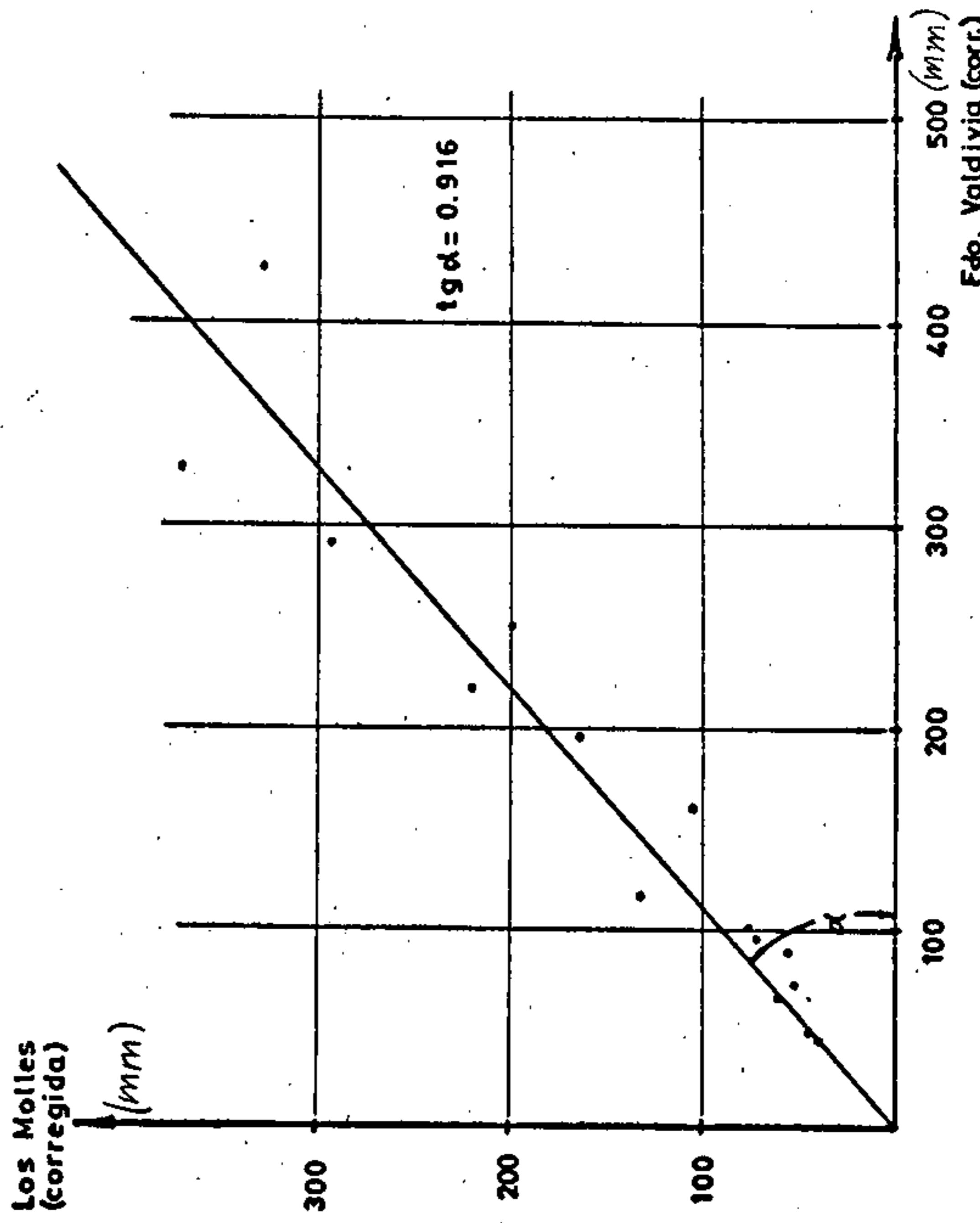
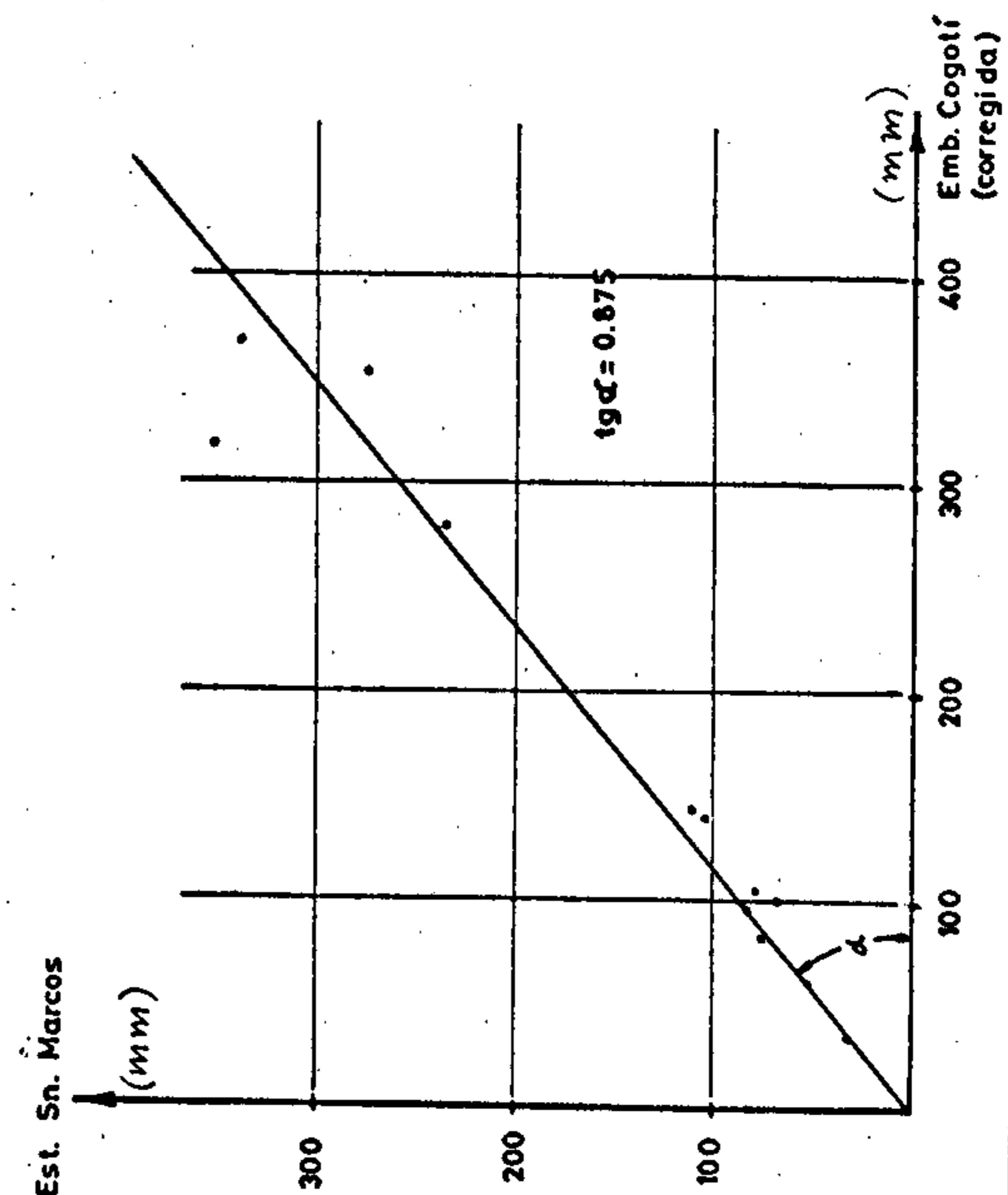
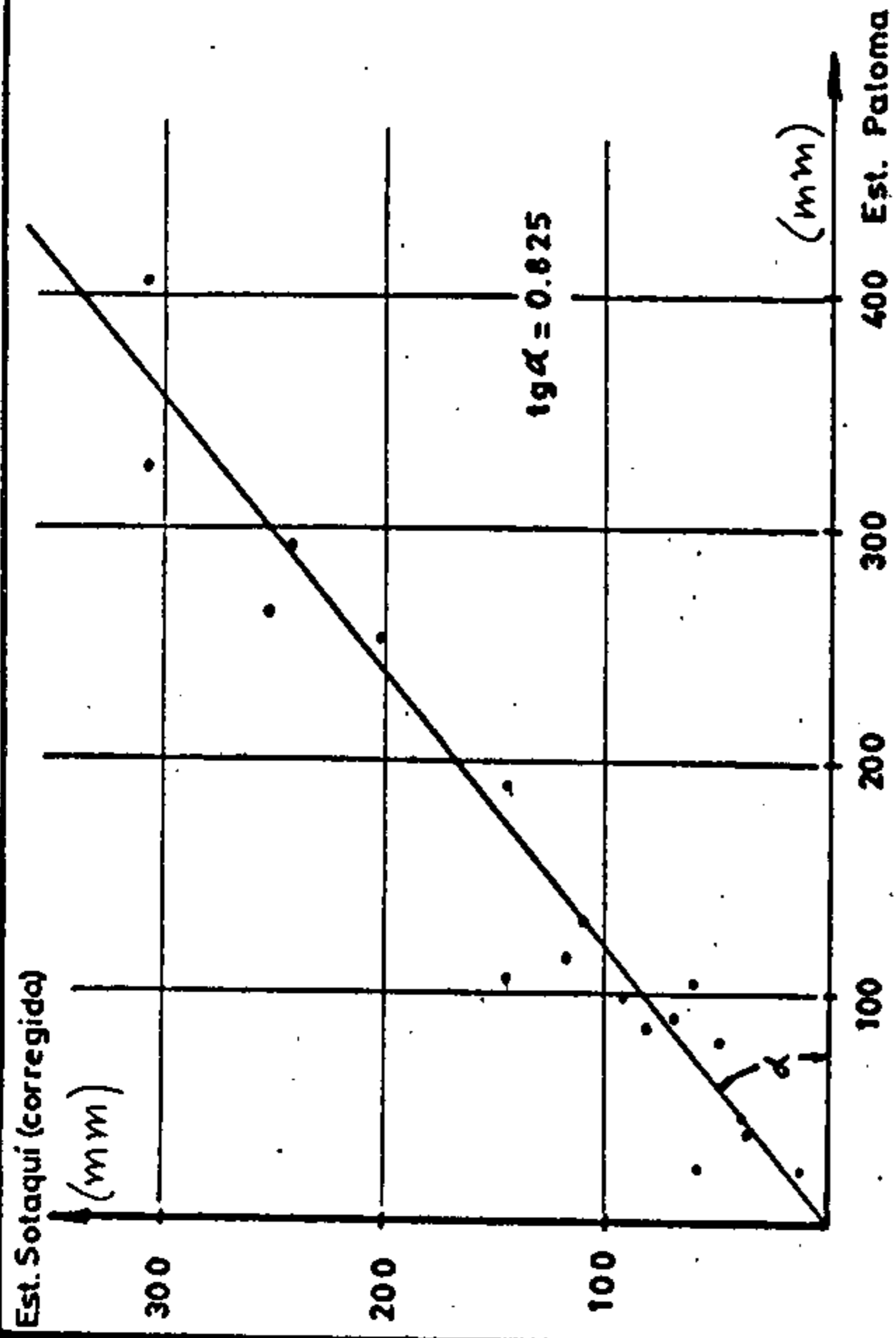


FIGURA 3.6
HOYA RIO LIMARI
CORRELACION DE PRECIPITACIONES ANUALES



una correlación con Fundo Valdivia (figura 3.6). Precipitación anual Los Molles = 0.916 Precipitación anual Fundo Valdivia corregida.

Las estadísticas anuales originales y corregidas y/o ampliadas de estas 5 estaciones aparecen en el Anexo I, tabla I.20.

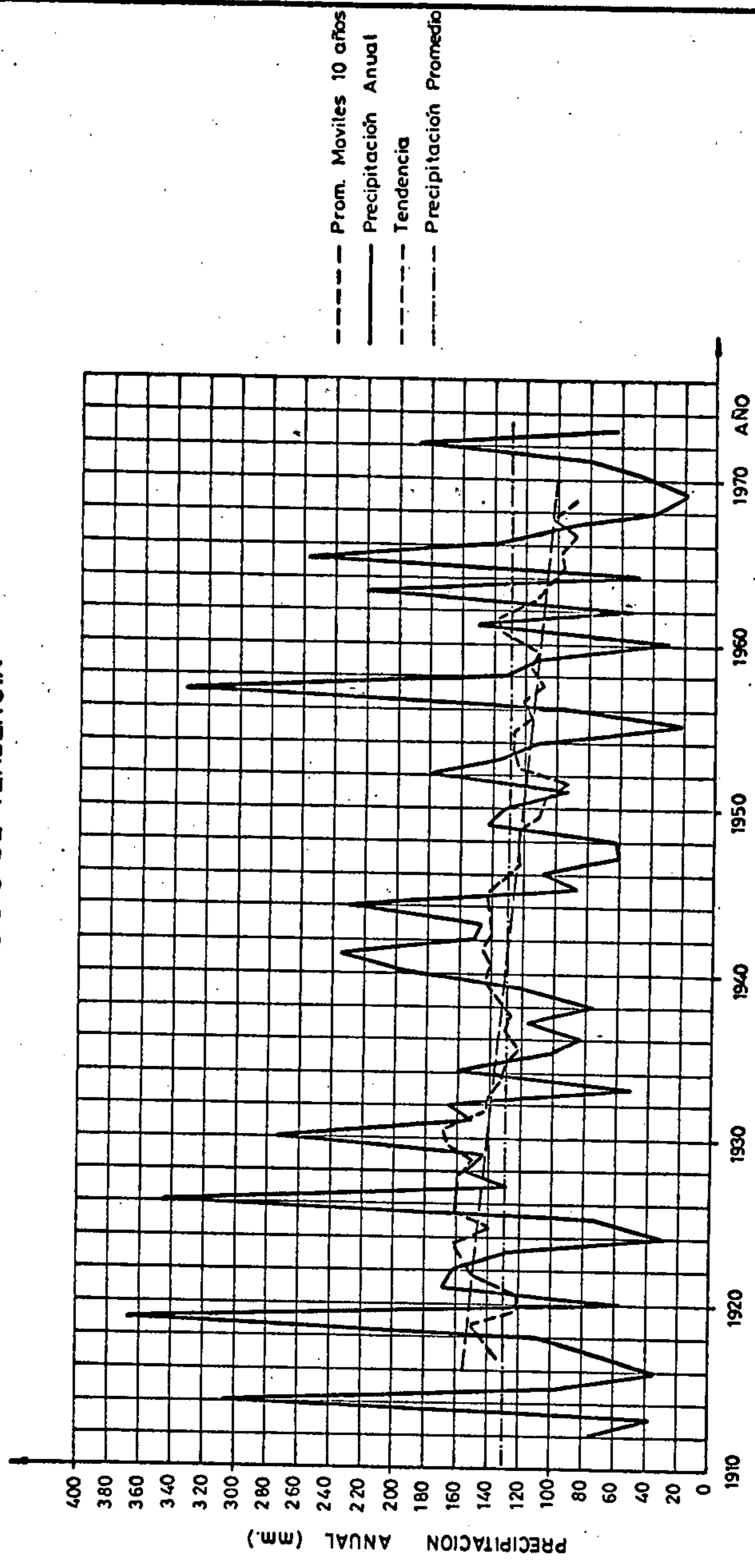
3.1.5. Análisis de Periodicidades y Tendencias :

Con el objeto de tratar de detectar tendencias y/o periodicidades en el régimen pluviométrico de la zona, se realizó un análisis estadístico de series de tiempo, con los índices de precipitación de las estaciones Ovalle y Combarbalá. Se eligieron estas estaciones por considerarse representativas de dos zonas distintas de la cuenca, y además por ser las únicas dos estaciones con registros de suficiente longitud para este tipo de análisis. Lamentablemente ambas estaciones presentaron deshomogeneidades en su registro para los valores anteriores a 1957-58, de acuerdo con el análisis por curvas doble acumuladas. En el análisis realizado en este punto no fue posible usar las estadísticas corregidas para ambas estaciones, puesto que esta corrección se realizó sólo hasta 1944 (período para el cual pudo definirse el patrón). En ambos casos también, por lo menos en el período 1944 a 1957-58, la corrección del índice de precipitación según las curvas doble acumuladas, indica una disminución en los valores para lograr una homogeneidad de la muestra completa. Este hecho deberá tenerse en cuenta en los resultados del análisis de tendencia.

En las figuras 3.7 y 3.8 se presentan los gráficos de precipitaciones anuales en función del tiempo de las estaciones Ovalle y Combarbalá respectivamente. En dichos gráficos se incluyen los promedios móviles (*) de 10 años. En la tabla I.21 aparecen los valores de los promedios móviles calculados para cada una de las estaciones en conjunto con los valores de la serie original.

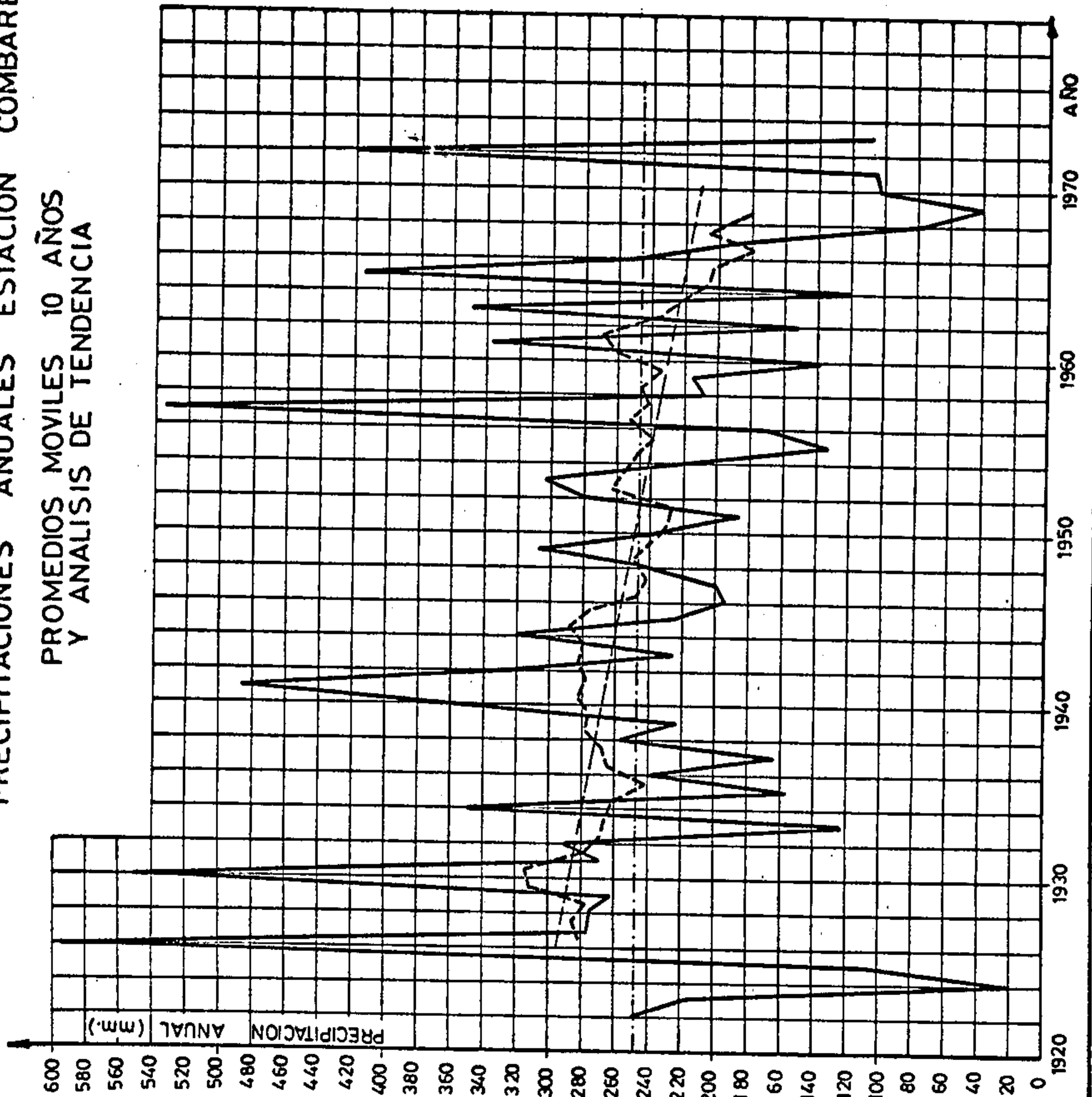
 (*) Promedios móviles : El proceso estocástico definido por un modelo de promedios móviles, representa cada valor de la serie de promedios como una combinación lineal de q valores de una secuencia de variables aleatorias a_t . En el caso descrito las variables aleatorias (a_t) fueron las precipitaciones anuales, y el valor del promedio móvil se calculó como promedio simple de cada conjunto de 10 (q) valores consecutivos de la serie histórica original y se asignó al punto medio del intervalo correspondiente.

FIG. 3.7
PRECIPITACIONES ANUALES ESTACION OVALLE
PROMEDIOS MOVILES 10 AÑOS
Y ANALISIS DE TENDENCIA



Precipitación Promedio Anual $\bar{P} = 129,9$ mm.
Desviación Standard Precip. Anual $S = 81,0$ mm.

FIG. 3.8
PRECIPITACIONES ANUALES ESTACION COMBARBALA
PROMEDIOS MOVILES 10 AÑOS
Y ANALISIS DE TENDENCIA



a) Estación Ovalle.

La precipitación promedio anual (\bar{P}) para todo el período considerado, es de 129,9 mm., con una desviación standard (s) de 81,0 mm. El valor calculado de s indica la gran variabilidad de la precipitación anual en la zona. El análisis de la serie de tiempo (fig. 3.7) confirma esta variabilidad, sin embargo, no aparecen claramente identificables ciclos definidos de años sobre o bajo la precipitación promedio anual. La serie de promedios móviles graficada, presenta sin embargo una tendencia marcada; la recta de tendencia, también graficada; se obtuvo de un ajuste por mínimos cuadrados utilizando los promedios móviles. La recta ajustada indica un descenso de precipitación de 0.97 mm. por año como tendencia.

b) Estación Combarbalá.

La precipitación promedio anual (\bar{P}) para todo el período considerado, es de 246 mm., con una desviación standard (s) de 123,7 mm. Se observa entonces una variabilidad similar a la detectada en la estación Ovalle. El análisis de serie de tiempo (figura 3.8) tampoco indica ciclos identificables. Al igual que en el caso de Ovalle, la serie de promedios móviles graficada presenta una tendencia descendente marcada. En este caso el ajuste de una recta por mínimos cuadrados, indicó como tendencia un descenso anual en la precipitación de 1,91 mm.

Las tendencias descendentes observadas para ambas estaciones, son claras para el período de análisis, sin embargo no es posible concluir en forma fehaciente que dichas tendencias sean permanentes en el largo plazo, puesto que hay que tener presente que las estadísticas analizadas constituyen sólo una muestra del universo total de las series de precipitaciones. Además si el fenómeno observado mediante las curvas doble acumuladas de ambas estaciones en los períodos 1944-1957 y 1944-1958 respectivamente, fuese aplicable para los períodos anteriores a 1944, el factor de corrección detectado en los períodos señalados sería suficiente para explicar una gran parte de la tendencia observada en las series de tiempo graficadas en las figuras 3.7 y 3.8. Es también posible, que la tendencia observada sea sólo una manifestación en el largo plazo, de una leve oscilación de la serie de promedios móviles. En todo caso el fenómeno detectado es importante y deberá tenerse presente, actualizándose el análisis de la serie de tiempo, en forma periódica.

3.2. Análisis de las Estadísticas Fluviométricas. -

3.2.1. Objetivos del estudio hidrológico :

El estudio hidrológico a que se refiere este capítulo, tiene dos objetivos básicos. El primero de ellos consiste en proveer la información fluviométrica básica de entrada a los embalses del Sistema Paloma, con el fin de analizar las distintas posibilidades de operación de estos cumpliendo el objetivo de regulación multianual para fines de regadío de las zonas aguas abajo. Para esto surge la complicación que en cada uno de los ríos afluentes a estos embalses existen importantes zonas de riego que se sirven en el camino, y dependiendo del servicio que a ellas se dé, son los caudales que quedarán disponibles para su regulación por los embalses del Sistema. Al respecto existen dos formas de proceder para estimar los caudales afluentes a los embalses. La primera consiste sencillamente en suponer que la operación de los embalses no mejora la situación de regadío aguas arriba; en estas condiciones bastaría con tomar las estadísticas históricas afluentes a los embalses; esto es contrario a la concepción original del Sistema. La segunda forma de proceder es la de intentar liberar recursos que históricamente se utilizan en zonas que actualmente quedan servidas por los embalses, de modo de mejorar la situación de regadío de aquellas zonas aguas arriba; esta última es la forma que está de acuerdo con la concepción del Sistema (ver capítulo 2).

Según lo anterior caben dos procedimientos a seguir. El primer procedimiento consiste en tratar de establecer un modelo hidrológico de las zonas de riego aguas arriba de los embalses. Si el modelo hidrológico logra calibrarse durante un período de tiempo relativamente breve, en el que se disponga de una estadística de caudales de riego (situación de riego conocida), el modelo podrá utilizarse para predecir el comportamiento hidrológico del Sistema para otras situaciones de riego que intenten ser aplicadas para las zonas aguas arriba. La segunda forma de proceder es utilizando tasas medias de riego para las zonas de aguas arriba y mediante balances simplificados llegar a determinar las modificaciones pertinentes en las estadísticas históricas afluentes a los embalses, según distintas políticas de riego que se intenten aguas arriba de ellos.

Cualquiera sea el procedimiento seguido es básico contar con información fluviométrica de cabecera en cada uno de los afluentes al Sistema. Es preferible que

esta información fuese en régimen natural y aguas arriba del comienzo de la zona de riego del afluente respectivo. El análisis fluviométrico en consecuencia se centró en primera instancia en proporcionar esta estadística básica.

El segundo objetivo del estudio hidrológico, es la de definir estadísticas fluviométricas para establecer las metodologías de pronóstico de escorrentía en los diferentes ríos del Sistema, con el fin de disponer de los elementos de cuantificación oportunos, para la operación del Sistema en cada temporada de riego.

3.2.2. Información Disponible :

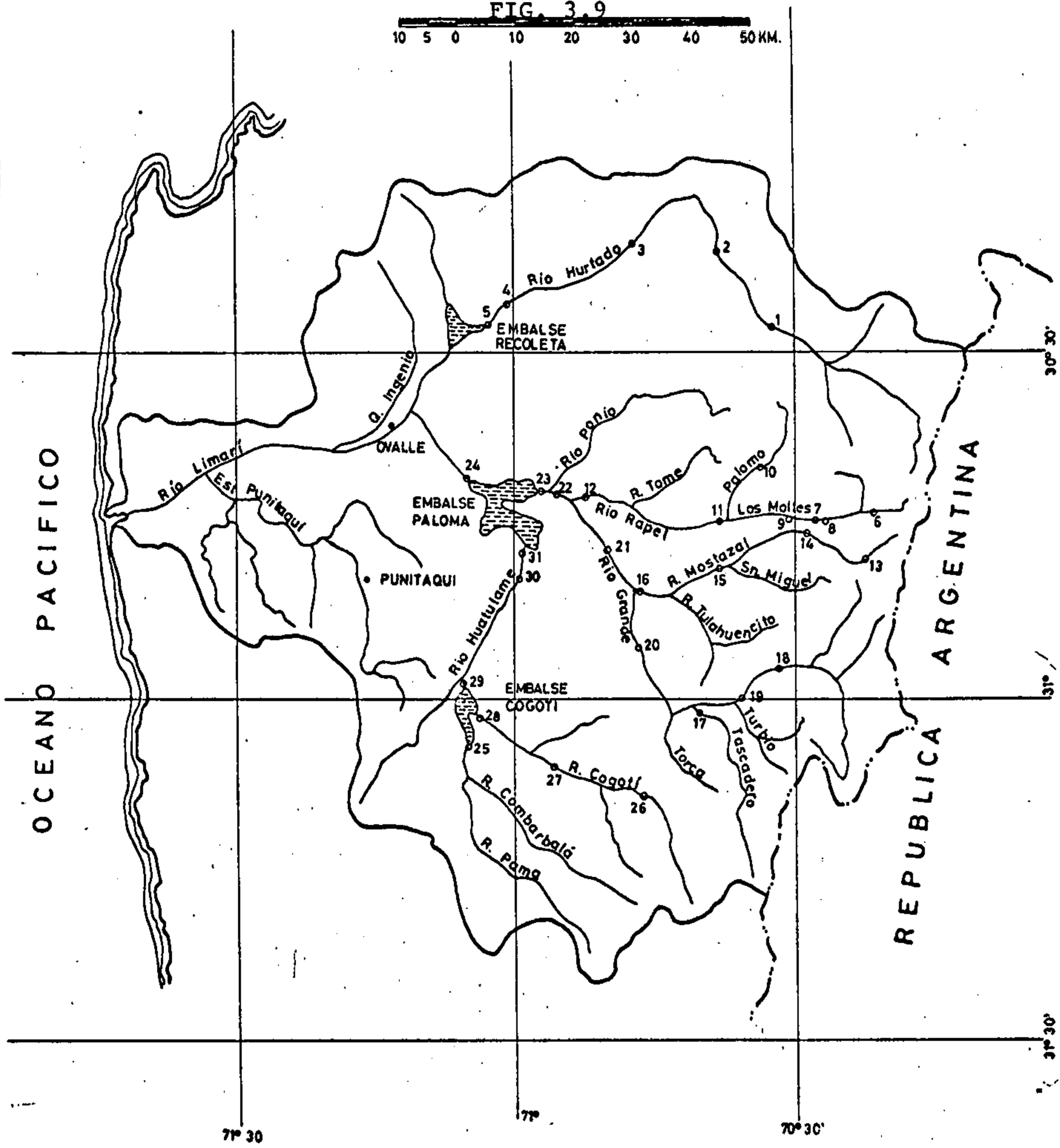
En la figura 3.9 aparece la ubicación geográfica de las estaciones fluviométricas disponible para el estudio, y en la figura 3.10 se presenta un diagrama de barras indicativo de las estadísticas fluviométricas disponibles en la cuenca afluente al río Limarí. En él aparecen los períodos de estadística disponible en cada estación, indicando años incompletos y períodos para los cuales no se ha hecho aún la traducción.

En la tabla 3.1 aparece una lista de las principales estaciones de la cuenca aguas arriba de los embalses; en ella se indica además la superficie de la hoya hidrográfica correspondiente. Se incluye también la superficie de dos hoyas hidrográficas no controladas, la del río Ponio y la del río Combarbalá y finalmente la superficie de la hoya hidrográfica aguas arriba de la confluencia de los ríos Hurtado y Grande.

HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO LIMARI UBICACION ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

FIG. 3.9

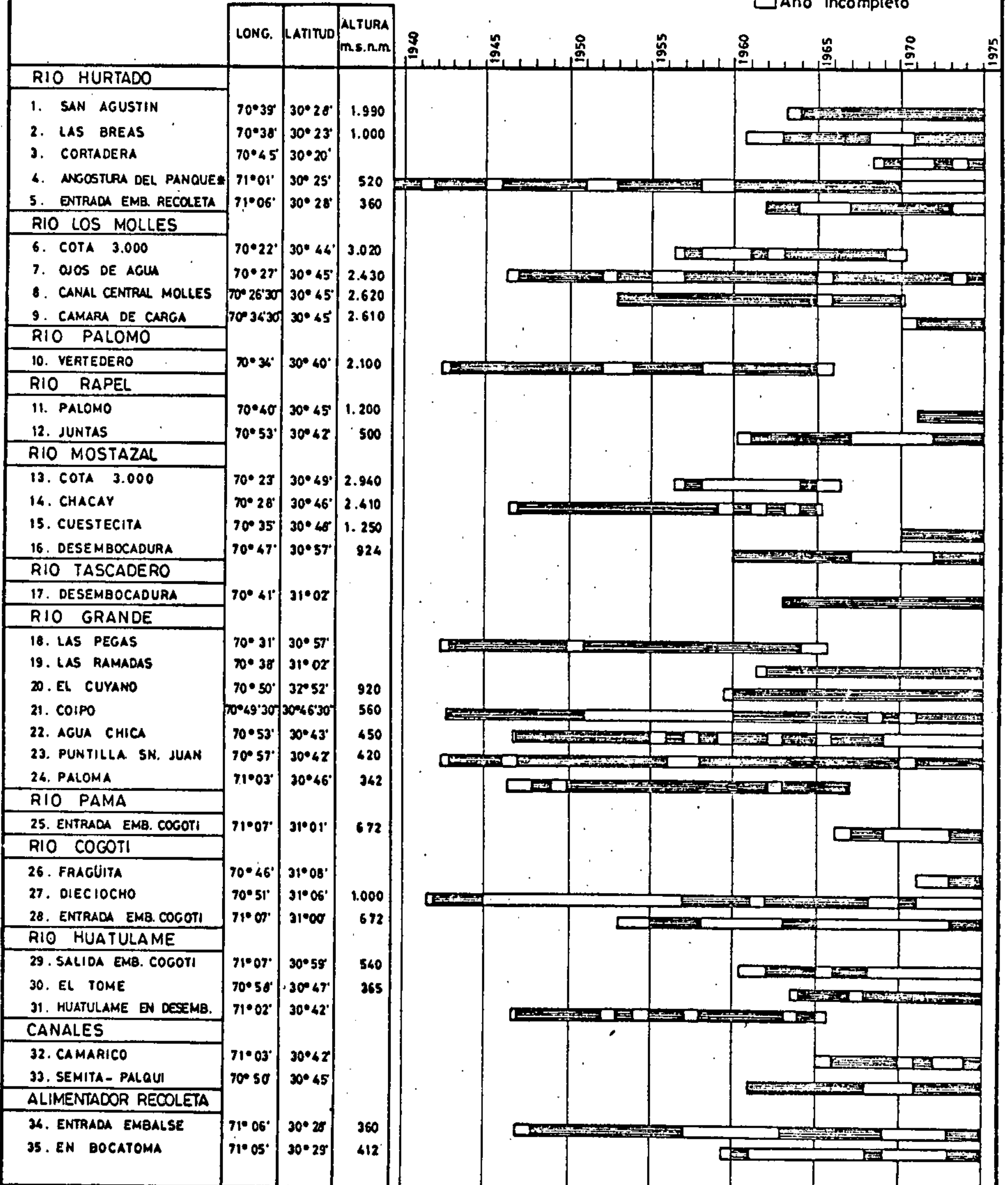
10 5 0 10 20 30 40 50 KM.



- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. HURTADO EN SN. AGUSTIN | 16. MOSTAZAL EN DESEMBOCADURA |
| 2. HURTADO EN LAS BREAS | 17. TASCADERO EN DESEMBOCADURA |
| 3. HURTADO EN CORTADERA | 18. GRANDE EN LAS PEGAS |
| 4. HURTADO EN ANGOSTURA DE PANGUE | 19. GRANDE EN LAS RAMADAS |
| 5. ENTRADA EMBALSE RECOLETA | 20. GRANDE EN EL CUYANO |
| 6. MOLLES EN COTA 3.000 | 21. GRANDE EN EL COIPO |
| 7. MOLLES EN OJOS DE AGUA | 22. GRANDE EN AGUA CHICA |
| 8. CANAL CENTRAL LOS MOLLES | 23. GRANDE EN PUNTILLA SN. JUAN |
| 9. CAMARA DE CARGA | 24. GRANDE EN PALOMA |
| 10. PALOMO EN VERTEDERO | 25. ENTRADA EMBALSE COGOTI (RIO PAMA) |
| 11. RAPEL EN PALOMO | 26. COGOTI EN FRAGÜITA |
| 12. RAPEL EN JUNTAS | 27. COGOTI EN DIECIOCHO |
| 13. MOSTAZAL EN COTA 3.000 | 28. ENTRADA EMBALSE COGOTI (RIO COGOTI) |
| 14. MOSTAZAL EN CHACAY | 29. SALIDA EMBALSE COGOTI |
| 15. MOSTAZAL EN CUESTECITA | 30. HUATULAME EN EL TOME |
| | 31. HUATULAME EN DESEMBOCADURA |

FIG. 3.10
ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS EXISTENTES

■ Año completo
□ Año incompleto



* La estadística está completa desde 1933.

Tabla 3.1Superficie de Hoyas Hidrográficas

Estación	Superficie (Km ²)
Hurtado en Sn. Agustín	671.9
Hurtado en Angostura de Pangué	1.820.6
Entrada Embalse Recoleta	2.555.6
Molles en Ojos de Agua	158.8
Rapel en Palomo	508.8
Rapel en Juntas	818.1
Mostazal en Cuestecita	367.5
Mostazal en Desembocadura	612.5
Tascadero en Desembocadura	241.3
Grande en Las Ramadas	535.0
Grande en El Cuyano	1.260.0
Grande en Coipo	2.063.1
Grande en Puntilla San Juan	3.474.6
Entrada Embalse Cogotí (río Pama)	374.4
Entrada Embalse Cogotí (río Cogotí)	736.3
Salida Embalse Cogotí	1.562.5
Hautulame en El Tome	2.420.0
Grande en Paloma	6.203.8
Hoya Río Ponío	496.9
Hoya Río Combarbalá	335.0
Hoya aguas arriba confluencia ríos Grande y Hurtado (confluencia)	9.239.4

3.2.3. Características Generales del Régimen Fluviométrico de los Ríos de la Zona.

Los principales ríos de la zona en su parte alta tienen un régimen fluviométrico marcadamente nival y con gran variación interanual de caudales. Es así como en las estaciones fluviométricas de cabecera en cada río se observan crecidas marcadas que comienzan en Octubre y terminan en Febrero, correspondiendo

este al período de deshielo. Sin embargo, en muchos años estas crecidas son apenas perceptibles, o incluso no se manifiestan, correspondiendo esto a aquellos años con muy escasas precipitaciones como es frecuente que ocurran en la zona. En este tipo de años, el caudal en las estaciones de cabecera es muy regular a lo largo del año (salvo las influencias que por extracciones para riego existan), con una lenta disminución si el período seco se prolonga durante varios años.

En las estaciones fluviométricas del curso medio de cada uno de los ríos del Sistema, se observa ya un régimen mixto nivo-pluvial. Para años húmedos se manifiestan algunas crecidas de invierno producto de la escorrentía inmediata proveniente de precipitación en forma de lluvia en las partes bajas de las hoyas intermedias.

En años secos sin embargo, las crecidas de invierno como es lógico son mínimas. Además en períodos secos prolongados, las extracciones de agua para riego son suficientes como para secar los cauces naturales en muchas zonas. Esto último se observa principalmente en ríos del Sistema que tienen poco respaldo nival, tales como Ponio, Rapel, Mostazal, Combarbalá, Pama y Cogotí.

En general todos los ríos de la zona tienen una gran variabilidad interanual en sus caudales, existiendo marcados períodos secos de varios años de duración. En la tabla 3.2, se incluye a modo de ilustración, en términos de caudales medios anuales para algunas estaciones fluviométricas del Sistema, los parámetros estadísticos que corroboran esta gran variabilidad.

T A B L A 3.2

Estación Fluvióométrica	Años de Estadística	Período	Caudal Me Anual (m ³ /seg)	Desviación Standard (m ³ /seg)	*Rango (m ³ /s)	Caudal anual Max (m ³ /s)	Caudal anual Min (m ³ /s)
Río Grande en Puntilla Sn. Juan	29	1942-1970	7.05	7.35	30.0	30.7	0.7
Río Grande en El Cuyano	16	1959-1974	12.35	19.24	62.34	63.33	0.99
Río Cogotí en Dieciocho	17	1941-1970	1.62	1.38	4.69	4.75	0.058
Río Hurtado en Angostura de Pangue	34	1930-1969	2.53	2.32	9.73	10.13	0.4

3.22

(*) Rango : es la diferencia entre los caudales máximos y mínimos medios anuales.

3.2.4. Análisis de Información Disponible en Cabecera de los Distintos Afluentes :

a) Río Hurtado.

En este río existe información fluviométrica en la Estación San Agustín desde Marzo de 1963. La información disponible hasta el momento, abarca hasta Septiembre de 1973. Esta estación está ubicada aguas arriba del comienzo de la zona de riego. En consecuencia se adoptó ésta como estadística de cabecera para el río Hurtado.

Para analizar la bondad de esta estadística y con el objeto de extenderla a un período de mayor longitud, se utilizaron las estaciones Molles en Ojos de Agua y Canal Central Los Molles. ENDESA tiene registros en Molles en Ojos de Agua desde Mayo de 1946 y en el Canal Central Los Molles desde Enero de 1953 que fue la fecha en que comenzó a operar éste. Antes de Enero de 1953, Molles en Ojos de Agua es representativa del régimen natural de este río; posterior a esta fecha, la suma de Molles en Ojos de Agua y Canal Central Los Molles, representa el régimen natural de este río. En 1970 estas estaciones pasaron a ser controladas por la Dirección General de Aguas del MOP, cambiándose el control del Canal Central Los Molles, por un control en la Cámara de Carga, tal como indica el diagrama de barras de la figura 3.10; el régimen natural sigue estando representado por la suma de ambos registros. En el Anexo II, Tablas II.1, II.2 y II.3 se presentan las estadísticas de Molles en Ojos de Agua, Canal Central Los Molles y Cámara de Carga respectivamente.

Como estadística base para el análisis y extensión de Hurtado en San Agustín, se utilizó el régimen natural del río Los Molles, según lo explicado anteriormente. En la Tabla II.4 se presenta esta estadística.

Se estableció primeramente una correlación anual (figura 3.11) tomando un año hidrológico de Mayo a Abril; la relación obtenida gráficamente presentó una dispersión muy razonable, por lo que se utilizó ésta para la extensión. Enseguida se establecieron correlaciones mensuales (figuras 3.11 y 3.12) también en forma gráfica. Con estas correlaciones se extendió la estadística de Hurtado en San Agustín hasta Mayo de 1946, para lo cual se sintetizaron primeramente los valores anuales, enseguida los valores mensuales y luego la diferencia en caudal medio anual que los últimos daban se prorrateó porcentualmente entre los meses de modo de ajustarse al valor anual sintetizado. Los escasos datos que

CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN

FIG. 3.11

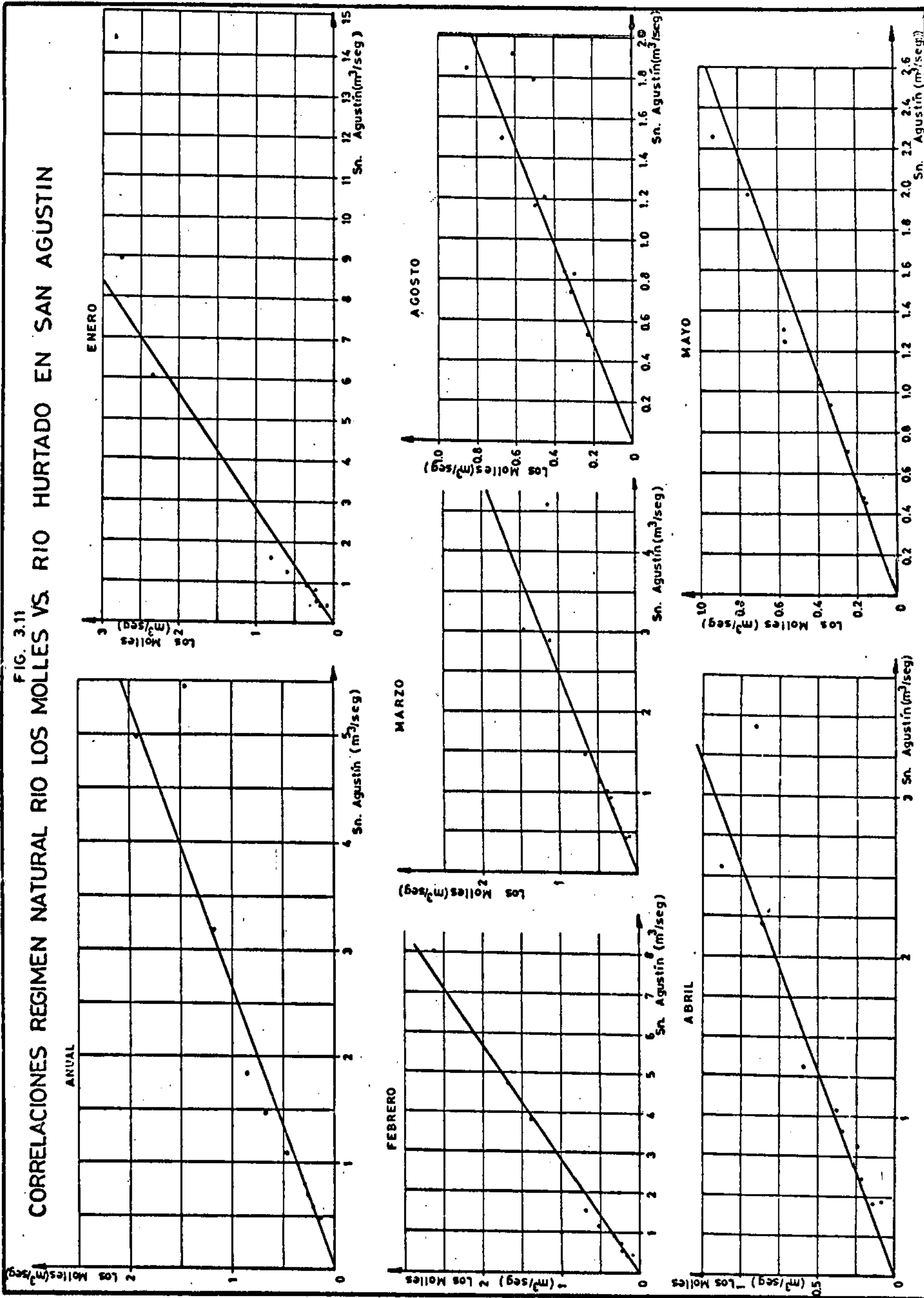
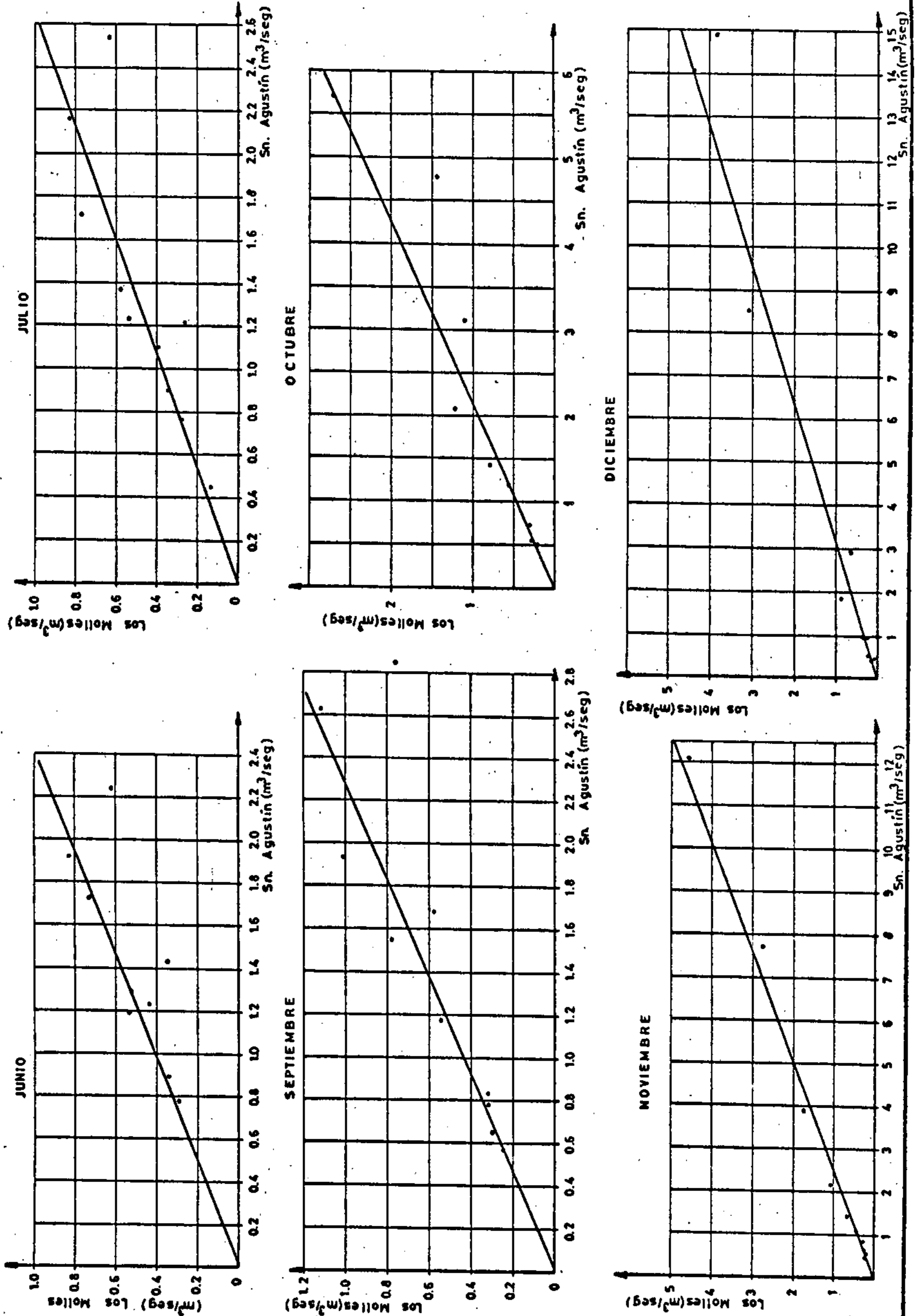


FIG. 3.12
 CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS. RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN



faltaban en algunos años y meses de algunas de las estaciones del río Los Molles se habían completado previamente por correlaciones con estadísticas proporcionadas por Endesa en el río Palomo en Vertedero (ver análisis Río Rapel).

Las estadísticas completas ampliadas para Hurtado en San Agustín, se presentan en términos de caudales medios mensuales y anuales en el anexo II, Tabla II.5.

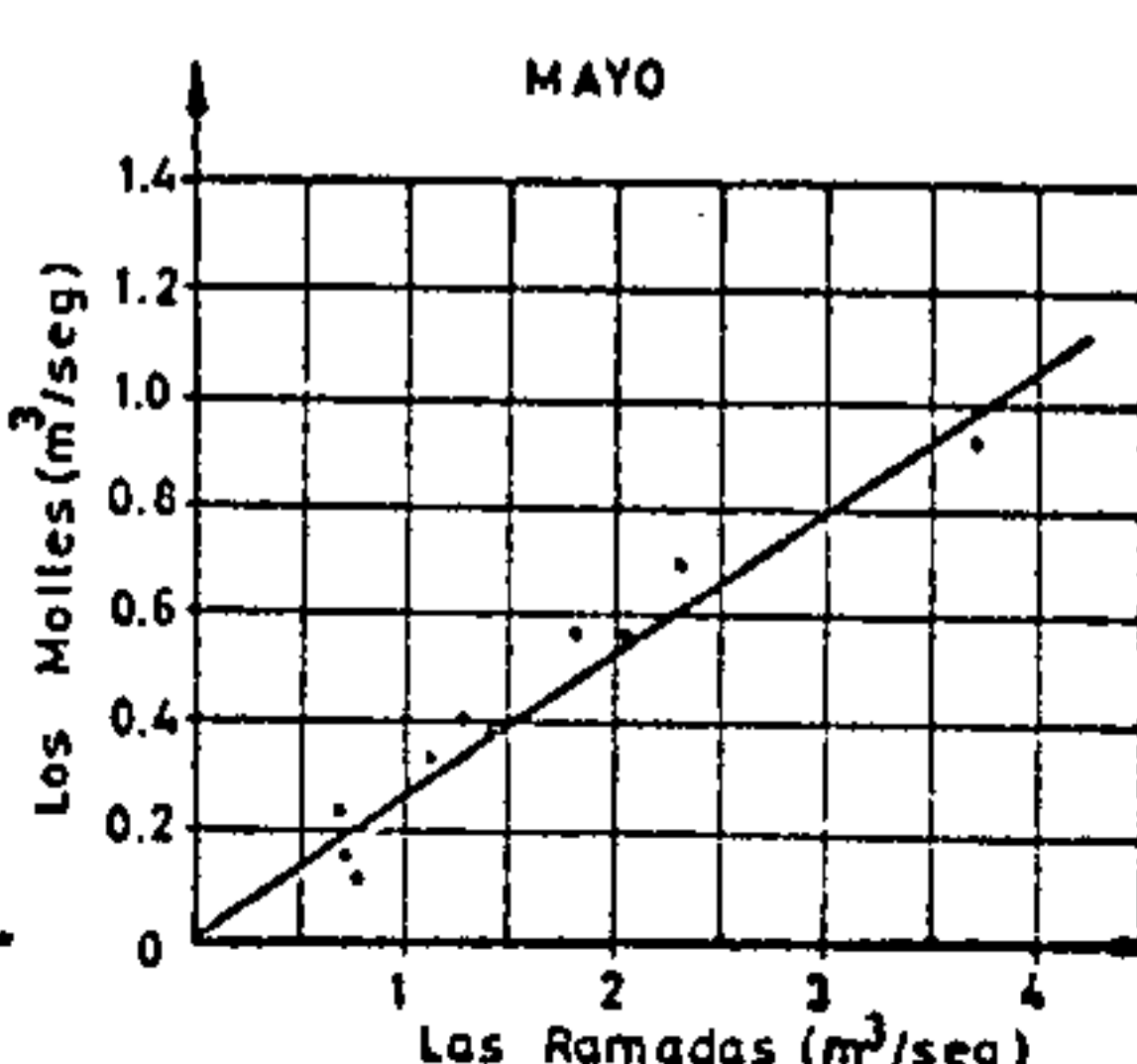
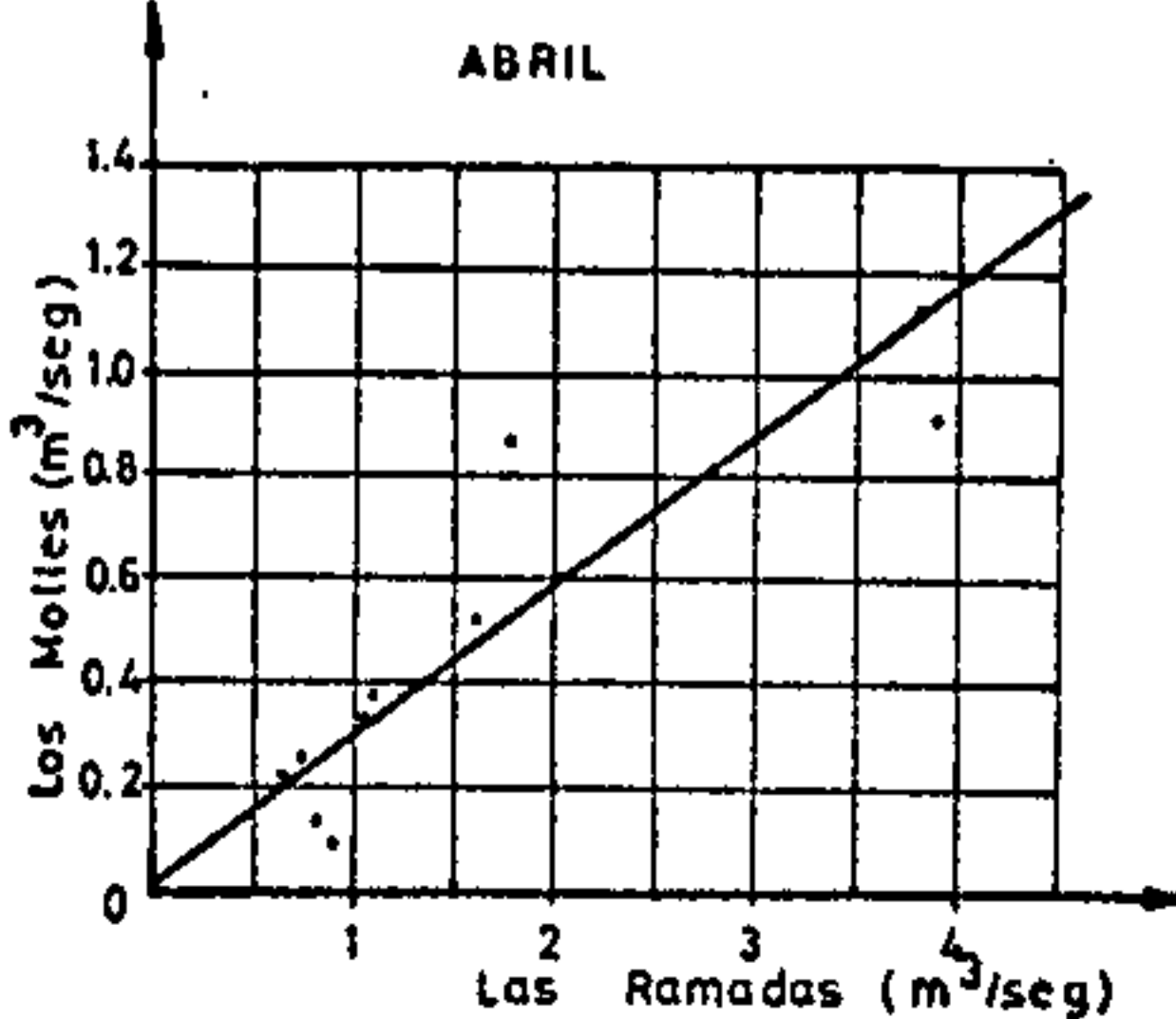
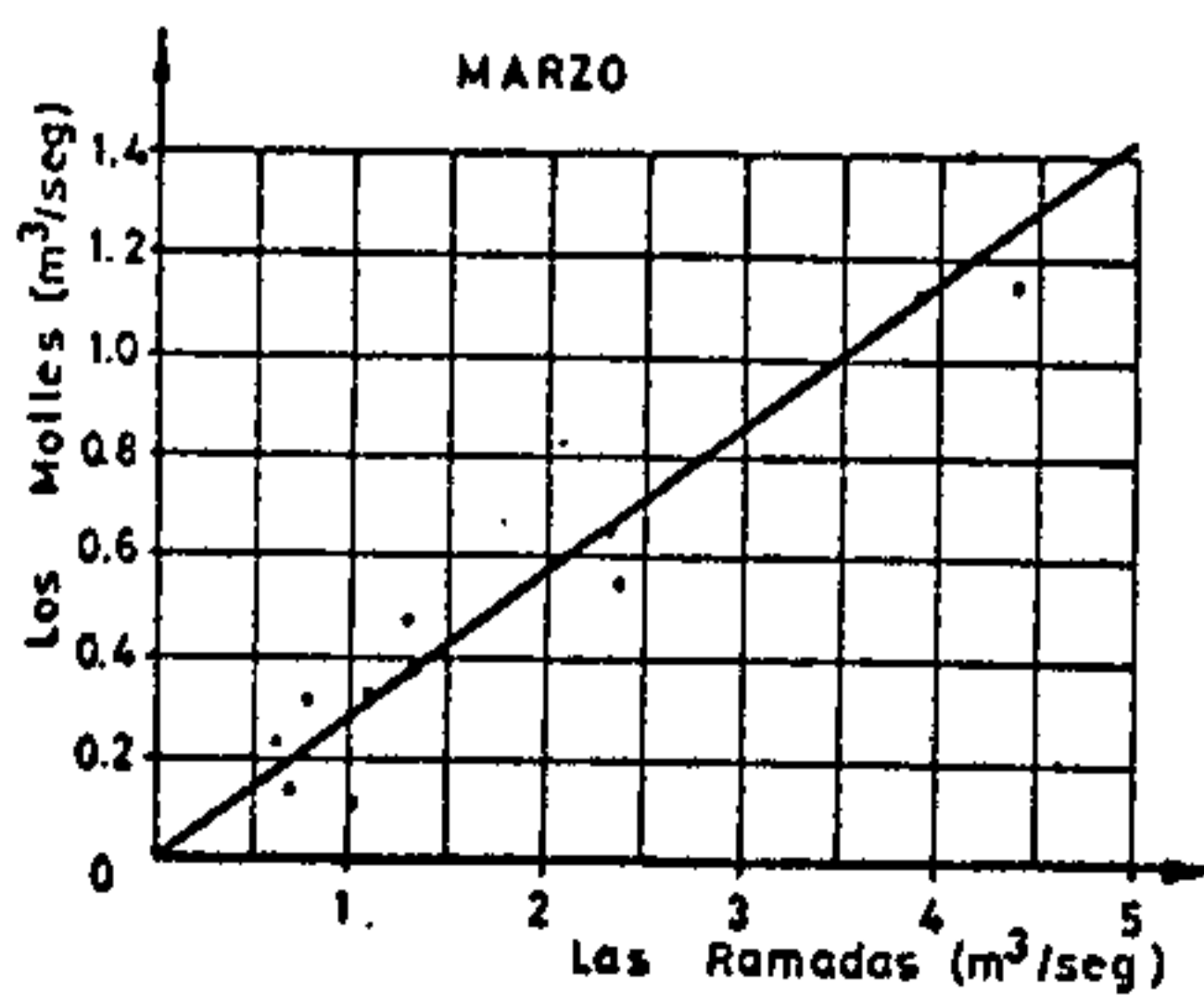
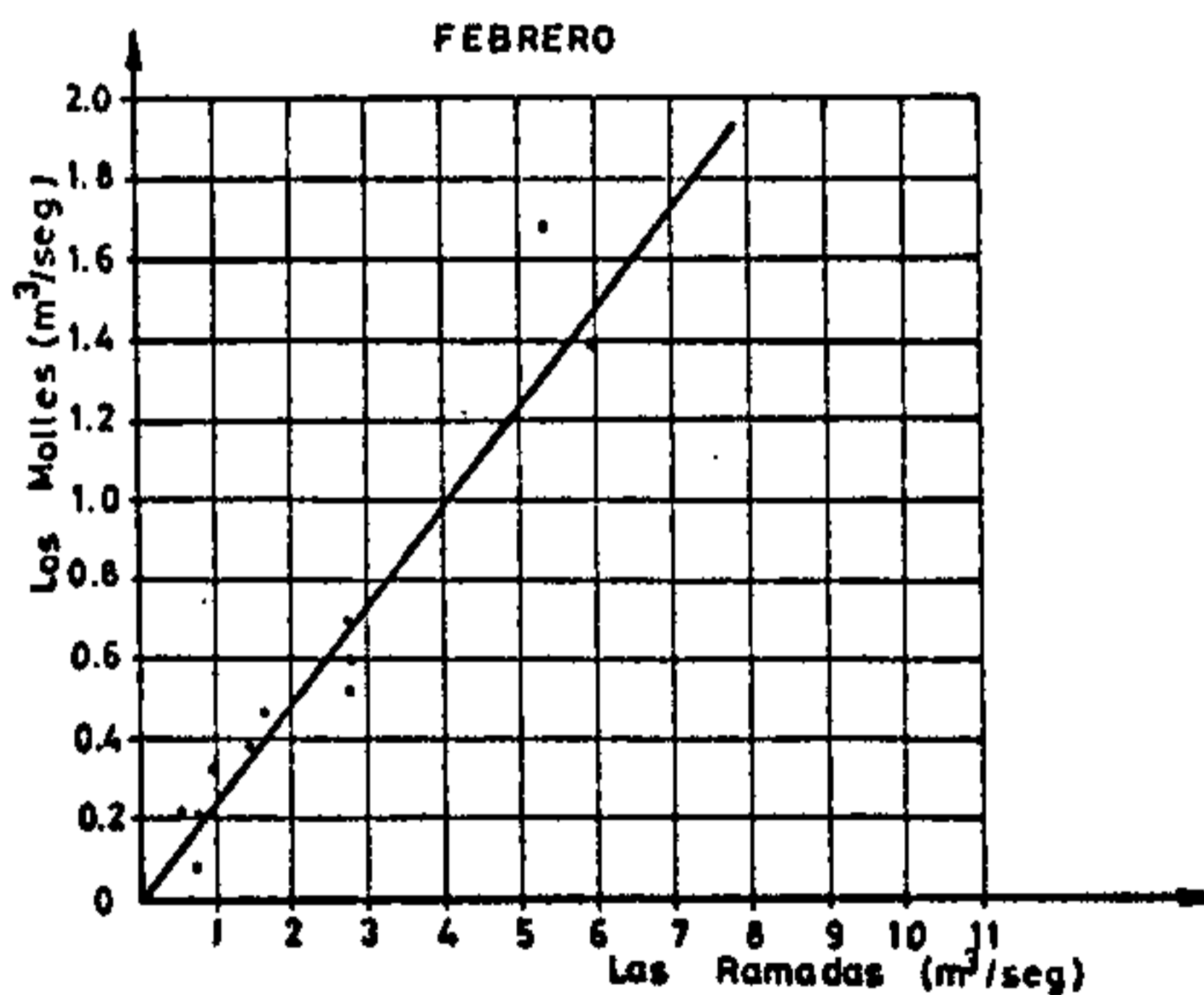
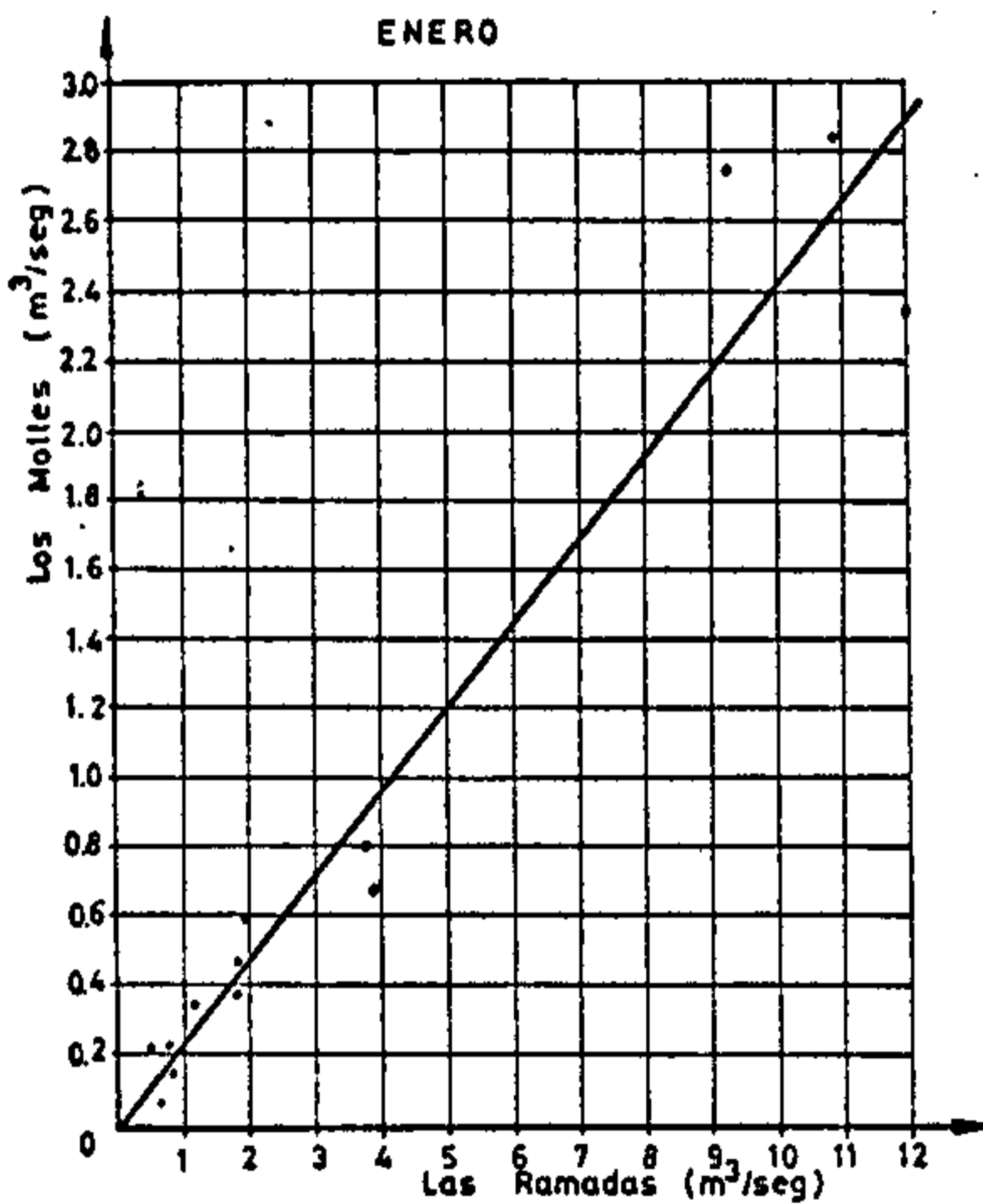
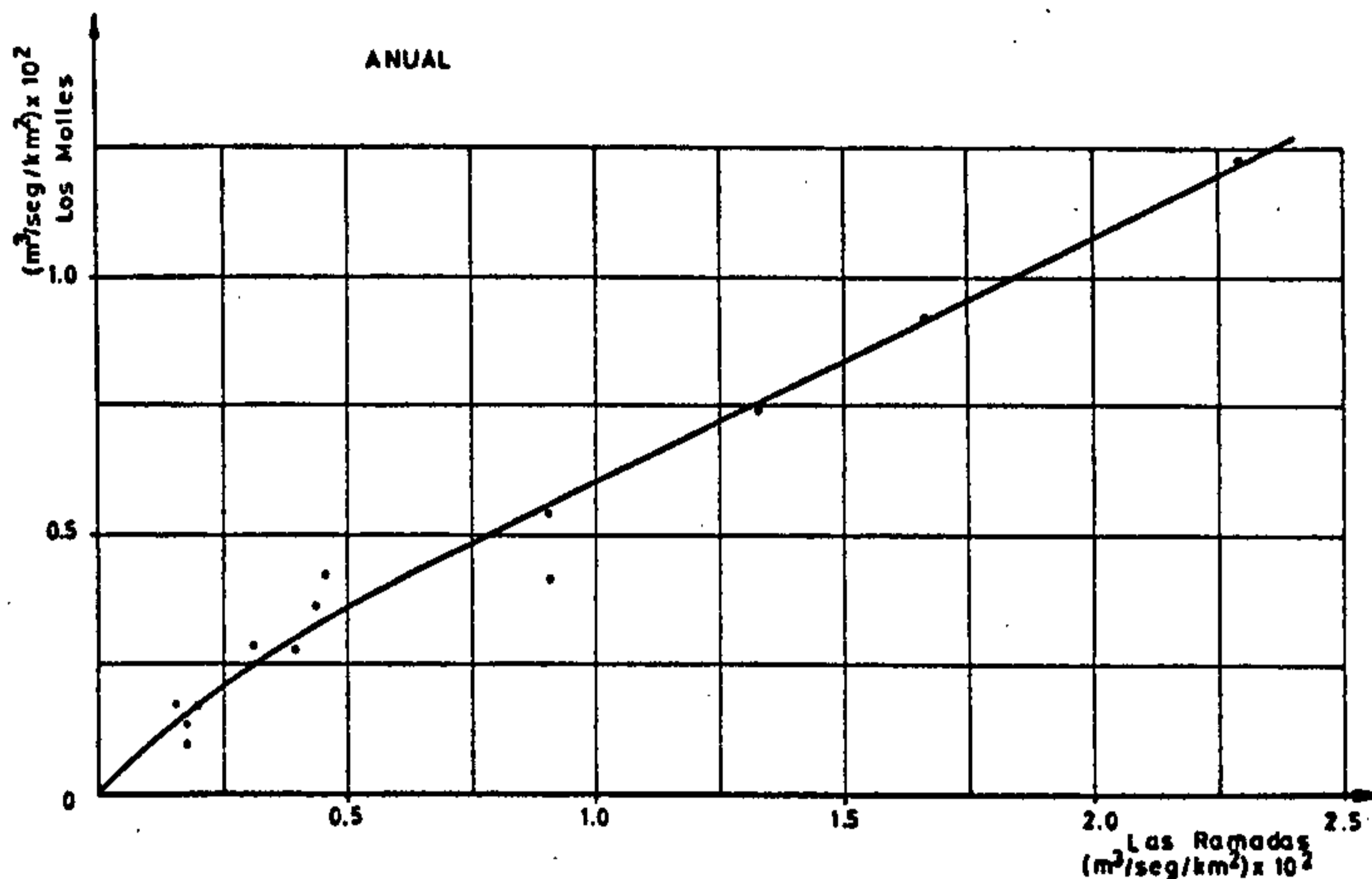
b) Río Grande.

Actualmente la estación de cabecera del río Grande está ubicada en Las Ramadas. Esta estación tiene estadísticas controladas por la Dirección General de Aguas, desde Mayo de 1961, hasta Abril de 1975. ENDESA controló anteriormente la estación Grande en Las Pegas, que posee datos desde Mayo de 1942 hasta Septiembre de 1965, fecha en la cual fue suspendida (Tabla II.6). Grande en Las Pegas según las informaciones disponibles, se encontraba ubicada aguas arriba de las primeras extracciones de riego; aguas arriba de Las Ramadas en cambio existen extracciones de canales que riegan alrededor de 250 Hás.

Cabía en estas condiciones extender las estadísticas de Las Pegas desde Octubre de 1965 hasta Abril de 1975 y tomar esta estadística no influenciada por extracciones de riego, como estadística de cabecera al sistema. La alternativa era extender Las Ramadas hacia atrás, sin incorporar al análisis del Sistema la superficie de riego aguas arriba de esta estación. En primer lugar, para examinar la consistencia entre las estadísticas de estas dos estaciones, se buscó una correlación entre ambas; la correlación indicó en general consistencia, sin embargo debido a lo escaso del período común, no fue posible definirla bien en un rango adecuado como para utilizarla con fines de extensión. Se decidió extender Las Ramadas por ser esta estación la de control actual, lo cual permite revisiones futuras y también en vista que la zona de riego aguas arriba de ella es bastante pequeña y de poca importancia relativa. Además, lo más importante es que se obtuvo entre sus registros y los del régimen natural en el río Los Molles (ver punto 3.2.4), una buena correlación anual y correlaciones mensuales aceptables. De acuerdo con todas las consideraciones anteriores, la ampliación de Las Ramadas se hizo en base a la estadística de Los Molles (régimen natural); los gráficos de correlación anual y mensuales aparecen en las figuras 3.13 y 3.14; es de hacer notar en este caso la correlación anual se hizo utilizando caudales específicos con el objeto de no producir distorsiones visuales en el ajuste

CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS. RIO GRANDE EN LAS RAMADAS

FIG. 3.13



CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS. RIO GRANDE EN LAS RAMADAS

FIG. 3.14

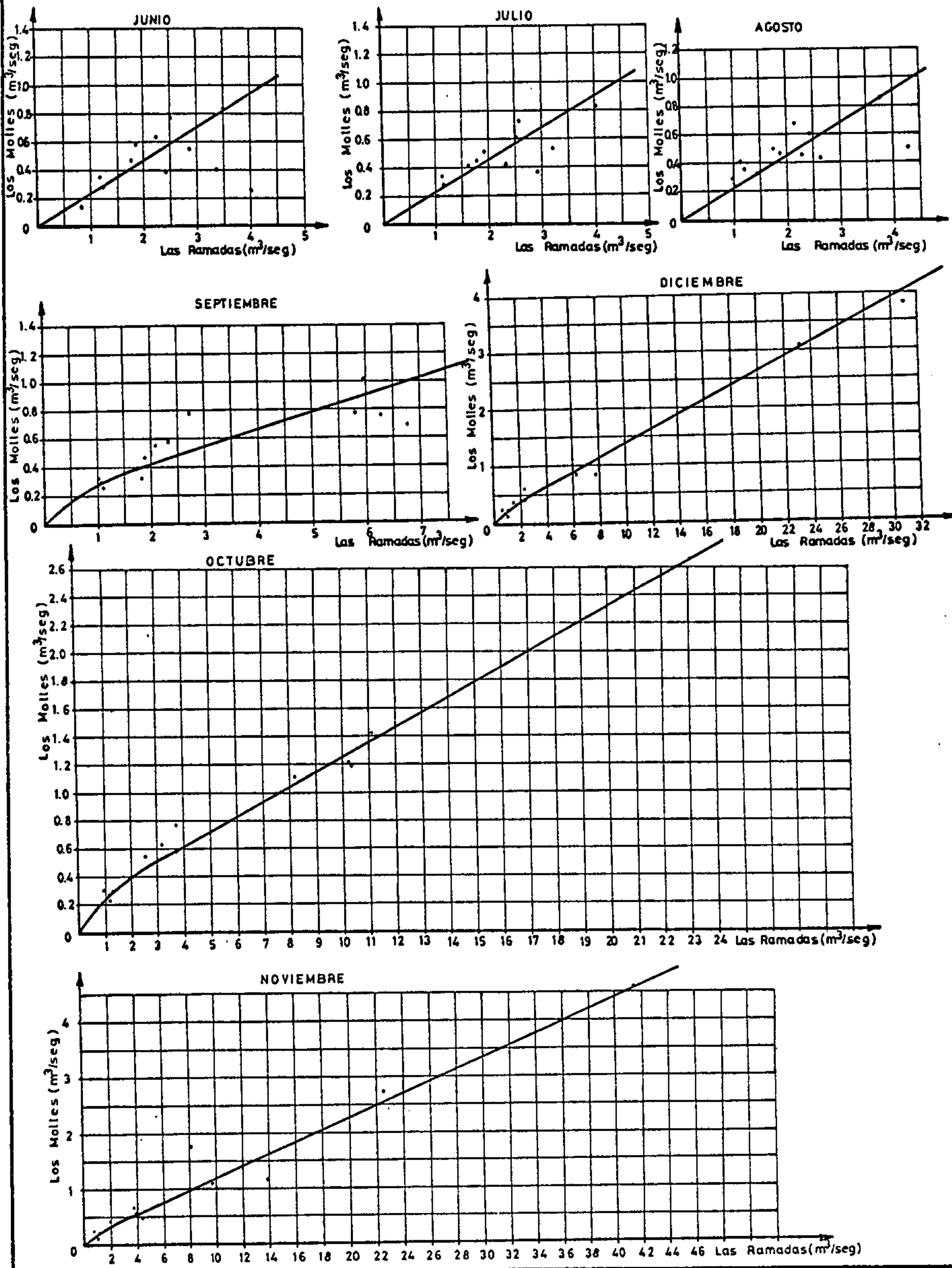


gráfico de la curva (esto es recomendable en casos de diferencias apreciables en los valores absolutos de las estadísticas correlacionadas). El procedimiento seguido es análogo al explicado para el caso de Hurtado en San Agustín.

En el anexo II, tabla II.7 se incluye la estadística completada de la Estación Grande en Las Ramadas.

c) Río Tascadero.

Existe actualmente una estación limnimétrica en Tascadero en Desembocadura. Esta estación posee estadística desde Noviembre de 1962 hasta Abril de 1975, no estando traducido aún 1971. (Ver tabla II.8). Aguas arriba de la estación existen del orden de 490 hectáreas de riego.

Luego de analizar diversas relaciones posibles con otras estaciones, se descartó la estadística de esta estación para los efectos del presente estudio, debido a la gran dispersión que se encontró en todos los casos. Es dable suponer que las causas de esta dispersión, pueden deberse a dos motivos; el primero es la menor confiabilidad de una estadística limnimétrica y muy especialmente en la zona de gastos altos, por la ubicación misma de la sección que no asegura un control completo del caudal en crecidas. El segundo motivo es que por las extracciones de riego, y por el menor respaldo hidrológico de esta estación frente a otras como Las Ramadas, la influencia de las extracciones tiene una mayor importancia y por consiguiente tenderá a producir mayores dispersiones en las relaciones.

d) Río Mostazal.

Actualmente se controla el caudal en la estación Cuestecita, ubicada aguas abajo de la confluencia del río San Miguel. Esta estación posee registros desde Noviembre de 1969 hasta Abril de 1975 (ver tabla II.9). Aguas arriba de la estación Mostazal en Cuestecita existe una zona de riego de relativa importancia (350 hectáreas). ENDESA controló el río Mostazal en Chacay ubicada a 2410 m.s.n.m. y con una hoya afluente de 121 Km² desde Mayo de 1946 hasta Marzo de 1966, fecha en la cual fue suspendida (ver tabla II.10. La estadística de esta estación corresponde a régimen natural.

Debido a la corta longitud de estadística en Cuestecita, se decidió utilizar como base para el aporte de cabecera del río Mostazal, la estadística de Chacay. Para ello hubo que extender esta estadística desde Abril de 1966 en adelante; esto se hizo nuevamente utilizando como base la

estadística del régimen natural en Los Molles, estableciéndose las correlaciones anual y mensuales que se presentan en las figuras 3.15 y 3.16.

Adicionalmente se consideró el aporte del río San Miguel suponiendo que a igualdad de cota, el rendimiento específico de esta cuenca es el mismo que el de la estación Mostazal en Chacay.

En consecuencia el aporte de entrada al río Mostazal (ver tabla II.11 del anexo II) se consideró igual a la suma de la estadística de Mostazal en Chacay y un 27% adicional que correspondería al rendimiento de la hoya del río San Miguel a la misma cota.

La estadística generada en la forma indicada se confrontó, en el período en que se disponía de datos con la estadística de Mostazal en Cuestecita. Considerando la zona de riego intermedia entre estos dos puntos y la mayor hoya afluente a Cuestecita, se observó una concordancia razonable entre las dos series.

e) Río Rapel.

En la actualidad se controla el caudal en la estación Rapel en Palomo o Las Mollacas, aguas abajo de la confluencia de los ríos Palomo y Los Molles. Esta estación tiene registros desde 1970. Sin embargo traducidos hay sólo desde Enero de 1972 (ver tabla II.12). Existe una zona de riego de 600 hectáreas aguas arriba de esta estación que es suficientemente grande como para ser considerada en forma explícita (el valor anterior incluye las superficies de aquellos canales que captan aguas arriba y riegan aguas abajo de la estación).

En vista de la escasa longitud de los registros existentes, se prefirió utilizar como aporte de cabecera de este río, la suma del régimen natural en el río Los Molles (según lo explicado en 3.2.4. a) y los registros de Palomo en Vertedero. Esta última fue una estación que ENDESA controló en el río Palomo, aguas arriba del comienzo de su zona de riego, desde Marzo de 1942 hasta Marzo de 1966 fecha en que fue suspendida. (ver tabla II.13).

Para poder confeccionar esta estadística de cabecera fue preciso extender la estadística de Palomo en Vertedero hasta Abril de 1975. Esto se hizo mediante correlaciones anual y mensuales con el régimen natural del río

FIG. 3.15

CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS. RIO MOSTAZAL EN CHACAY

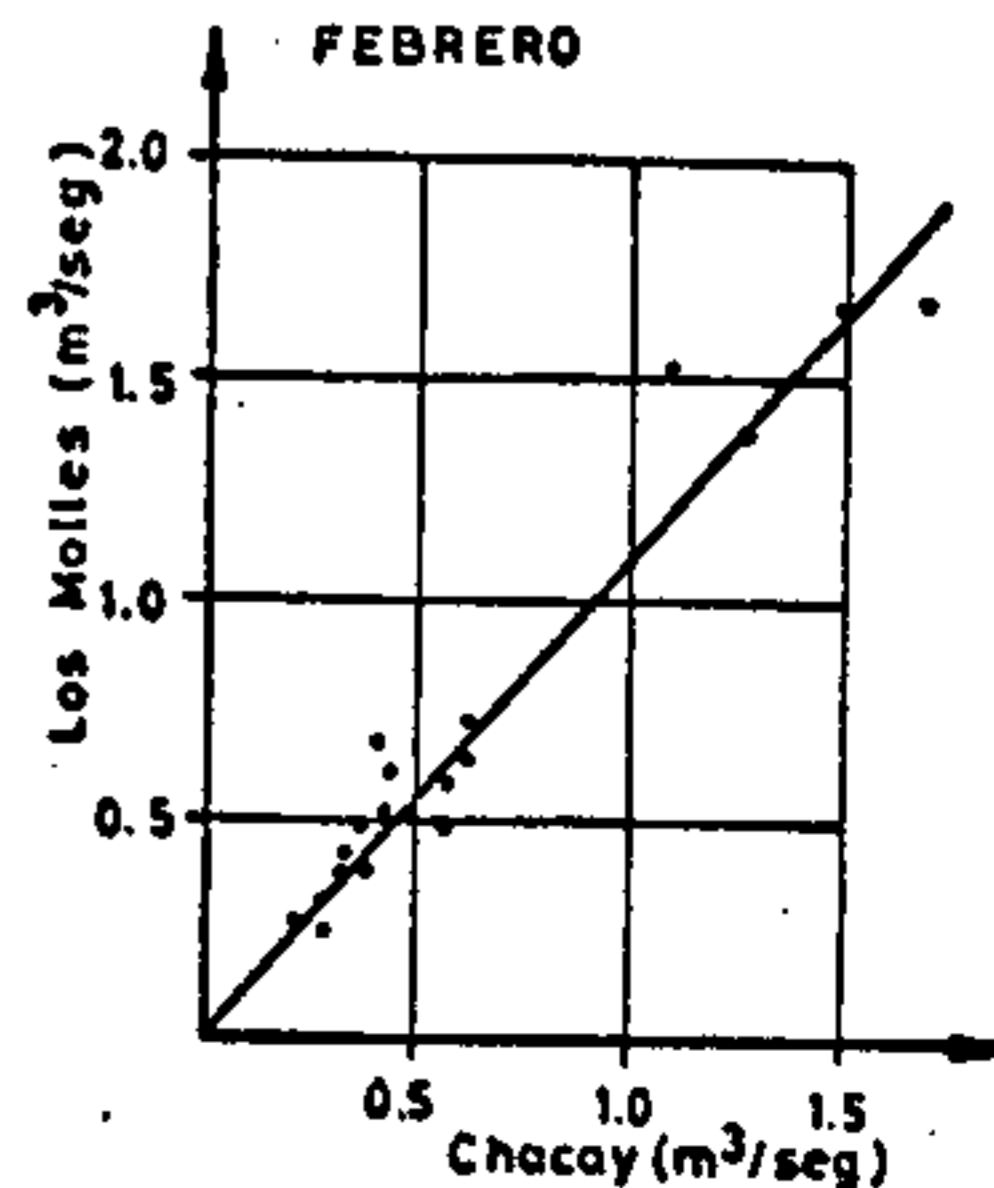
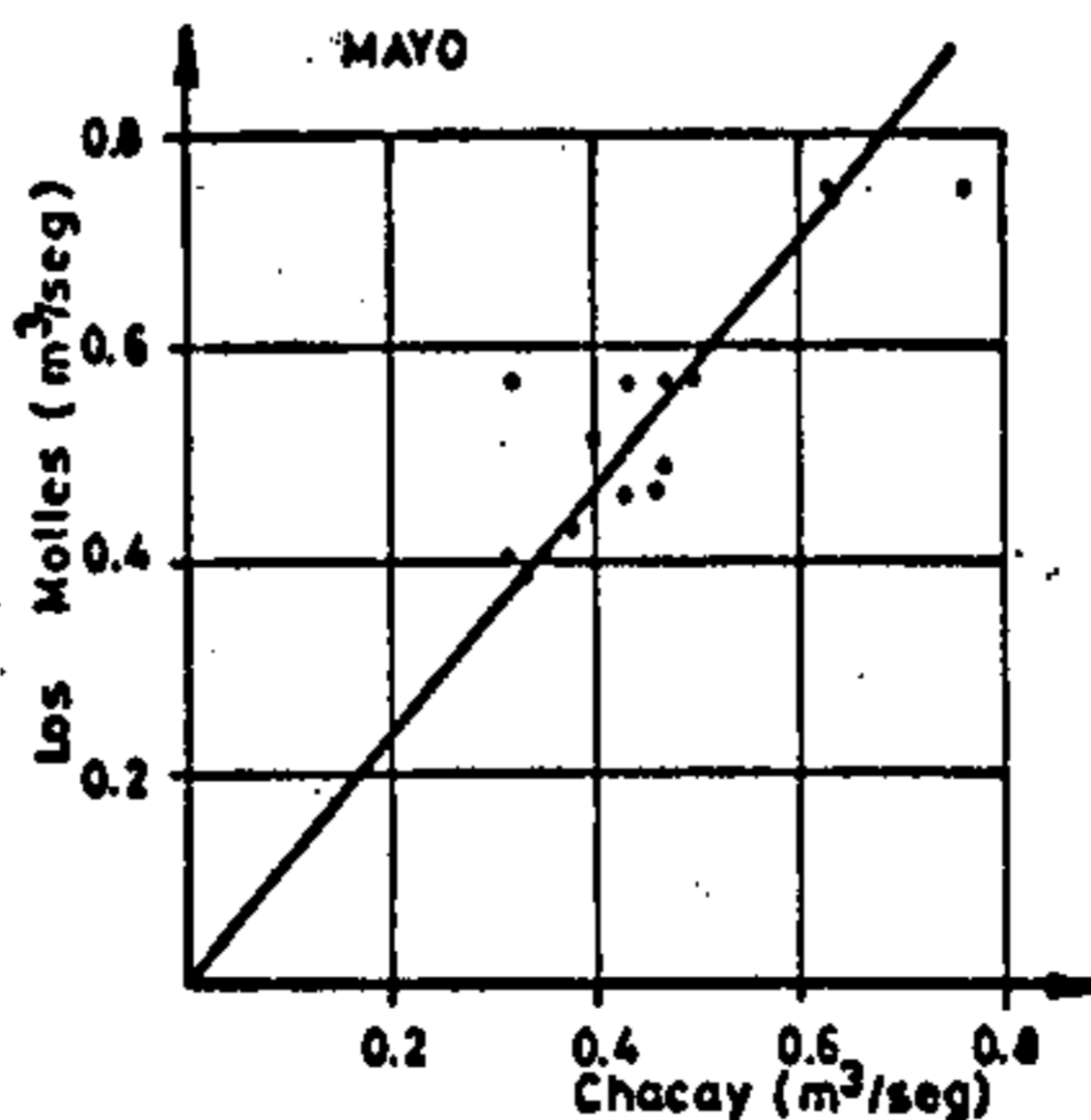
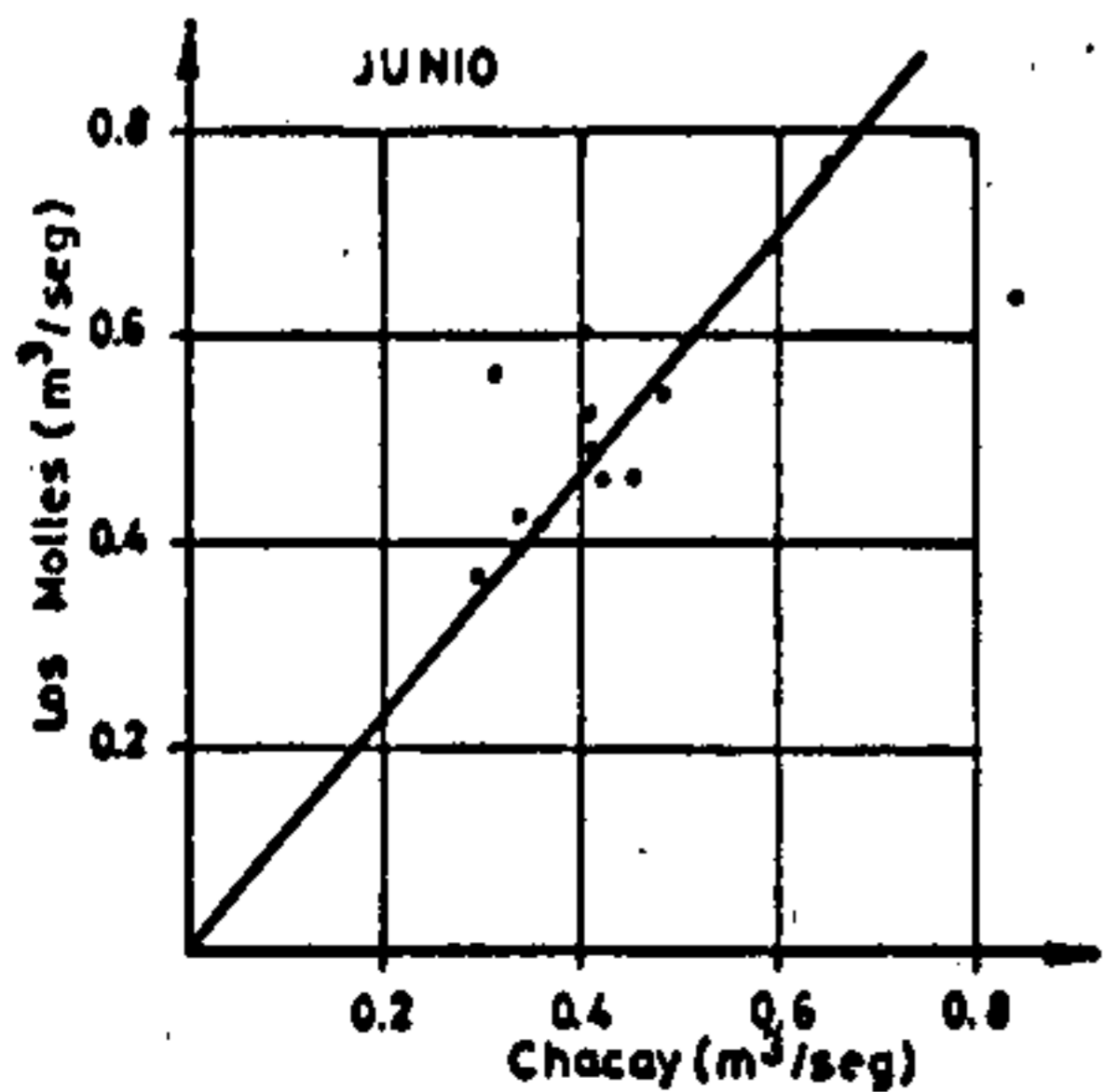
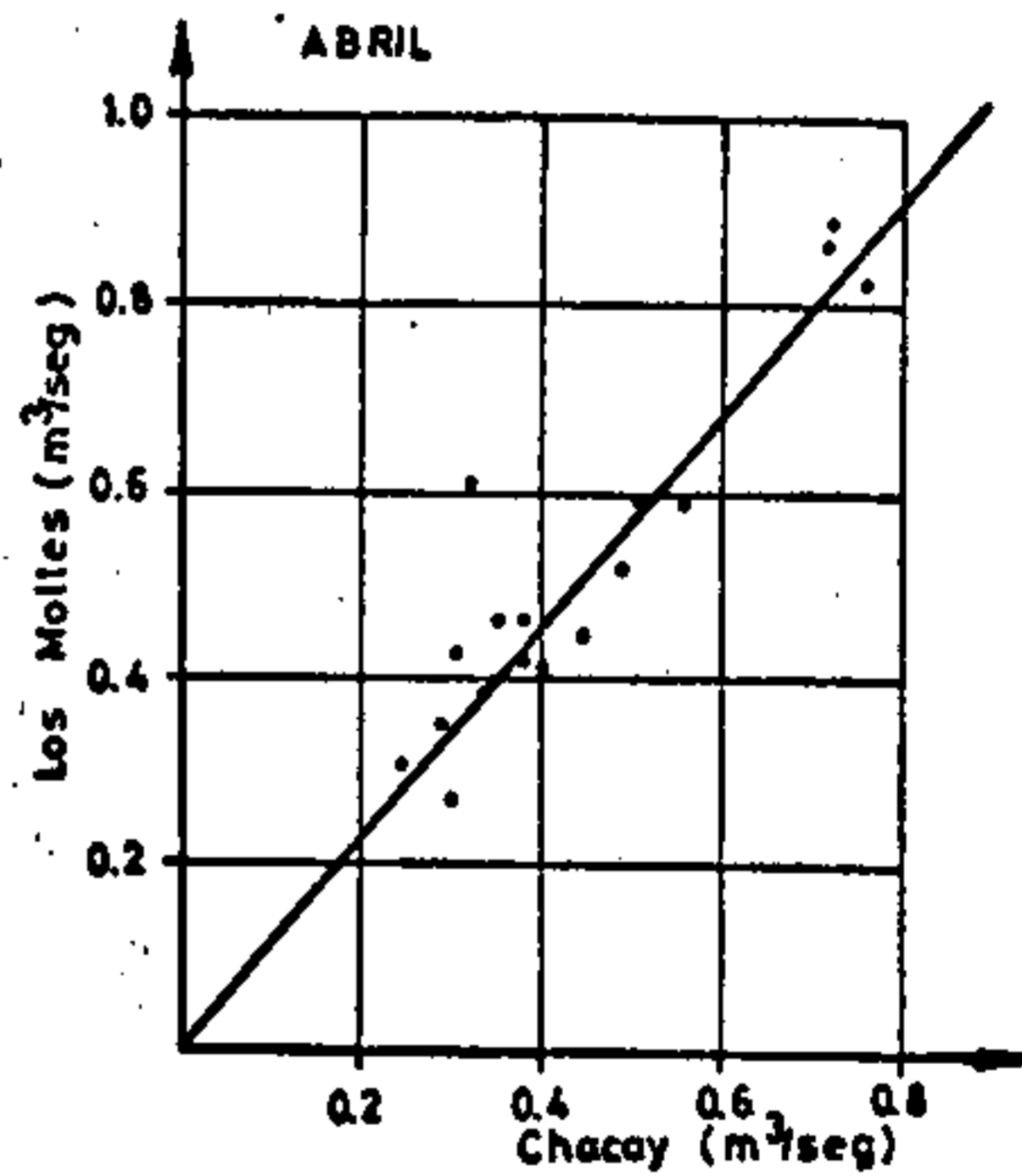
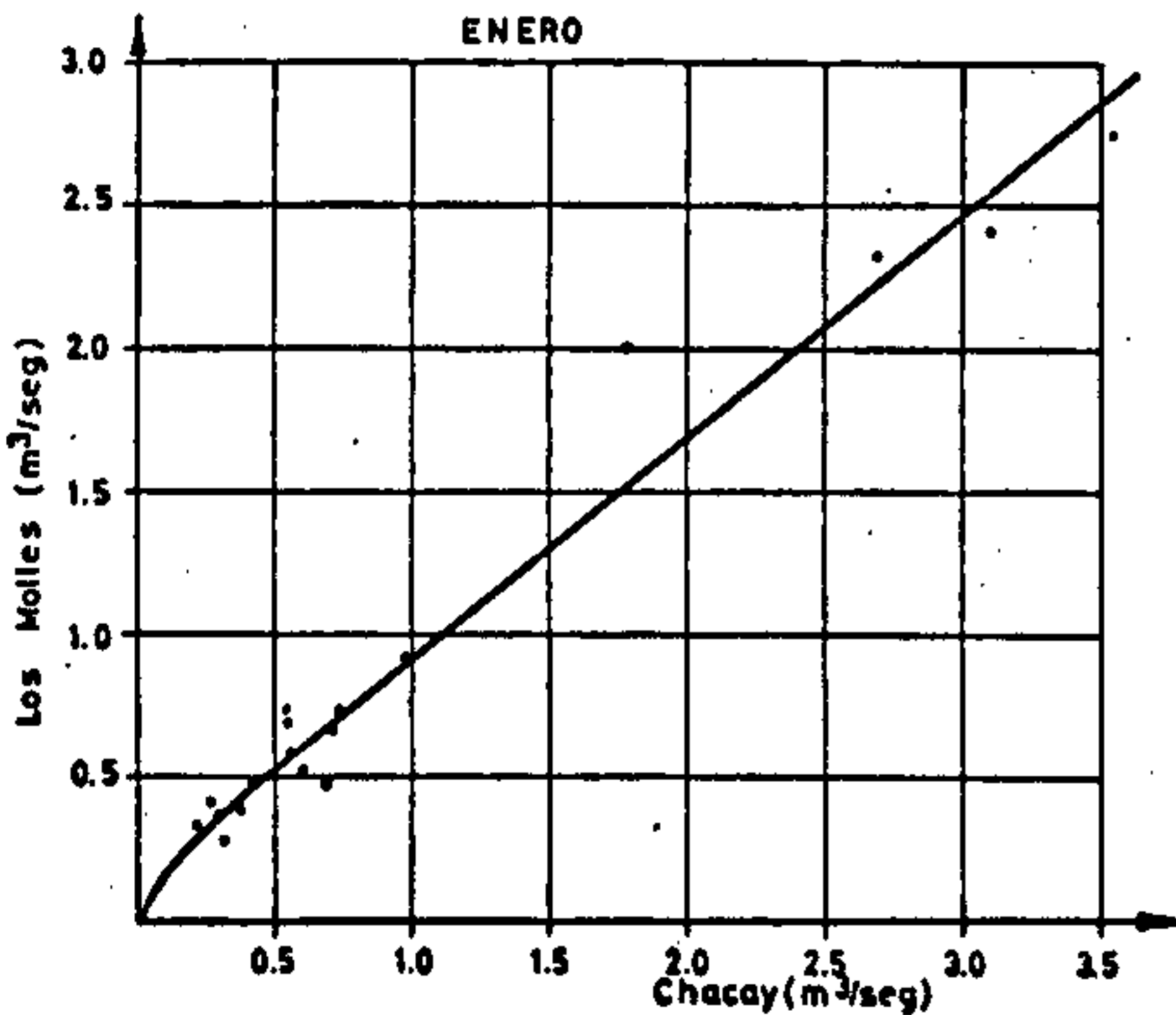
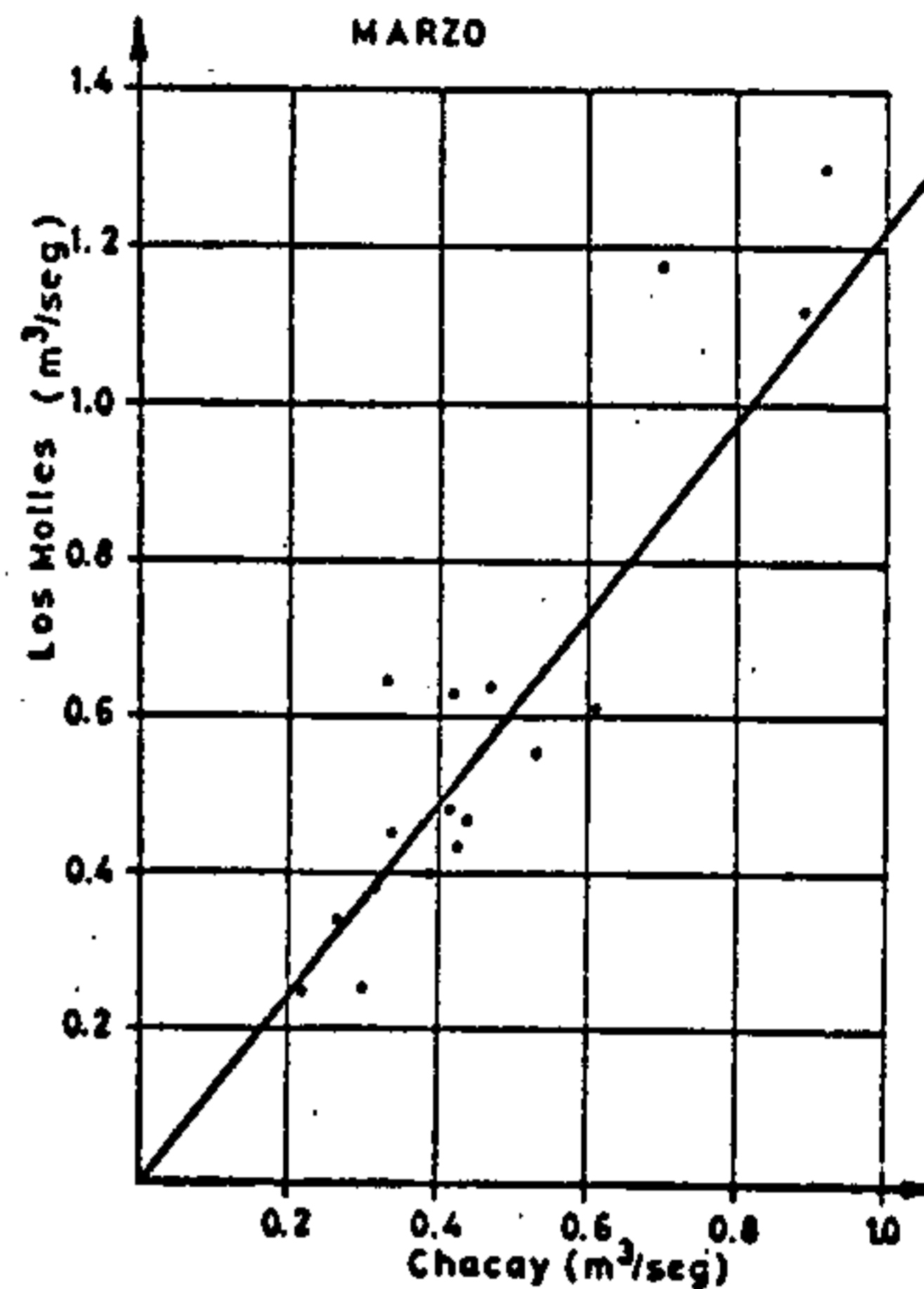
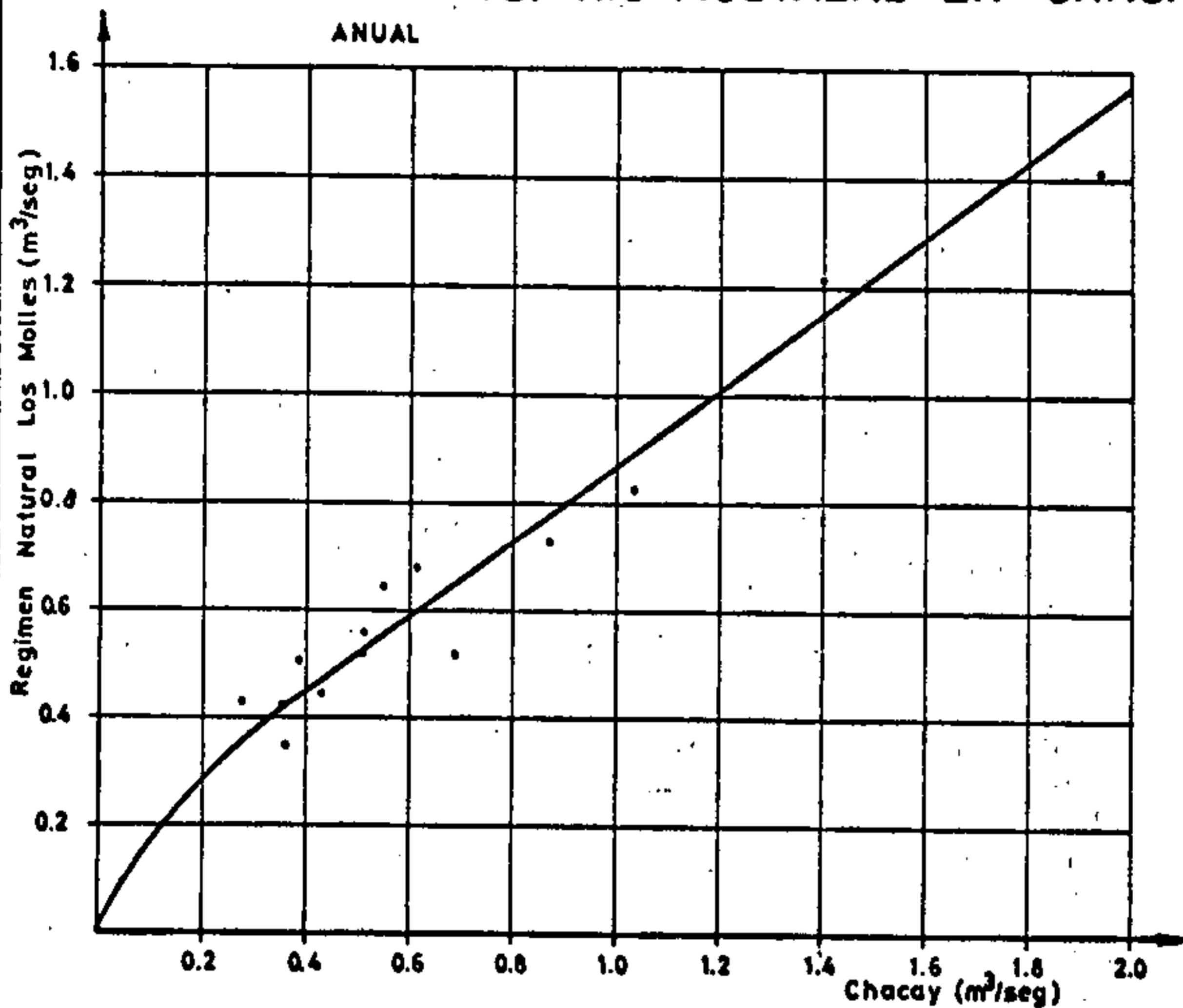
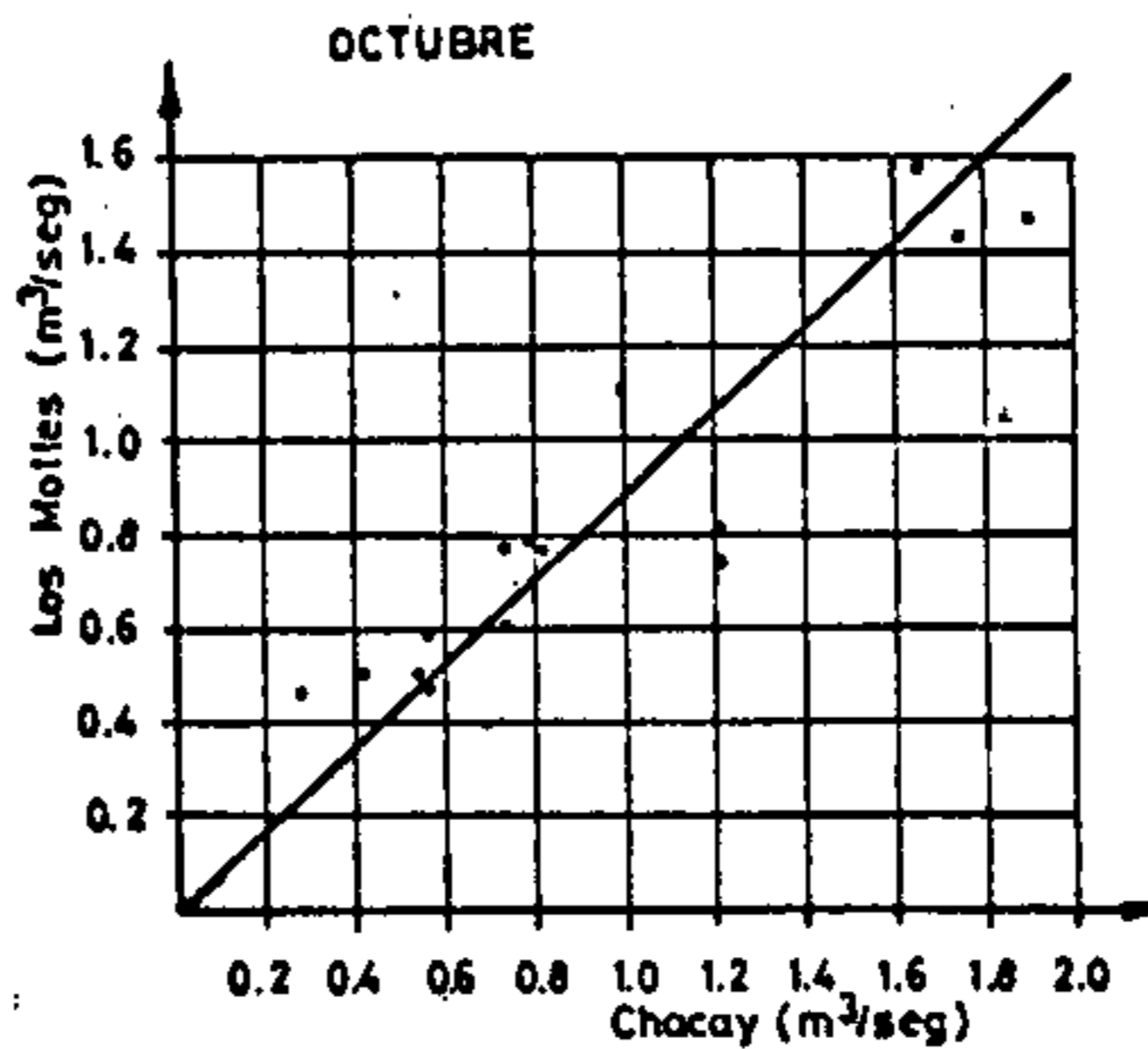
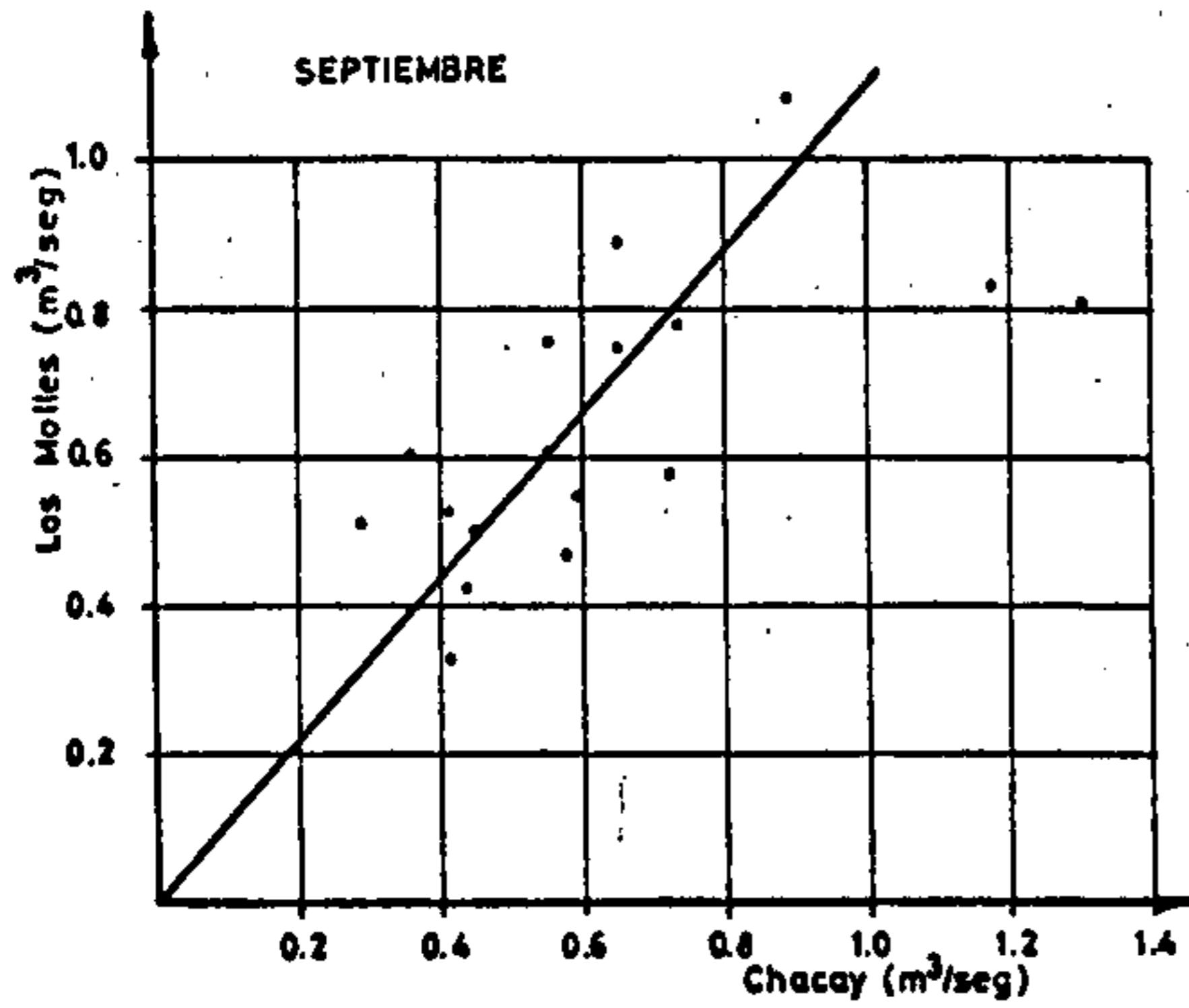
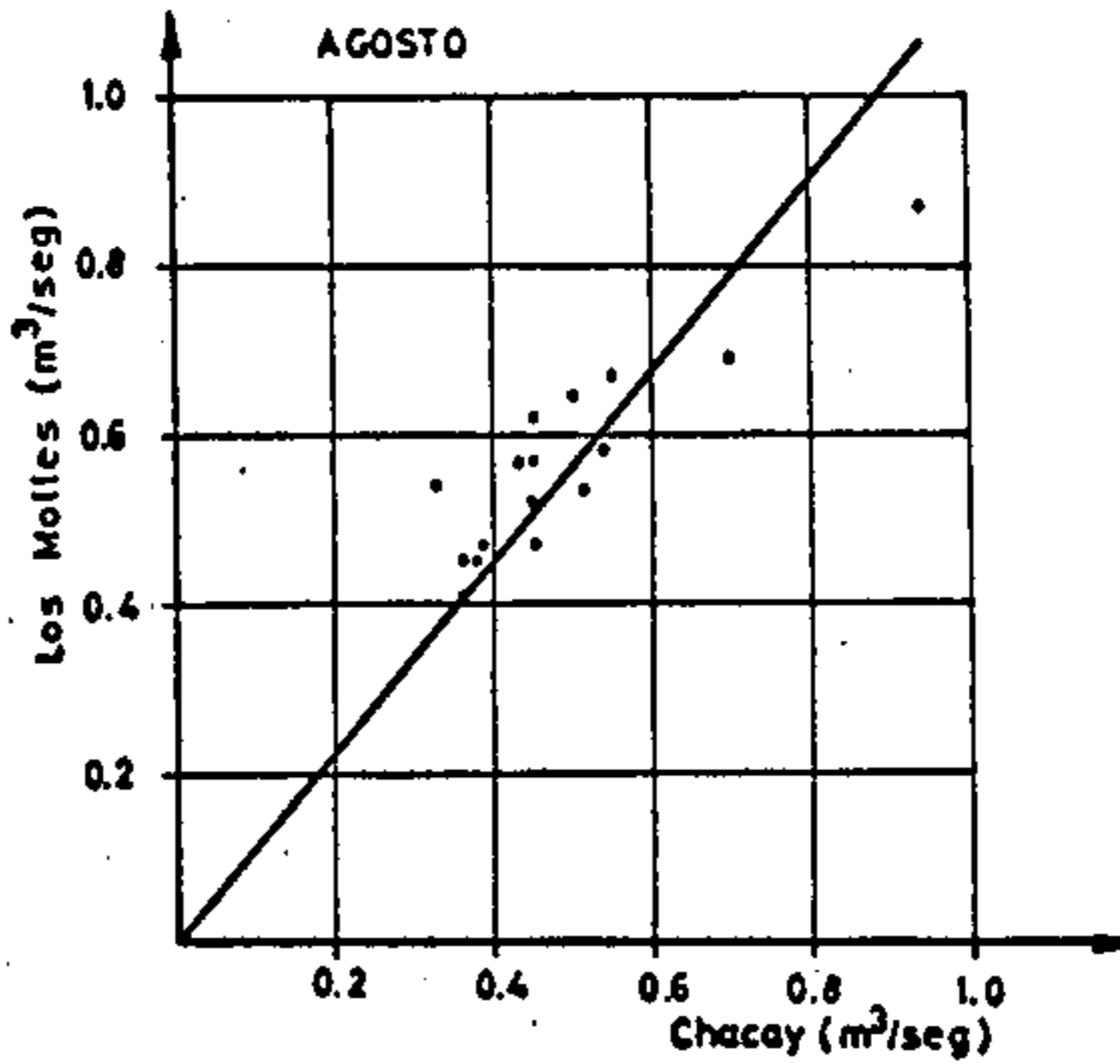
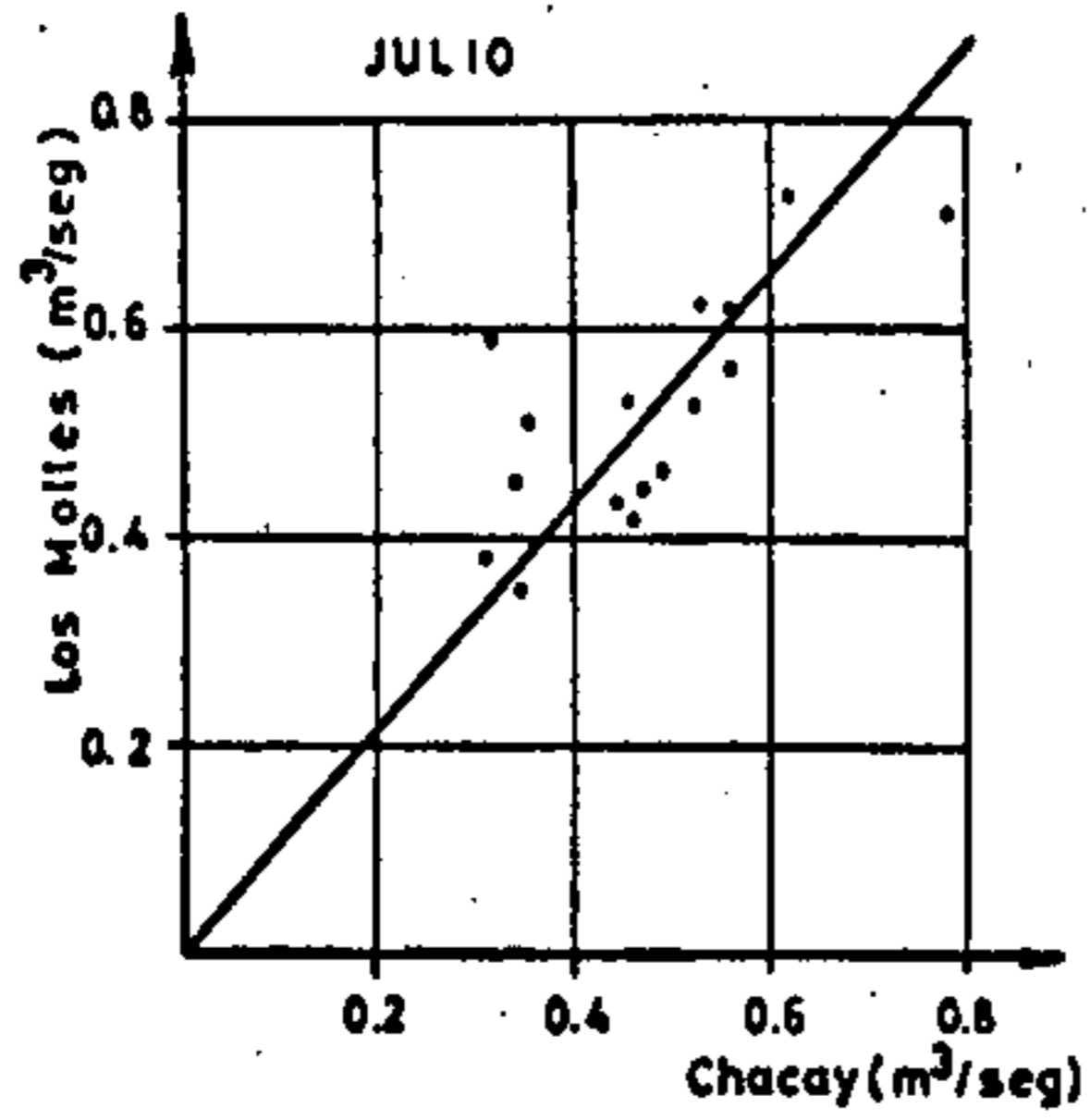
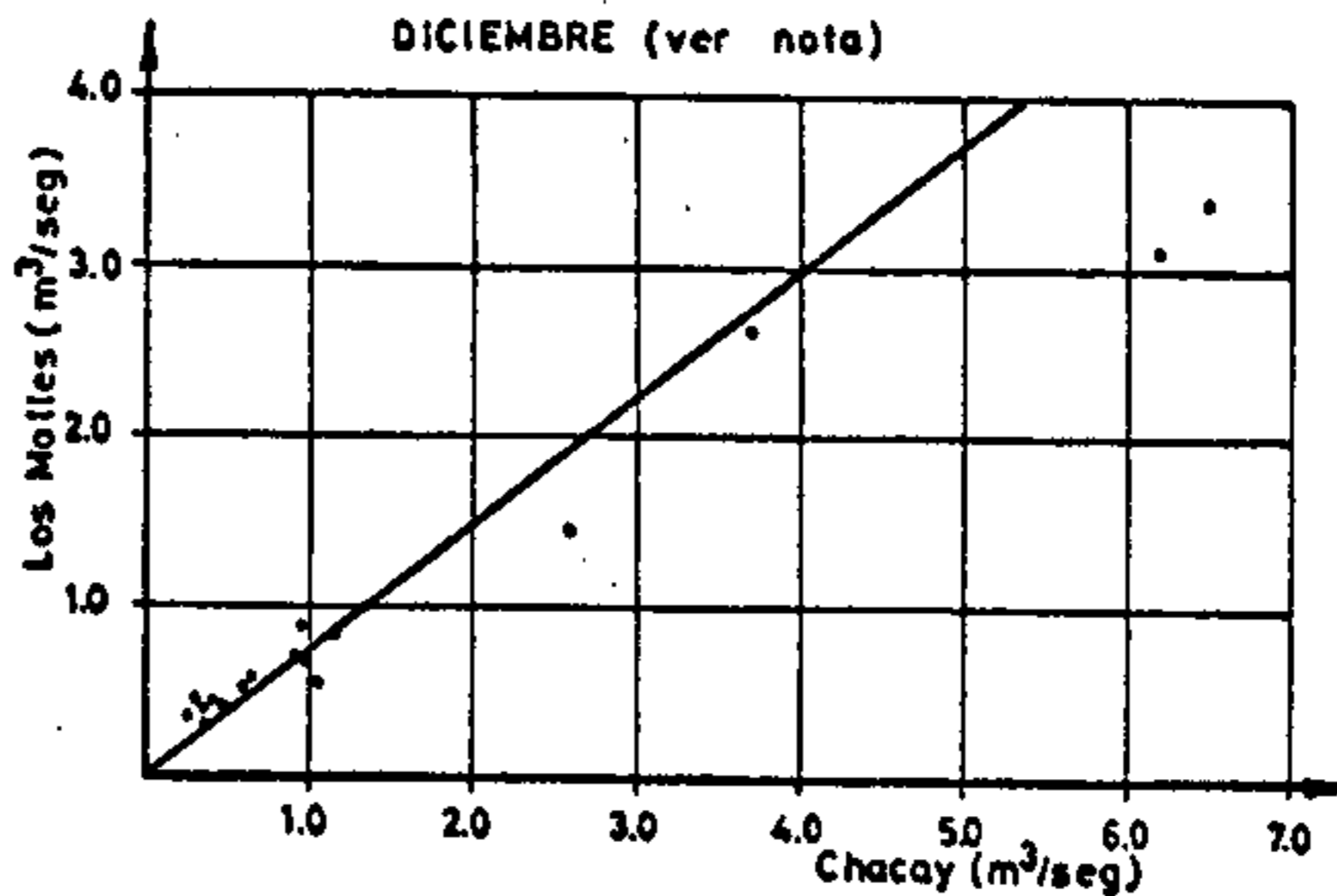
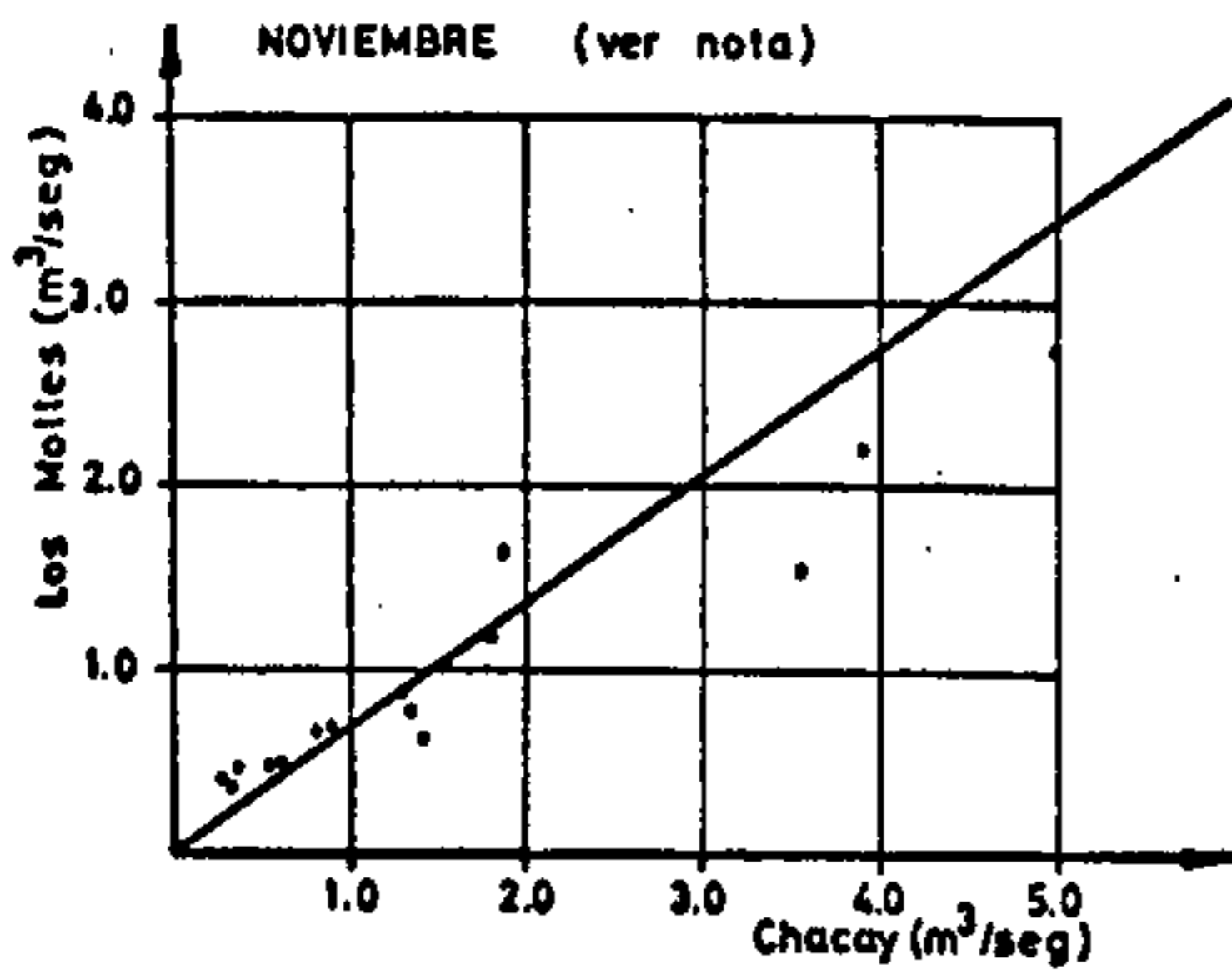


FIG. 3.16

CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES VS. RIO MOSTAZAL EN CHACAY



Nota: En las correlaciones de los meses de Noviembre y Diciembre no se consideraron los puntos extremos ya que hacian bajar mucho la tangente de la curva. Esto trae como consecuencia una sobreestimación no deseable de los caudales en Chacay.



Los Molles (figuras 3.17 y 3.18). El procedimiento utilizado para la extensión fue enteramente análogo al explicado para la extensión de Hurtado en San Agustín. La estadística de cabecera sintetizada se presenta en el anexo II, tabla II.14.

f) Afluentes Embalse Cogotí.

El Embalse Cogotí tiene dos afluentes independientes : Río Cogotí y Río Pama.

En el río Pama y su tributario de importancia el río Combarbalá, sólo existe una estación fluviométrica, Pama en entrada a Embalse Cogotí. Esta estación tiene registros incompletos, traducidos, desde Enero de 1966 a Abril de 1975 (Ver tabla II.15). El río Pama es sumamente pobre en recursos, de tal forma que normalmente los registros de la estación a la entrada del Embalse son muy cercanos a cero, ya que la mayor parte de los caudales del río son utilizados en el regadío de zonas aguas arriba. El río Pama y su afluente Combarbalá tiene una superficie bajo canal de aproximadamente 4.300 Hás.

En el río Cogotí existen tres estaciones fluviométricas :

- Fragüita con registros desde Septiembre de 1971 a Marzo de 1975 (ver tabla II.16).
- El Dieciocho con registros desde Julio de 1941 a Septiembre de 1945 y luego desde Enero de 1955 a Febrero de 1975 con varias interrupciones (ver tabla II.17).
- Entrada a Embalse Cogotí, con registros desde Enero de 1953 a Abril de 1975, con largos períodos sin información (ver tabla II.18).

Las estadísticas de estas tres estaciones están influenciadas por riego. En el caso de la estación El Dieciocho, existen aproximadamente unas 1.000 Hás. de riego aguas arriba; como los caudales del río en una gran parte de los años son escasos, la influencia de las extracciones de riego es de suma importancia relativa a los caudales del río. Además, a la altura de esta estación el río presenta un marcado régimen mixto pluvio-nival, régimen que no se observa en forma tan acentuada en cuencas adyacentes; esto hace que no sea posible utilizar estadísticas de cuencas adyacentes con fines de análisis y extensión de esta estación.

FIG. 3.17
 CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES
 VS. RIO PALOMO EN VERTEDERO

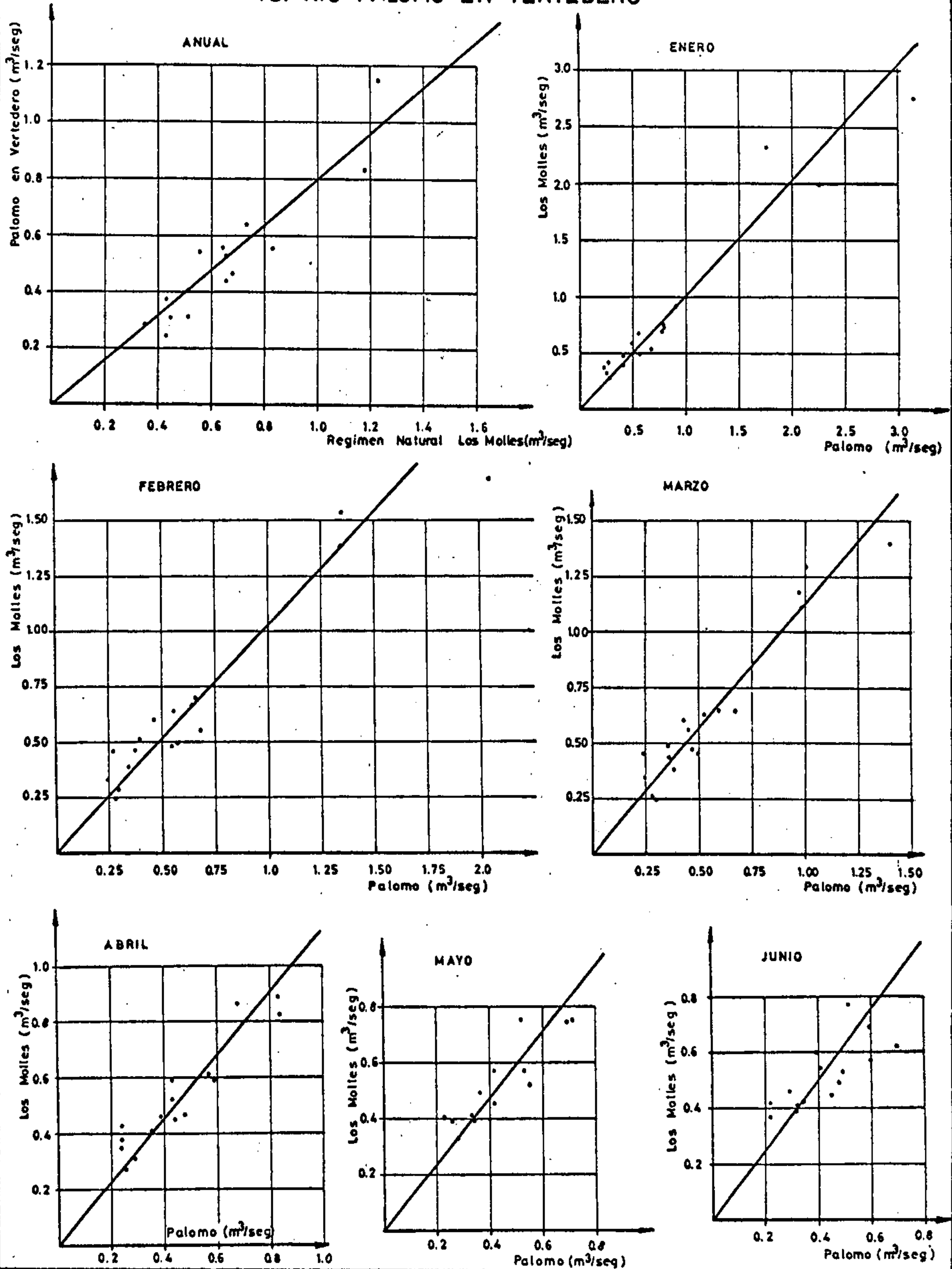
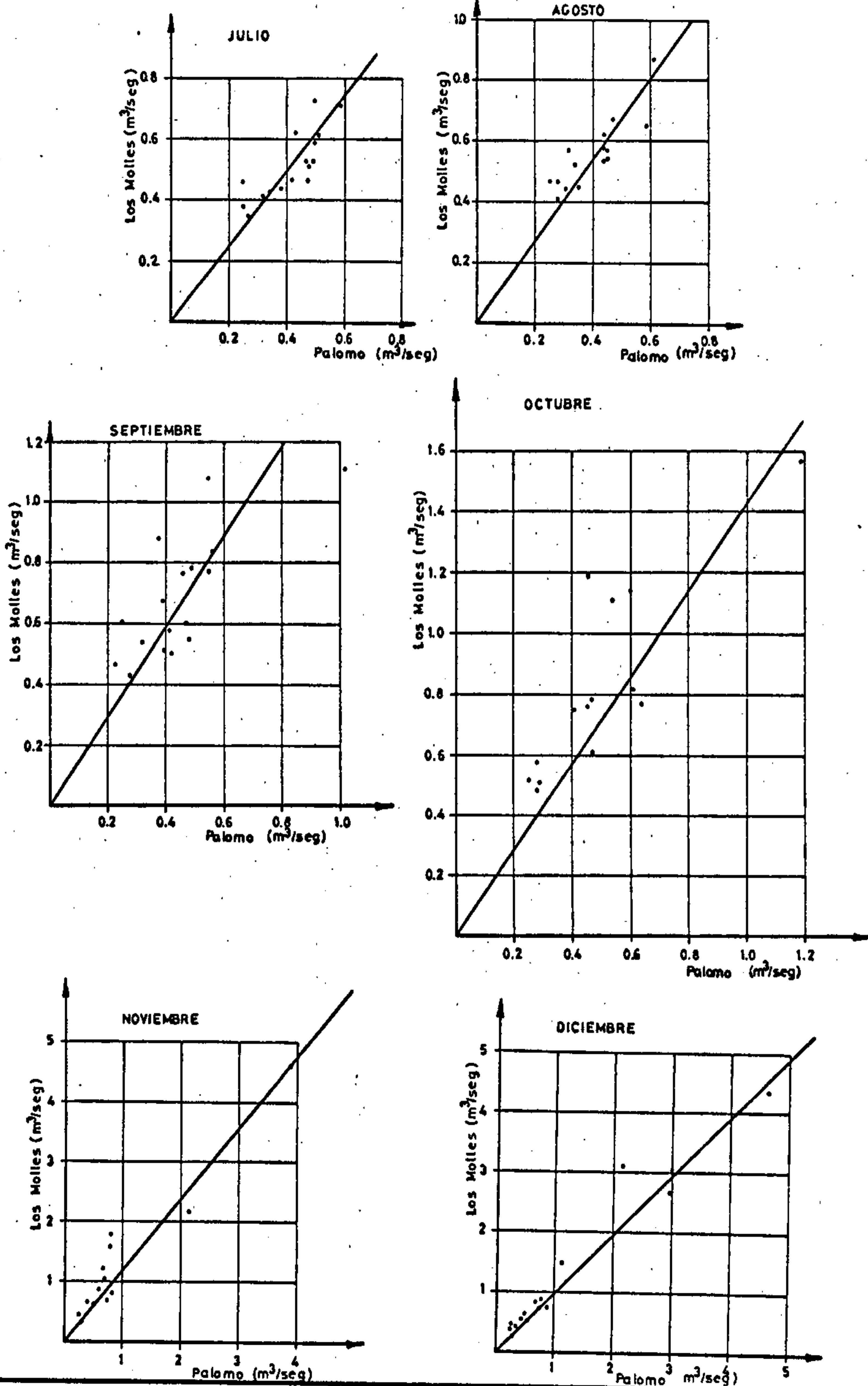


FIG. 3.18
CORRELACIONES REGIMEN NATURAL RIO LOS MOLLES
VS. RIO PALOMO EN VERTEDERO



La estación Entrada a Embalse Cogotí, presenta características análogas a El Dieciocho, siendo en este caso la influencia pluvial y de riego aún más marcada.

Para la estación Fragüita, la situación es levemente distinta; en efecto la influencia de las extracciones de riego sobre las mediciones en esta estación, pueden considerarse de menor importancia puesto que aguas arriba de ella existen sólo unas 200 Hás. de riego. El período de registros con que cuenta esta estación es aún demasiado corto como para formarse una idea clara de su régimen de escorrentía. Una apreciación preliminar, indicaría sin embargo que su régimen es distinto al de las estaciones de cabecera de los demás ríos del sistema, notándose una mayor influencia pluvial.

La situación descrita en cuanto a regímenes e información existente para los ríos Cogotí, Pama y Combarbalá, obligaron a tomar la decisión de no intentar un análisis acabado de la fluvimetría de cabecera de ellos y al mismo tiempo simplificar la metodología de pronóstico de temporada (ver 4.4). Esto, considerando que cualquier relación para completar y/o extender estadísticas con el fin de analizar por tramos el Sistema, estaría sujeta a dispersiones de magnitudes considerables que haría dudar de la confiabilidad de los resultados que de ellas se pudiera obtener. En estas condiciones se estima que los métodos utilizados para el pronóstico (ver 4.4) y para determinar los afluentes definitivos el Embalse Cogotí (ver 3.4) son suficientemente adecuados, para la disponibilidad de datos existentes.

3.3.- Modelo Hidrológico de las Zonas de Riego Aguas Arriba de los Embalses. Resultados.

3.3.1.- Objetivos.

Como una forma de analizar los efectos que sobre los caudales afluentes a los embalses del Sistema tendrían las modificaciones del manejo de aguas de riego que se pudieran hacer en las zonas de riego aguas arriba, se desarrolló y se intentó calibrar un modelo hidrológico que simulara el comportamiento de estas zonas, por tramos de los valles de cada río.

Un modelo de este tipo permite sintetizar estadística fluviométrica de salida de cada tramo en

que se divida el Sistema, en base a datos de estadísticas fluviométricas de entrada al tramo, índices de precipitación y evaporación, y extracciones de agua para riego. Este tipo de modelos requiere de un cierto número de parámetros, cuyos valores no se conocen a priori, pero para los cuales existen rangos físicos posibles. Los parámetros son coeficientes que intervienen en las ecuaciones de balance y ayudan a representar los diferentes procesos del ciclo hidrológico y del movimiento del agua de riego, en el tramo y zona de riego considerada. Para ajustar los valores de estos parámetros es preciso calibrar el modelo. Esto consiste en operar el modelo durante un cierto período de tiempo para el cual se disponga de estadísticas medidas de caudales de entrada y salida, índices de precipitación y evaporación y mediciones de las extracciones de riego. Con esta operación, en que se conocen las funciones de entrada y salida, se van ajustando los parámetros del modelo dentro de sus rangos físicos posibles, de modo de hacer coincidir en la mejor forma posible los valores medidos en la estación de salida, con los valores sintetizados por el modelo.

Con un modelo de este tipo, debidamente calibrado, sería posible analizar efectos tales como aumentos en las superficies de riego aguas arriba (en el caso del Sistema Paloma como ejemplo se podría citar el riego de las zonas bajas de los ríos Rapel y Mostazal con aguas del río Grande); modificaciones de las tasas de riego; detección de magnitudes de falla en el riego de las zonas de aguas arriba de los embalses del sistema para el período de estadísticas históricas; etc.; todo esto cuantificando las influencias que cada uno de los cambios enumerados, ocasionaría sobre los caudales históricos afluentes a los embalses del sistema Paloma.

Además, un modelo de este tipo permitiría entregar pronósticos de caudales afluentes a los embalses del sistema durante el período Septiembre-Abril de cada año, al ser utilizado en forma conjunta con relaciones precipitación - escorrentía de pronóstico en cabecera de los ríos del Sistema (ver capítulo 4).

3.3.2.- Formulación del Modelo Hidrológico.

El modelo hidrológico desarrollado preten de realizar un balance de aguas en el sector en que se aplique, de tal forma que en base a ciertos datos de entrada de agua al sector pueda sintetizar el caudal superficial de salida del mismo; esto para un conjunto secuencial de interva-

los de tiempo. El caudal de salida sintetizado por el modelo se compara, durante el proceso de calibración, con los caudales medidos en la sección de salida del sector.

En la figura 3.19 se presenta en forma conceptual un esquema de un sector del valle de un río, en el que se indican los principales flujos posibles del agua; estos aparecen identificados por una nomenclatura adecuada que se explica también en la figura. Es de hacer notar que en este esquema se han considerado en forma explícita sólo aquellos flujos de agua que intervienen dentro de lo que se podría llamar el subsistema superficial del ciclo de escorrentía. El modelo que aquí se formula plantea un balance considerando en forma explícita los flujos de agua indicados en la figura, sin embargo implícitamente considera también las interrelaciones que este sistema superficial tiene con el subsuelo y la atmósfera, tal como se verá más adelante. El modelo se planteó en esta forma de tal modo de mantener una estructura simple, que estuviese acorde con la disponibilidad de datos con que se contaba en los lugares en que el modelo se aplicaría.

En base al esquema planteado en la figura y despreciando los componentes de almacenamiento de agua en el sector, se plantea la siguiente ecuación de balance :

$$Q_{SS} = Q_E + Q_I - Q_{SC} - Q_R + P_C + D_R \quad (1)$$

La identificación de cada término aparece dada en la figura 3.19.

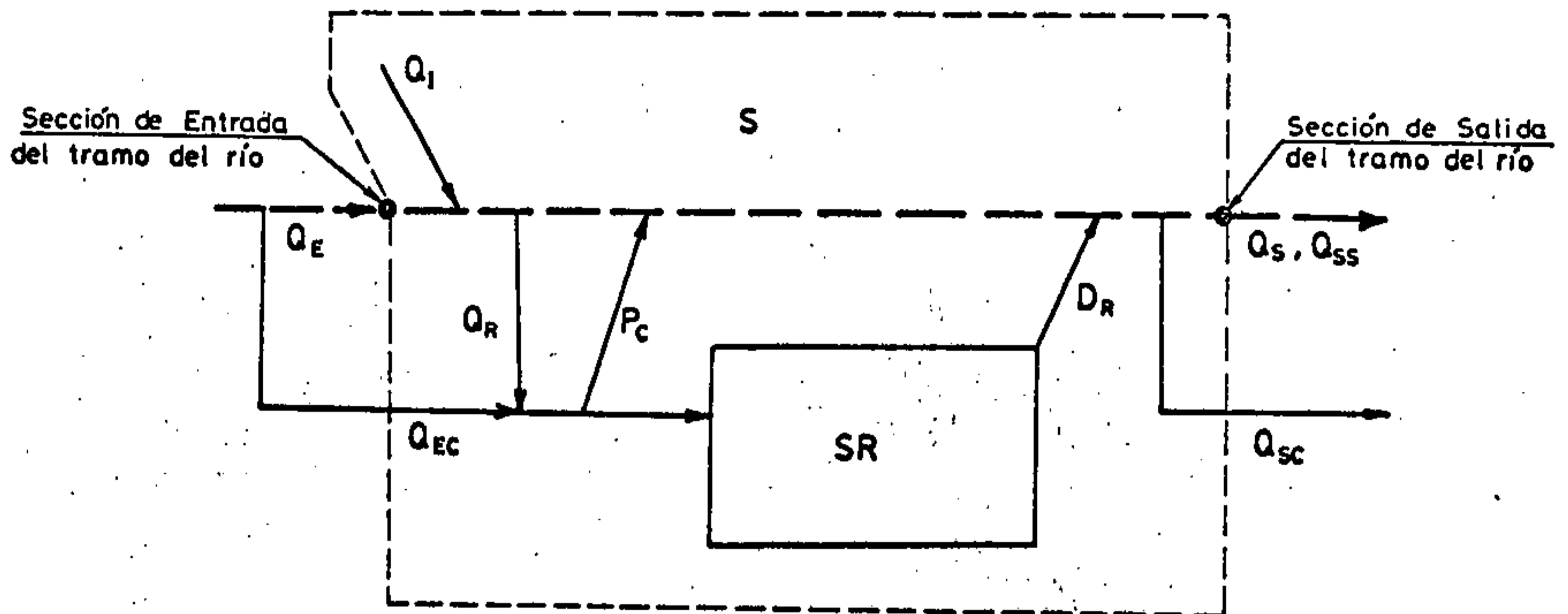
El caudal de entrada por canales (Q_{EC}) no aparece en forma explícita en la ecuación (1), pero como se verá más adelante interviene en la determinación de las pérdidas por conducción (P_C) y en los derrames de riego (D_R).

Disponiendo de información sobre caudales superficiales de entrada al sector (Q_E), caudales extraídos para riego en el sector (Q_R) y caudales de salida por canales desde el sector (Q_{SC}), se tendría como únicas incógnitas en el lado derecho de la ecuación (1) las siguientes :

- Q_I : caudal de aporte natural de la hoya intermedia que el sector abarca. Este caudal provendrá de dos fuentes principales : el derretimiento de nieve acumulada en las altas cumbres de la hoya intermedia y el efecto de escorrentía directa por precipitaciones pluviales.

FIG. 3.19

MODELO HIDROLOGICO



NOMENCLATURA

- Q_E = Caudal de entrada (medido)
- Q_S = Caudal de salida (medido)
- Q_{SS} = Caudal de salida sintetizado por el modelo
- Q_I = Caudal del sector intermedio no medido
- Q_{EC} = Caudal de entrada al sector por canales (medido o estimado)
- Q_{SC} = Caudal de salida del sector por canales (medido o estimado)
- Q_R = Caudal captado para riego en el sector (medido o estimado)
- P_C = Pérdidas por conducción en los canales
- D_R = Derrames de riego
- SR = Superficie de riego
- S = Superficie de precipitación pluvial comprendida entre la sección de entrada y salida

- P_C : pérdidas por conducción en los canales de Sistema.
- D_R : retornos al cauce superficial por derrames de riego.

El intervalo de tiempo elegido para plantear el modelo, es el mes. En consecuencia, en la ecuación de balance se consideran valores mensuales, lo que avala el desprestigiar los cambios de almacenamiento (superficiales) en el tramo.

a) Evaluación del Aporte de la Hoya Intermedia (Q_I).

El caudal aportado por la hoya intermedia entre las secciones de entrada y salida, se calculará como la suma de dos componentes. La primera componente representará los aportes por derretimiento de nieve acumulada en la hoya intermedia; esta componente se evaluará utilizando un caudal de correlación (1) que represente, lo mejor posible, un índice de las características del deshielo en la hoya intermedia. Para este efecto será posible utilizar como caudal de correlación (Q_C) el mismo caudal de entrada al tramo (Q_E), siempre que la hoya intermedia presente características hidrológicas análogas a las de la hoya aguas arriba, y el caudal de entrada al tramo, dentro de una aproximación razonable, sea un caudal "natural". En caso contrario podrá utilizarse como caudal de correlación el correspondiente a otra hoya cercana, siempre que represente escorrentía natural. La segunda componente representa el caudal de escorrentía directa proveniente de precipitación pluvial en la hoya intermedia. Esta componente será proporcional a un índice de precipitación que represente lo mejor posible las características pluviales de la hoya intermedia. Es de hacer notar que el caudal de la hoya intermedia representa el total de escorrentía directa, es decir incluye todo lo que se incorpora al cauce superficial en el tramo, ya sea en forma de flujo superficial propiamente tal, como también aportes provenientes de ambas componentes, en forma subsuperficial. Lo único que no está explícitamente considerado son intercambios entre el cauce superficial y la napa subterránea; esto debido a las características de los valles interiores de la cuenca del Li marí, que minimizan estas interrelaciones.

(1) Hill, R.W.; E.K. Israelsen; A.L. Huber y J.P. Riley
 "A Hydrologic Model of the Bear River Basin". Utah Water
 Research Laboratory, College of Engineering, Utah State
 University, Logan Utah. Agosto 1970.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el caudal de la hoya intermedia en cada intervalo de tiempo, se evaluará como :

$$Q_I = C_1 \cdot Q_C + C_2 \cdot P \cdot S / 2628 \quad (\text{m}^3/\text{seg})$$

en que :

P = índice de precipitación mensual (mm).

S = superficie de precipitación pluvial de la hoya intermedia entre las secciones de entrada y salida (Km²)

2628 = factor de conversión de mm/Km² a m³/seg.

Q_C = caudal de correlación en m³/seg.

C₁, C₂ = parámetros del modelo.

i) Parámetro C₁

Este parámetro representa el coeficiente de regresión entre los aportes nivales base de la hoya intermedia y el caudal de correlación. Conforme a lo que representa, este parámetro debe ser variable a lo largo del año. En efecto el aporte por concepto de deshielo en la hoya intermedia será más importante a medida que avanza la temporada, para después disminuir nuevamente hacia el término de ella. La relación que este aporte tiene con el caudal de correlación variará también a lo largo del año, conforme este último esté formado en menor o mayor grado también por deshielos. El modelo permite adoptar diferentes valores del parámetro C₁ en función de la época del año. En el caso de las aplicaciones que se describen más adelante, se adoptaron cuatro niveles para este parámetro :

C₁¹ : período Mayo-Septiembre

C₁² : período Octubre-Noviembre

C₁³ : período Diciembre-Enero

C₁⁴ : período Febrero-Abril

ii) Parámetro C_2

Este parámetro representa un coeficiente de escorrentía y por lo tanto, dependerá del grado de humedad del terreno sobre el cual cae la precipitación. Las primeras lluvias del año hidrológico tienen un coeficiente de escorrentía menor que las lluvias siguientes. Para evaluar C_2 se utilizará la siguiente expresión (1):

$$C_2 = C_{\max} \frac{H_t + H_{t-1}}{2 H_{\max}}$$

donde :

C_{\max} : máximo coeficiente de escorrentía de la cuenca (parámetro del modelo)

H_{\max} : nivel máximo de humedad del suelo (parámetro del modelo)

H_t : nivel de humedad a fines del mes que se está considerando

H_{t-1} : nivel de humedad del suelo a fines del mes anterior al que se está considerando.

Para calcular el nivel de humedad al final del mes t (H_t) se supone, en primera instancia :

$$C_2' = C_{\max} \frac{H_{t-1}}{H_{\max}}$$

Luego se realiza un primer balance para el estado de humedad del suelo, en la zona de precipitación pluvial determinada para la hoya intermedia, calculando :

$$H_t = H_{t-1} + (1 - C_2') P_t - ET_t \quad (2)$$

El valor de H_t se limita a un máximo de H_{\max} . En la ecuación (2), el término $(1 - C_2') P_t$ es el valor del índice de precipitación en el mes considerado. ET_t representa el índice de evapotranspiración potencial (dato del

(1) Ferrer, P., E. Brown y L. Ayala, "Simulación de Gastos Medios Mensuales en una Cuenca Pluvial" II Coloquio Nacional, Soc. Chilena de Ing. Hidráulica. Agosto 1973.

modelo) adoptado en el mes t , para la hoya intermedia. Es decir se está suponiendo que el retorno de agua a la atmósfera, desde la zona de precipitación pluvial (no incluyendo evapotranspiración de los cultivos regados que aparece incluida más adelante) se realiza a la tasa potencial.

Una vez calculado H_t mediante la ecuación (2), se calcula:

$$C_2 = C_{\max} \frac{H_t + H_{t-1}}{2 H_{\max}}$$

En caso que C_2 no difiera mayormente de C_2' adoptado en primera instancia, se aceptan H_t y C_2 . Si hay diferencias significativas se calcula nuevamente H_t con la expresión (2) tomando $C_2' = C_2$. El nuevo valor de H_t dará un nuevo valor para C_2 que se compara con el C_2 que se tenía anteriormente. Este proceso iterativo se realiza hasta que se obtenga una convergencia adecuada para el coeficiente C_2 .

b) Evaluación de las Pérdidas por Conducción (P_C).

Las pérdidas por conducción se calculan como un porcentaje del caudal captado para riego en el sector. Este caudal está formado por las extracciones de riego por los canales del sector (Q_R), más el caudal que entra al sector por canales que toman aguas arriba de la sección de entrada (Q_{EC}). Si p_1 es la eficiencia de conducción, las pérdidas serán:

$$P_C = (1 - p_1) (Q_R + Q_{EC})$$

El modelo supone que estas pérdidas se incorporan al cauce dentro del tramo en estudio y en el mismo mes en que se producen.

c) Evaluación de los Derrames de Riego (D_R)

Los derrames de riego se suponen proporcionales al agua que llega a la superficie de riego. Si p_2 es la eficiencia de aplicación, se tiene :

$$D_R = (1 - p_2) p_1 (Q_R + Q_{EC})$$

El modelo supone que estos derrames se incorporan al cauce dentro del tramo en estudio, y en el mismo mes en que se producen.

Introduciendo todas las expresiones anteriores, en la ecuación de balance (1) se tiene :

$$Q_{SS} = Q_E + C_1^i Q_C + C_2 \cdot P \cdot S / 2628 - Q_{SC} - Q_R + \\ + (1 - p_1) (Q_R + Q_{EC}) + (1 - p_2) p_1 (Q_R + Q_{EC})$$

Simplificando :

$$Q_{SS} = Q_E + C_1^i Q_C + C_2 \cdot P \cdot S / 2628 - Q_{SC} - p_1 p_2 Q_R + (1 - p_1 p_2) Q_{EC}$$

Denominando C_3 al producto $p_1 p_2$ que equivaldría a la eficiencia neta de riego, se puede escribir finalmente :

$$Q_{SS} = Q_E + C_1^i Q_C + C_2 \cdot P \cdot S / 2628 - Q_{SC} + Q_{EC} - C_3 (Q_R + Q_{EC})$$

La ecuación anterior es la que se aplica para cada intervalo de tiempo, para efectuar el balance en los tramos del Sistema.

d) Parámetros del Modelo.

De acuerdo a lo explicado anteriormente, el modelo requiere los siguientes parámetros :

- 1.- C_1^i : coeficientes de relación entre el aporte nival de la hoya intermedia y el caudal de correlación. Este coeficiente es función de la época del año (i); en las calibraciones que se presentan más adelante se dividió el año en cuatro períodos, $i=1,2,3,4$.
- 2.- C_3 : parámetro que representa la eficiencia neta de riego.
- 3.- C_{max} : coeficiente de escorrentía máximo de la hoya intermedia.
- 4.- H_{max} : nivel máximo de humedad en el suelo.

e) Datos que requiere el modelo.

Según lo visto anteriormente, el modelo desarrollado requiere como funciones de entrada, para simular cada tramo, los siguientes datos :

- caudales mensuales superficiales de entrada al tramo.
- caudales mensuales de entrada al tramo por canales de riego.
- caudales mensuales de extracciones para riego en el tramo.
- caudales mensuales de salida del tramo por canales de riego.
- un índice de precipitación representativo de la lluvia caída en el tramo.
- un índice de evaporación representativo de la evapotranspiración potencial en el tramo.

Además, en la etapa de calibración, requerirá adicionalmente como dato los caudales mensuales superficiales de salida del tramo.

Como se hará aparente al exponer la forma de calibración de los sectores que se presentan más adelante, algunos de los datos enumerados en la lista anterior sólo se conocían en forma parcial o bien no se conocían, por lo que fue necesario efectuar algunas estimaciones para completarlos.

f) Metodología de calibración.

El modelo propuesto requiere de una etapa de calibración antes de ser utilizado. La calibración consiste en determinar los valores de los parámetros enumerados en forma tal que el ajuste entre el caudal de salida sintetizado (Q_{SS}) y el caudal de salida medido (Q_S) sea lo mejor posible. Esto se realiza procesando el modelo para varios años y determinando la sumatoria :

$$S = \sum_i | Q_S^i - Q_{SS}^i |$$

en que :

Q_S^i = caudal de salida del tramo, medido para el intervalo de tiempo i .

Q_{SS}^i = caudal de salida del tramo, sintetizado para el intervalo de tiempo i .

Los parámetros del modelo se varían, dentro de su rango físico posible, de tal manera que minimicen el valor de S . Una vez calculado los valores óptimos de los parámetros se dice que el modelo está calibrado y se puede proceder a operarlo cambiando los valores de distintas variables (p. ej. superficie de riego, eficiencias, etc.) y conocer así la respuesta del sistema a estos cambios y su influencia en los caudales de salida del sector.

3.3.3.- Calibración del Modelo Hidrológico.

3.3.3.1.- Antecedentes.

Para lograr una calibración adecuada de los parámetros del modelo, se dispuso de antecedentes de diversas calidades en los distintos ríos del Sistema. El río con mejores antecedentes es el río Grande, el cual dispone de estadísticas fluviométricas en las estaciones: Grande en Las Ramadas, Grande en El Cuyano, Grande en Coipo, Grande en Agua Chica y Grande en Puntilla San Juan. Además existen antecedentes fluviométricos en las desembocaduras de los siguientes afluentes: Tascadero, Mostazal y Rapel; datos de extracciones de riego de los Canales Semita - Palqui y Alimentador Recoleta y finalmente datos de extracciones de todos los canales de riego, por meses, para el período Noviembre de 1973 a Abril de 1975. Los ríos Turbio y Tascadero cuentan también con datos mensuales de extracciones por canales de riego en el mismo período indicado.

Los ríos Mostazal y Rapel cuentan con estadísticas fluviométricas de cabecera (ver 3.2) y en desembocadura, sin embargo no cuentan con antecedente alguno sobre extracciones efectivas de riego. El río Ponío afluente del Grande, tampoco cuenta con antecedente fluviométrico alguno.

El río Hurtado dispone de estadísticas fluviométricas de distintas longitudes, en las estaciones: Hurtado en San Agustín, Hurtado en Las Breas, Hurtado en Cortadera, Hurtado en Angostura de Pangué y Entrada a Embalse Recoleta. No cuenta con antecedente alguno sobre extracciones efectivas de riego.

El río Huatulame dispone de estadísticas de entrada al tramo, que corresponden a la suma de las entregas y rebalses del embalse Cogotí; dispone además de datos mensuales de entrega al canal matriz Cogotí. No dispone de antecedente alguno de extracciones de riego por los demás canales del Sistema. Además en las condiciones actuales (con embalse Paloma) no dispone de una buena estación fluviométrica de desembocadura. Finalmente en los ríos Cogotí y Pama no se dispone de una estadística aceptable de cabece-
ra, así como tampoco de dato alguno sobre extracciones efectivas de riego.

Para todas las zonas de la cuenca, aguas arriba de los embalses del Sistema, se cuenta con estadísticas pluviométricas adecuadas para los efectos de calibrar el modelo hidrológico (ver capítulo 3.1). En consecuencia la elaboración de un índice de precipitación no constituye problema.

Con relación al índice de evaporación requerido por el modelo, se dispone de medidas evaporimétricas sólo en la estación Embalse Paloma. En consecuencia la elaboración del índice debía basarse en estas estadísticas.

De acuerdo con los antecedentes expuestos, se tomaron las siguientes decisiones para calibrar el modelo hidrológico en las zonas de riego aguas arriba de los embalses del Sistema :

a) Ríos Cogotí y Pama :

No intentar calibración del modelo hidrológico, en vista de la poca cantidad de información existente. En consecuencia para estimar modificaciones en los afluentes históricos al embalse Cogotí, por alteraciones del manejo de agua de riego aguas arriba (aumento de la superficie de riego, modificaciones de las tasas) se procederá en base a balances simplificados y tasas medias de riego.

b) Río Grande y sus Afluentes :

Intentar calibrar el modelo, partiendo por los tramos identificables en el río Grande propiamente tal y utilizando principalmente aquellos períodos de tiempo en los cuales se dispone de estadísticas medidas de las diversas funciones de entrada que requiere el modelo. Evidentemente esto significaba utilizar aquel período en que se dispone de datos de extracciones de riego. Una vez lograda una calibración

adecuada en el río Grande, intentar calibrar los ríos Mostazal y Rapel, usando los mismos períodos de tiempo y empleando como extracciones de riego, tasas calculadas en base a las tasas efectivas que permiten estimar los datos de extracciones de riego del río Grande.

c) Ríos Hurtado y Huatulame.

Intentar calibrar el modelo hidrológico para estos ríos, sólo en el caso que el procedimiento seguido para el río Grande y sus afluentes resultara adecuado. Esto, considerando que para estos ríos, la cantidad de información disponible es bastante menor y a la vez es de inferior calidad.

3.3.3.2.- Calibración en el Río Grande y sus Afluentes.

Luego de analizar las estadísticas disponibles, se decidió dividir este río, para la calibración del modelo hidrológico, en los siguientes tramos :

- Las Ramadas a El Cuyano
- El Cuyano a Coipo
- Coipo a Puntilla San Juan

Además se calibrarían en forma independiente, con un tramo cada uno, los afluentes Mostazal y Rapel.

a) Tramo Las Ramadas a El Cuyano.

La sección de entrada al tramo fue la estación fluviométrica de Las Ramadas (ver Anexo II, Tabla II.7). Como sección de salida se utilizó la estación fluviométrica Grande en El Cuyano (ver tabla II.19). El río Tascadero, controlado en Desembocadura (tabla II.8) no pudo ser considerado en forma independiente, por las razones expuestas en 3.2; en consecuencia, los ríos Turbio, Tascadero y Torca fueron considerados como hoya intermedia del tramo, englobando las extracciones de riego de estos ríos dentro de las extracciones totales del tramo.

Los datos de extracciones de riego por los caudales del tramo, se obtuvieron de la Junta de Vigilancia del río Limarí. Estos abarcaban el período Nov. 1973 a Abril 1975 en forma desagregada por canales. Utilizando el año hidrológico completo 1974-75, se calculó con estos datos y con los datos de las superficies de riego obtenidas de la

de la encuesta realizada por el Sistema Paloma para el mismo período, tasas de riego medias mensuales a nivel de boca toma, para el tramo considerado. En la tabla II.20 del anexo II se incluyen para el año 1974-75, las extracciones totales por canales de riego dentro del tramo. Las tasas de riego calculadas en la forma indicada, tomando para el tramo (incluyendo Tascadero y Turbio) una superficie total de 1600 Hás. obtenida según la encuesta para los canales cuyas extracciones se conocían, se presenta en la tabla siguiente.

Tasas de riego m³/Há (*)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
830	340	505	890	1340	2540	2770	2670	2690	2670	2430	1900	21575

Como período de calibración se adoptó Mayo de 1970 a Abril de 1975. Esto considerando que se disponía de información de encuestas de superficies regadas para los años 73-74 y 74-75, y se tenían algunos antecedentes que permitían, cualitativamente, estimar las superficies regadas en los años anteriores.

Las superficies consideradas como regadas en el período, en el tramo, aparecen en la tabla siguiente

Superficies (Hás)

1970 - 71	1971 - 72	1972 - 73	1973 - 74	1974 - 75
852,8	1137,0	1421,3	1421,3	1600,0

(*) Las tasas calculadas según las extracciones de riego efectivas, aparecen como enormemente altas. Existen dos posibles explicaciones para esto. La primera es que efectivamente los canales captan en exceso de lo que efectivamente se aplica al terreno, retornando el resto, sin utilizarse al río. La segunda es que existan errores de medición en las extracciones.

Las consideraciones hechas para adoptar estos valores, son las siguientes :

- Los años 1973-74 se adoptaron según los valores determinados en las encuestas del Sistema Paloma.
- Para el año 1972-73 se adoptó el mismo valor del año 1973-74, considerando que fue un año hidrológicamente por sobre lo normal.
- Para los años 1970-71 y 1971-72 se supuso que correspondía a una normalización paulatina, siguiendo a un grave período de sequía, de tal forma que la superficie regada estaba en proceso de incrementarse. En estas condiciones, tomando la cifra de 1972-73, se adoptaron hacia atrás, valores que constituyeran el 80 y el 60% respectivamente de la superficie de riego del año hidrológico 1972-73.

En cuanto al índice de evaporación que requiere el modelo para estimar la evapotranspiración potencial en el tramo, se utilizaron las medidas evaporimétricas del Embalse Paloma (Período Julio 1968 a Junio 1975; ver anexo III, tabla III.1). Los valores aparecen exageradamente altos para la zona, aún considerando que deben afectarse de un coeficiente de embalse del evaporímetro. Sin embargo, en vista que para el modelo hidrológico es necesario sólo tener un índice de evapotranspiración potencial, y además la variabilidad de las mediciones de cada mes de un año a otro no es muy grande, se adoptó como un índice para el modelo las evaporaciones medias mensuales medidas, afectadas de un coeficiente 0,8. Estos valores aparecen en la tabla siguiente :

Evaporación Potencial (mm)

Mayo	=	91,1	Noviembre	=	226,0
Junio	=	55,6	Diciembre	=	253,2
Julio	=	61,8	Enero	=	270,6
Agosto	=	88,9	Febrero	=	226,0
Septiembre	=	126,6	Marzo	=	195,0
Octubre	=	181,8	Abril	=	134,9

Total = 1911.6

Como índice de precipitación para el tramo, se utilizaron los valores pluviométricos mensuales de la estación Las Ramadas (Ver Anexo I, tabla I.15).

La superficie pluvial de la hoya intermedia obtenida, fijando una línea media de nieve a 2000 m.s.n. m. de planchetas escala 1:50000 del Instituto Geográfico Militar es de 167 Km². Como caudal de correlación para estimar el flujo base de la hoya intermedia, se usaron los caudales de Las Ramadas.

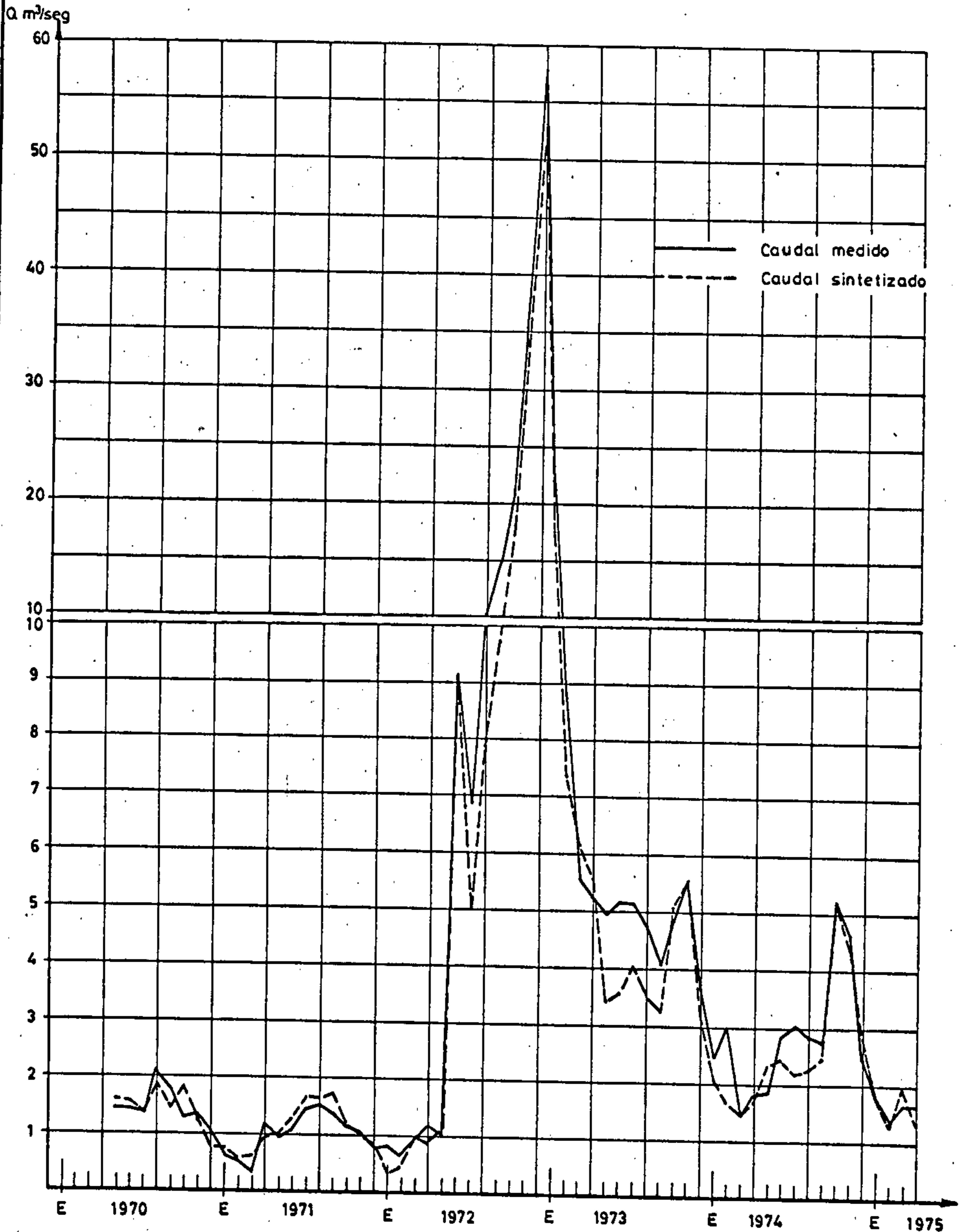
Finalmente, existe un canal de riego que extrae aguas arriba de la sección de salida y riega aguas abajo de ella (Canal Pulpica Alto). Los caudales de salida por canales, del tramo, se estimaron utilizando las tasas calculadas en conjunto con las superficies de riego encuestadas y estimadas (al igual que para el tramo completo) para este canal. Estas superficies fueron 100 Hás. para el período 1972 a 1975; 80 Hás. para el año 1971-72 y 60 Hás. para 1970-71.

El proceso de calibración se realizó variando los parámetros del modelo, según lo explicado en 3.3.2., utilizando la información detallada en este punto. En la figura 3.20, se presenta el resultado de esta calibración, en términos de una comparación gráfica de los caudales medidos y sintetizados en la estación fluviométrica El Cuyano (sección de término del tramo). Se observa que la calibración obtenida es bastante aceptable y puede estimarse como buena dada la simplicidad del modelo y las simplificaciones a que hubo que recurrirse respecto de la información de entrada. Es de hacer notar si, que el período disponible para la calibración es relativamente corto e incluye sólo un año húmedo, lo que es un factor limitante que es preciso consignar.

En el Anexo IV, se presenta un listado del computador, con la pasada definitiva de calibración para este tramo, indicando los valores finales de los parámetros del modelo, los valores de caudal sintetizado y medido en la sección de salida y las diferencias entre ambos valores. El listado indica mensualmente además :

- Precipitación : índice que es dato de entrada
- Caudal Entrada: caudal superficial en la sección de entrada al tramo.
- Caudal Ent. Canal : caudal de entrada por canales
- Caudal de Correlación : caudal que se utiliza para estimar el flujo base de la hoya intermedia formado fundamentalmente por aporte nival.

FIG. 3.20
MODELO HIDROLOGICO
CALIBRACION SECTOR LAS RAMADAS - EL CUYANO
(RIO GRANDE)



- Caudal de Riego : extracciones para riego en el tramo.
- Caudal por salida por canales.
- Humedad suelo : agua almacenada temporalmente como humedad del suelo.
- Caudal de precipitación : parte del caudal de la hoya intermedia que es escorrentía inmediata.
- Caudal de nieve : parte del caudal de la hoya intermedia que es aporte nival y flujo base.

En el listado aparecen los valores que se adoptaron para los parámetros del modelo, en la pasada presentada. Ellos son iguales a los explicados en 3.3.2.

De los valores de los parámetros que aparecen en el listado y que fueron los que finalmente proporcionaron un mejor ajuste entre caudales de salida medidos y sintetizados, cabe hacer los siguientes comentarios :

- El valor del parámetro #3 que representa la eficiencia neta de riego aparece exageradamente alto, considerando principalmente que las extracciones para riego son muy altas. Es de hacer notar que parte del agua que estaría apareciendo como evapotranspirada por los cultivos de riego según esta eficiencia, podría ser efectivamente percolación profunda no aprovechable, ya que este último factor no está explícitamente considerado en el modelo. Indudablemente es posible, que el efecto de este parámetro se vea parcialmente compensado por un valor muy alto de algún otro parámetro, como por ejemplo los coeficientes de aportes nivales. Al respecto, sólo cabría esperar mayores antecedentes sobre extracciones de riego, para poder acotar los valores de los parámetros del modelo, con mayores elementos de juicio, en la calibración.

- El resto de los valores que se obtuvieron para los parámetros, pueden considerarse razonables y en todo caso dentro de los rangos que podía esperarse.

b) Tramo El Cuyano a Coipo.

La sección de entrada al tramo fue la estación fluviométrica El Cuyano (tabla II.19). La sección de salida fue la estación fluviométrica de Grande en El Coipo (tabla II.21). En el tramo existe el aporte del río Mostazal, que tiene una estación fluviométrica en su desembocadura. En consecuencia el caudal de entrada al tramo considerado para

la calibración, fue la suma de los caudales en El Cuyano y los caudales de Mostazal en Desembocadura o Carén (Ver tabla II.22).

En cuanto a las extracciones de riego por los canales del tramo, se procedió en idéntica forma a la utilizada para el tramo Las Ramadas a El Cuyano. En la tabla II.20 del anexo II se incluyen las extracciones totales por canales de riego del tramo, para el año 1974-75 según datos proporcionados por la Junta de Vigilancia del río Limarí. Las tasas de riego calculadas en la forma indicada en a), tomando para el tramo una superficie de 873,22 Hás. obtenida según la encuesta 1974-75, se presentan a continuación :

Tasas de Riego m³/seg (*)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
1165	510	720	1840	1740	2350	2800	3230	3160	2630	2620	1900	24665

Como período de calibración se utilizó Mayo de 1972 a Abril de 1975. Esto básicamente porque antes de Mayo de 1972 no se disponía de información en la estación fluviométrica de Mostazal en Desembocadura. Las superficies de riego adoptadas se obtuvieron de las encuestas del Sistema Paloma para los años 1973-74 (774,57 Hás) y 1974-75 (873,22 Hás); para el año 1972-73 se adoptó 774,57 Hás. de acuerdo a las consideraciones hechas en el acápite a) de este punto.

Como índice de evaporación se utilizaron los mismos datos y en la misma forma que para el tramo Las Ramadas a El Cuyano. El índice de precipitación se obtuvo de las precipitaciones mensuales de la estación Carén (Ver Anexo I, Tabla I.16). La superficie pluvial de la hoya intermedia bajo la cota 2000 m.s.n.m. es de 190,63 Km². El caudal de correlación utilizado para estimar el flujo base de la hoya intermedia, fueron los caudales de Grande en El Cuyano.

Finalmente, como caudales de entrada y salida del tramo, por canales de riego, se adoptaron los siguientes :

(*) Respecto a estos valores, es válida la observación incluida para las tasas de riego obtenidas en el tramo Las Ramadas a El Cuyano.

- Caudales de entrada : los calculados según las tasas indicadas anteriormente, para 190 Hás. de riego correspondientes a las áreas de servicio en el tramo, según las encuestas de los canales Pulpica Alto (Río Grande), Colliguay Alto, Viñas, Alfaro y Lomita (Río Mostazal).
- Caudales de salida : se consideró la suma del canal Semita-Palqui; datos medidos (ver Tabla II.23), y el caudal equivalente a 70 Hás. (canales Tomecito Alto, Tomecito Bajo y Molino Panguecillo, que toman aguas arriba y riegan aguas abajo de Coipo).

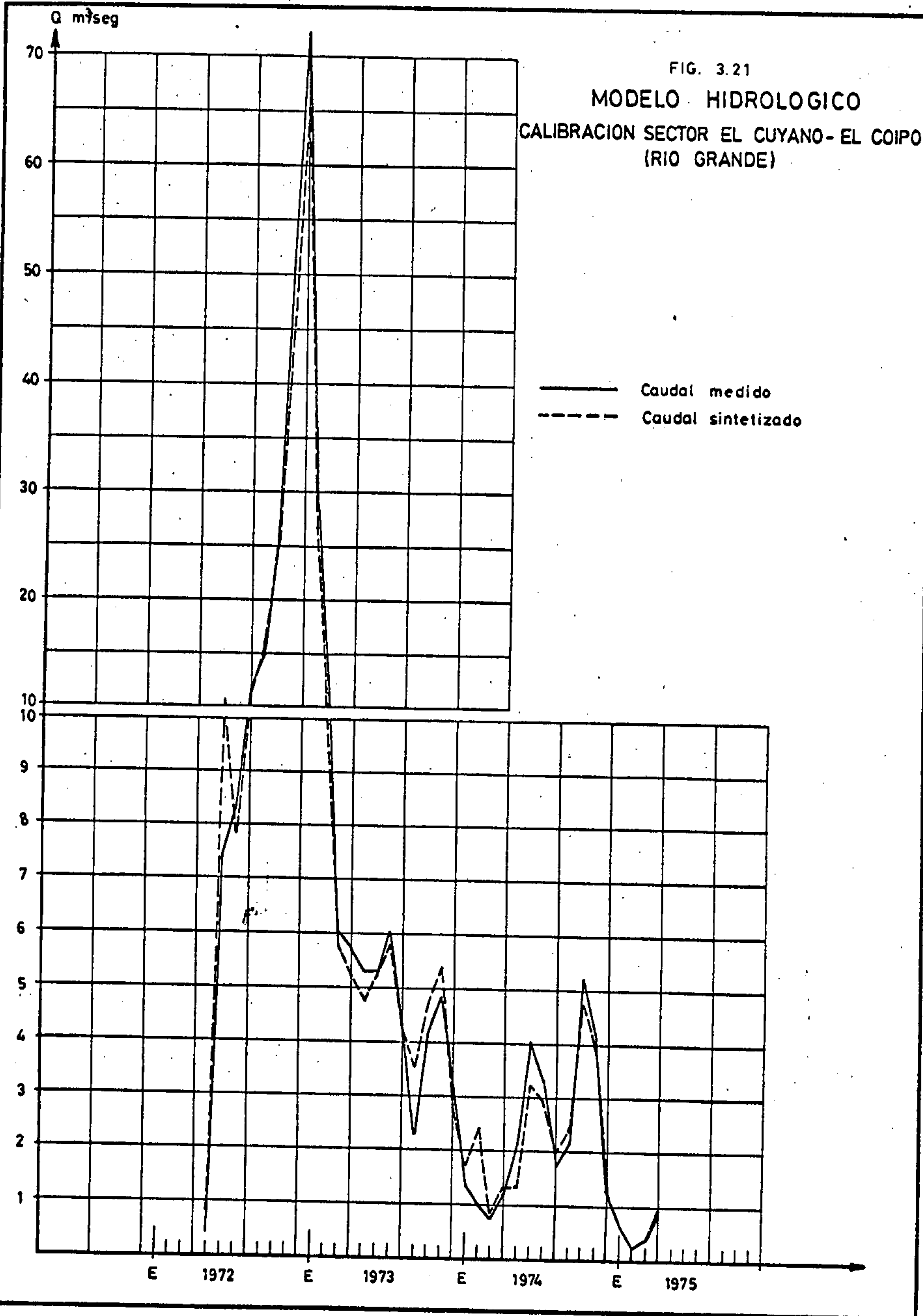
En la figura 3.21, se presenta el resultado de la calibración de este tramo, en términos de una comparación gráfica de los caudales medidos y sintetizados en El Coipo. Al igual que en el tramo Las Ramadas a El Cuyano, los resultados de calibración pueden considerarse aceptables, con la limitante de lo reducido del período y el hecho de incluir sólo un año húmedo.

En el Anexo IV, se presenta un listado de computador, con la pasada definitiva de calibración para este tramo. En él aparece toda la información que se explicó detalladamente en el acápite a) de este punto. Los comentarios realizados con respecto a los valores de los parámetros en el tramo Las Ramadas a El Cuyano, son también válidos para este caso.

c) Tramo Coipo a Puntilla San Juan.

La sección de entrada al tramo fue la estación fluviométrica El Coipo (tabla II.21). La sección de término del tramo fue Puntilla San Juan (tabla II.24). En el tramo existe el aporte del río Rapel controlado antes de la confluencia, en la estación Rapel en Juntas (Tabla II.25). Además en el tramo existe la extracción del Canal Alimentador Recoleta, con datos medidos en su bocatoma (tabla II.26) y en entrada al Embalse Recoleta (tabla II.27). Finalmente, en el tramo existe el aporte del río Ponio; este aporte no es controlado.

La calibración se intentó siguiendo un procedimiento enteramente análogo al de los tramos anteriores, es decir utilizando los datos medidos de entrada (Grande en Coipo más Rapel en Juntas); datos medidos de salida (Grande en Puntilla San Juan); extracciones de riego calculadas según los datos del año 1974-75 por la Junta de Vigilancia del río Limarí; índices de precipitación y evapora-



ción; y datos de entrada y salida por canales de riego obtenidos en forma análoga a los casos anteriores, más los datos de extracciones, medidas, por el Canal Alimentador Recoleta. Para el río Ponio se procedió tomando las superficies de riego obtenidas por las encuestas se supuso que las extracciones de agua para riego serían las que se obtendrían de aplicar a dichas superficies tasas de riego según las calculadas para el tramo, de acuerdo a los datos de extracciones de riego (Tabla II.20) y a las superficies encuestadas para los mismos canales. El río Ponio se consideró además como hoya intermedia del tramo para efectos de calibrar el modelo.

Los resultados obtenidos luego de varios intentos de calibración fueron muy pobres. Analizando los resultados se llegó a la conclusión final que la información disponible en este tramo era insuficiente para lograr una calibración del modelo desarrollado o aún, de cualquier otro modelo que pudiese elaborarse. Las razones que llevaron a esta conclusión fueron las siguientes :

- La hoya hidrológica del río Ponio es demasiado extensa (496,9 Km²), especialmente frente a la hoya intermedia propiamente tal entre Coipo y Puntilla San Juan (411,5 Km²) y además tiene un régimen hidrológico demasiado distinto al resto de la cuenca. Esto hace que no sea factible tratar de representar el aporte de esta cuenca en la misma forma que el modelo representa el resto de la hoya intermedia de este tramo.
- La superficie de riego del río Ponio, según encuestas, es del orden de 600 Hás. Siendo este río deficitario en cuanto a recursos de agua, especialmente durante la temporada Septiembre-Abril, por su escaso respaldo nival, el riego debe realizarse ocupando los recursos disponibles. Esto hace que el agua efectivamente usada en riego sea muy variable y no ajustada a necesidades de los cultivos. Como la superficie de riego es importante, resulta imposible realizar la calibración del modelo, teniendo una indeterminación tan grande en los caudales de extracciones para riego.

3.3.3.3.- Comentarios Finales del Proceso de Calibración.

En vista que el modelo hidrológico no pudo ser calibrado adecuadamente en los tres tramos en que se sectorizó el río Grande, resultó imposible usarlo como herramienta de análisis para examinar las modificaciones de las políticas de utilización de agua de riego, en la zonas aguas arriba de los embalses; a la vez que determinar la forma como

estos cambios afectaban los afluentes históricos a los embalses. En estas condiciones hubo que recurrir a los procedimientos simplificados que se exponen en el punto 3.4 de este informe.

Además de los tramos del río Grande en los cuales se aplicó el modelo, se intentó calibrarlo en los ríos Mostazal y Rapel. Al igual que en el caso del río Ponío, no se contó con información sobre extracciones de riego en ninguno de estos ríos. En ambos casos se utilizaron las estadísticas de cabecera de estos ríos (ver 3.2) como función de entrada para el modelo, utilizándose las estadísticas de Mostazal en Desembocadura y Rapel en Juntas, como función de salida a reproducirse, en cada caso. Las extracciones de riego se calcularon en base a las superficies de riego obtenidas de las encuestas, aplicando tasas medias de riego según los patrones medios de cultivo obtenidos también de las encuestas. Nuevamente luego de suficientes intentos de calibración, no fue posible simular con un grado de aproximación adecuado el comportamiento de las funciones de salida del tramo.

La razón fundamental que pudo comprobarse en este caso, para no haber logrado una calibración adecuada, es que las superficies de riego de ambos ríos son demasiado extensas para sus disponibilidades de recursos. En estas condiciones el riego se realiza más bien de acuerdo con las disponibilidades de agua, que sujeto a las necesidades de los cultivos. En consecuencia, la única forma de lograr una calibración adecuada para un modelo de este tipo, es contar con información del agua efectivamente extraída para riego en cada intervalo de tiempo.

En vista que no resultó posible calibrar el modelo en aquellos lugares en los cuales no se disponía de datos de extracciones de agua para riego, se decidió no intentar la calibración en los tramos del río Hurtado, ya que para este río tampoco se disponía de esta información. Para estimar los afluentes al embalse Recoleta, se recurrió en consecuencia a los procedimientos simplificados que se explican en 3.4.

3.3.4.- Recomendaciones con respecto a la utilización de un Modelo Hidrológico.

Se estima que la simulación de las zonas de riego aguas arriba de los embalses, mediante un modelo hidrológico del tipo desarrollado, es una buena forma de conocer las respuestas del sistema frente a cambios en la utili-

zación del agua. Además, resulta importante utilizar un modelo hidrológico para estimar volúmenes afluentes a los embalses del sistema, en cada temporada, utilizando como funciones de entrada al modelo los pronósticos estacionales en cabecera de los distintos ríos del Sistema (ver capítulo 4).

Según lo anterior resultaría de gran importancia contar con información suficiente para lograr calibrar un modelo hidrológico como el desarrollado en las zonas aguas arriba de los embalses del Sistema. Al respecto, la información que resulta imprescindible son los volúmenes mensuales de extracciones para riego, por los canales del Sistema. Además, en los afluentes al Embalse Cogotí, se requerirían estaciones fluviométricas adicionales a las existentes. Se estima que la información pluviométrica existente es adecuada. En cuanto a mediciones evaporimétricas, se estima que resultaría de importancia completar, en cada río, por lo menos una de las estaciones pluviométricas existentes, con un evaporímetro estandar de bandeja (Tipo U.S. Weather Bureau Clase A).

Finalmente, en cuanto a la estructura del modelo mismo, cabe hacer algunos alcances. En efecto, el modelo empleado es de una estructura muy sencilla. Esto se consideró adecuado en vista de la cantidad y calidad de la información disponible, que hacían innecesario llegar a altos grados de refinamiento en la estructura del modelo, frente a la poca cantidad de información disponible para una adecuada calibración. Sin embargo en el futuro, de contarse con información adecuada, se estima que un modelo de este tipo debería refinarse de modo de aprovechar a su máxima potencialidad la información. Por ejemplo, la suposición hecha de que las pérdidas por conducción en los canales de riego y los derrames de riego en cada tramo, retornan al cauce dentro del mismo intervalo de tiempo puede ser demasiado simplificatoria; con tanto con datos adecuados es posible adoptar hipótesis más rigurosas para la estructura del modelo en este respecto. Así como este aspecto, existen otros que son factibles de ser representados en forma más rigurosa, lo que se justifica en la medida que los datos disponibles sean suficientes y de buena calidad.

3.4.- Análisis de la Situación de Riego Aguas Arriba y Determinación de los Aportes a los Embalses del Sistema.

3.4.1.- Objetivos

Considerando que el análisis de la situación de riego en la zona aguas arriba de los embalses del Sistema, no pudo realizarse utilizando el modelo hidrológico desarrollado (Ver 3.3), hubo de recurrirse a los procedimientos simplificados que se detallan en este punto.

Fundamentalmente se pretendió analizar, con las limitaciones propias de las estadísticas fluviométricas disponibles, cual era la situación de las áreas actualmente regadas aguas arriba de los Embalses. En base a este análisis, se buscó determinar que mejoramientos serían factibles con respecto al riego en estas zonas y como afectarían estos mejoramientos, las estadísticas fluviométricas históricas afluentes a los Embalses. Con este análisis se obtuvieron las estadísticas fluviométricas definitivas, con que se procesó el modelo de operación del Sistema de Embalses y las superficies de riego aguas abajo de ellos.

3.4.2.- Ríos Grande, Mostazal y Rapel.

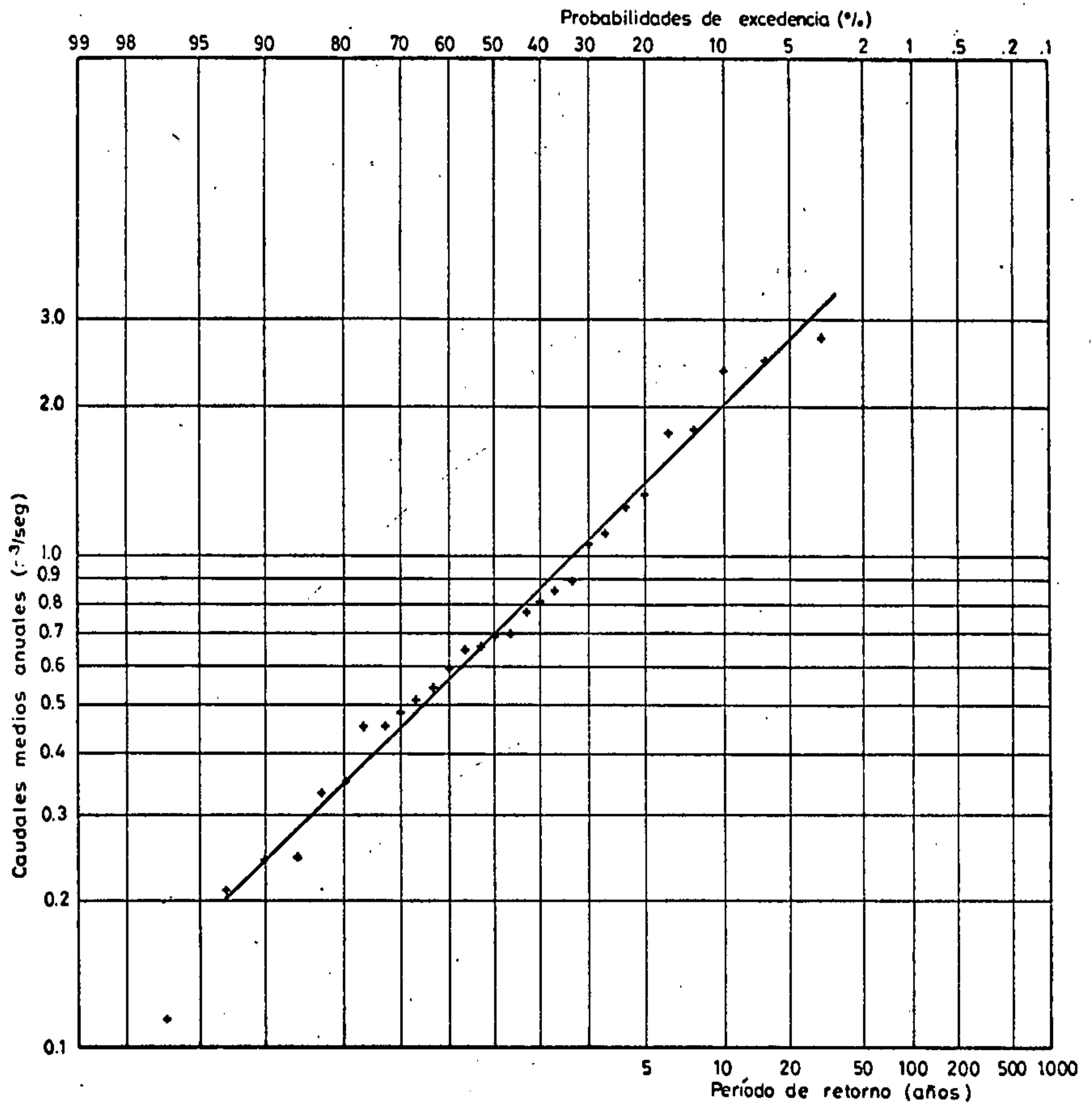
3.4.2.1.- Diagnóstico de Riego en el río Mostazal.

Con el objeto de realizar un diagnóstico de la situación de riego en el río Mostazal, se utilizó la estadística generada en cabecera de este río (ver punto 3.2 y Tabla II.11). En la figura 3.22 se presenta un análisis de frecuencia de los gastos medios anuales; en él se observa la siguiente situación :

Probabilidad de Excedencia (%)	Gasto Medio Anual (m ³ /seg)
85	0,295
80	0,350
70	0,450

Según las encuestas del Sistema Paloma, la superficie total de riego del río Mostazal (sin incluir el río Tulahuencito, pero incluyendo el río San Miguel) es del orden

FIG. 3.22
 ANALISIS DE FRECUENCIA GASTOS MEDIOS ANUALES
 RIO MOSTAZAL EN CABECERA



de 1500 Hás. Este valor se mantiene bastante constante en las encuestas de los años 1973, 74 y 75. Utilizando las tasas de riego propuestas por la D.G.A. (Ver Tabla V.2) y la distribución porcentual de cultivos obtenida de la encuesta 1975, se calculó una tasa media ponderada para el río Mosta_zal de 11809 m³/Há/año.

En las tablas siguientes se indican los patrones de cultivos empleados según lo explicado y la distribución mensual de la tasa resultante :

Patrón de Cultivos

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	21,0	Trigo	97,4
		Cebada	2,6
		Subtotal	100,0
Chacras	20,0	Ají	1,2
		Maíz	56,4
		Poroto Verde	2,1
		Poroto Cosecha	10,3
		Papas	11,9
		Arvejón	15,7
		Morrón	2,4
		Subtotal	100,0
Plantaciones	37,5	Viñas	34,9
		Frutales caducos	25,9
		Frutales persistentes	28,1
		Bosques	11,1
		Subtotal	100,0
Praderas	21,1	Alfalfa	30,9
		Pastos Naturales	69,1
		Subtotal	100,0
Hortalizas	0,4	Varias	100,0
Total	100,0		

Distribución Mensual Tasa de Riego (m³/Há)

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Año
Tasa	589	241	379	744	1100	1400	1590	1558	1633	1255	602	718	11809

Debido a la configuración estrecha de los Valles en las zonas aguas arriba de los embalses de la cuenca del Limarí, se ha adoptado en general un 70% de la anotada como tasa efectiva de riego. De esta forma se está considerando que un 30% corresponde a recuperaciones y derrames aprovechables en el tramo. Según las consideraciones anteriores, las necesidades anuales efectivas de agua de riego, serían de 8266 m³/Há/año. En términos anuales, usando las estadísticas de cabecera, esto significaría las siguientes superficies de riego con las seguridades anotadas :

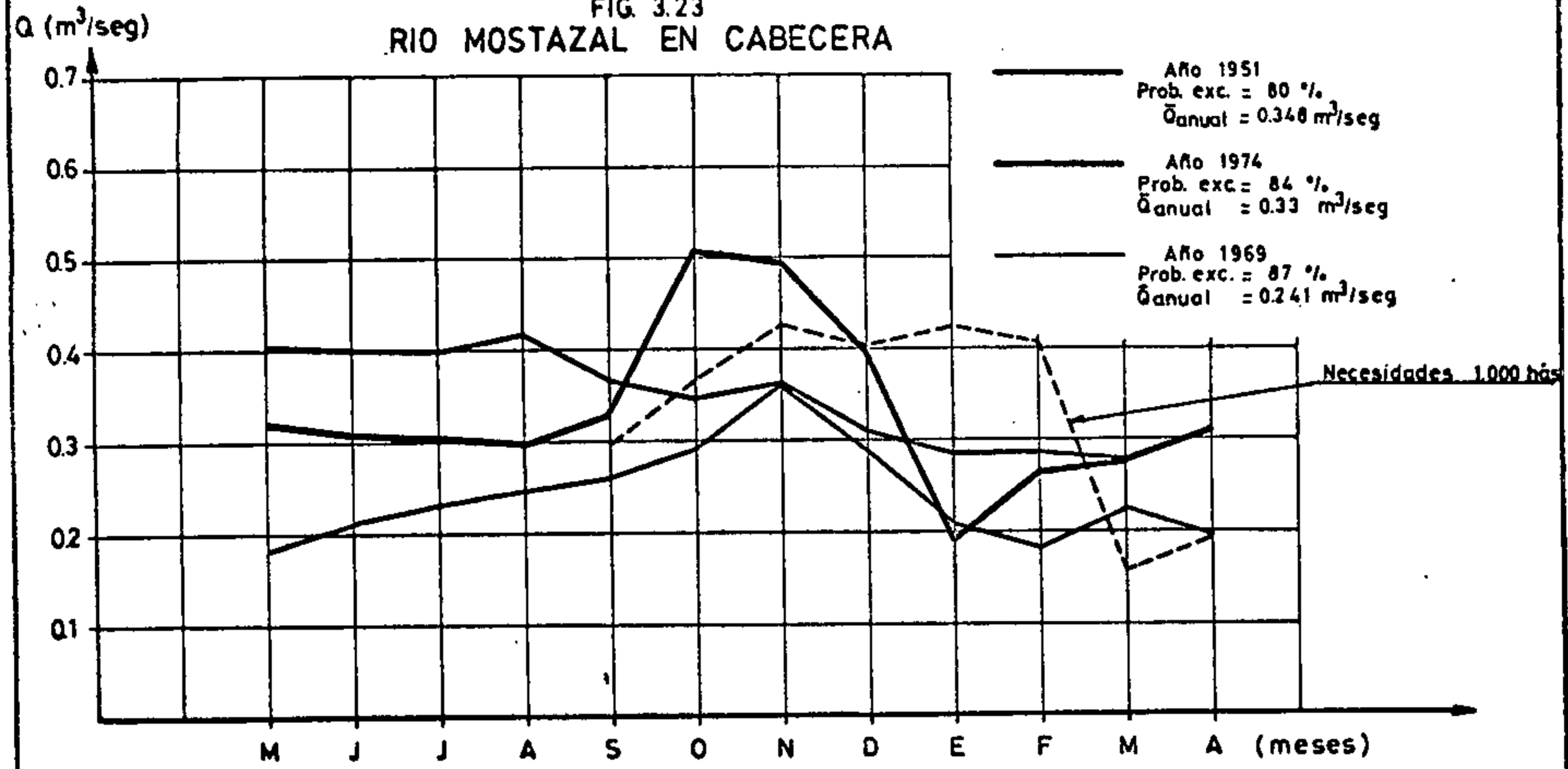
Superficie (Hás.)	Seguridad (%)
1125,4	85
1335,4	80
1716,8	70

Se observa que, en términos anuales, la superficie actualmente regada contaría con una seguridad del orden de 75% que no sería demasiado baja. Es de hacer notar que aguas abajo del punto para el cual se generó la estadística de cabecera (Ver 3.2) existen aportes naturales de cierta importancia que hacen que la situación descrita no sea lo deficitaria que aparece. Además un análisis análogo, utilizando las tasas de riego propuestas por ODEPA (Tabla V.1), da como resultado una tasa media ponderada de 11094 m³/Há/año, que tendería a subir las superficies de riego anotadas en la tabla anterior.

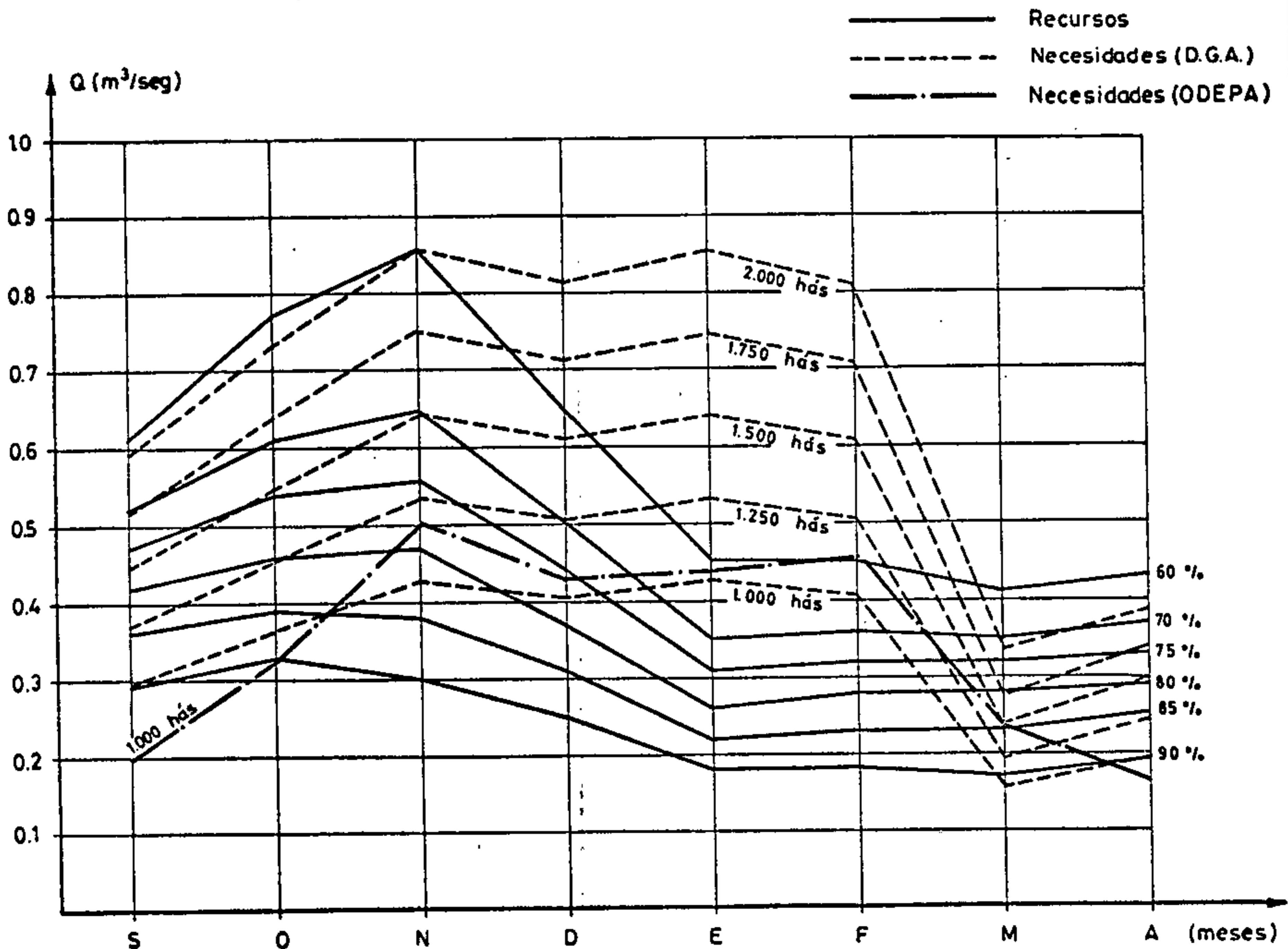
Un análisis en términos mensuales, indica sin embargo, situaciones francamente críticas en algunos meses de la temporada. En efecto, en la figura 3.23 se presentan las curvas de variación estacional (*) para el período Septiembre - Abril usando los caudales medios mensuales de

(*) Curvas de variación estacional : se obtienen de un análisis de frecuencia mensual y muestran la probabilidad de excedencia de los caudales indicados en cada uno de los meses.

FIG. 3.23
RIO MOSTAZAL EN CABECERA



RIO MOSTAZAL EN CABECERA
CURVAS VARIACION ESTACIONAL



Mostazal en cabecera. En el mismo gráfico se incluyen las necesidades de agua para diferentes superficies calculadas según las tasas de la D.G.A. y los patrones de cultivo de la encuesta 1975, y considerando como necesidad efectiva sólo el 70% de la tasa. Se incluye además las necesidades mensuales calculadas según la tasa de ODEPA, para una superficie de 1000 Hás. En la tabla siguiente se anotan los valores de necesidades calculados según ambas tasas, para el período Septiembre - Abril para 1000 Hás. Los valores están en m³/seg y consideran un 30% de recuperaciones y derrames aprovechables.

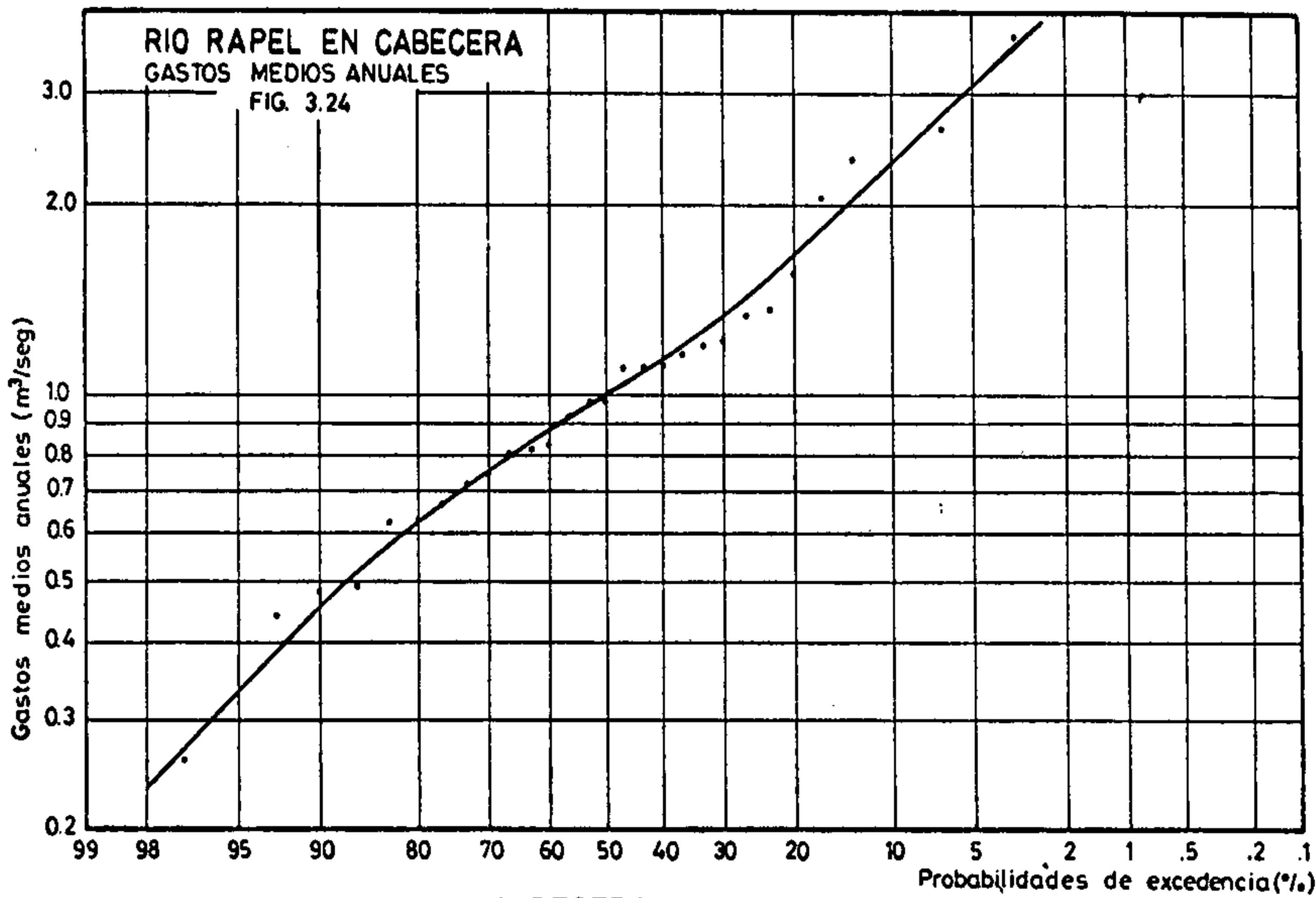
Tasa de Riego	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Según D.G.A.	0,297	0,366	0,429	0,407	0,427	0,405	0,157	0,194
Según ODEPA	0,196	0,322	0,501	0,428	0,438	0,455	0,238	0,162

En la misma figura 3.23 se ha graficado la situación para determinados años tipo (1951, 1974 y 1969) agregando sólo las necesidades de 1000 hás. calculadas según las tasas de la D.G.A.

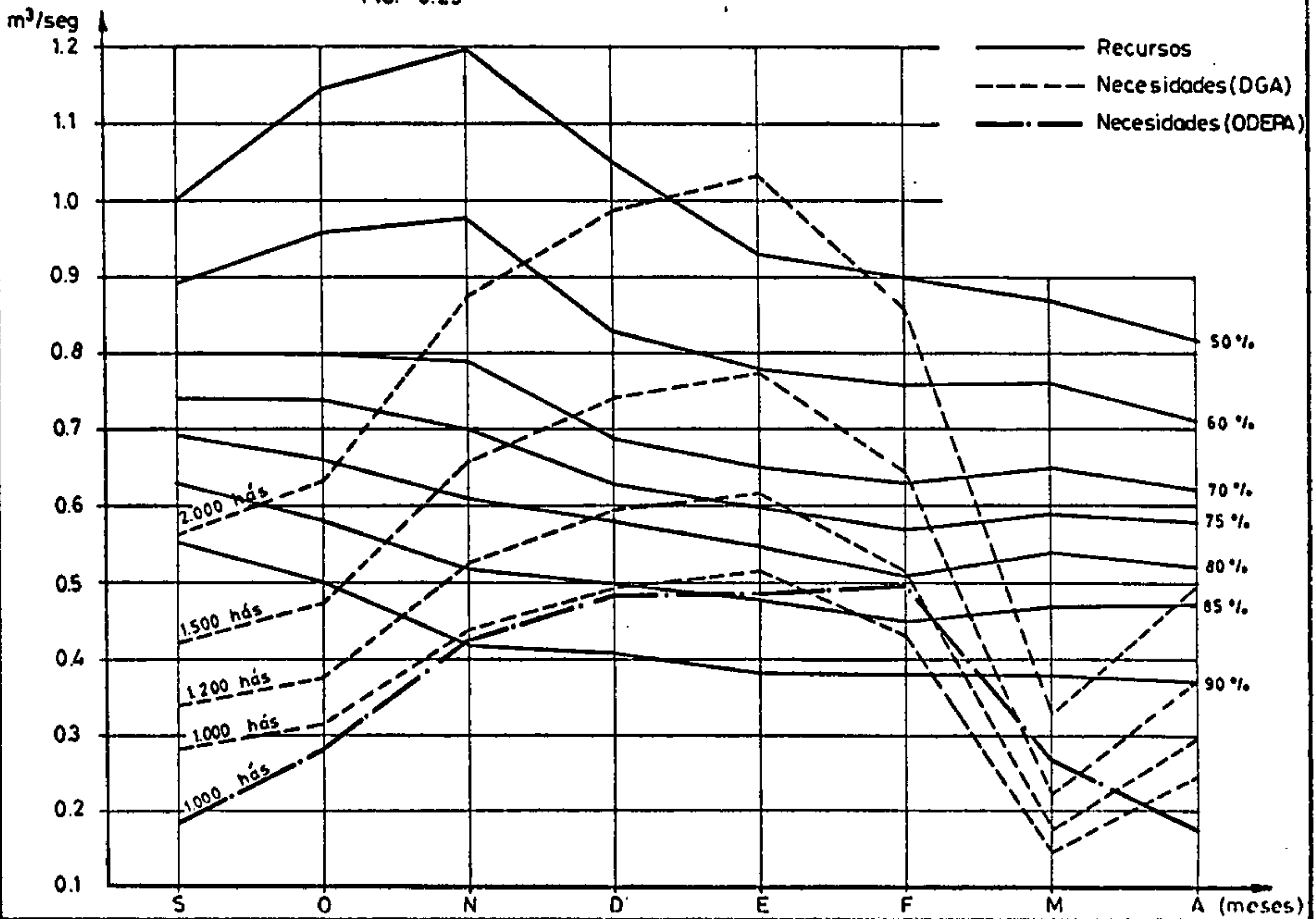
El análisis de la figura 3.23, indica que por lo menos los meses de Enero y Febrero son francamente deficitarios. En efecto, considerando las necesidades de 1000 hás. solamente, se observa de las curvas de variación estacional que para una seguridad del 75% existen déficits de aproximadamente un 25% en los meses señalados. El análisis para un año tipo 80% indica una situación similar. A pesar que los aportes naturales en la cuenca intermedia deben paliar la situación descrita, resulta evidente que el riego actual de 1500 Hás. debe realizarse en condiciones precarias. En forma aproximada podría decirse en todo caso, que el río Mostazal no dispone de recursos propios para abastecer más allá de unas 1250 Hás. con seguridad adecuada.

3.4.2.2.- Diagnóstico de Riego en el río Rapel.

Para el río Rapel se realizó un análisis enteramente análogo al caso del Mostazal. Se utilizó la estadística generada en cabecera de este río (ver punto 3.2 y tabla II.14). En la figura 3.24 se presenta un análisis de frecuencia de los gastos medios anuales; en él se observa la siguiente situación :



RIO RAPEL EN CABECERA
CURVAS VARIACION ESTACIONAL
FIG. 3.25



Probabilidad de Excedencia (%)	Gasto Medio Anual (m ³ /seg)
85	0.55
80	0.63
70	0.77

Según las encuestas del Sistema Paloma, la superficie total de riego del río Rapel está comprendida entre 2000 y 2700 Hás. (Encuesta 1973 : 2727,5 Hás. ; Encuesta 1974 : 1961,9 Hás.; Encuesta 1975 : 2725 Hás.). Los valores anteriores tienen menores fluctuaciones, si se descuentan las superficies encuestadas como "pastos naturales", (*) que en la práctica se riegan en la medida que haya recursos sobrantes. En efecto, en este caso las superficies encuestadas indican : en 1973 : 1839,1 Hás; en 1974 : 1756,9 Hás.; en 1975 : 2179,1 Hás.

En consecuencia en términos de superficie de cultivos, la superficie total para el río Rapel sería del orden de 2000 Hás. Estos valores incluyen las superficies de riego en los valles de los ríos Palomo y Los Molles.

En la tabla siguiente se indica el patrón de cultivos adoptado para el río Rapel, que fue obtenido de las distribuciones de cultivos que indicó la encuesta 1974-75.

(*) Este análisis no se hizo en el caso del valle del río Mostazal por la menor importancia absoluta y relativa de los pastos naturales.

Patrón de Cultivos

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	6,7	Trigo	82,2
		Cebada	17,8
		Subtotal	100,0
Chacras	14,7	Ají	3,2
		Maíz	37,9
		Sorgo	5,3
		Poroto Verde	5,0
		Poroto Cosecha	29,9
		Papas	12,5
		Tomates	2,3
		Arvejón	3,9
Subtotal	100,0		
Plantaciones	63,5	Viñas	53,8
		Frutales Caducos	10,0
		Frutales Persistentes	28,3
		Bosques	7,9
Subtotal	100,0		
Praderas	14,9	Alfalfa	28,2
		Pastos Naturales	71,8
Subtotal	100,0		
Hortalizas	0,2	Varias	100,0
Total	100,0		

Utilizando las tasas de riego propuestas por la D.G.A. (Ver tabla V.2) y la distribución porcentual de cultivos obtenida de la encuesta 1974, se calculó una tasa me día ponderada para el río Rapel de 12532 m³/Há/año.

En la tabla siguiente se indican en $m^3/Há$ las tasas mensuales calculadas con el procedimiento anterior.

Distribución Mensual Tasa de Riego ($m^3/Há$)

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Año
Tasa	454	77	555	743	1040	1210	1624	1890	1974	1485	566	914	12532

Suponiendo que existe un 30% de recuperaciones y derrames aprovechables en el tramo, las necesidades anuales efectivas de agua de riego, serían de $8772 m^3/Há/año$. En términos anuales, usando las estadísticas fluviométricas de cabecera, significaría las siguientes superficies de riego con las seguridades anotadas :

Superficie (Hás.)	Seguridad (%)
1977,2	85
2264,8	80
2768,1	70

La situación parecería ser más favorable que en el caso del Mostazal. En efecto, la superficie regada cultivada tendría una seguridad (en términos anuales) de casi 85%. Incluyendo unas 700 Hás. de pastos naturales según las encuestas 73-74 y 75-76, la seguridad sería del orden del 75%.

Al igual que en el caso del río Mostazal, se ha realizado un análisis mensual en base a curvas de variación estacional y en base a algunos años tipo. En la figura 3.25 se han graficado las curvas de variación estacional para el período Septiembre - Abril con los gastos medios mensuales de Rapel en cabecera. En la misma figura se han graficado las necesidades mensuales de agua de riego para diferentes superficies, calculadas en forma enteramente análoga al caso del río Mostazal. En la tabla siguiente se anotan los valores de necesidades calculadas según las tasas dadas por la D.G.A. y ODEPA, para el período Septiembre - Abril y para 1000 Hás. Los valores están en m^3/seg y consideran un 30% de recuperaciones y derrames aprovechables.

Tasa de Riego	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Según D.G.A.	0,281	0,315	0,439	0,494	0,516	0,430	0,148	0,247
Según ODEPA	0,184	0,283	0,424	0,482	0,487	0,499	0,270	0,175

En la figura 3.26 se ha graficado la situación para determinados años tipo (1947, 1974, 1956 y 1969), agregando sólo las necesidades de 1500 y 2000 hás. calculadas de acuerdo con las tasas de la D.G.A.

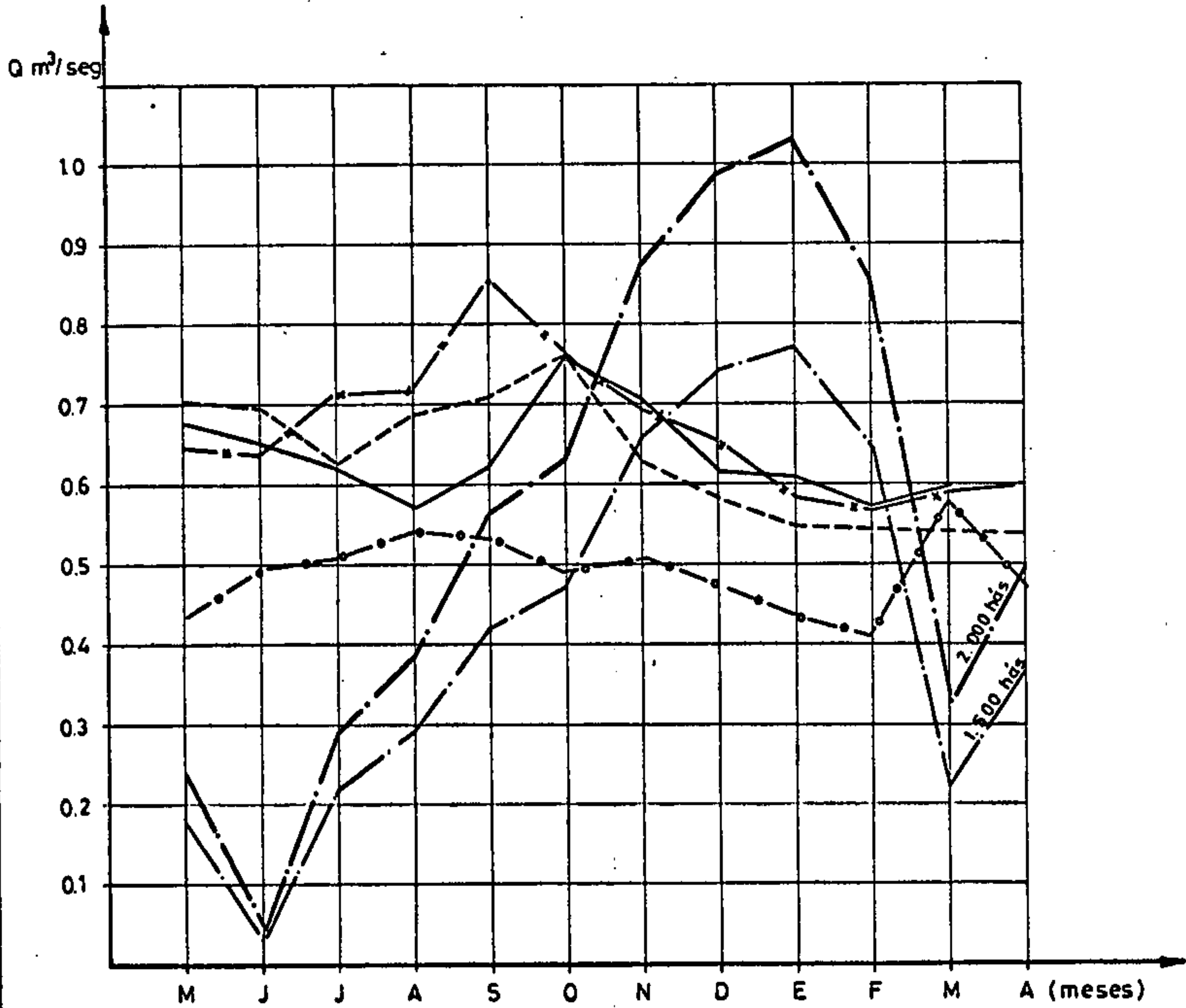
Del análisis de las figuras 3.25 y 3.26 puede concluir que por lo menos el mes de Enero es crítico en cuanto a recursos. La consideración de los recursos de cabecera solamente, indicaría que no más de 1200 hás. podrían regarse con una seguridad aceptable. Como de las encuestas se observa que, sin considerar pastos naturales, se regarían del orden de 2000 hás. con un año 1974-75. por ejemplo, de probabilidad de excedencia 80%, la cuenca debe tener aportes naturales de cierta magnitud en su curso medio. En todo caso, puede esperarse que no más allá de unas 1700 hás. podrían regarse con seguridad adecuada, con recursos propios del río. Tomando en cuenta que las superficies puestas en riego alcanzan en total a una cifra del orden de 2700 hás. al incluir los pastos naturales, existe una situación de déficit que permitiría un mejoramiento potencial de por lo menos 1000 hás., de contarse con recursos de agua suficientes.

3.4.2.3.- Análisis del río Grande.

En base a las estadísticas fluviométricas históricas en la estación Grande en Puntilla San Juan, más las extracciones históricas del Canal Alimentador Recoleta, (ver tabla II.44) se realizó en primer lugar un diagnóstico de la situación del riego en este río, previa a la construcción del Embalse Paloma.

En el río Grande, previo a la construcción del Embalse Paloma, existían derechos de agua permanentes para un total aproximado de 12700 Hás. De este total, aproximadamente 9000 Hás. quedaron aguas abajo de Paloma. Se hizo un cálculo de las necesidades de agua de riego para las 9000 Hás. que quedaban bajo la actual ubicación de Paloma; se supuso que cuando el caudal en Puntilla San Juan (más Canal Alimentador Recoleta) era inferior a las necesidades calculadas

FIG. 3.26
RIO RAPEL EN CABECERA



- x — Año 1947
 $\bar{Q}_{\text{anual}} = 0.668 \text{ m}^3/\text{seg}$
 Prob. exc. = 76.7 %
- Año 1974
 $\bar{Q}_{\text{anual}} = 0.635 \text{ m}^3/\text{seg}$
 Prob. exc. = 80 %
- - - Año 1956
 $\bar{Q}_{\text{anual}} = 0.63 \text{ m}^3/\text{seg}$
 Prob. exc. = 83.3 %
- · - · - Año 1969
 $\bar{Q}_{\text{anual}} = 0.49 \text{ m}^3/\text{seg}$
 Prob. exc. = 86.7 %

aguas abajo, el río se encontraba en una situación deficitaria para abastecer el total de su superficie de riego. En esas condiciones tanto el riego de la superficie aguas arriba como aguas abajo de la actual ubicación de Paloma se supuso estaba realizándose con dotaciones inferiores a las óptimas. Es de hacer notar que las situaciones de déficit detectadas en esta forma para el río Grande, coincidieron en todos los casos con las informaciones respecto a épocas de turno del río Grande (*) con que se pudo contar. Finalmente se supuso que en situaciones de déficit de agua en el río, el riego aguas arriba y aguas abajo de Puntilla San Juan se habría realizado históricamente en condiciones análogas en cuanto a restricción porcentual de las dotaciones recibidas por sus superficies de riego. En estas condiciones el caudal mensual registrado en Puntilla San Juan (más el caudal del canal alimentador de Recoleta) proporcionaba un porcentaje de la demanda satisfecha aguas abajo de este punto; con este porcentaje se podía calcular el déficit aguas arriba considerando las demandas de la superficie de riego en esa zona y este déficit se disminuía de los recursos disponibles en Puntilla San Juan. Con esto se pretendió mantener la concepción original de mejorar el riego de las superficies aguas arriba del Embalse Paloma. La disminución de los recursos en Puntilla San Juan, se realizó hasta el límite de los recursos disponibles, considerando que por lo menos en este punto deberían escurrir las recuperaciones y derrames de riego del último tramo (Coipo - Puntilla San Juan) de la zona de riego del río Grande; estos recursos son además suficientes para regar una pequeña superficie de riego existente entre Puntilla San Juan y el Embalse Paloma.

Para realizar el análisis, recién descrito en forma cuantitativa, se estimó una tasa media de riego, neta de derrames aprovechables aguas abajo en el sistema. Esta tasa aparece en la tabla siguiente :

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
m ³ /Há	1413	1093	646	671	441	28	286	599	774	912	1171	1412	9446

(*) Se contó con las informaciones sobre turnos consignadas en el "Estudio Embalse Paloma de 1957 (EEP)" y por los datos extraídos de las actas de la Junta de Vigilancia del río Limarí. Estos datos no abarcaban sin embargo el total del período de estadística.

Esta tasa se obtuvo ponderando las tasas recomendadas por la D.G.A. (tabla V.1), según las distribuciones de cultivos observadas en las encuestas realizadas por el Sistema Paloma. Se supuso además que un 30% de la tasa ponderada recomendada sería aprovechable en el riego de zonas aguas abajo, por lo que en la tabla anterior aparece sólo el 70% de la tasa ponderada global. Es de hacer notar que las tasas anteriores sólo se utilizaron con fines de cuantificar porcentajes de déficit para las zonas aguas arriba y para, mediante estos porcentajes de déficit, cuantificar la disminución de recursos afluentes a Paloma que hubiese ocurrido históricamente en la situación "mejorada" de riego aguas arriba. Con los valores anteriores se calculó en cada mes, el caudal necesario en Puntilla San Juan (más Canal Alimentador Recoleta) para regar aguas abajo 9000 Hás. conforme a los derechos existentes antes de la construcción del embalse Paloma. Este análisis se realizó hasta el año 1967 - 68. En la tabla II.44 se indican aquellos meses que arrojaron "déficit" en el período. Se observa que entre 1944 y 1967 (24 años), de acuerdo con el criterio empleado y no considerando dos años en que se registró fallas menores en un mes, se habrían producido 18 años de fallas de distinta magnitud. Esto está razonablemente de acuerdo con las estimaciones que el EEP daba en su época, en que decía que para el río Grande en no más de un 33% de los años los terrenos regados recibían dotación completa de agua. Utilizando los déficit porcentuales calculados según lo indicado, en forma mensual, y suponiendo una superficie de riego histórica en el río Grande aguas arriba de Puntilla San Juan, de 3500 Hás. (valor promedio obtenido según las encuestas del Sistema Paloma) se disminuyeron los recursos disponibles en dicha estación para tratar de mejorar al máximo el riego de la superficie aguas arriba.

Hecho el cálculo anterior, resulta para la superficie de riego aguas arriba (3500 Hás.) un total de 4 años fallados en el período 1944-67 lo que significa un 83% de seguridad. (Ver tabla II.45). Lo anterior es sin considerar dos años en los cuales no es posible entregar la dotación completa en un sólo mes, en los que de acuerdo a los cálculos hubiese sido posible entregar del orden de un 70% de la dotación de ese mes, en cada caso.

Incluyendo en el análisis anterior el período 1968-74, resultan adicionalmente fallados los años 1968-69-70 y 71. Durante el período 1968 a 1971, a pesar de haber estado embalsando Paloma, por las condiciones especial

mente secas, se supuso que el riego aguas arriba se realizó en condiciones de restricción de agua; en consecuencia para estos años se adoptó un criterio similar al adoptado para el período 1944 a 1967, para disminuir los recursos disponibles en Puntilla San Juan en la situación de riego mejorado aguas arriba. En los años 1972 a 1974, no se hizo ninguna modificación de los caudales disponibles en Puntilla San Juan por este concepto.

Considerando entonces el período total 1944 a 1974 (31 años), podría concluirse que el mejoramiento de la zona de riego actual (3500 Hás) aguas arriba de Paloma, con la liberación de los derechos históricos aguas abajo del embalse, se lograría con 8 años de falla. Aplicando el criterio tradicional, esto implica una seguridad del 74%. Lo anterior no incluye mejoramiento alguno para las áreas de riego de los ríos Rapel, Mostazal y Ponío, y para la zona de El Palqui. Además cabe hacer notar que el período analizado incluye los años 1968 a 1971, que pueden estimarse cualitativamente como bastante más secos de lo que un análisis de frecuencia con una muestra aleatoria de 31 años debería arrojar para esta zona.

Una vez analizado el mejoramiento de la superficie bajo riego aguas arriba de Paloma, se analizó la posibilidad de aumentar esta superficie de riego. Esto se hizo considerando la concepción original del proyecto Paloma de reforzar el riego de las zonas bajas de los ríos Rapel y Mostazal con aguas del río Grande, y además de aumentar la superficie de riego, con aguas del río Grande, en la zona del Palqui. Para esto se consideraron los recursos disponibles en Puntilla San Juan (Tabla II.45). Las necesidades se calcularon con un patrón medio de cultivos obtenido de la encuesta 1974/75 realizada por el Sistema Paloma, usando las tasas propuestas por la D.G.A.

En la tabla siguiente aparece la distribución porcentual por cultivos que se adoptó.

Patrón de Cultivos

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	3,0	Trigo	80,0
		Cebada	20,0
		Subtotal	100,0
Chacras	19,0	Maíz	31,0
		Poroto Verde	21,0
		Poroto Cosecha	14,0
		Papas	17,0
		Tomates	6,0
		Melones	2,0
		Sandías	9,0
Subtotal	100,0		
Plantaciones	49,0	Viñas	48,0
		Frutales caducos	16,0
		Frutales persistentes	36,0
		Subtotal	100,0
Praderas	29,0	Alfalfa	25,0
		Pastos Naturales	75,0
		Subtotal	100,0
Total	100,0		

Más adelante se presentan las necesidades mensuales en m^3/seg para 500 y 1000 Hás. adicionales, considerando como consumo efectivo el 70% de las necesidades calculadas en la forma indicada. Lo anterior se estima razonable si la superficie a regarse comprende las zonas bajas de los ríos Rapel y/o Mostazal, pues en este caso un 30% podría considerarse como reaprovechable aguas abajo dentro del mismo río Grande. En el caso que los recursos se utilizaran para el riego de la zona del Palqui las necesidades efectivas serían mayores que las anotadas por las pérdidas por conducción en el canal Semita-Palqui y porque las recuperaciones no serían aprovechables en el Río Grande.

Necesidades para 500 y 1000 Hás.

(70% de la Tasa)

(m³/seg)

Mes Sup (Hás)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
500	0,26	0,23	0,12	0,13	0,08	0,01	0,05	0,11	0,15	0,17	0,23	0,26
1000	0,53	0,46	0,24	0,26	0,16	0,01	0,11	0,23	0,30	0,34	0,46	0,53

Haciendo el análisis para estas dos superficies, se concluyó que para 500 Hás. de riego adicional los años fallados eran los mismos observados en la situación estudiada anteriormente de mejoramiento de las 3500 Hás. consideradas originalmente. Evidentemente la magnitud de las fallas aumentaba, pero no en forma muy significativa. Considerando 1000 Hás. más de riego, se observan como adicionalmente fallados los años 1951-52, 1955-56 y 1974-75, además de una falla menor en el año 1947-48. Considerando sólo los 3 primeros se tendrían 11 años de falla en un total de 31, lo que significaría una seguridad de 65%. Se estimó que esto era el máximo de lo que podría aceptarse, considerando que las magnitudes de los déficits en el resto de los años fallados también aumentaba en forma apreciable.

En consecuencia, se calcularon los recursos disponibles en Puntilla San Juan considerando además del mejoramiento de las 3500 Hás. aguas arriba, el riego de 1000 Hás. adicionales. Estas 1000 Hás. son de superficie equivalente dentro de la cuenca del río Grande; es decir si una parte de este riego adicional desea hacerse en la zona del Palqui, deberá disminuirse esta superficie según el aumento de necesidades, por concepto de pérdidas por conducción y de menores recuperaciones y derrames que esto implique.

Adicionalmente se verificó, en base a las estadísticas fluviométricas en las estaciones Grande en El Cuyano y Grande en Coipo, que estas 1000 Hás. equivalentes de riego adicional pueden indistintamente y fraccionadas en la forma que se desee, pertenecer a las zonas bajas de los ríos Rapel y/o Mostazal, o bien a la zona del Palqui. Para esto se realizaron análisis parciales por tramos, utilizando como cabecera de los tramos a las estaciones fluviométricas

tricas de El Cuyano y Coipo respectivamente, y comprobando que las distintas situaciones de necesidades adicionales planteadas por tramos no ocasionan déficits adicionales en las estaciones de cierre (Coipo y Puntilla San Juan respectivamente) salvo los ya aceptados por el análisis global en Puntilla San Juan.

En la tabla II.40 del anexo II se presentan los aportes definitivos del río Grande al embalse Paloma, que se consideraron para la operación de los embalses y la zona de riego aguas abajo. Estos aportes se calcularon con las estadísticas de Puntilla San Juan, más el caudal histórico conducido por el canal alimentador de Recoleta disminuídos en : los recursos utilizados en el riego adicional de 1000 Hás. equivalente del río Grande, definidos según lo explicado anteriormente; y finalmente disminuído en las necesidades netas de 130 Hás. de riego existentes entre la estación fluviométrica Puntilla San Juan y la entrada al embalse Paloma.

3.4.3.- Análisis del río Hurtado y Aportes al Embalse Recoleta.

En la tabla II.38 se presenta la estadística afluente al embalse Recoleta para el período Mayo de 1944 hasta Abril de 1975. Esta estadística fue confeccionada de acuerdo con las notas indicadas en la misma Tabla.

Históricamente, el embalse Recoleta poseía 2848 acciones de un total de 6316 acciones del Hurtado. En consecuencia el valle del río Hurtado aguas arriba del embalse Recoleta tenía derechos, en tiempos de escasez, a un 52,6% de los recursos del río. De acuerdo con las encuestas realizadas en los últimos años por el Sistema Paloma, en el río Hurtado se cultivan aproximadamente 2000 Hás. Además, conforme a la concepción original del proyecto del embalse Paloma, se pretendía mejorar la seguridad de riego aguas arriba de todos los embalses y por consiguiente también del embalse Recoleta. La única forma que se consideró viable para cuantificar el mejoramiento del riego aguas arriba de Recoleta y al mismo tiempo diagnosticar la situación de riego histórica para esta superficie, fue empleando un procedimiento análogo al explicado en 3.4.2.3 para el río Grande aguas arriba de Paloma.

En consecuencia se calculó en primer lugar una tasa de riego para la superficie aguas arriba de

Recoleta. Se formuló la hipótesis que cuando el caudal histórico afluente a Recoleta era inferior al 47,4% de la tasa calculada (que son los derechos del embalse sobre el río Hurtado), implicaba que el río Hurtado estaba sufriendo déficits. La magnitud del déficit en cada mes se supuso porcentualmente igual para los recursos empleados en el riego aguas arriba, que para los recursos que conforme a derecho debían estar llegando al embalse; para esto se tomó como base de déficit nulo el que en cada mes hubiese entrado al embalse un caudal por lo menos igual al 47,4% de la tasa calculada para la zona de riego aguas arriba del embalse. En el caso que en un mes determinado se detectara un déficit, de acuerdo a los criterios formulados, se intentaba suplir dicho déficit con los recursos disponibles históricamente como afluentes al embalse.

Las tasas de riego que se usaron fueron obtenidas de las recomendadas por la D.G.A. para los valles aguas arriba de los embalses. Se supuso que un 70% de la tasa obtenida representaba consumo efectivo, siendo el 30% restante derrames y recuperaciones aprovechables dentro del mismo valle. El patrón de cultivos (tabla siguiente) empleado para calcular la tasa, se obtuvo de las distribuciones de cultivos observadas en la encuesta 1974-75 realizada por el Sistema Paloma.

Patrón de Cultivo

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	5,0	Trigo	88,0
		Cebada	12,0
		Subtotal	100,0
Chacras	14,0	Maíz	56,0
		Poroto Verde	6,0
		Poroto Cosecha	14,0
		Papa	21,0
		Arvejón	3,0
		Subtotal	100,0
Plantaciones	40,0	Viñas	25,0
		Frutales caducos	9,0
		Frutales persistentes	66,0
		Subtotal	100,0
Praderas	41,0	Alfalfa	48,0
		Pastos Naturales	52,0
		Subtotal	100,0
Total	100,0		

A continuación aparecen las tasas de riego (70%), calculadas de la forma indicada para 2000 Hás., en m³/seg/mes.

Mes	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Tasa	0,48	0,03	0,14	0,48	0,64	0,68	0,92	1,04	1,12	0,96	0,56	0,56

En la Tabla II.38 se han indicado aquellos meses en los cuales el caudal de entrada al embalse Recoleta, fue inferior al que conforme a derecho y conforme a las necesidades de aguas arriba debió haber entrado. Según el criterio expuesto más arriba, esto detecta las situaciones de déficit en el río Hurtado. Se puede observar que en el

período 1944 a 1967 ocurren déficits en 9 años (no considerando aquellos años con un déficit menor en un sólo mes). Aplicando el criterio tradicional de seguridad de riego, esto implicaría un 63%, valor superior al citado por el EEP ("del orden de 20%"). Aplicando un criterio similar para el período 1968 a 1974 (7 años) se observan 5 años adicionales de déficit, lo que representaría un total de 14 años en 31, que a su vez implica un 55% de seguridad de riego. La cifra de 20% citada por el EEP aparece como muy baja y probablemente se justifica al incluir en los cálculos la seguridad de riego que tenían los terrenos regados por el embalse Recoleta, antes de la construcción de Paloma.

Al emplear la hipótesis ya citada, de suponer que porcentualmente el déficit aguas arriba es el mismo que se observa en los caudales que conforme a derecho debieron registrarse como aportes a Recoleta, se calcularon los caudales que aparecen en la Tabla II.43. Estos caudales representarían los remanentes luego del mejoramiento factible del riego aguas arriba de Recoleta. Para calcularlos no se limitó a un mínimo mayor que cero los aportes remanentes, puesto que este mínimo debería estar dado sólo por los derrames y recuperaciones provenientes del último tramo del río Hurtado, entre Angostura de Pangue y el Embalse, que es una superficie muy pequeña.

En la Tabla II.43 se han señalado los déficits remanentes en el riego aguas arriba de Recoleta, luego de efectuado el cálculo de mejoramiento. Se observa que se producirían de todos modos 9 años de falla en el total de 31, lo que significaría una seguridad de riego de 71%.

Se analizó también la sensibilidad de los recursos disponibles frente a la posibilidad de aumentar el riego por sobre las 2000 Hás. consideradas. Se observó que ya un aumento de 250 Hás. ocasionaba una baja de la seguridad de riego a aproximadamente 60%. En estas condiciones, se dejó de lado esta posibilidad, de tal modo que se utilizaron los caudales de la Tabla II.43 como caudales de aporte a Recoleta, una vez realizado el mejoramiento del riego en el valle del río Hurtado aguas arriba del embalse.

3.4.4.- Río Cogotí y Aportes al Embalse Cogotí.

La concepción original del embalse Cogotí contempló que los regantes del río Huatulame siguieran siendo accionistas y por lo tanto servidos por el río Cogotí. El embalse Cogotí debería regular sobrantes del río Co-

gotí de tal modo de regar nuevos terrenos a través del canal matriz Cogotí. De acuerdo con lo expuesto en el capítulo 2, el servicio que el embalse Cogotí históricamente proveyó a su área de riego fue sumamente pobre y esa fue una de las razones para la construcción de Paloma. El estudio original del embalse Paloma (EEP) contempló el liberar al río Cogotí de la obligación de dejar pasar parte de sus recursos para el riego del Huatulame; el valle de este último río podría ser regado directamente por el embalse Cogotí, que a su vez vería disminuída su área de servicio original por los aportes que a ésta haría Paloma. En esta situación, por el hecho de estar liberado de la obligación de tributar el valle del Huatulame, el río Cogotí vería mejorada su propia área de servicio (aguas arriba del embalse Cogotí).

En el presente punto del informe se pretende cuantificar en qué medida podría mejorarse el riego aguas arriba del embalse Cogotí. Sin embargo, por las razones ya ampliamente expuestas en otros puntos del informe relativos a la falta de antecedentes fluviométricos, resultó imposible hacer un diagnóstico cuantitativo medianamente confiable sobre la situación histórica de riego aguas arriba del embalse. En consecuencia se procedió a cuantificar en que superficie equivalente podría mejorarse el riego aguas arriba, y como subproducto se obtuvo la estadística definitiva de aportes al embalse Cogotí. Esta se utiliza como fluvimetría de entrada para la operación del sistema de embalses con sus respectivas superficies de riego aguas abajo de ellos.

Como estadística histórica afluente al embalse Cogotí se utilizaron los caudales de aporte al embalse deducidos de la operación del mismo durante el período comprendido entre Mayo de 1944 a Abril de 1975. (Tabla II.35). Evidentemente estos caudales incluyen los aportes del río Pama, que no son aprovechables en el río Cogotí aguas arriba del embalse. Sin embargo, los aportes del río Pama constituyen aproximadamente un 25% de los aportes totales al embalse; esto se puede observar por comparación de la estadística fluviométrica de Pama en entrada a Embalse (Tabla II.15) y Cogotí en entrada a Embalse (II.18), en los períodos comunes; en estas condiciones y además considerando que en todos los períodos críticos de la estadística, el río Pama aporta un caudal nulo o despreciable, se estima que el análisis hecho no queda en absoluto menoscabado en su validez. Durante el período Mayo de 1969 a Abril de 1972, incluido en el período total, se utilizaron los caudales pasantes por el embalse como aportes, puesto que en esta época el embalse estuvo seco.

Con el objeto de obtener una tasa de riego para el valle del río Cogotí, se analizaron las encuestas de cultivos realizadas por el Sistema Paloma, para los años 1973/74; 1974/75 y 1975/76. Se adoptó la distribución de cultivos indicada en la primera de ellas como distribución media representativa para la zona. El patrón de cultivos se indica a continuación.

Patrón de Cultivos

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	32,3	Trigo	82,6
		Cebada	17,4
		Subtotal	100,0
Chacras	29,3	Morrones	2,6
		Maíz	50,9
		Poroto Verde	7,8
		Poroto Cosecha	17,0
		Papas	6,9
		Melones	10,4
		Habas	4,4
		Subtotal	100,0
Plantaciones	23,4	Viñas	46,3
		Frutales caducos	41,1
		Frutales persistentes	12,6
		Subtotal	100,0
Praderas	14,6	Alfalfa	29,6
		Pastos Naturales	70,4
		Subtotal	100,0
Hortalizas	0,4	Varias	100,0
Total	100,0		

Las tasas de riego por cultivo, fueron las dadas por la D.G.A. para los valles interiores del río Limarí. Con el patrón de cultivo y las tasas por cultivo indicadas, se calculó la tasa de riego indicada en la tabla siguiente (Tasa 1). En forma análoga se calculó la tasa 2 de la misma tabla, sólo que en ésta no se incluyeron dentro del patrón de cultivos las superficies encuestadas como pastos naturales, por la gran irregularidad del regadío de estos, y su alta tasa teórica.

Tasas de Riego para el río Cogotí

(m³/Há.)

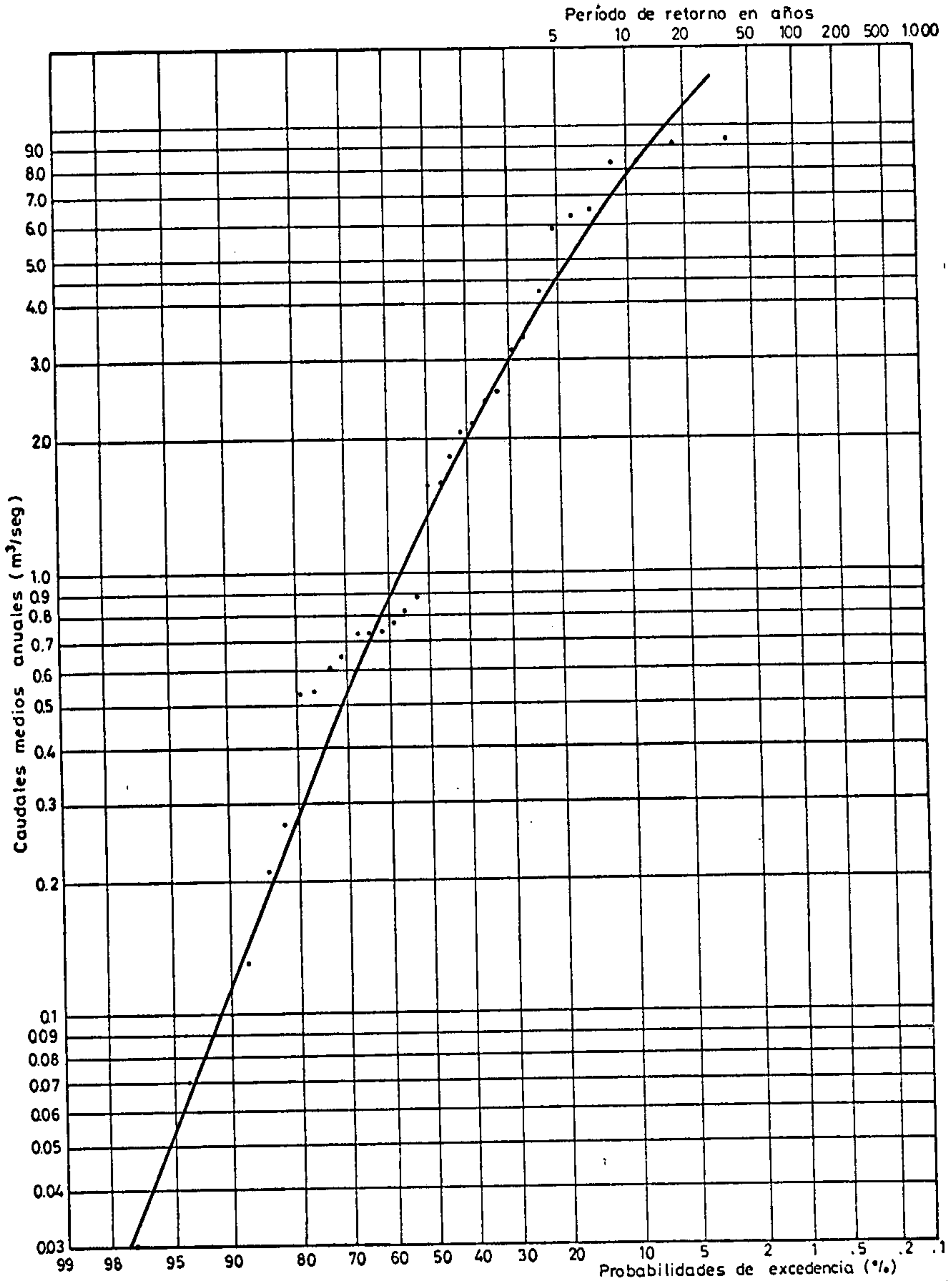
Mes Tasa	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Año
1	497	322	254	654	1007	1403	1491	1363	1421	1098	438	477	10425
2	382	359	283	557	939	1370	1457	1266	1309	1017	303	348	9590

Con la estadística de caudales medios anuales afluentes al embalse Cogotí, se hizo en primer lugar un análisis de frecuencia de los gastos medios anuales. Este análisis de frecuencia se presenta en la figura 3.27; se observa que para una probabilidad de excedencia del 85% se obtiene un caudal de 0,190 m³/seg.

Para aquellos años cuya probabilidad de excedencia fuese cercana al 85% se dibujaron los hidrogramas de caudales medios mensuales y las curvas de demanda para 500, 400 y 300 Há. equivalentes, con la tasa de riego 1 de la tabla anterior, considerando sólo un 70% de ella como consumo neto; de esta forma se aplica el criterio que un 30% son derrames y recuperaciones aprovechables dentro del mismo valle. Los resultados (ver figura 3.28) indican que en general ocurren déficits en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, sobre todo en los años con probabilidades de excedencias superiores al 80%. Incluso se aprecian déficits en estos meses, para años con probabilidad de excedencia del orden del 75% debido al desfase entre los máximos caudales medios mensuales y los valores mensuales de mayor demanda.

Haciendo un análisis año a año para el período Septiembre - Abril entre los años 1942 y 1974, se pudo apreciar que los déficits eran similares cualquiera fuese

FIG. 3.27
AFLUENTES EMBALSE COGOTI
 (Operación del Embalse)



la curva de demandas usada (Tasas 1 y 2). Considerando una superficie demandante de 300 Hás. y la tasa de riego 1, el número máximo de fallas fue 13 en el mes de Febrero. Esto implicaría una seguridad de 61% aproximadamente. Considerando sólo 100 Hás. se obtenían 8 años fallados en 33, lo que implica un 75% de seguridad de riego aproximadamente.

De acuerdo con el análisis descrito, el mejoramiento del riego en el río Cogotí, aguas arriba del embalse, no podría superar las 100 o 200 Hás. equivalentes considerando un patrón de cultivos similar al utilizado actualmente. En el valle del río Huatulame se ha regado históricamente una superficie de por lo menos 600 Hás.; debería poder regarse, aguas arriba del embalse, una superficie sólo levemente inferior a este valor, al liberar los derechos del Huatulame, debido a que efectivamente el Embalse proporcionó históricamente alguna regulación para estos derechos. Se consideró en consecuencia, variar la curva de demandas a través de una variación del patrón de cultivos. Con esto se pretendió minimizar las demandas en los meses críticos de Diciembre, Enero y Febrero. Para conseguir lo anterior se introdujo un patrón de cultivos con un alto porcentaje de cereales.

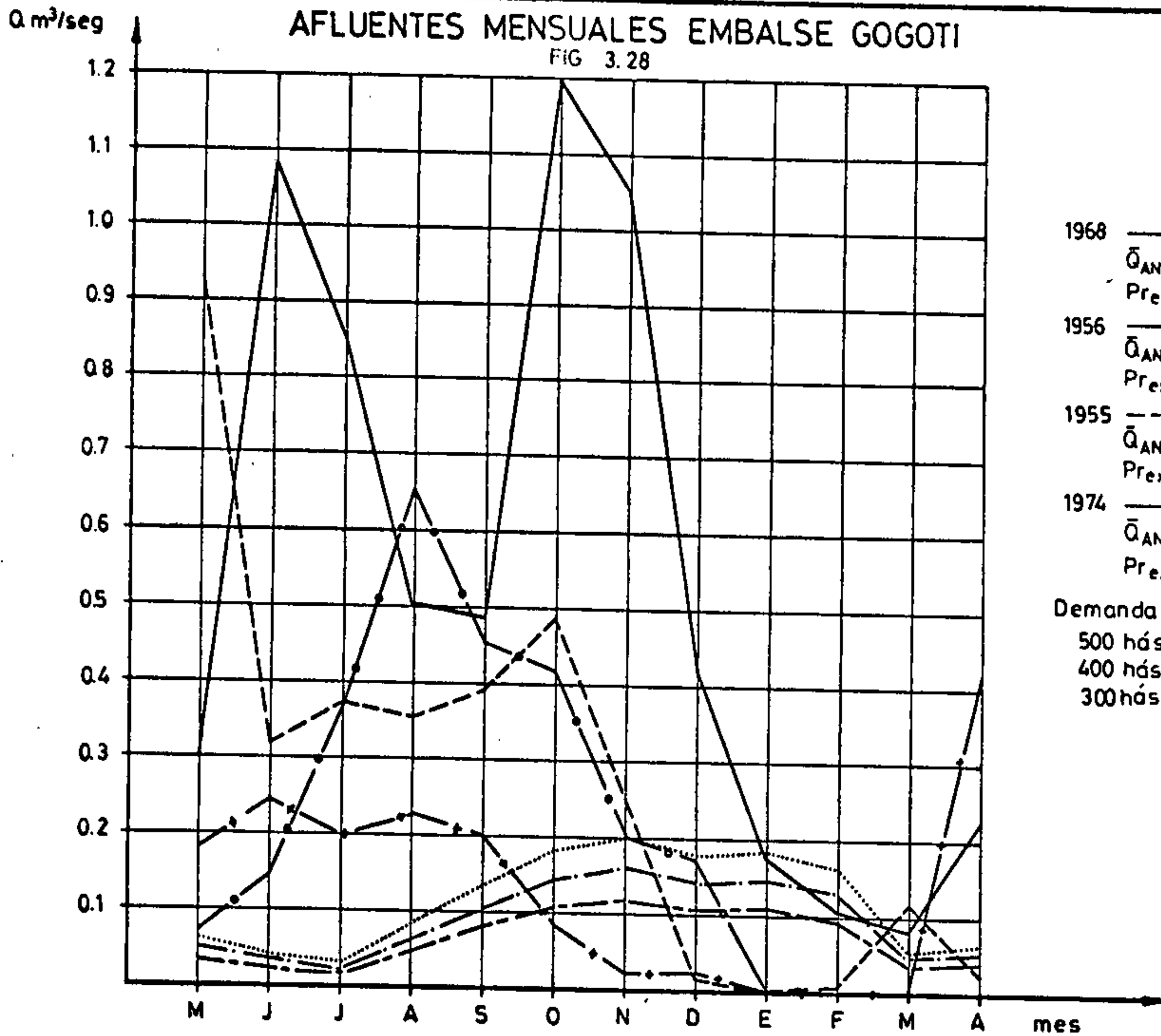
La tasa de riego de la tabla siguientes está calculada por la D.G.A. para los valles interiores del río Limarí, considerando un patrón de cultivos constituido en un 80% por cereales y un 20% por chacras.

Mes	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Año
Tasa (m ³ /Há)	640	800	0	640	1000	1880	1300	420	500	400	0	0	7580

Considerando un 70% de la tasa indicada como consumo efectivo, el análisis mes a mes de la estadística fluviométrica disponible indicó déficits fundamentalmente en los meses de Enero y Febrero. Considerando una superficie equivalente adicional de 100 Hás. el número máximo de fallas fue 5; para 300 Hás. el número de fallas fue 8 y para 500 Hás fue 10. De acuerdo con estos resultados, se adoptó como mejoramiento del riego en el río Cogotí, el equivalente de 300 Hás. con una tasa de riego de acuerdo a la presentada en la tabla anterior.

AFLUENTES MENSUALES EMBALSE GOGOTI

FIG 3.28



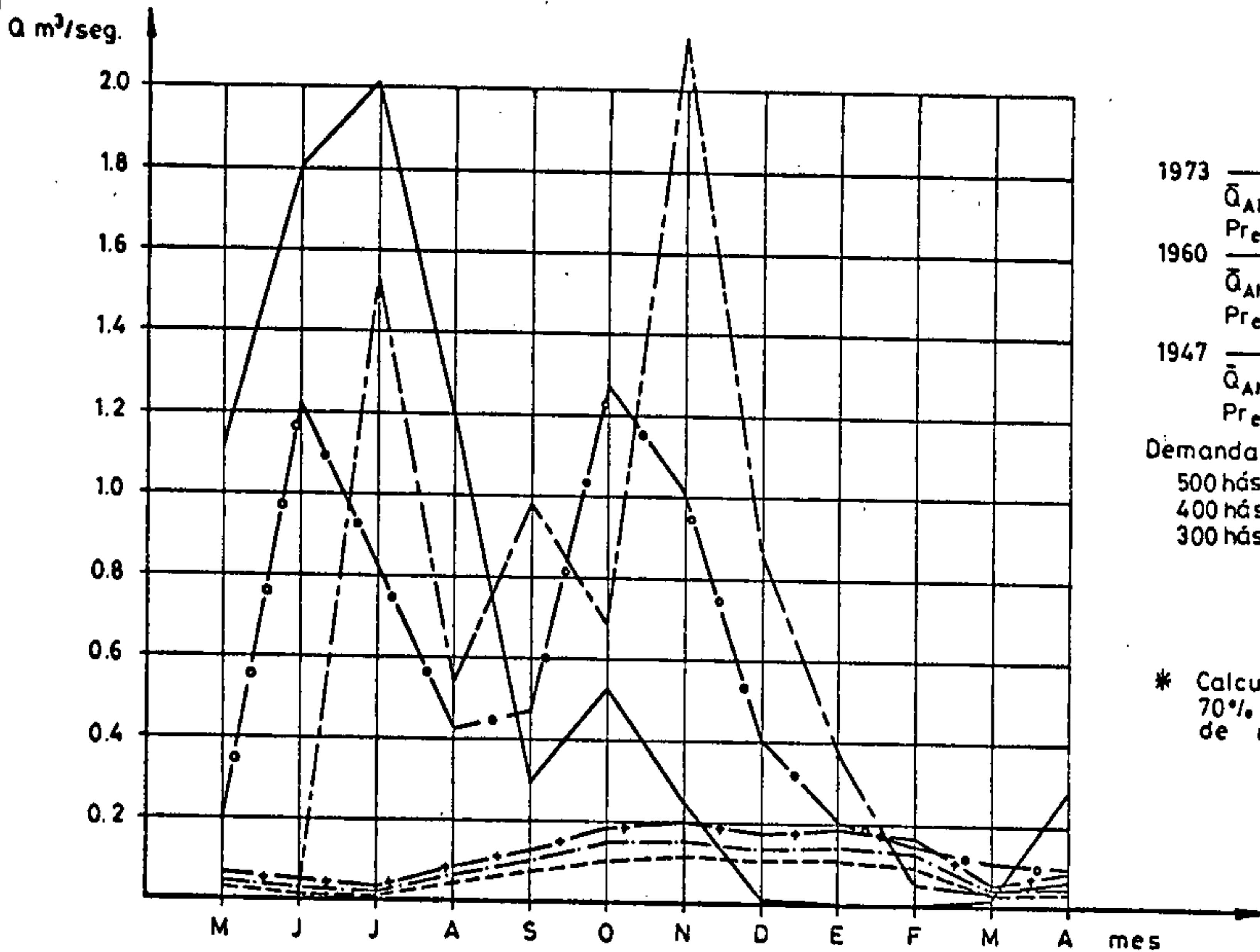
1968 — x — x —
 $\bar{Q}_{AN} = 0.13 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 88,2\%$

1956 — • — • —
 $\bar{Q}_{AN} = 0.21 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 86,3\%$

1955 - - - -
 $\bar{Q}_{AN} = 0.27 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 82,4\%$

1974 — — — —
 $\bar{Q}_{AN} = 0.54 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 76,5\%$

Demanda: (*)
 500 hás
 400 hás - - - -
 300 hás - · - · -



1973 — — — —
 $\bar{Q}_{AN} = 0.64 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 70,6\%$

1960 — • — • —
 $\bar{Q}_{AN} = 0.53 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 79,4\%$

1947 - - - -
 $\bar{Q}_{AN} = 0.61 \text{ m}^3/\text{seg}$
 $Pr_{exc} = 73,5\%$

Demanda: (*)
 500 hás — • —
 400 hás - - - -
 300 hás - · - · -

* Calculada con el 70% de la tasa de riego.

Con el considerando anterior, se calcularon los aportes al embalse Cogotí que se utilizan en la operación del Sistema de embalses. Estos aparecen en la Tabla II.42 del anexo II.

3.4.5.- Río Huatulame y Aportes al Embalse Paloma.

Para la estimación de los caudales aportantes al embalse Paloma, provenientes de recursos propios y de derrames de riego en el río Huatulame aguas abajo del embalse Cogotí, se siguió una metodología simplificada que se presenta en este punto del informe. La metodología se considera como suficientemente adecuada, ya que los recursos que el Huatulame proporciona al embalse Paloma son muy pequeños frente a los que este embalse recibe por el río Grande. En estas condiciones, y debido a las deficiencias de las estadísticas disponibles, el hacer un análisis teóricamente más acucioso resultaría un refinamiento innecesario.

La información con que se contó para hacer el análisis incluyó :

- Entregas del Embalse Cogotí al río Huatulame (EEC), incluyendo rebalses; estos datos fueron obtenidos de los cuadros de operación del Embalse Cogotí y se incluyen en la Tabla II.36. Los datos abarcan el período Mayo 1948 - Abril 1975.
- Estadísticas fluviométricas de la estación Huatulame en Desembocadura (Tabla II.30) que comprende el período Octubre 1946 a Junio 1965.

Estos valores se han denominado DRH.

- Demanda de Riego (DR): Esta se cálculo como:

$$DR = TR \times SR \times 0,7$$

en que :

TR : tasa de riego. Río Huatulame, calculada de acuerdo a las tasas de riego recomendadas por la D.G.A. y según el patrón de cultivos obtenido de la encuesta 1974-75 del Sistema Paloma.

SR : Superficie de riego, para la cual se adoptó un valor medio histórico de 700 Hás.

En la tabla siguiente se presenta el patrón de cultivos utilizado :

Patrón de Cultivos

Rubro	Porcentaje	Cultivo	Porcentaje Parcial
Cereales	0,5	Trigo	57,0
		Cebada	43,0
		Subtotal	100,0
Chacras	73,5	Maíz	6,7
		Poroto Verde	30,6
		Poroto Cosecha	2,6
		Tomate Caseta	15,2
		Tomate Aire Libre	34,4
		Papa	7,8
		Morrón	2,7
		Subtotal	100,0
Plantaciones	24,1	Frutales caducos	9,0
		Frutales persistentes	34,8
		Viñas	56,2
		Subtotal	100,0
Praderas	1,8	Alfalfa	17,9
		Pastos Naturales	82,1
		Subtotal	100,0
Hortalizas	0,1	Varios	100,0
Total	100,0		

La tasa ponderada utilizada aparece a continuación :

Tasa de Riego (m³/Há)

Mes	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Año
Tasa	872	1029	1329	1539	999	924	645	689	464	408	631	676	10195

El aporte de la hoya intermedia, se calculó como :

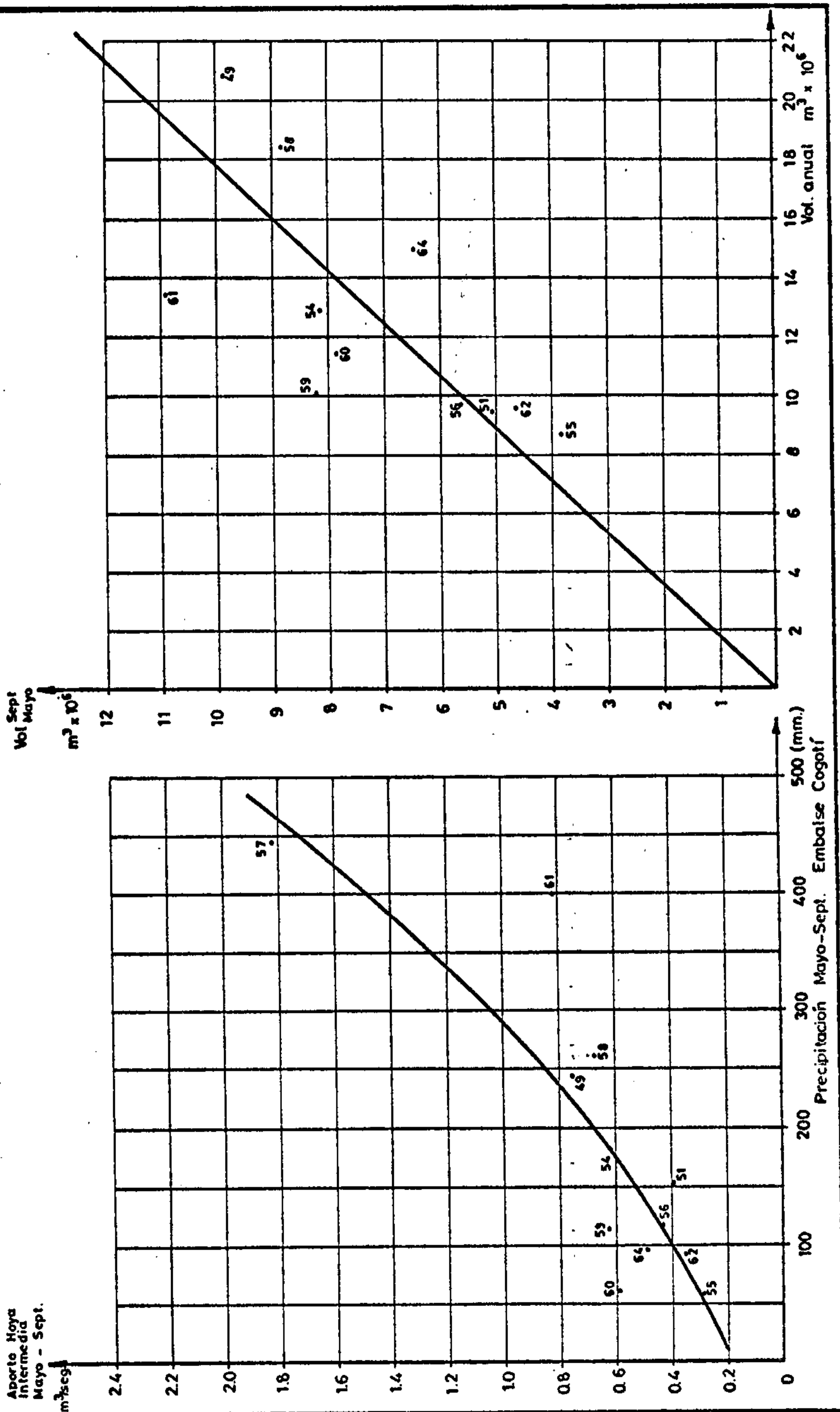
$$AHI = DRH + DR - EEC$$

La ecuación anterior se utilizó tanto para intervalos de tiempo mensuales, como para los años. Con los datos obtenidos del cálculo mensual se obtuvo una relación entre los Aportes de la Hoya Intermedia (Mayo - Septiembre) y la Precipitación (Mayo - Septiembre) de la estación pluviométrica Embalse Cogotí (ver figura 3.29). Con los datos obtenidos en los cómputos anual y mensual usando la ecuación anterior, se obtuvo además una relación entre los Aportes Hoya Intermedia (Mayo - Septiembre) y el Aporte Hoya Intermedia Anual (Mayo - Abril); esta relación se presenta también en la figura 3.29.

Para sintetizar una estadística completa de los Aportes de la Hoya Intermedia del río Huatulame (ver tabla II.39) independizada de los rebalses históricos del embalse Cogotí, se siguió el procedimiento siguiente:

- Para aquellos años en que hay estadística de entrada y salida del valle, como para aplicar la ecuación planteada en este punto, se utilizaron los valores directos de ésta.
- Para aquellos años en que la información era incompleta, se utilizaron las relaciones de la fig. 3.29 para sintetizar, en base a la precipitación en Embalse Cogotí, la escorrentía total de invierno y la escorrentía total de verano de la hoya intermedia.
- Para los años incompletos, sintetizados de la forma indicada, se hizo además una distribución mensual dentro de cada período (invierno y verano). Esta distribución se realizó usando relaciones mensuales en función de la precipitación para la época de invierno, y curvas de recesión medias para la temporada primavera-verano. Las relaciones precipitación-escorrentía no se presentan en el informe, pero en todo caso resultaron bastante pobres. Se estima sin embargo que el procedimiento es suficientemente adecuado para la precisión requerida por la importancia relativa de los resultados buscados. En todo caso, los resultados de la distribución mensual se ajustaron, por ponderaciones porcentuales, a los totales estacionales que para el mismo período se habían previamente obtenido por las relaciones de la figura 3.29.

FIG. 3.29
 HOYA INTERMEDIA RIO HUATULAME ENTRE
 EMBALSE COGOTI Y EMBALSE PALOMA
 CORRELACIONES



Los resultados de aportes de la Hoya Intermedia del río Huatulame, completados de la forma indicada, se presentan en la Tabla II.39.

Finalmente en la Tabla II.41, se presentan los aportes totales al embalse Paloma, formados por la suma de los aportes del río Grande (según lo explicado en 3.4.2.3. y Tabla II.40) y los aportes de la Hoya Intermedia del río Huatulame.

C A P I T U L O 4

METODOLOGIA DE PRONOSTICOS DE DESHIELO

4.1. Introducción.-

Para planificar la utilización óptima de los recursos de una cuenca siempre es deseable conocer el comportamiento de los fenómenos meteorológicos que fijan los aportes futuros al sistema. Desgraciadamente el fenómeno de la precipitación es totalmente aleatorio y por lo tanto no es posible predecir su comportamiento. Al comenzar un año hidrológico no se pueden efectuar pronósticos acerca de las características de ese año debido a que aún no se han registrado las precipitaciones.

Sin embargo, en la mayoría de las cuencas de la zona Central y Norte Chico, el fenómeno aleatorio de la precipitación ocurre, principalmente concentrado en los meses de Mayo a Agosto. Esto provoca un almacenamiento de nieve (en todas aquellas cuencas con límites cordilleranos) cuyo derretimiento se empezará a manifestar a partir del mes de Septiembre u Octubre. Predecir un fenómeno de esta naturaleza ya no resulta imposible ya que se trata de determinar el volumen de agua que escurrirá en la temporada de deshielo teniendo como antecedente la precipitación nival caída en la cuenca durante el invierno y el comportamiento de la cuenca en años anteriores.

La estadística histórica tanto de caudales como de precipitación (pluvial o nival) permite establecer relaciones entre la precipitación de invierno y el caudal escurrido en la temporada de deshielo (Septiembre-Abril). Posteriormente en base a la precipitación medida en el año que se está estudiando y a las relaciones obtenidas se podrá hacer un pronóstico para la temporada de deshielo de ese año.

En este informe se presenta la metodología general para luego explicar en detalle aplicaciones a varios ríos de la hoya del río Limarí.

4.2. Metodología General :

Estudios anteriores de pronósticos de deshielo en Chile (1, 2, y 3) confirman que generalmente es posible establecer buenas correlaciones entre el volúmen total de deshielo en la temporada Septiembre - Abril u Octubre - Abril y algún índice de precipitación.

El índice de precipitación que se utilice puede tener las más variadas formas y dependerá fundamentalmente de la información pluviométrica y nivométrica de la cuenca y del grado de asociación que el índice formado tenga con el volúmen de deshielo histórico registrado en la sección de interés de la cuenca.

Generalmente la nieve acumulada durante el invierno en una o más rutas de nieve ubicadas en la cuenca o en cuencas vecinas resultan ser un buen índice de precipitación y se obtienen buenas correlaciones con el volúmen de deshielo. En otras cuencas, tiene bastante influencia la nieve acumulada tanto en el año en estudio como en años anteriores.

Los índices formados según se señala a continuación, pueden dar mejores correlaciones que aquellos formados únicamente con el año en estudio :

$$I_t = a_1 N_t + b_1 N_{t-1}$$

$$I_t = a_2 N_t + b_2 N_{t-1} + c_2 N_{t-2}$$

-
- (1) Aylwin, L. " Estudio de previsión de deshielo ", II Coloquio Nacional, Soc. Chilena de Ingeniería Hidráulica, Agosto 1973.
- (2) Espinoza, A. " Caracterización Estadística del Régimen de Escorrentía de Deshielo de la Hoya del Río Aconcagua y Métodos para su Predicción ". Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Escuela de Ingeniería. U. de Chile. 1973.
- (3) González, P. " Caracterización Estadística de Deshielo del Río Maipo y Métodos para su Predicción ". Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil. Escuela de Ingeniería. U. de Chile, 1970.

- donde I_t : índice de precipitación del año t .
- N_t : nieve caída durante el invierno o bien nieve existente en la ruta de nieve en una determinada fecha del año t .
- N_{t-1} : idem a N_t pero para el año anterior ($t-1$).
- N_{t-2} : idem a N_t pero para 2 años anteriores ($t-2$).
- a_1, b_1, a_2, b_2, c_2 : coeficientes empíricos que se ajustan de manera que la relación entre I_t y el volumen de deshielo de la temporada tenga las menores dispersiones posibles, según los datos históricos.

En algunas cuencas no existen rutas de nieve o bien estas tienen escasas mediciones que ni siquiera permiten establecer una relación entre I_t y el volumen de deshielo. En estos casos se puede recurrir a la precipitación pluvial de una o más estaciones cuya ubicación las haga representativas de la nieve caída o acumulada en la cuenca. En estos casos también se puede formar un índice de precipitación ponderando la lluvia de las diferentes estaciones tanto para el año en estudio como para años anteriores, en una forma similar al caso de las rutas de nieve ya analizado.

Muchas veces también da buenos resultados formar un índice ponderando mediciones de rutas de nieve con precipitación pluvial.

Las relaciones que se obtienen entre el índice de precipitación y el volumen de deshielo tienen en general, un error standard de estimación pequeño.

Una vez establecida la forma de calcular el volumen de deshielo total para la temporada es preciso asignarle una variación estacional, usualmente en términos de caudales medios mensuales. Normalmente la distribución mensual del volumen de deshielo de pronóstico tiene mucho mayor dispersión, lo que es natural considerando la mayor discretización de la escala de tiempo en este caso.

Existen procedimientos alternativos para efectuar esta distribución mensual. Generalmente es preciso probar estos procedimientos y compararlos entre sí antes de decidir por uno de ellos.

Para determinar la distribución mensual es posible tomar en cuenta ciertos hechos que normalmente pueden constatarse. En primer lugar se observa en la generalidad de los casos que mientras más húmedo es el año, o sea mientras mayor es el volumen de deshielo, el mes de caudal medio mensual máximo de la temporada tiende a atrasarse. En general, en la mayoría de las cuencas, el caudal máximo medio mensual ocurre en uno de dos meses; estos dos meses son distintos para las distintas zonas del país. Finalmente, por lo general la curva de recesión de caudales medios mensuales, a partir del mes máximo, es análoga para todos los años similares.

Un procedimiento consiste en determinar primeramente la magnitud del caudal medio mensual máximo de la temporada y el mes en que se producirá. Para esto se suele establecer gráficamente una relación entre el volumen total de deshielo y el caudal medio mensual máximo. De una relación de este tipo puede pronosticarse el caudal medio mensual máximo. Para determinar el mes en que este ocurrirá es posible basarse en la magnitud del volumen de deshielo que en general presenta una correlación aceptable con el mes de máximo deshielo. Para determinar los caudales medios mensuales en los demás meses del período de deshielo, se procede a trazar curvas de caudales medios mensuales en porcentaje del caudal máximo medio mensual, para todos los años en que existan estadísticas y para los cuales el máximo se produzca en un determinado mes; enseguida se traza una curva media para estos caudales medios mensuales porcentuales, y esta curva se usa para pronosticar la distribución mensual en la temporada. En muchos casos es recomendable dividir los años de estadística en clases de acuerdo a los volúmenes totales de deshielo, efectuando el análisis anterior para cada clase (por ejemplo tres clases - años húmedos, normales, secos).

Un método alternativo al anterior es el de determinar los caudales medios mensuales en porcentaje del volumen total de deshielo. En este caso no se hace una determinación independiente del caudal del mes de máximo o el mes en que éste ocurrirá. En este procedimiento deberá clasificarse los años según el volumen total de deshielo o según la precipitación de invierno registrada en alguna estación pluviométrica representativa de la cuenca. Para cada mes de cada clase, se debe determinar el caudal medio mensual porcentual promedio con los años de estadística que se tenga registrados en cada clase. Estos caudales medios mensuales promedio como porcentaje del volumen total de deshielo de la temporada, se utilizan entonces para pronosticar la distribución mensual durante la temporada, para el año de interés.

4.3. Metodología de Pronósticos Adoptada para Ríos Grande y Afluentes.

4.3.1. Río Grande :

Con el objeto de pronosticar la producción de la hoya del río Grande se adoptó como estadística fluviométrica de cabecera Las Ramadas. (Ver Anexo II, Tabla II.7). Esta estación tiene estadísticas medidas desde Mayo de 1961.

Se contó en definitiva con registros completos de 14 años de volúmenes de deshielo. Se examinaron diversas alternativas para elaborar un índice que pudiera correlacionarse con este volumen de deshielo. En primer lugar se analizaron las estadísticas disponibles en rutas de nieve de la zona; al respecto la estadística es la siguiente :

Ruta de Nieve	Latitud	Long.	Cota (m.s. n.m)	Año de Comien zo	Observaciones
Molles en Cota 3000	30°44'30"	70°22'	3020	1956	Suprimida en 1969
Quebrada Larga en Junta con Molles	30°42'	70°26'	3025	1958	Suprimida en 1969
Quebrada Larga Cota 3500	30°43'	70°22'	3500	1956	Sin observa- ciones en 1970 y 1971; observa- da irregular- mente en 1962- 65-72-73 y 74
Cerro Vega Negra	30°55'	70°31'	3600	1972	Observada irre- gularmente en 1973 y 1974
Mina Igualdad	30°26'	70°31'	2100	1967	Muy incompleta
Maitenes	30°05'	70°34'	2480	1967	Incompleta; no registra en años secos

Se observa de la tabla anterior, que la única ruta de nieve con suficientes registros y actualmente en control es Quebrada Larga en cota 3500. Sin embargo, debido a que hay varios años en los cuales no hubo observación en aquellos meses de importancia para la acumulación de nieves (Julio y Agosto principalmente), no pudo establecerse con los datos disponibles ninguna relación confiable entre ella y el volumen de deshielo en Las Ramadas.

Como alternativa se buscó un índice de precipitación que fuese representativo de la acumulación de nieves en las altas cumbres. Al respecto el análisis pluviométrico reveló que la estación más representativa para estos efectos resultaba ser la estación pluviométrica Las Ramadas, ubicada en las cercanías de la estación fluviométrica del mismo nombre. Esa estación dispone de medidas de precipitación concurrentes con las estadísticas fluviométricas de Las Ramadas, en todos los años salvo 1969; en consecuencia para establecer la relación se dispuso de 13 años. Como comprobación, aunque sin incluirlos en los gráficos se utilizaron también los valores obtenidos por extensión (ver Capítulo 3.2) para la fluviometría de Las Ramadas ; éstos sirvieron para corroborar las relaciones que se presentan más adelante.

En primer lugar se tomó el índice de precipitación (I_p) igual a la precipitación caída en Las Ramadas en el período Enero - Agosto (ambos inclusive). La relación obtenida con el volumen de deshielo Septiembre - Abril indicó claramente la influencia de la precipitación caída durante el año anterior ya que a igualdad de volumen de precipitación en un año, el escurrimiento es mayor en aquel año que está precedido por una precipitación mayor. Por esta razón se adoptó un índice con las siguientes características :

$$I_t = P_t \text{ (Ene-Ago)} + a P_{t-1} \text{ (Ene-Dic)}$$

en que

P_t (Ene-Ago) : precipitación total (mm) del período Enero a Agosto, inclusives, para la estación Las Ramadas y durante el año de pronóstico.

P_{t-1} (Ene-Dic) : precipitación total (mm) Enero a Diciembre, para la misma estación, durante el año anterior al de pronóstico.

a : coeficiente empírico de ajuste de la relación.

Considerando diferentes valores del coeficiente a se obtuvieron varias relaciones entre I_t y el volúmen de deshielo; finalmente se adoptó aquella que presentó una menor dispersión y que correspondió a un valor de $a = 0.20$. Esta relación se presenta en la Figura 4.1.

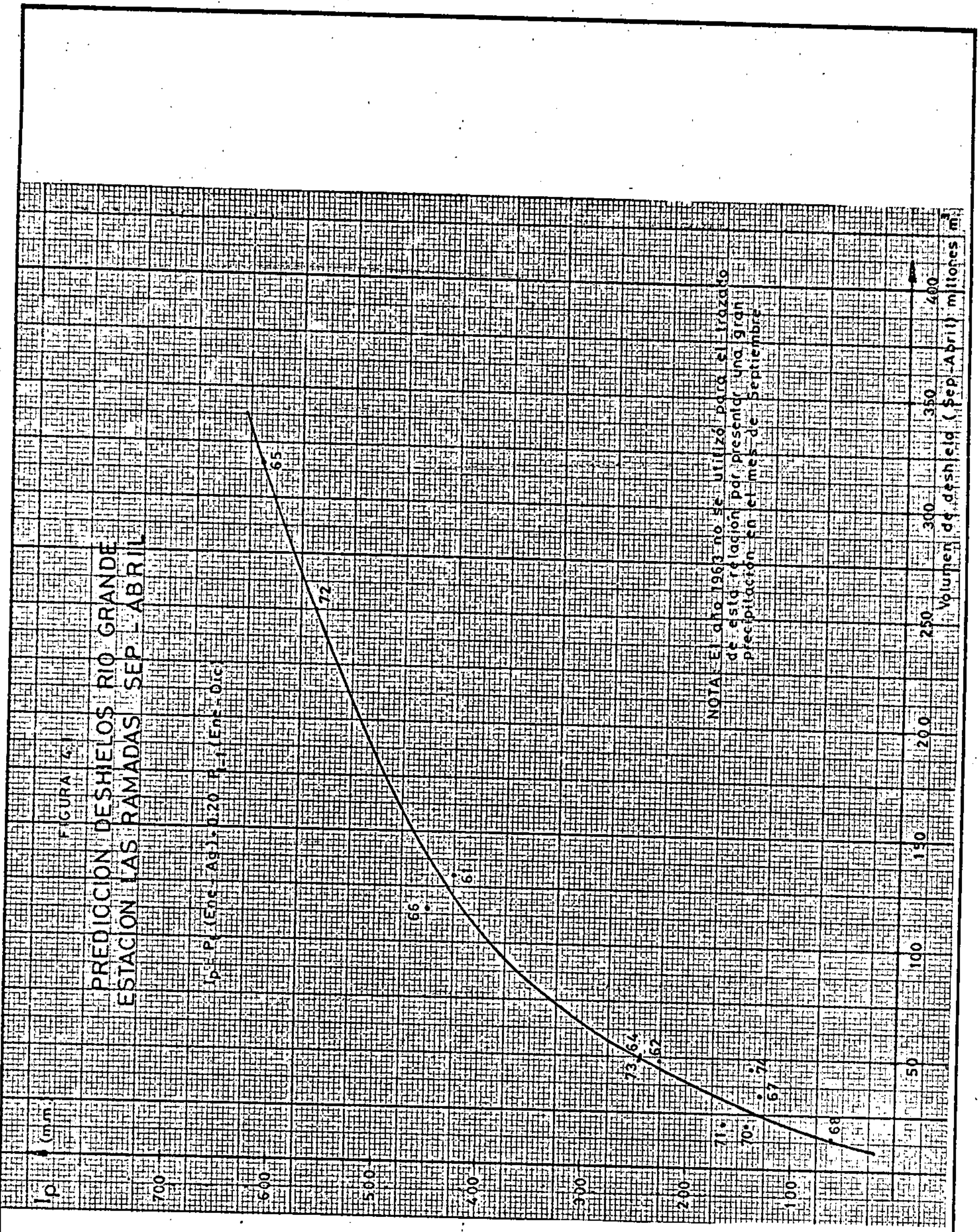
Adicionalmente se confeccionó una relación entre el volúmen de deshielo Octubre - Abril con un índice de precipitación en Las Ramadas. El procedimiento fue enteramente análogo al anterior y el índice de precipitación resultante es el siguiente :

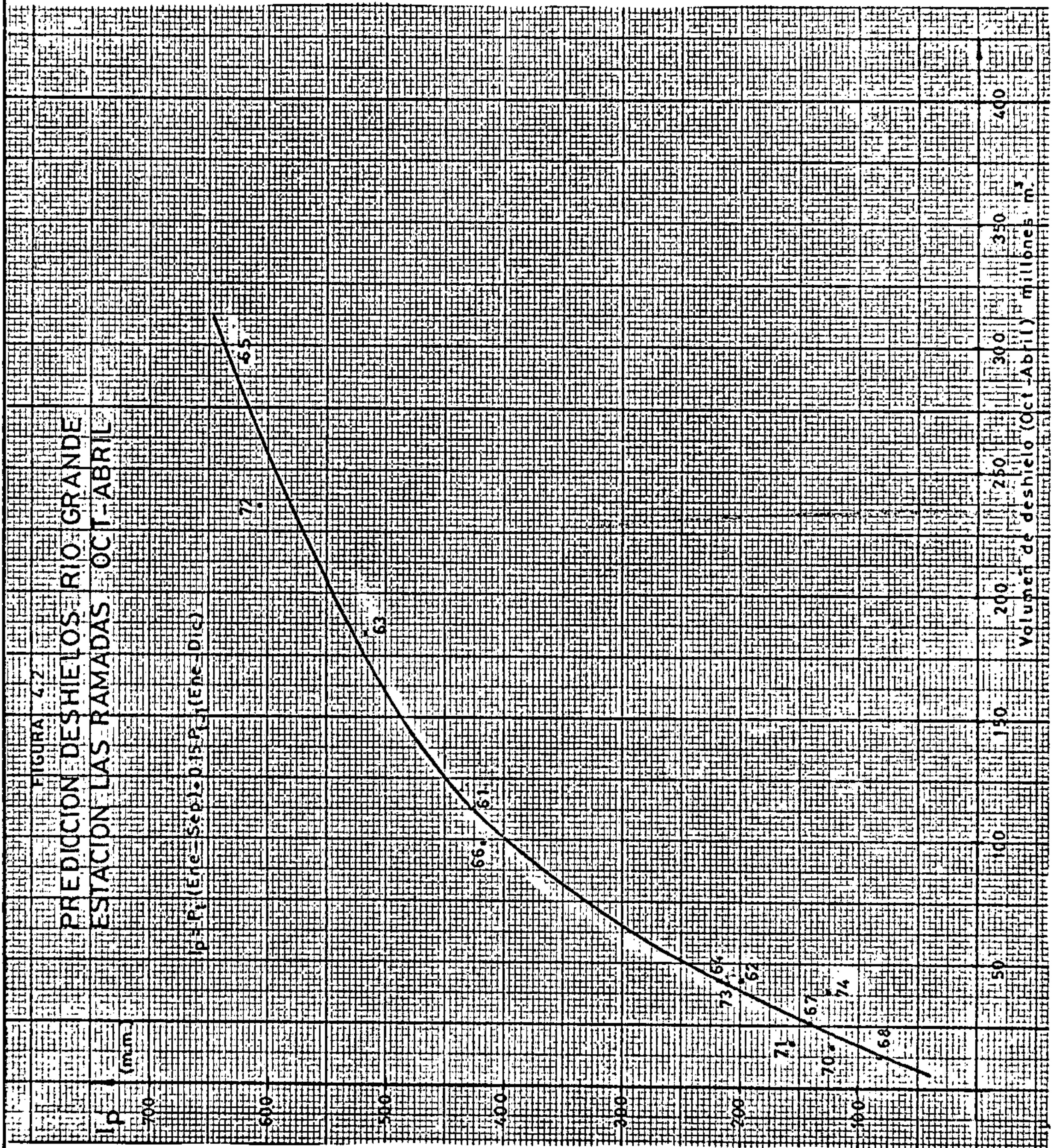
$$I_t = P_t \text{ (Ene-Sept)} + 0.15 P_{t-1} \text{ (Ene-Dic)}$$

Esta segunda relación se indica en la Figura 4.2 y presenta bastante menor dispersión que la anterior. Esto es razonable pues está incluyendo los antecedentes pluviométricos del mes de Septiembre. Esta segunda relación presenta dos utilidades bastante claras :

- permite revisar, a principios de Octubre, el pronóstico efectuado a comienzos de Septiembre con la relación de la Figura 4.1. Por presentar la Figura 4.2 menor dispersión que la Figura 4.1, los resultados deberán ser más confiables.
- si se utiliza la relación de la Figura 4.2 a principios del mes de Septiembre suponiendo que la precipitación de dicho mes será nula, se tendrá un pronóstico que indudablemente estará por el lado de la seguridad y que se podrá confrontar con el pronóstico hecho mediante la utilización de la Figura 4.1.

En las tablas 4.1 y 4.2 se presentan los errores que se cometen al utilizar las Figuras 4.1 y 4.2, respectivamente. La columna correspondiente al volúmen de deshielo calculado se obtuvo entrando a la figura correspondiente con el índice de precipitación I_t .





T A B L A 4.1

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.1

$$I_t = P_t (\text{Ene} - \text{Ago}) + 0.2 P_{t-1} (\text{Ene} - \text{Dic})$$

Año	Precipitación		I_t	Vol. Desh. (Sep-Abr)		Error (%)
	Ene-Dic	Ene-Ago		Medido (m3x10 ⁶)	Calculado (m3x10 ⁶)	
60-61	95.5					
61-62	446.0	404.0	423.1	129.66	122.0	- 5.9
62-63	170.5	133.0	222.2	47.13	43.0	- 8.8
63-64	529.0	276.5	310.6	204.46		
64-65	138.5	138.5	244.3	50.30	50.0	- 0.6
65-66	620.5	582.5	610.2	315.98	315.0	- 0.3
66-67	342.5	325.5	449.6	113.57	138.0	+ 21.5
67-68	95.5	71.0	139.5	32.18	27.0	- 16.1
68-69	68.0	41.5	60.6	14.72	15.0	+ 1.9
69-70	-	-	-	21.94		
70-71	122.9	107.9	140.0	18.87	27.0	+ 43.1
71-72	138.0	114.0	162.6	20.08	31.0	+ 54.4
72-73	601.0	533.0	560.6	249.97	250.0	-
73-74	134.0	123.0	243.2	48.10	48.0	- 0.2
74-75	109.0	109.0	135.8	46.19	25.0	- 45.9

error promedio + 18.1
 error máximo negativo - 45.9
 error máximo positivo + 54.4

T A B L A 4.2

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.2

$$I_t = P_t \text{ (Ene - Sept)} + 0.15 P_{t-1} \text{ (Ene - Dic)}$$

Año	Precipitación		I_t	Vol. Desh. (Oct-Abr)		Error (%)
	Ene-Dic	Ene-Sep		Medido (m ³ x10 ⁶)	Calculado (m ³ x10 ⁶)	
60-61	95.5					
61-62	446.0	414.0	428.3	112.15	113.5	+ 1.2
62-63	170.5	133.0	199.9	42.28	38.0	- 10.1
63-64	529.0	494.5	520.1	185.15	173.0	- 6.6
64-65	138.5	138.5	217.9	43.24	43.3	+ 0.4
65-66	620.5	603.5	624.3	295.95	278.0	- 6.1
66-67	342.5	325.5	418.6	98.12	109.0	+ 11.1
67-68	95.5	91.5	142.9	26.81	26.8	0.0
68-69	68.0	68.0	82.3	12.11	13.0	+ 7.3
69-70	85.4			17.25		
70-71	122.9	108.9	121.7	16.09	22.0	+ 36.7
71-72	138.0	138.0	156.4	17.21	28.5	+ 65.6
72-73	601.0	588.0	608.7	234.99	265.0	+ 12.8
73-74	134.0	123.0	213.2	42.04	42.0	0.0
74-75	109.0	109.0	129.1	41.3	22.5	- 45.5

error promedio + 15.6
 error máximo negativo - 45.5
 error máximo positivo + 65.6

Para efectuar la distribución mensual del volúmen de deshielo de la temporada se adoptó el método, ya explicado en la metodología general, que consiste en dividir los años históricos en clases de acuerdo con el volúmen de deshielo ocurrido y luego graficar para cada clase, los volúmenes mensuales divididos por el volúmen total de deshielo.

Después de analizar la estadística mensual de la estación Las Ramadas se adoptaron las siguientes 4 clases, donde V_D es el volúmen de deshielo Septiembre-Abril :

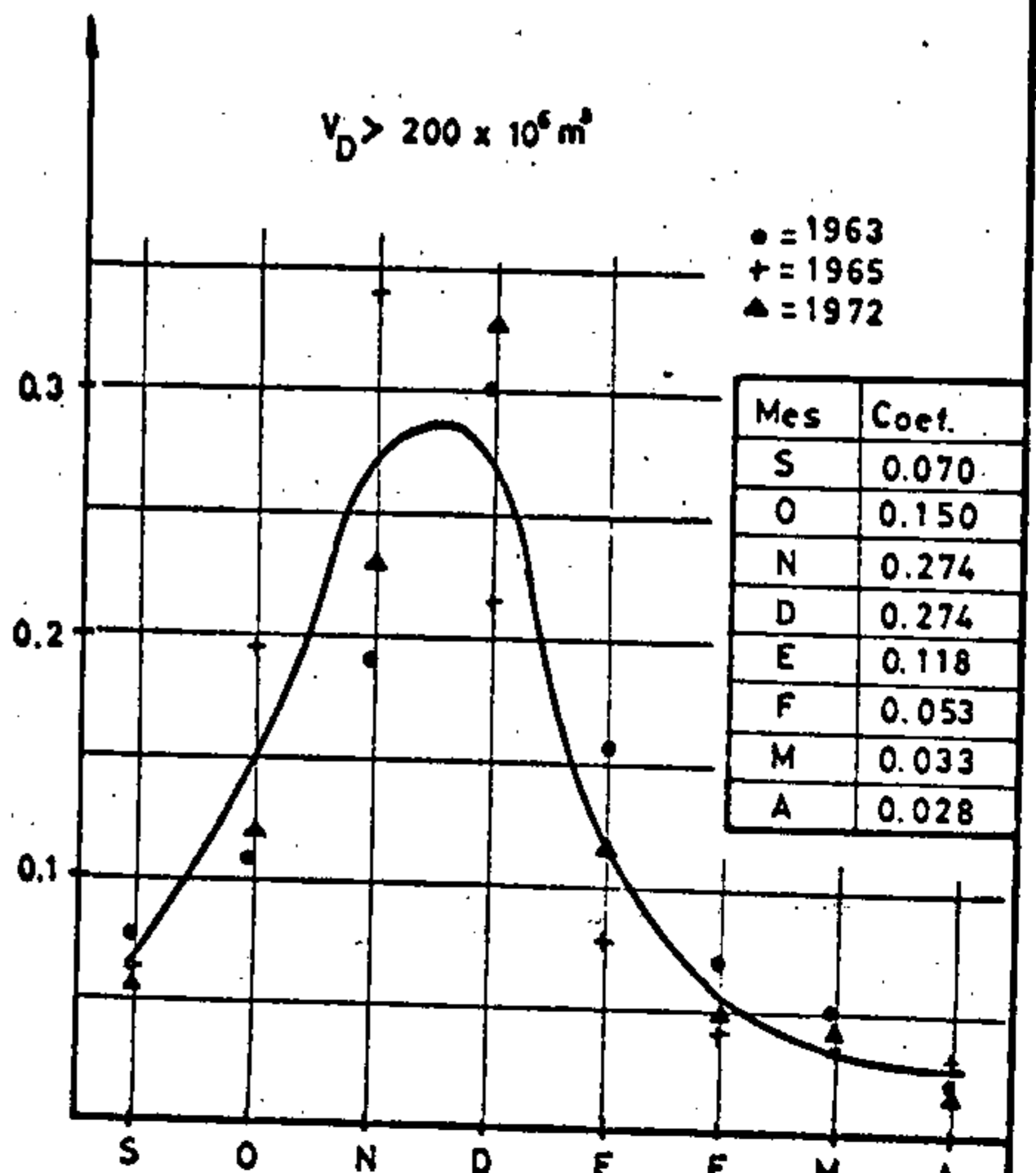
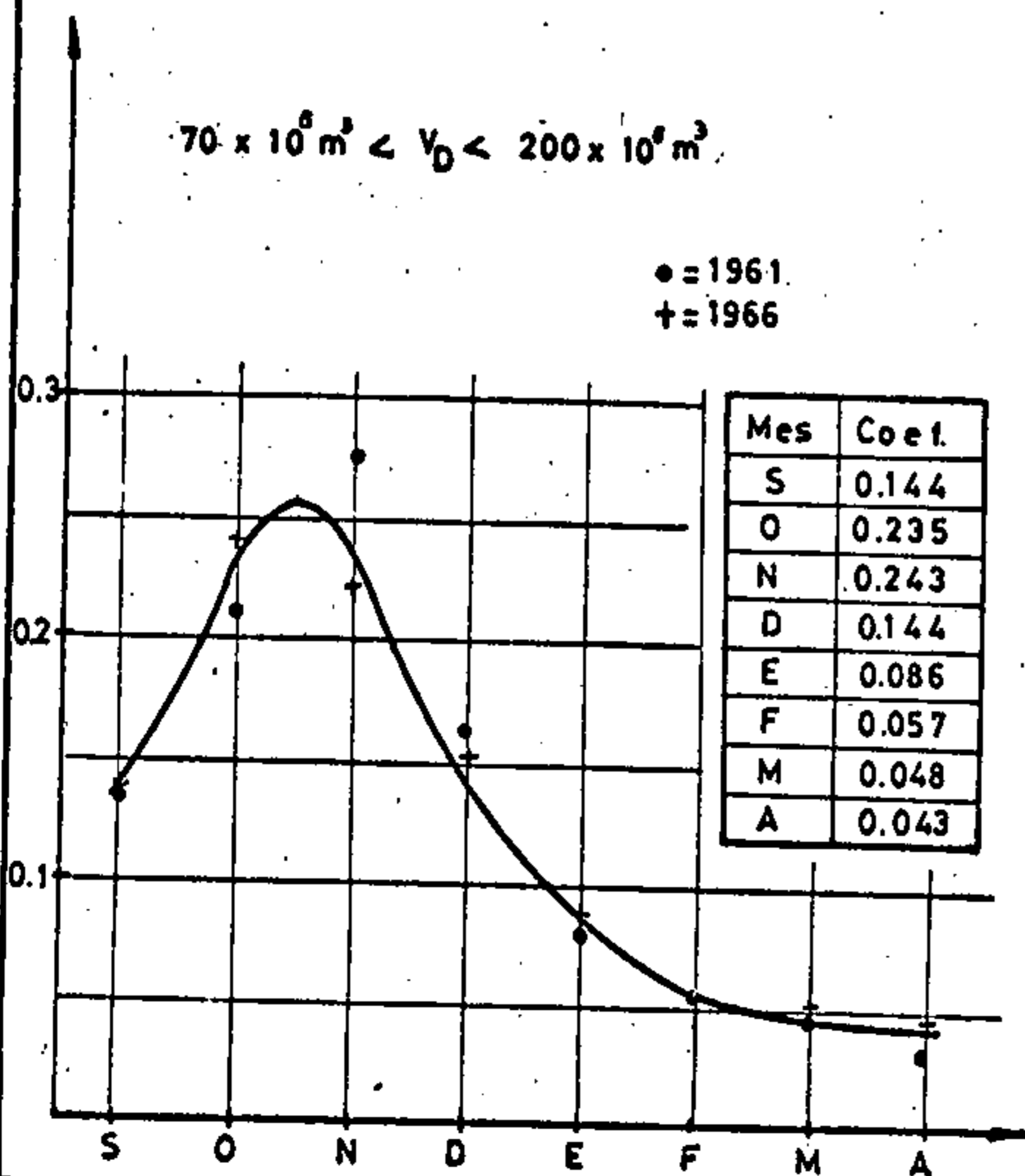
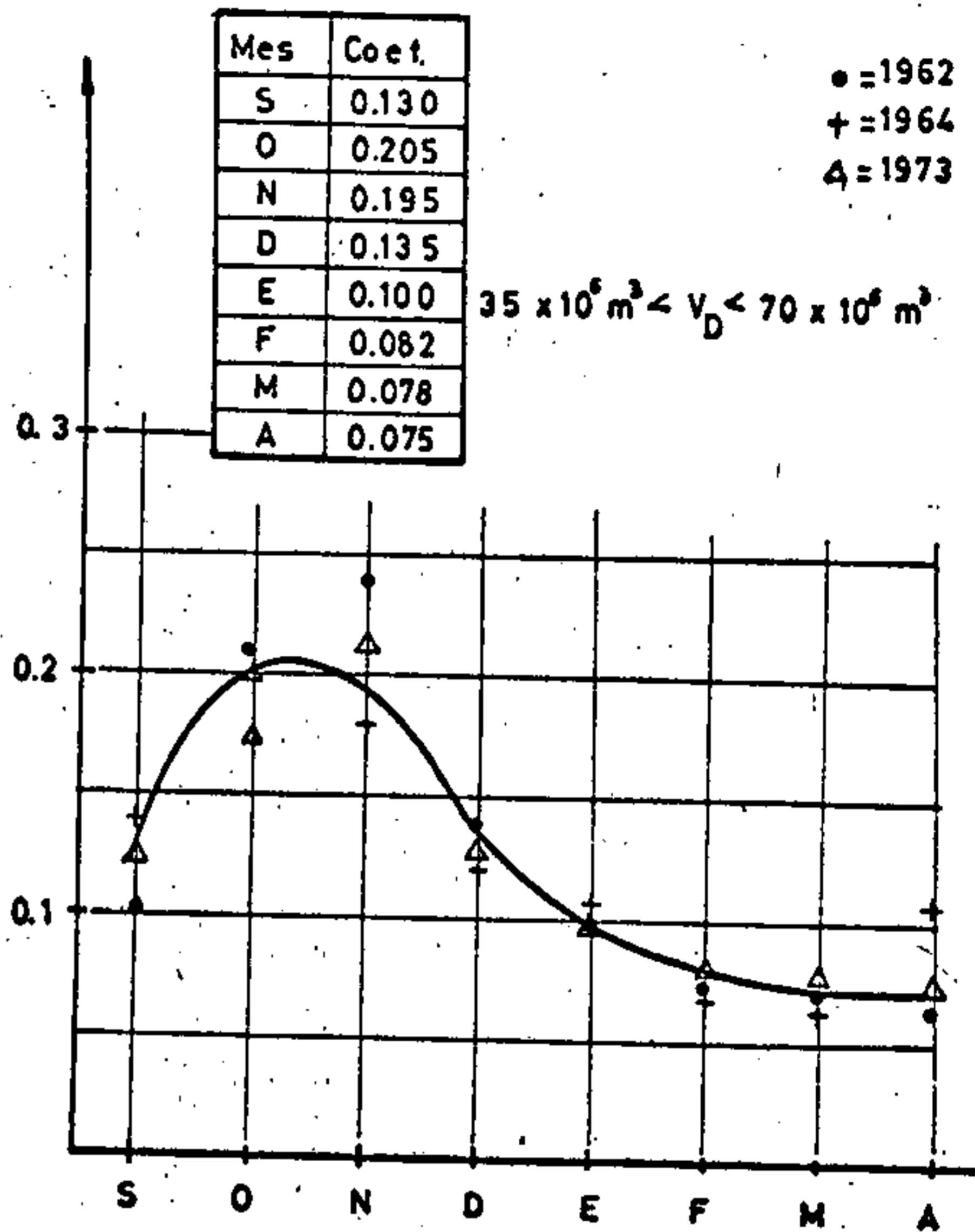
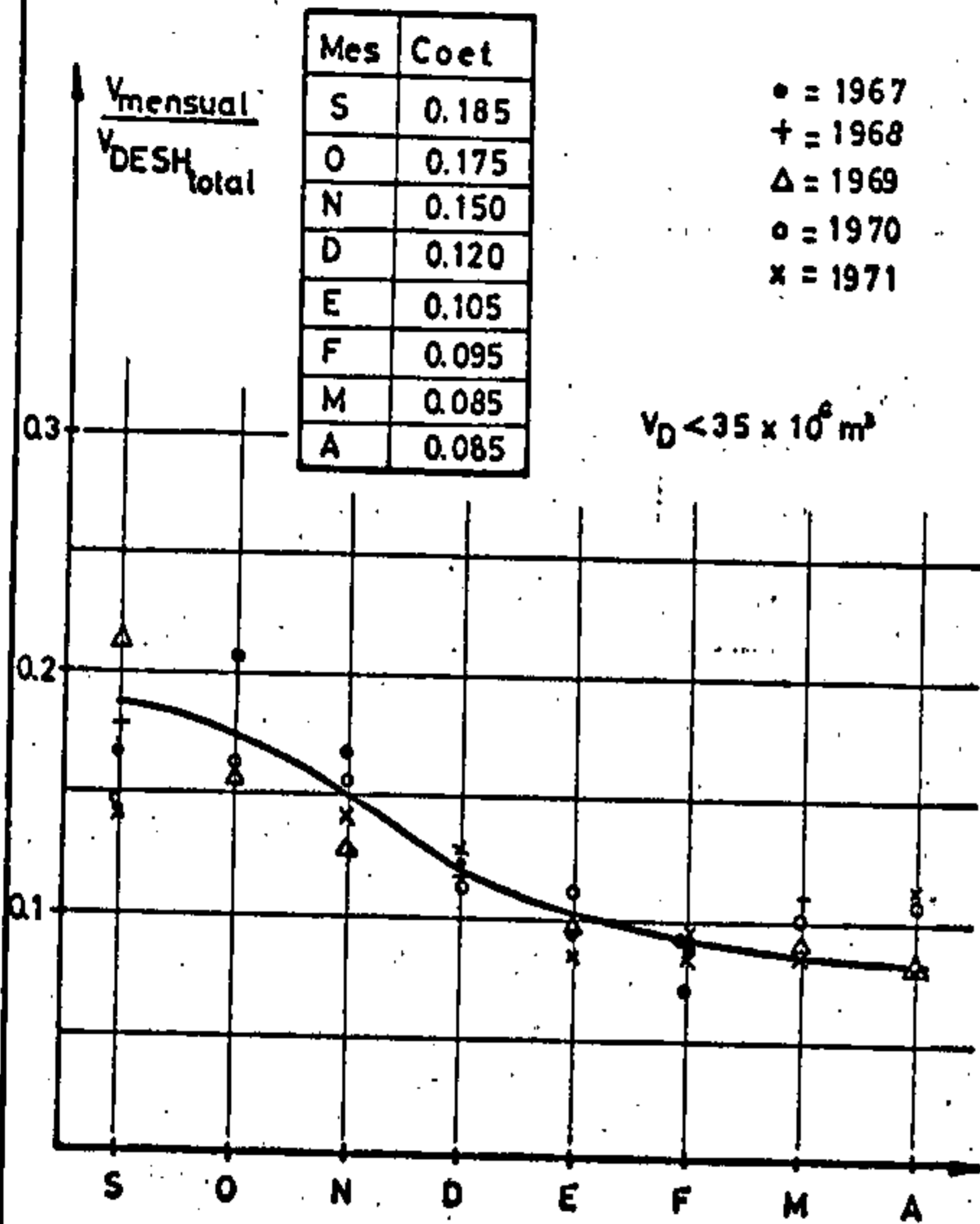
$$\begin{aligned} & V_D < 35 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ 35 \times 10^6 \text{ m}^3 & < V_D < 70 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ 70 \times 10^6 \text{ m}^3 & < V_D < 200 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ 200 \times 10^6 \text{ m}^3 & < V_D \end{aligned}$$

En la Figura 4.3 se han graficado los valores adimensionales del volúmen mensual dividido por el V_D de cada año. Para cada conjunto de puntos se trazó una curva media de forma tal que los coeficientes que resultaran para cada mes totalizaran uno ya que eso significa distribuir el volúmen total de deshielo en forma exacta entre todos los meses. Los valores finales de los coeficientes mensuales adoptados para cada clase aparecen en la Figura 4.3.

Como se puede apreciar de la Figura 4.3, existe bastante dispersión de los puntos en torno a la curva trazada. Esto es totalmente explicable ya que hay diversos fenómenos que ocurren en forma diferente de un año a otro aún que el volúmen total de deshielo sea el mismo. Por ejemplo, la radiación solar incidente puede ser diferente de un año a otro y por lo tanto provocar ondas distintas de deshielo. Como los fenómenos que pueden influir en el derretimiento prematuro o tardío no son predecibles hay que utilizar las curvas de la Figura 4.3, tal como aparecen a pesar de que el error involucrado sea apreciable.

La división de las clases es bastante arbitraria y de acuerdo con la estadística que se tiene hasta el momento, no se puede precisar en forma exacta hasta que volúmen de deshielo es válida una u otra curva. A medida que se tengan más años de información se podrá ir precisando mejor los rangos de validez de cada distribución. En esta etapa es recomendable, cuando un volúmen de deshielo es cercano al lí-

FIGURA 4.3
DISTRIBUCION MENSUAL
ESTACION "LAS RAMADAS"
RIO GRANDE



mite de alguna clase (por ejemplo $V_D = 60$ millones m^3), utilizar dos curvas para dar la distribución estacional y luego juzgar cuál conviene usar, o bien formar una combinación de ambas.

4.3.2. Río Mostazal :

Los aportes de este río se controlan en cabecera, en la estación Cuestecita. Aguas arriba de esta estación existen aproximadamente 350 Hás. de riego. La estación Cuestecita dispone de estadísticas controladas, desde Noviembre de 1969, ésto proporciona un máximo de 5 años de volúmenes de deshielo para establecer cualquier relación. En vista de la similitud de los regímenes de cabecera de los ríos Mostazal y Grande (que se constató en el análisis fluviométrico general de la zona) se prefirió utilizar como método de pronóstico una relación lineal simple entre los volúmenes de deshielo de Las Ramadas y Cuestecita. Esta relación se indica en la Figura 4.4; como se ve, la recta de relación pasa por el origen, lo que significa que una vez pronosticado el volumen de deshielo en Las Ramadas, el volumen de pronóstico para Mostazal en Cuestecita queda dado en porcentaje del primero, por la relación :

$$\text{Vol. (Sep-Abril) Cuestecita} = 0,28 \times \text{Vol (Sep-Abril) Las Ramadas}$$

Para el trazado de la recta de la Figura 4.4, se utilizaron además de los 5 años con registros en Cuestecita, los siguientes datos :

Años 1961-1965 : volúmenes de deshielo en "cabecera" del río Mostazal (*).

(*) Por estadística de " cabecera " del río Mostazal, se entenderá la estadística formada por los registros de la estación Mostazal en Chacay (Endesa, suprimida en Marzo 1966), más un 27% correspondiente al aporte del río San Miguel sobre la misma cota de Chacay, suponiendo igualdad de caudales específicos (según metodología explicada en el capítulo 3.2).

Años 1966-1969 : volúmenes de deshielo en " cabecera " del río Mostazal según extensión realizada con estadística del río Los Molles (*).

Los 9 valores anteriores sirvieron principalmente para corroborar el trazado, que de haberse hecho sólo en base a estadísticas medidas, por tener esta sólo 5 años, quedaba bastante indeterminado. Es de hacer notar sin embargo, que los valores agregados no corresponden exactamente a la misma serie estadística que los caudales registrados en Cuestecita. Por esta razón, la relación determinada por la Figura 4.4 deberá revisarse y modificarse a medida que se tengan nuevos valores registrados en la estación fluviométrica Cuestecita.

En cuanto a la distribución mensual del volumen de deshielo de pronóstico para el río Mostazal, se considera adecuado realizarlo utilizando las mismas curvas porcentuales determinadas para Grande en Las Ramadas; en este caso los rangos de validez de cada una de las curvas, quedarán determinadas por el volumen de pronóstico realizado en Las Ramadas, para el mismo año. Este método de distribución mensual se adoptó en vista de la exigua cantidad de registros propios en Cuestecita y a la similitud de los regímenes naturales.

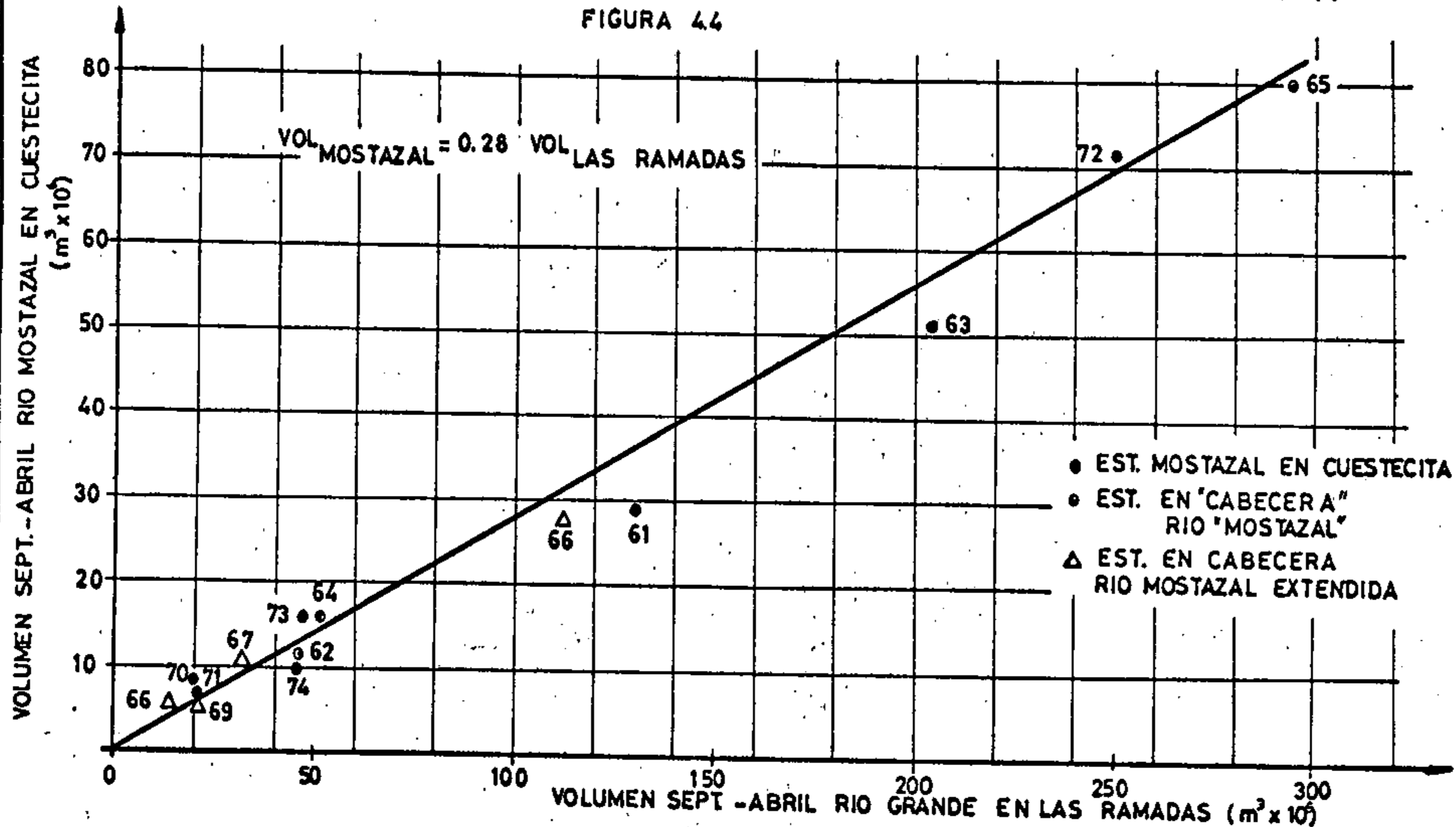
4.3.3. Río Rapel :

Los aportes de este río se controlan actualmente en cabecera en la estación Rapel en Palomo o Las Mollacas, ubicada aguas abajo de la confluencia de los ríos Palomo y Los Molles que dan origen al río Rapel. La estación fluviométrica Rapel en Palomo tiene registros desde Enero 1971. Adicionalmente el río Los Molles se controla en Ojos de Agua y en el canal de la Central Los Molles, representando la suma de estos dos registros, el régimen natural del río. Aguas arriba de la estación Rapel en Palomo existen del orden de 500 Hás. de riego ; la influencia de las extracciones para riego que se hacen aguas arriba de la estación Palomo, son claramente apreciables al examinar la estadística. Debido a la distorsión que las extracciones de riego causan al régimen natural del

(*) La estadística de "cabecera" del río Mostazal, fue extendida por correlaciones con el régimen natural del río Los Molles desde Abril de 1966 en adelante (según metodología adoptada en el capítulo 3.2).

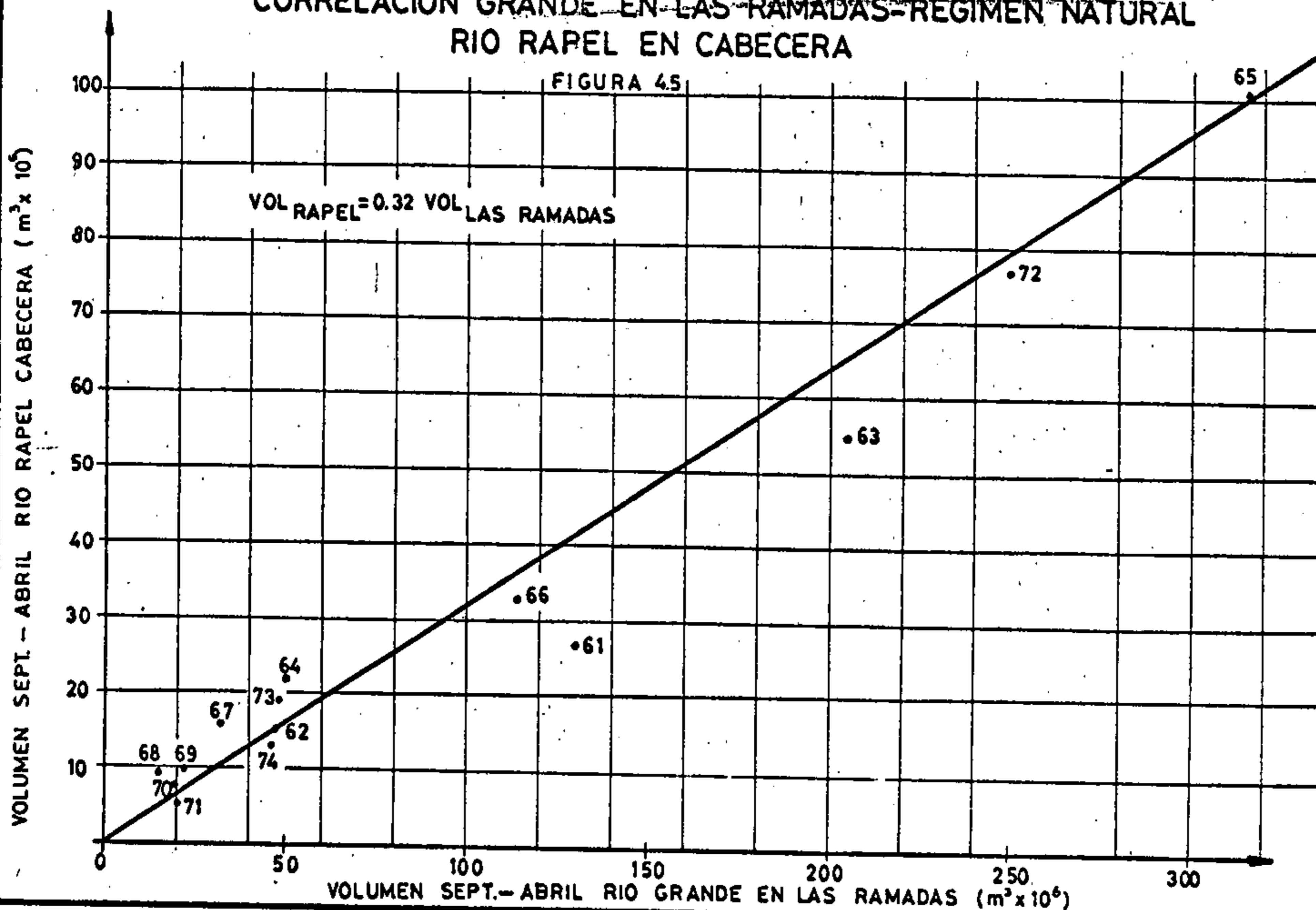
CORRELACION GRANDE EN LAS RAMADAS—MOSTAZAL EN CUESTECITA

FIGURA 4.4



CORRELACION GRANDE EN LAS RAMADAS—REGIMEN NATURAL RIO RAPEL EN CABECERA

FIGURA 4.5



río y también debido a lo corto de los registros en Palomo, se prefirió seguir un procedimiento similar al seguido en el caso del río Mostazal, con fines de pronóstico.

En este caso se estableció una relación lineal simple entre los volúmenes de deshielo (Sept-Abril) en Las Ramadas y los correspondientes volúmenes de deshielo de cabecera (*) para el río Rapel (Ver Figura 4.5).

La relación anterior indicó :

$\text{Vol}(\text{Sep-Abr}) \text{ Rapel en cabecera} = 0.32 \cdot \text{Vol}(\text{Sep-Abr}) \text{ Las Ramadas}$

Esta relación puede utilizarse con fines de pronóstico, una vez hecho el pronóstico para Las Ramadas.

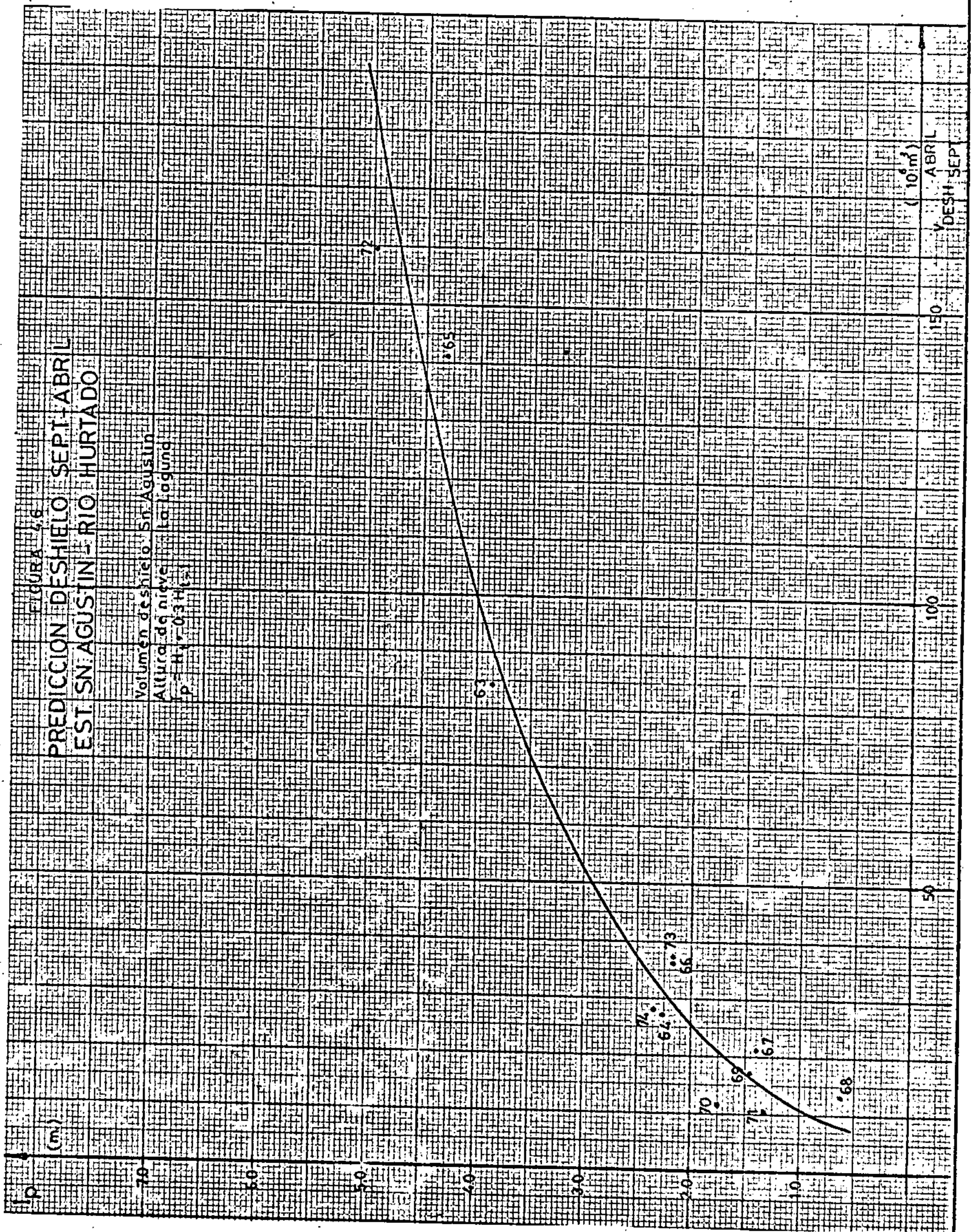
Al igual que en el caso del río Mostazal, y por idénticas razones, se recomienda utilizar la misma distribución mensual porcentual, que corresponde para el año en cuestión en el río Grande en Las Ramadas.

4.3.4. Río Hurtado :

Con fines de pronóstico de deshielo en el río Hurtado, se eligió como estación de cabecera San Agustín (registros desde Marzo de 1963). Como índices de pronósticos se estudiaron varias alternativas, sin incluir rutas de nieve por las razones ya explicadas. El análisis permitió concluir lo siguiente :

- Ninguna de las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la hoya del río Hurtado, (Hurtado, Pichasca y Las Breas) representan adecuadamente el régimen de acumulación de nieve en la parte alta de la misma cuenca.
- Se encontró una relación aceptable entre " altura de nieve

(*) Los caudales en "cabecera" del río Rapel (según análisis fluviométrico, capítulo 3.2), se formaron por la suma del régimen natural del río Los Molles y los registros de Palomo en vertedero (estación de Endesa, suprimida en Marzo 1966). Esta última fue completada en el último período por correlación con Los Molles.



ve " (*) registrada en el Embalse La Laguna (Latitud $30^{\circ} 13'$, Longitud $70^{\circ} 03'$, Cota 3.100 (m.s.n.m.), ubicado en la cuenca del río Elquí y el volúmen Septiembre-Abril registrado en San Agustín. Adicionalmente se examinó la influencia del año anterior en el volúmen de deshielo ; luego de este análisis se concluyó que el índice que proporcionaba menores dispersiones en la relación, era el siguiente :

$$I_p = H_t + 0,3 H_{t-1}$$

en que :

H_t = altura total de nieve en Embalse La Laguna durante el año t (Abril - Diciembre), en m.

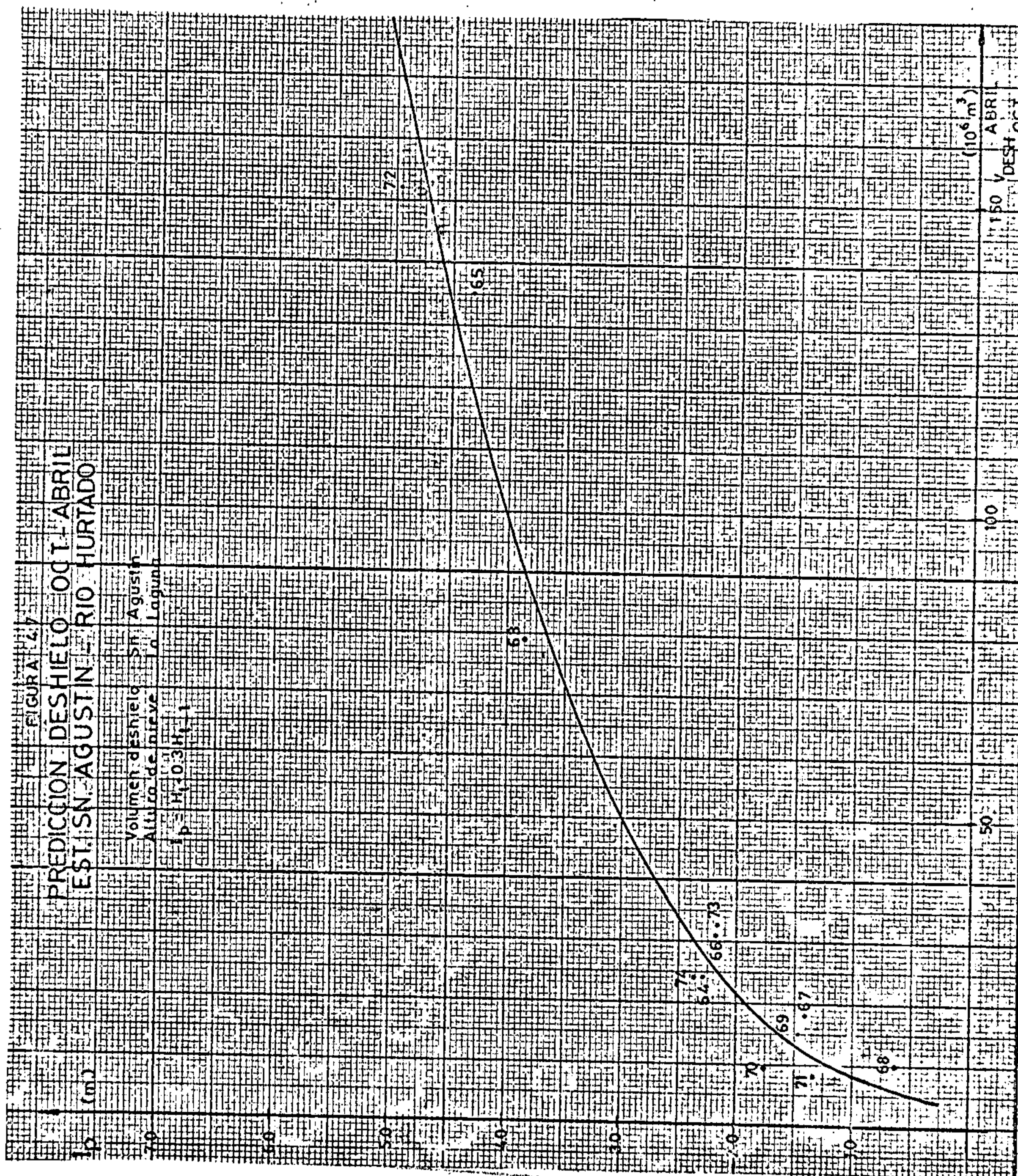
H_{t-1} = idem a H_t para año anterior, (Abril-Marzo en este caso) en m.

Llevando a un gráfico los valores de este índice versus los correspondientes valores del volúmen de deshielo (Sept-Abril) registrados en San Agustín, se obtuvo la relación de la Figura 4.6.

Para utilizar esta relación al comienzo del mes de Septiembre, es preciso suponer precipitación nival nula durante el período Septiembre - Diciembre, obteniéndose de esta forma un pronóstico por el lado de la seguridad.

Utilizando el mismo índice anterior, se construyó el gráfico de la Figura 4.7, en el que en este caso se lleva el volúmen de deshielo Octubre - Abril para Hurtado en San Agustín. Como se puede apreciar en la figura, la dispersión de los puntos con respecto a la curva de relación en este caso es mucho menor que para el período Septiembre-Abril. Esto se debe sin duda a que para algunos años la precipitación de Septiembre es importante y en la relación de la Figura 4.6 su efecto no está considerado en los caudales. Esta segunda relación permite revisar el pronóstico a comienzos del mes de Octubre de cada año, incluyendo la nieve caída durante Septiembre.

(*) En Embalse La Laguna, se mide después de cada tormenta la altura de nieve acumulada; luego de efectuada la medición, se despeja el lugar, de tal modo que se identifica la altura de nieve de cada tormenta. Evidentemente el índice sería más representativo si se dispusiera de los equivalentes en agua de la nieve caída. Los datos de altura de nieve fueron proporcionados por el Ing. Sr. Juan Bennet Ingeniero Repartidor General de Aguas de la Junta de Vigilancia del Río Coquimbo y sus afluentes (ver Tabla I.22.)



En las Tablas 4.3 y 4.4, se presentan los errores que se cometen al entrar en las Figuras 4.6 y 4.7 con el I_p correspondiente y pronosticar el volumen de deshielo en San Agustín.

T A B L A 4.3

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.6

$$I_t = H_t + 0.3 H_{t-1}$$

Año	Altura de nieve (m)	I_t	Vol. Desh. (Sep-Abril)		Error (%)
			Medido (m ³ x10 ⁶)	Calculado (m ³ x10 ⁶)	
62-63	1.50				
63-64	3.41	3.86	84.1	90.0	+ 7.0
64-65	1.26	2.28	27.7	31.0	+ 11.9
65-66	3.94	4.32	141.4	122.0	- 13.7
66-67	1.00	2.18	36.3	29.5	- 18.7
67-68	1.10	1.40	21.2	15.5	- 26.9
68-69	0.30	0.63	13.1	8.0	- 38.9
69-70	1.37	1.46	17.2	16.0	- 7.0
70-71	1.34	1.75	11.3	20.5	+ 81.4
71-72	0.94	1.34	10.3	14.5	+ 40.8
72-73	4.68	4.96	159.2	180.5	+ 13.4
73-74	0.77	2.17	37.0	29.5	- 20.3
74-75	2.12	2.35	28.2	33.0	+ 17.0

error promedio	+ 24.8
error máximo negativo	- 38.9
error máximo positivo	+ 81.4

T A B L A 4.4

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.7

$$I_t = H_t + 0.3 H_{t-1}$$

Año	Altura de nieve (m)	I_t	Vol. Desh. (Oct-Abril)		Error (%)
			Medido (m ³ x10 ⁶)	Calculado (m ³ x10 ⁶)	
62-63	1.50				
63-64	3.41	3.86	79.6	89.0	+ 11.8
64-65	1.26	2.28	23.6	27.5	+ 16.5
65-66	3.94	4.32	134.6	120.0	- 10.8
66-67	1.00	2.18	31.3	26.0	- 16.9
67-68	1.10	1.40	18.2	12.0	- 34.1
68-69	0.30	0.63	10.9	6.5	- 40.4
69-70	1.37	1.46	15.2	13.0	- 14.5
70-71	1.34	1.75	9.6	16.5	+ 71.9
71-72	0.94	1.34	8.8	11.0	+ 25.0
72-73	4.68	4.96	151.8	171.0	+ 12.6
73-74	0.77	2.17	32.6	26.0	- 20.2
74-75	2.12	2.35	24.5	30.0	+ 22.4

error promedio ± 24.8

error máximo negativo - 40.4

error máximo positivo + 71.9

Como alternativa a la utilización como índice de las alturas de nieve en el Embalse La Laguna, y debido principalmente a que podría existir demora en la obtención de los datos necesarios, se confeccionaron relaciones entre un

índice de precipitación en Las Ramadas y el volúmen de deshielo en San Agustín. Estas relaciones presentan bastante mayor dispersión que las confeccionadas tomando el índice altura de nieve en Embalse La Laguna; en consecuencia se recomienda usar las sólo en el caso de no poder contar a tiempo con esta última información. Como ya se ha hecho notar, no fue posible encontrar ninguna relación aceptable con estaciones pluviométricas del Río Hurtado, y de las demás estaciones disponibles la que mejor representa la nivometría en las zonas altas de la cuenca es justamente Las Ramadas. Utilizando los datos de Las Ramadas el índice que dió un mejor ajuste fue el formado de la siguiente forma :

$$I_p = P_t + 0.1 P_{t-1}$$

en que :

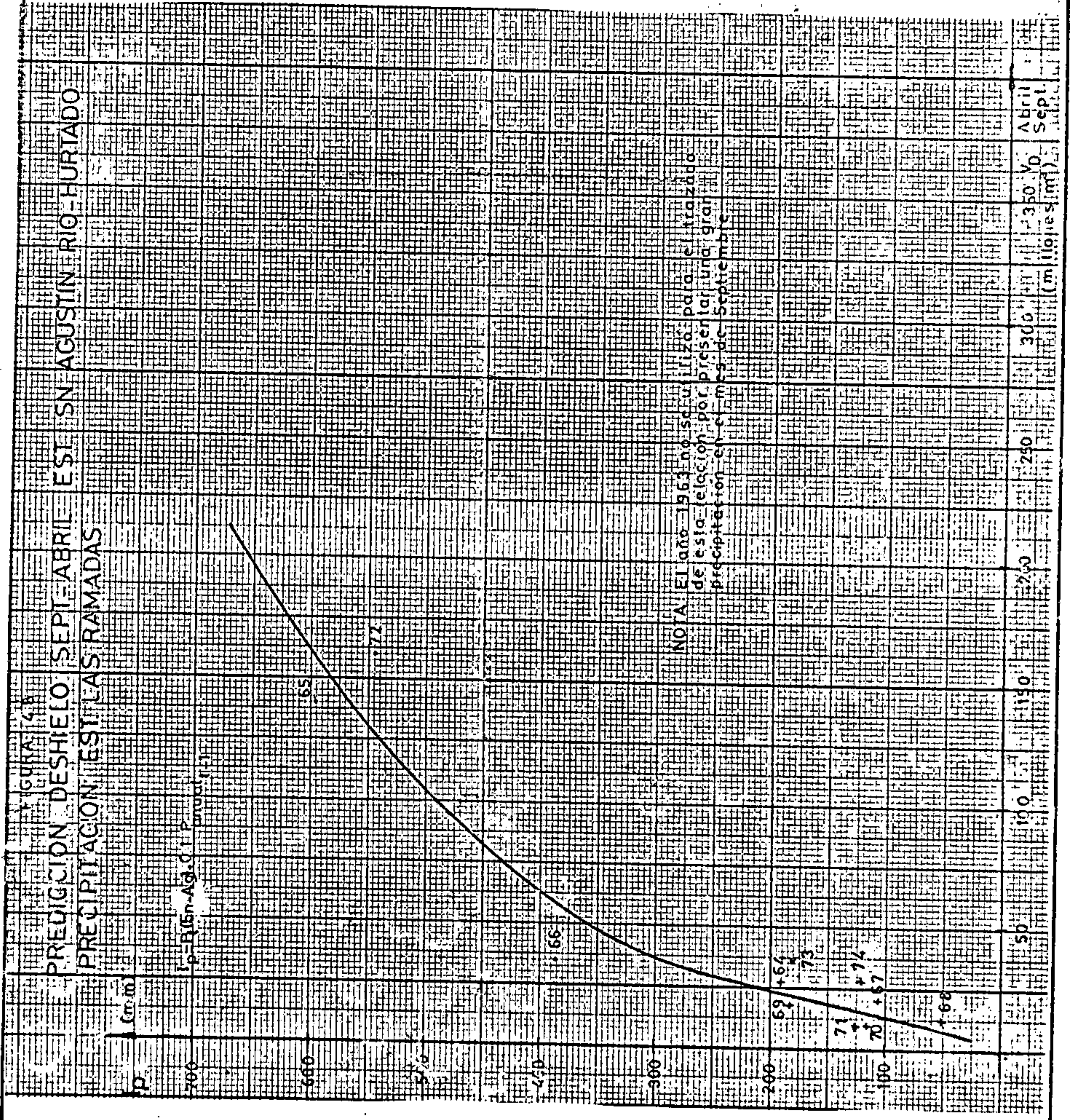
P_t = precipitación en Las Ramadas Enero - Agosto
(o Enero - Septiembre)

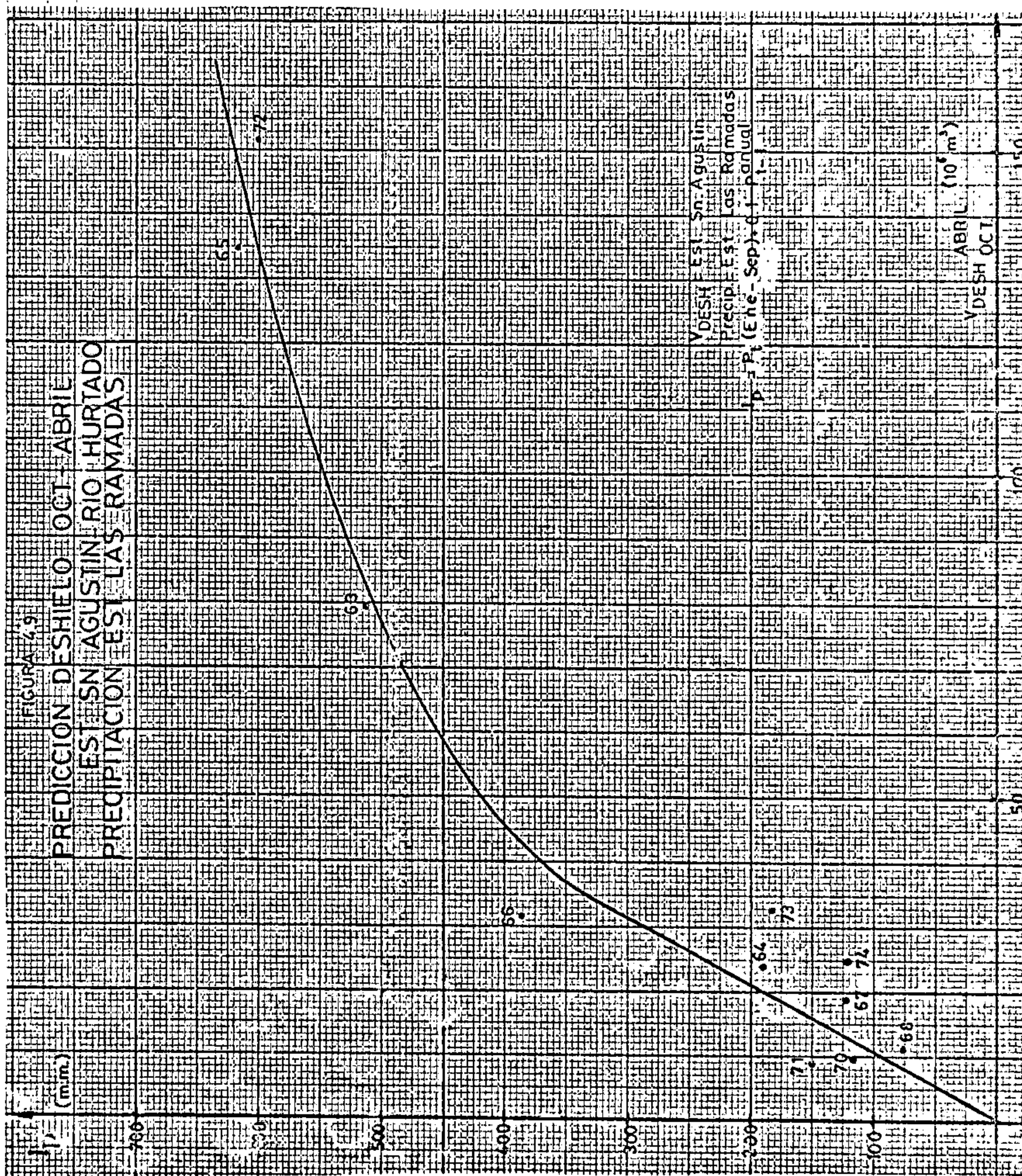
P_{t-1} = precipitación total anual en el año anterior
al de pronóstico

En las Figuras 4.8 y 4.9, se presentan las relaciones propuestas para pronosticar el volúmen de deshielo para el río Hurtado en San Agustín, para los períodos Septiembre - Abril y Octubre - Abril respectivamente. La segunda presenta nuevamente menor dispersión que la primera y puede utilizarse para una revisión del pronóstico a comienzos del mes de Octubre. En las tablas 4.5 y 4.6 se hace un análisis de los errores que se cometen históricamente al utilizar estas relaciones.

Adicionalmente se utilizó un método similar al empleado en Grande en Las Ramadas para proporcionar la distribución mensual del volúmen de deshielo de pronóstico. Las curvas respectivas, expresadas en porcentaje mensuales del volúmen total de deshielo se presentan en la Figura 4.10

Es preciso hacer notar aquí, que para definir las curvas de la Figura 4.10 y sus rangos de validez, se utilizaron además de los datos de volúmenes de deshielo medidos en la estación Hurtado en San Agustín, los datos obtenidos por extensión de esta estadística en base a correlaciones con el régimen natural del Río Los Molles. Esto se hizo para completar el espectro de los distintos tipos de años que no era suficientemente completo considerando sólo los registros medidos. Además los datos de la extensión de la estadística





V. DESH. Est. Sn. Agustín
 Precip. Est. Las Ramadas
 (Ene - Sep) - P. anual

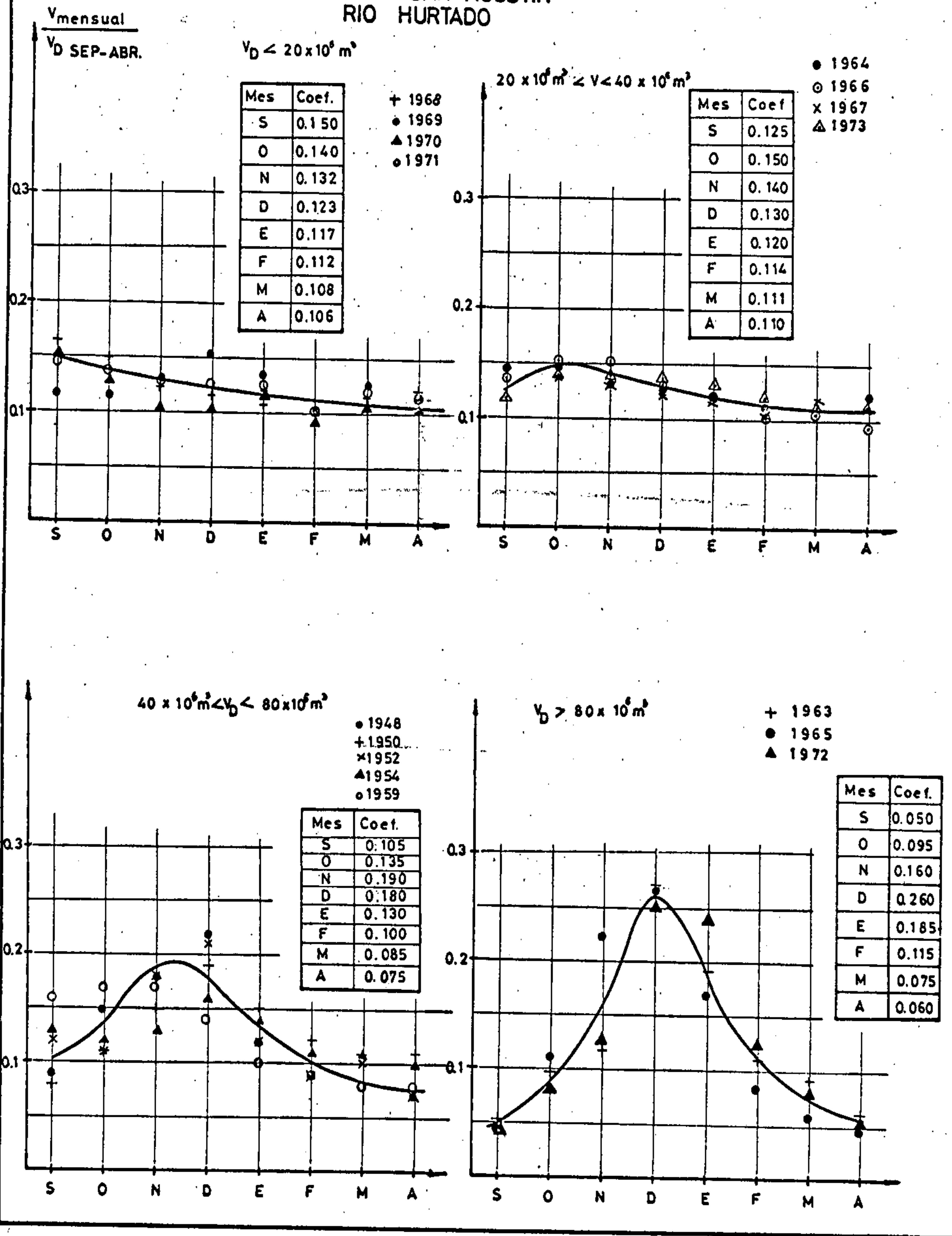
ABRIL (10⁶ m³)
 V. DESH. OCT

150

100

50

FIGURA 4.10
DISTRIBUCION MENSUAL
ESTACION "SAN AGUSTIN"
RIO HURTADO



de San Agustín, también se usaron para corroborar y ayudar en la definición de la relación entre los índices de precipitación y el volumen de deshielo (Figuras 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9). La metodología de extensión se presenta en el capítulo 3.2.

T A B L A 4.5

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR LA FIGURA 4.8

$$I_t = P_t \text{ (Ene-Ago)} + 0.1 P_{t-1} \text{ (Ene-Dicbre)}$$

Año	Precipitación (mm)		I_t	Vol. Desh. (Sep.-Abr)		Error (%)
	Ene-Dic	Ene-Ago		Medido (m3x10 ⁶)	Calculado (m3x10 ⁶)	
63-64	529.0					
64-65	138.5	138.5	191.4	27.7	23.0	- 17.0
65-66	620.5	528.5	596.4	141.4	158.0	+ 11.7
66-67	342.5	225.5	387.6	36.3	59.0	+ 62.5
67-68	95.5	71.0	105.3	21.2	13.5	- 36.3
68-69	68.0	41.5	51.1	13.1	8.0	- 38.9
69-70	85.4			17.2		
70-71	122.9	107.9	116.5	11.3	15.0	+ 32.7
71-72	138.0	114.0	126.3	10.3	16.0	+ 55.3
72-73	601.0	533.0	546.8	159.2	128.0	- 19.6
73-74	134.0	123.0	183.1	37.0	23.0	- 37.8
74-75	109.0	109.0	122.4	28.2	17.0	- 39.7

error promedio ± 35.2
error máximo positivo + 62.5
error máximo negativo - 39.7

T A B L A 4.6

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR LA FIGURA 4.9

Año	Precipitación (mm)		I_t	Vol. Desh. (Oct-Abr)		Error (%)
	Ene-Dic	Ene-Sept		Medido ($m^3 \times 10^6$)	Calculado ($m^3 \times 10^6$)	
62-63	170.5					
63-64	529.0	495.5	511	79.6	82.0	+ 3.0
64-65	138.5	138.5	191	23.6	20.0	- 15.3
65-66	620.5	603.5	617	134.5	147.0	+ 9.3
66-67	342.5	325.5	387	31.3	42.0	+ 34.2
67-68	95.5	91.5	125	18.2	13.5	- 25.8
68-69	68.0	68.0	77	10.9	8.5	- 22.0
69-70	85.4			15.1		
70-71	122.9	108.9	117	9.6	12.5	+ 30.2
71-72	138.0	138.0	150	8.8	16.0	+ 81.8
72-73	601.0	588.0	601	151.8	134.0	- 11.7
73-74	134.0	123.0	183	32.6	20.0	- 38.7
74-75	109.0	109.0	122	24.5	13.5	- 44.9

error promedio + 28.8
 error máximo positivo + 81.8
 error máximo negativo - 44.9

4.3.5. Ríos Cogotí, Pama y Combarbalá :

De acuerdo con el análisis presentado en el capítulo 3.2, resulta en la actualidad sumamente difícil realizar pronósticos medianamente confiables para los ríos Cogotí, Pama y Combarbalá en estaciones de cabecera. Los ríos Pama y Combarbalá no tienen estación fluviométrica en su curso medio o alto, existiendo sólo la estación Pama en entrada a Embalse Cogotí que está totalmente influenciada por regadío y además cuenta con un período bastante corto de registros ; como este río es de una potencialidad de recursos sumamente escasa, el manejo y uso del agua de riego que se realice en cada año es de una importancia relativa enorme frente a los recursos del río registrados en la estación fluviométrica.

En el río Cogotí, existen dos estaciones en su curso medio y alto : El Dieciocho y Fragueta. La primera tiene una superficie de riego de más de 1000 Hás. aguas arriba, lo que representa del orden de un 60% de la superficie de riego total de este río, ésto hace que los volúmenes de agua de riego usados aguas arriba de esta estación, sean en la mayoría de los casos comparables o mayores que los caudales de la estación. En estas condiciones, la dependencia del caudal de la estación frente al manejo que año a año se realice con el agua de riego aguas arriba de ella, hace que cualquier relación precipitación-escurrimiento que pretenda establecerse presente dispersiones erráticas de magnitudes comparables o mayores a los caudales que pudieran pronosticarse con ellas. Esto ciertamente invalidaría cualquier pronóstico. En el caso de la estación Fragueta, la corta longitud de los registros no permitieron realizar un pronóstico. Para esta estación, la influencia del manejo de agua de riego aguas arriba (200 Hás. de riego aproximadamente) puede considerarse pequeño; por lo tanto, puede esperarse que una vez que se tengan unos 5 años más de estadísticas podría realizarse un pronóstico adecuadamente confiable.

4.4. Métodos de Estimación de Volúmenes Estacionales Afluentes a los Embalses del Sistema.-

4.4.1. Embalses Recoleta y Paloma :

Con el objeto de hacer estimaciones rápidas de los aportes que puedan esperarse del río Grande al embalse Paloma y del río Hurtado al embalse Recoleta, durante una cierta temporada de deshielo, se determinaron

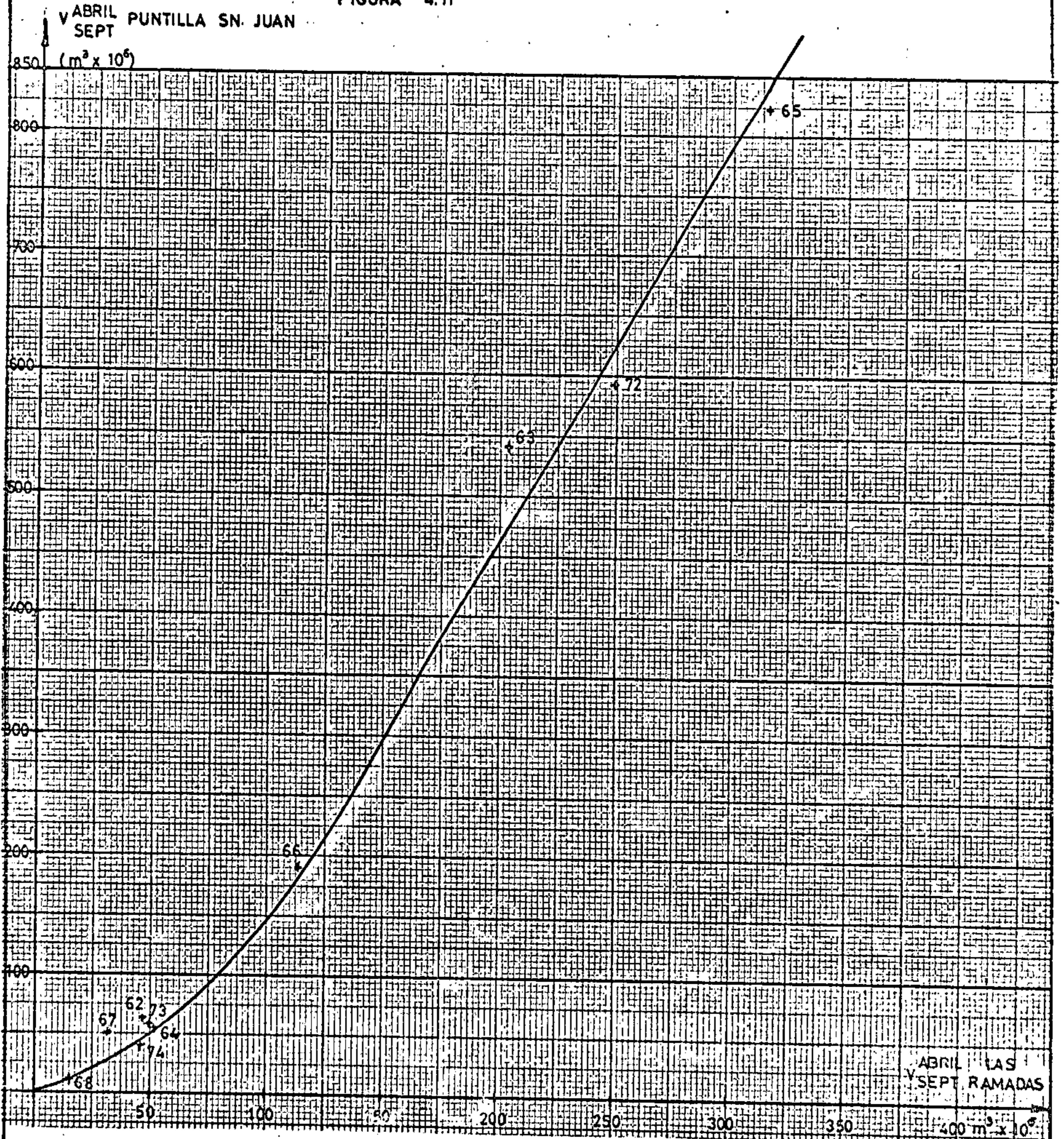
dos relaciones gráficas. Para el río Grande se determinó una relación entre el volúmen (Sept - Abril) en Las Ramadas y el volúmen (Sept - Abril) en Puntilla San Juan; esta relación se presenta en la Figura 4.11 y permite hacer un pronóstico de entrada a Embalse Paloma en Puntilla San Juan en base al pronóstico hecho para Las Ramadas. Para el río Hurtado se determinó una relación entre el volúmen (Sept - Abril) en San Agustín y el volúmen (Sept - Abril) en Entrada a Embalse Recoleta, siendo estos últimos los datos deducidos de los cuadros de operación del Embalse Recoleta; esta relación aparece dibujada en la Figura 4.12 y permite pronosticar el volúmen estacional afluente a Recoleta en base al valor de pronóstico del volúmen de deshielo en San Agustín.

Cabe hacer notar que las dos relaciones anteriores tienen incorporadas implícitamente el efecto de riego de toda la zona intermedia entre las estaciones fluviométricas respectivas. Estas condiciones de riego son implícitamente condiciones medias históricas; cualquier desviación importante con respecto a las condiciones de riego en la Zona intermedia necesariamente tendrá que producir errores mayores en los pronósticos.

En las tablas 4.7 y 4.8 se hace un análisis de los errores que se cometerían con respecto a los valores históricos medidos en Puntilla San Juan y deducidos en Entrada a Embalse Recoleta, utilizando los índices de precipitación con las relaciones de pronóstico para Grande en Las Ramadas y Hurtado en San Agustín y luego con estos valores entrando a las Figuras 4.11 y 4.12 para hacer los pronósticos en Puntilla San Juan y Entrada a Embalse Recoleta respectivamente.

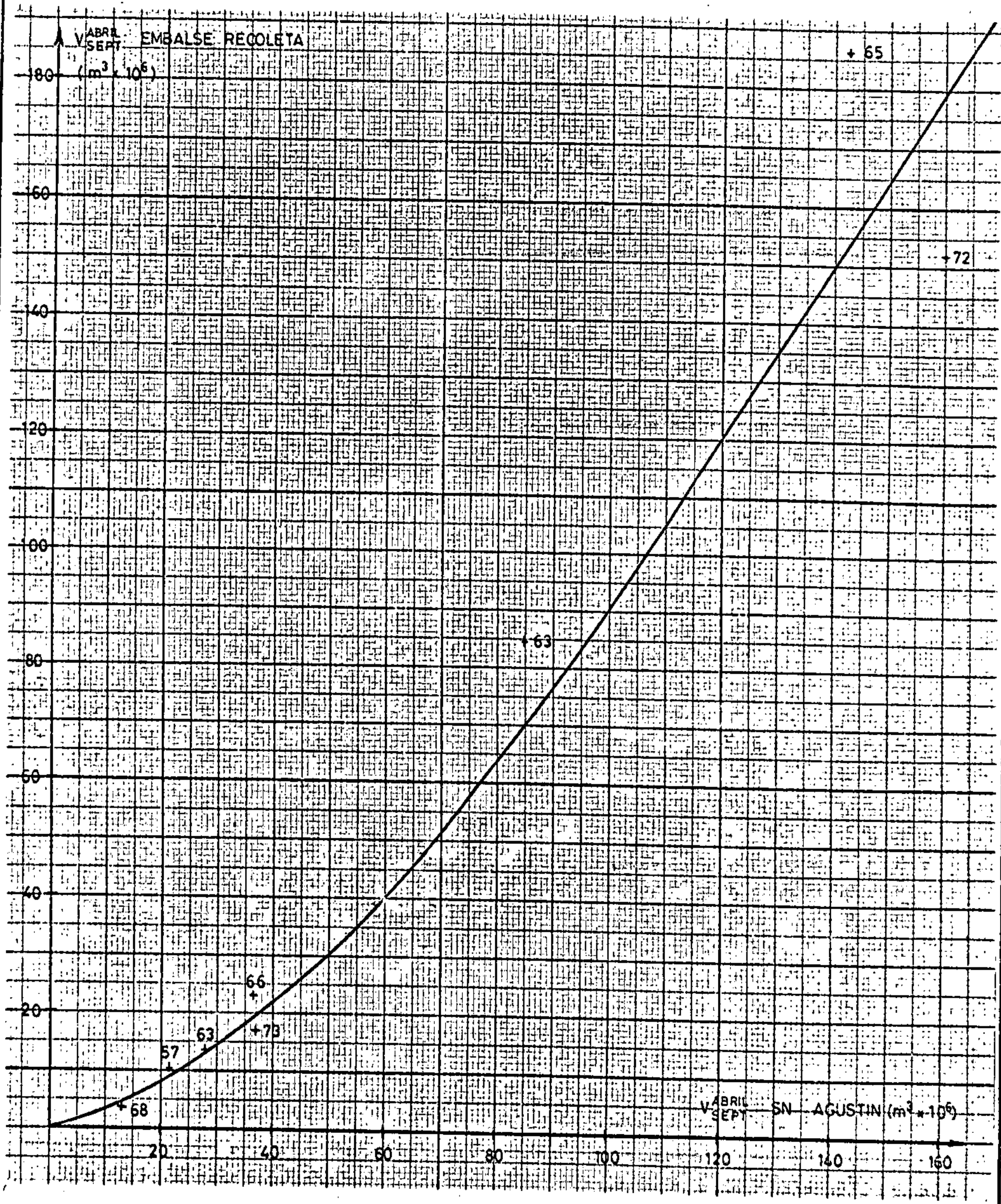
CORRELACION RIO GRANDE EN LAS RAMADAS
 - RIO GRANDE EN PUNTILLA SAN JUAN
 (PERIODO DE DESHIELO)

FIGURA 4.11



CORRELACION RIO HURTADO EN SAN AGUSTIN -ENTRADA EMBALSE RECOLETA (PERIODO DE DESHIELO)

FIG. 4.12



T A B L A 4.7

Año	Vol. Desh. (1) m ³ x10 ⁶	Puntilla San Juan+C.Al Rec.		Error (%)
		Medido m ³ x10 ⁶	Calculado m ³ x10 ⁶	
61-62	122.0	203.8	208.0	+ 2.1
62-63	43.0	64.1	40.0	- 37.6
63-64	-	540.7		
64-65	50.0	56.9	50.0	- 12.1
65-66	315.0	821.4	840.0	+ 2.3
66-67	138.0	193.6	257.0	+ 32.7
67-68	27.0	51.6	23.0	- 55.4
68-69	15.0	13.3	12.0	- 9.8
69-70	-	- (2)		
70-71	27.0	- (2)	20.0	
71-72	31.0	- (2)	25.0	
72-73	250.0	593.8	625.0	+ 5.3
73-74	48.0	59.0	45.0	- 23.7
74-75	25.0	41.0	20.0	- 51.2

error promedio ± 23.2
error máximo positivo + 32.7
error máximo negativo - 55.4

(1) Volúmen de deshielo Las Ramadas. Calculado de la Tabla 4.1.

(2) Falta información del canal alimentador Recoleta.

T A B L A 4.8

Año	Vol. Desh. (1) (m ³ x10 ⁶)	Entrada Emb. Recoleta		Error (%)
		Medido (m ³ x10 ⁶)	Calculado (m ³ x10 ⁶)	
63-64	90.0	84.9	77.0	- 9.3
64-65	31.0	13.4	15.0	+ 11.9
65-66	122.0	186.0	124.0	- 33.3
66-67	29.5	23.6	14.5	- 38.6
67-68	15.5	10.3	6.0	- 41.8
68-69	8.0	3.9	2.8	- 28.2
69-70	16.0			
70-71	20.5			
71-72	14.5			
72-73	180.5	151.5	210.0	+ 38.6
73-74	29.5	17.0	14.0	- 17.6
74-75	33.0			

error promedio ± 27.41
error máximo positivo + 38.6
error máximo negativo - 28.2

(1) Volúmen de deshielo San Agustín. Calculado en Tabla 4.3.

4.4.2. Afluentes al Embalse Cogotí :

Tal como se hizo ver en el capítulo 3 y anteriormente en este mismo capítulo, el análisis fluviométrico de los ríos afluentes al Embalse Cogotí es en extremo complicado, por la influencia que las extracciones de riego han tenido en las estadísticas fluviométricas históricas y además por la escasez y corta longitud de éstas. En estas condiciones se tomó la decisión de intentar establecer una relación precipitación-escorrentía directamente con los volúmenes afluentes al Embalse deducidos de la operación del mismo. (Ver Anexo II, tabla II.35). Esta estadística a pesar de sus deficiencias por el hecho de ser calculada como diferencia de otros términos y estar también influenciada por todas las extracciones de riego aguas arriba, presenta la ventaja de su longitud, además de englobar el total de aportes al Embalse por ambos afluentes.

Como índices de precipitación se probaron varias estaciones pluviométricas. Las relaciones mejores se obtuvieron utilizando la estación pluviométrica Las Ramadas, que a pesar de estar en otra cuenca, por su ubicación y altura parece representar en mejor forma el régimen fluviométrico del período de deshielo.

En forma análoga a las relaciones anteriores de este mismo capítulo, se incluyen en la Figura 4.13 la relación entre la precipitación Enero-Agosto en Las Ramadas y el volumen afluente al Embalse en el período Septiembre - Abril, y en la Figura 4.14 la relación análoga que incluye la precipitación de Septiembre para pronosticar el volumen afluente entre Octubre y Abril.

Estas relaciones presentan bastante mayor dispersión que las presentadas, para períodos estacionales, anteriormente en este mismo capítulo. Esto era de esperarse, dadas las condiciones de las mediciones fluviométricas, analizadas anteriormente, para estos ríos. Es preciso tener presente que las relaciones obtenidas, representan condiciones medias históricas en cuanto a extracciones de agua de riego aguas arriba. Por esta razón y debido a la dispersión de los puntos, ellas deben utilizarse con sumo cuidado. En todo caso el trazado gráfico se ha hecho con el objetivo de obtener en la mayor parte de los casos un pronóstico por defecto, es decir por el lado de la seguridad. Se estima que teniendo muy presente las limitaciones señaladas, ellas pueden ser de utilidad y en todo caso mejor que no realizar pronóstico alguno. Evidentemente que para el futuro debería pla

FIG. 4.13
 PREDICCIÓN AFLUENTES EMBALSE COGOTI SEPT - ABRIL

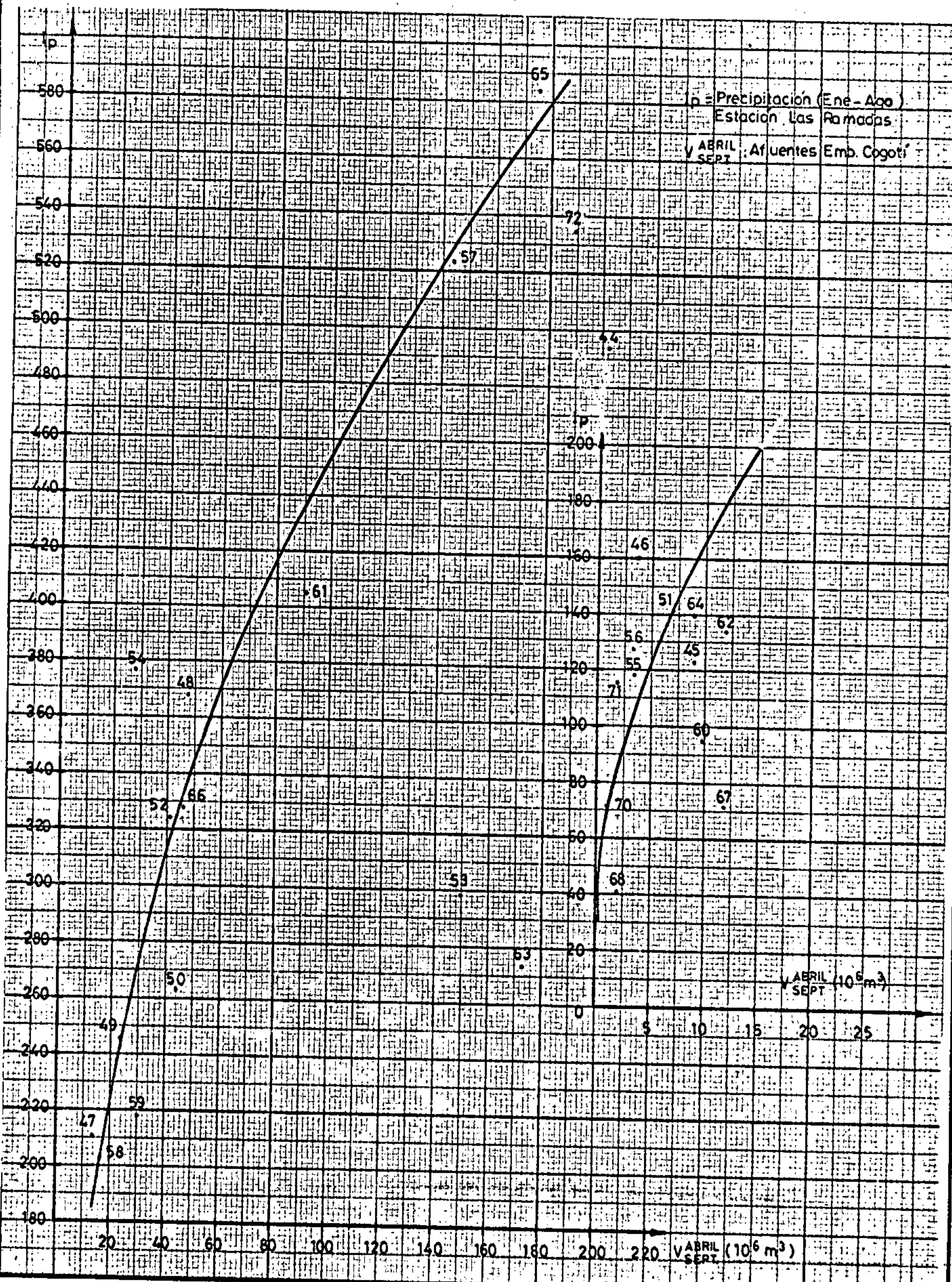
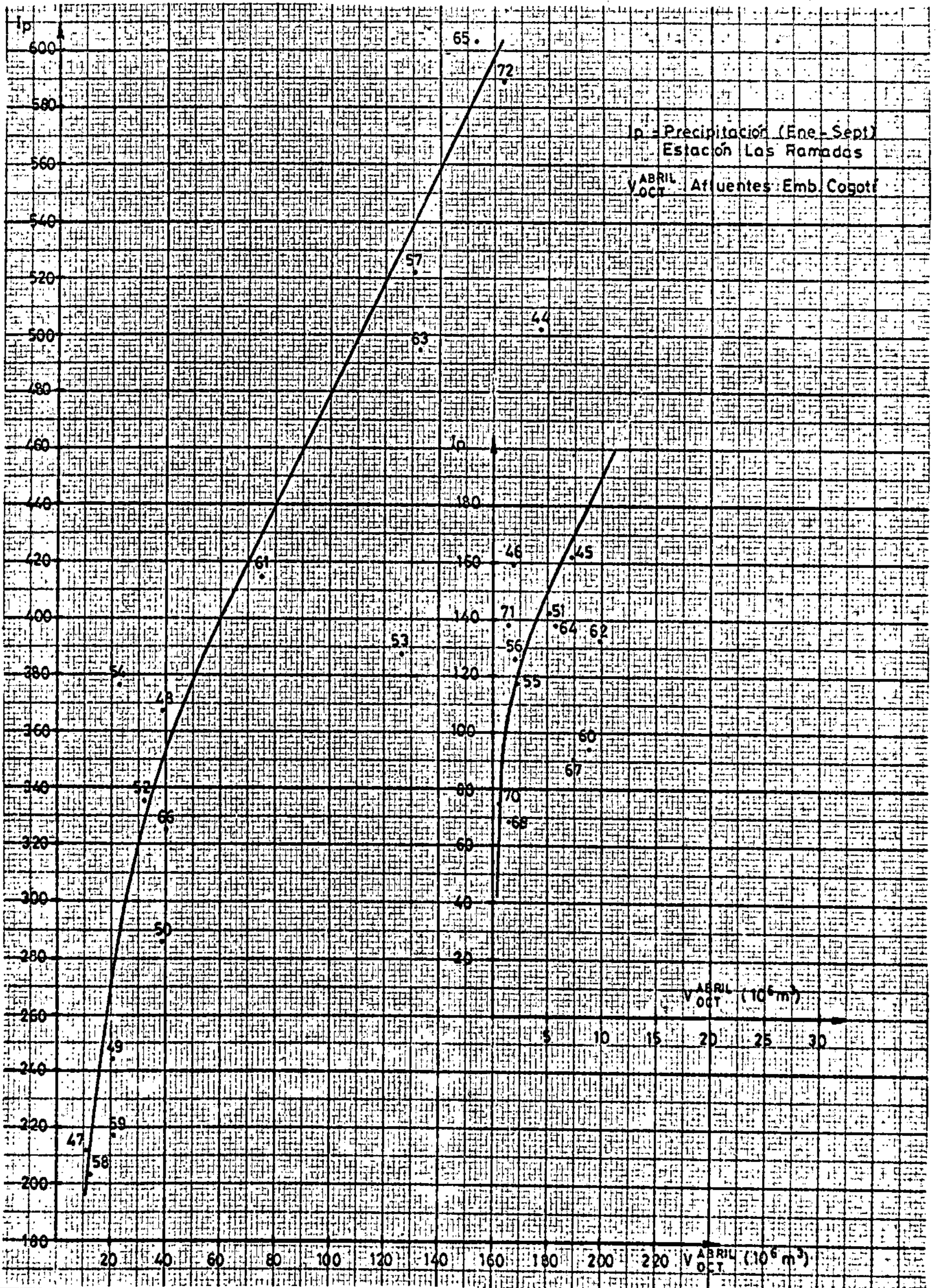


FIG. 4.14
 PREDICCIÓN AFLUENTE EMBALSE COGOTI OCT-ABRIL



nificarse la obtención de estadísticas que posibilitaran una metodología de pronósticos más adecuada.

En las tablas 4.9 y 4.10 se presentan los errores que se hubiesen cometido históricamente, al utilizar las relaciones de las Figuras 4.13 y 4.14 con fines de pronóstico estacional. (Ver tablas en páginas siguientes).

4.5. Comentarios de la Metodología de Pronósticos.-

Las relaciones de pronóstico obtenidas, se consideran en general razonablemente buenas para los pronósticos estacionales, que es el aspecto más relevante en un sistema de regulación multianual como lo es Paloma. La única excepción sería el pronóstico para Cogotí. La distribución mensual no será sin embargo tan confiable. En todo caso se estima que es necesario ir actualizando y revisando las relaciones aquí presentadas, a medida que se vaya obteniendo mayor información en las estaciones utilizadas.

En cuanto a las relaciones de pronóstico específicas obtenidas en cabecera de los ríos Mostazal y Rapel, se estima que en el futuro sería preferible obtener relaciones similares utilizando estadísticas medidas en las estaciones Cuestecita y Palomo respectivamente. Para ésto será necesario esperar contar a lo menos con unos diez años de estadísticas en cada una de las estaciones. En el río Cogotí se estima que la estadística base de cabecera para fines de pronóstico, debería proporcionarla la estación Fragueta una vez que cuente con un período de observaciones de adecuada longitud.

Se considera también que las relaciones de pronóstico presentadas en el punto 4.4, son esencialmente transitorias, ya que representan condiciones históricas medias de riego de las zonas intermedias. El procedimiento lógico de pronóstico, al que debería tenderse en el futuro, sería el de utilizar las relaciones de pronóstico en las cabeceras de los ríos del Sistema, como funciones de entrada a un modelo hidrológico de las zonas de riego intermedias entre las cabeceras de los ríos y las entradas a los embalses. El modelo hidrológico puede simular el comportamiento de la zona de riego respectiva para la temporada de interés y conforme a la utilización de agua de riego que se prevea en dicha temporada. Como función de salida el modelo hidrológico proporcionaría los caudales afluentes a los embalses del Sistema. Este procedimiento necesitará de la obtención de los datos para la cali-

T A B L A 4.9

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.13

I_p : Precipitación (Ene-Ago) Estación Las Ramadas

Año	Vol. Afluyente (Sep-Abril)		I_p	Error (%)
	Medido ($m^3 \times 10^6$)	Calculado ($m^3 \times 10^6$)		
1944	203.0	128.0	492.0	- 36.9
1945	9.2	5.0	122.4	- 45.7
1946	3.6	9.0	159.6	+150.0
1947	13.8	18.0	211.2	+ 30.4
1948	47.7	58.0	367.2	+ 21.6
1949	24.3	24.5	244.8	+ 0.8
1950	44.3	28.0	262.0	- 36.8
1951	7.1	7.0	138.6	- 1.4
1952	41.1	43.0	324.0	+ 4.6
1953	150.4	36.0	298.2	- 76.1
1954	28.7	62.0	376.1	+116.0
1955	3.4	4.5	117.8	+ 32.4
1956	3.3	5.5	125.9	+ 66.7
1957	143.6	140.0	521.3	- 2.5
1958	16.5	16.0	203.4	- 3.0
1959	29.9	19.0	217.0	- 36.5
1960	9.7	2.5	94.5	- 74.2
1961	91.0	74.0	404.0	- 18.7
1962	11.7	6.5	133.0	- 44.4
1963	172.5	30.0	276.5	- 82.6
1964	8.9	7.0	138.5	- 21.3
1965	176.2	175.0	582.5	- 0.7
1966	48.1	44.0	325.5	- 8.5
1967	11.6	1.0	71.0	- 91.4
1968	2.0	0.5	41.5	- 75.0
1969	0.4	---	---	---
1970	1.1	1.2	70.4	+ 9.1
1971	1.8	4.5	114.0	+150.0
1972	189.8	148.0	533.0	- 22.0

error promedio	± 45.0
error máximo positivo	+ 150.0
error máximo negativo	- 91.4

T A B L A 4.10

ERRORES COMETIDOS AL UTILIZAR FIGURA 4.14 I_p : Precipitación (Ene-Sep) Estación Las Ramadas

Año	Vol. Afluyente (Oct-Abril)		I_p	Error (%)
	Medido (m ³ x10 ⁶)	Calculado (m ³ x10 ⁶)		
1944	178.5	112.0	502.2	- 37.3
1945	7.2	6.5	162.0	- 9.7
1946	1.9	6.0	159.6	+ 215.8
1947	11.2	12.0	211.2	+ 7.1
1948	39.6	46.0	367.2	+ 16.2
1949	20.5	16.0	244.8	- 22.0
1950	39.4	22.0	286.8	- 44.2
1951	5.4	4.0	142.8	- 25.9
1952	32.1	34.0	334.8	+ 5.9
1953	127.1	54.0	388.2	- 57.5
1954	23.1	49.0	376.1	+ 112.1
1955	2.4	2.0	117.8	- 16.7
1956	2.1	2.5	125.9	+ 19.0
1957	131.6	122.0	521.3	- 7.3
1958	12.2	11.0	203.4	- 9.8
1959	20.7	13.0	217.0	- 37.2
1960	8.5	1.0	94.5	- 88.2
1961	75.3	67.0	414.0	- 11.0
1962	10.3	3.5	133.0	- 66.0
1963	133.5	108.0	494.5	- 19.1
1964	6.2	4.0	138.5	- 35.5
1965	154.8	162.0	603.5	+ 4.7
1966	39.9	32.0	325.5	- 19.8
1967	7.6	1.0	91.5	- 86.8
1968	1.5	0.5	68.0	- 66.7
1969	0.3	--	--	--
1970	0.7	0.5	71.4	- 28.6
1971	1.5	4.0	138.0	+ 166.7
1972	164.0	156.0	588.0	- 4.9

error promedio ± 44.3
error máximo positivo + 215.8
error máximo negativo - 88.2

bración del modelo hidrológico, por tramos, durante un período de tiempo adecuado (Ver capítulo 3.3).

Finalmente se considera que sería importante en el futuro obtener fotografías aéreas mediante satélites, con el objeto de relacionar la cobertura de nieve en ciertas fechas, antes del comienzo del período de deshielo, con los volúmenes estacionales en cada río del Sistema. Este procedimiento ha resultado adecuado con fines de pronóstico, en diversas cuencas del mundo.

C A P I T U L O 5

MODELO DE OPERACION DEL SISTEMA PALOMA Y RESULTADOS

5.1.- Objetivos.

El sistema Paloma constituido por 3 embalses, una superficie de riego bajo embalses de aproximadamente 36000 hectáreas y una extensa red de canales (ver figura 5.1 que muestra sólo los canales principales), fue concebido con la idea de proporcionar un abastecimiento de agua seguro a través de la regulación multianual de los recursos.

Lo anterior plantea un problema complejo de operación del sistema mismo. Efectivamente, en épocas de escasez del recurso es preciso limitar las entregas, es decir, el sistema no puede proporcionar todos los recursos necesarios de la zona demandante. Las dudas que se plantean en este caso se refieren al momento en que es preciso limitar dichas entregas y en cuanto hay que recortar las demandas planteadas.

Por otra parte en el sistema Paloma hay muchas superficies que pueden ser abastecidas desde dos embalses simultáneamente. Es preciso conocer entonces la cantidad de agua a entregar desde cada uno de los embalses con el objeto de mantener siempre en ellos una reserva para aquellas zonas de riego que pueden ser abastecidas únicamente por un embalse.

También influye en la operación del sistema la capacidad de los canales ya que finalmente fijan la cantidad de agua que puede suministrarse a los sectores que ellos riegan.

Para resolver las dudas planteadas se puede confeccionar un modelo de operación simulada del sistema existente. Un modelo de este tipo consiste en un planteamiento matemático en que a través de ecuaciones de balance y reglas de operación de los embalses, fijadas a priori, determina las cantidades de agua que puede suplir el sistema y lleva un recuento de los estados de los embalses, entregas y rebalses. Si este modelo se opera para un período histórico con registros de caudales aportantes conocidos se puede determinar cual habría sido la respuesta del sistema a través de los años si la operación del mismo hubiese obedecido a las reglas incorporadas.

Ahora bien, estos modelos se plantean con reglas de operación flexibles de manera que si una de ellas no resulta adecuada (ya sea porque la seguridad de abastecimiento no es suficiente o por cualquier otro motivo) se adopta una nueva regla hasta que se encuentre aquella que satisfaga ciertas condiciones fijadas.

Es más, un modelo de operación simulada permite, en forma rápida y precisa, evaluar las consecuencias producidas por cambios introducidos al sistema. Se puede determinar la conveniencia de aumentar la capacidad de algún embalse, el ahorro de recursos que significaría el revestimiento de canales o bien la disminución de las tasas de riego. El beneficio de estos cambios se puede evaluar de terminando el aumento de la superficie de riego que ellos producirían.

Para confeccionar el modelo, la superficie total de riego se dividió en varios sectores (según se explica en el punto siguiente) dependiendo de los canales principales del sistema. Cada uno de estos sectores debe tener definido un patrón de cultivos y las tasas de riego con el objeto de determinar las demandas al sistema.

Fijar los patrones de cultivo en un sistema existente requiere muchas evaluaciones ya que existen una serie de condicionantes que hay que respetar, como son, las capacidades de los canales, la superficie total de riego de cada sector y el volumen total de agua que puede suministrar en forma segura el sistema.

Por otra parte, en un sistema en funcionamiento existe un patrón de cultivos y podría obviarse el problema anterior. Sin embargo, actualmente en el valle del Limarí un porcentaje muy alto de la superficie de riego está siendo cultivada con cereales y los técnicos del sector agrario (*) estiman que este valle debe tender a cultivos más rentables para la zona. Por esta razón, la situación actual no es representativa de la tendencia futura y se hace necesario determinar uno o más patrones futuros de cultivos.

(*) Informaciones proporcionadas por ODEPA.

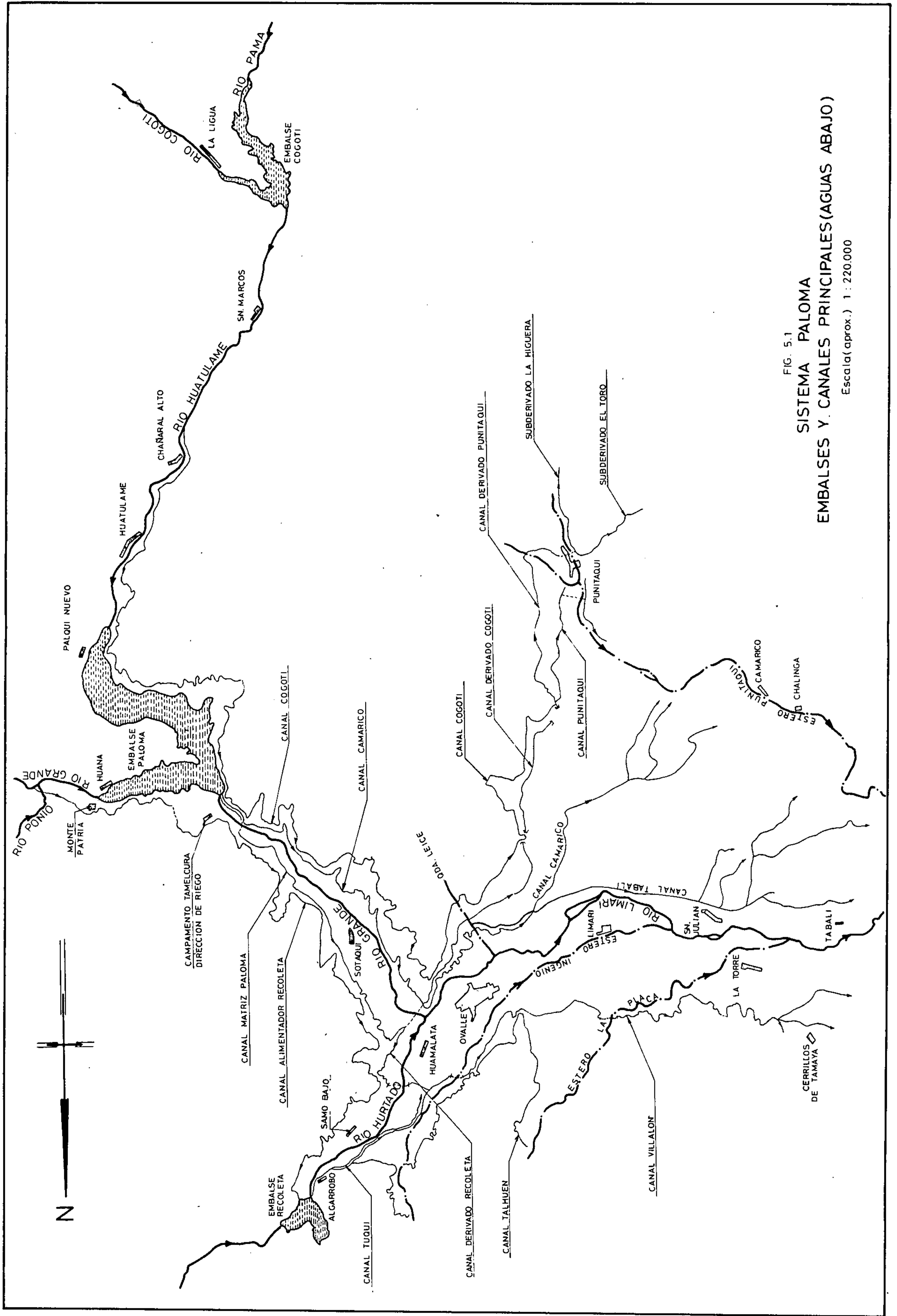


FIG. 5.1
SISTEMA PALOMA
EMBALSES Y CANALES PRINCIPALES (AGUAS ABAJO)
 Escala (aprox.) 1 : 220.000

Para fijar dichos patrones se procedió, en primer lugar, a determinar los volúmenes medios que podrían suplir los embalses regulando los recursos aportantes a ellos. Para ello se operó el modelo de simulación en forma simplificada. A cada uno de los embalses se le asignó una demanda a nivel de bocatoma, que debería suplir en cada uno de los años de operación del sistema. Dichas demandas, expresadas en volumen, se fijaron independientemente de la superficie de riego. Se procesaron varios volúmenes a suplir por cada embalse hasta que se encontraron las cifras que dieron los mejores resultados.

Una vez conocidos el volumen total anual que puede suplir en forma segura cada uno de los embalses fue preciso distribuirlo entre los distintos sectores de riego. Teniendo en cuenta las tasas de riego de las distintas categorías de cultivo consideradas (frutales, viñas, empastadas, cereales y chacras - hortalizas), se determinaron las superficies de riego de cada categoría en los distintos sectores, de tal manera que la demanda anual total al sistema, incluyendo las pérdidas en los canales, fuera aproximadamente igual al volumen total que pueden suministrar los embalses del sistema y que fué determinado previamente según se explicó. Para fijar los patrones mencionados se tuvo además en cuenta la superficie potencial de riego, la aptitud agrícola y climática y las prácticas actuales e históricas en cada uno de los sectores en que se dividió el valle.

Una vez determinados los patrones de cultivos, se procesó el modelo en forma completa para probar el comportamiento de las reglas de operación adoptadas, en cada una de las situaciones planteadas por cada uno de los patrones considerados.

Finalmente, se probó la sensibilidad del sistema a la variación de algunos parámetros, como ser, la eficiencia de conducción de algunos canales y la capacidad máxima de los embalses Cogotí y Recoleta. También se analizó la limitante que puede significar la capacidad de ciertos canales ya construídos.

A continuación se describe el modelo de operación, luego se anotan los datos utilizados y finalmente se presentan y analizan los resultados obtenidos tanto en las pasadas preliminares como en las definitivas.

5.2.- Descripción del modelo.

En la figura 5.2 se muestra el esquema hidráulico del sistema Paloma con los canales principales y la sectorización adoptada en este estudio.

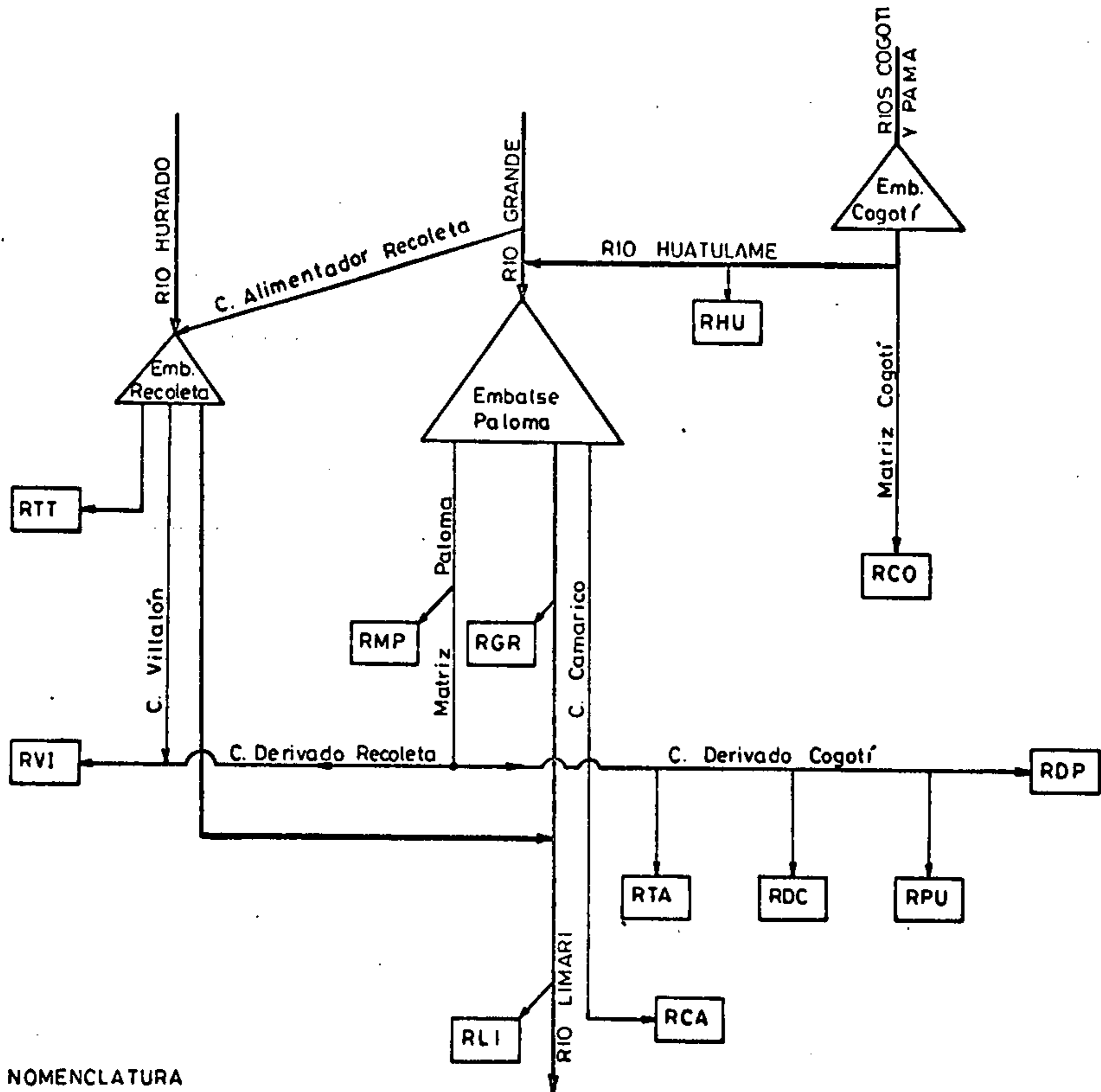
El modelo elaborado efectúa una operación mensual; para cada mes calcula la demanda predial de cada uno de los sectores multiplicando la superficie de cada categoría de cultivo (frutales, viñas, empastadas, cereales y chacras-hortalizas) por su correspondiente tasa. El valor calculado se divide por la eficiencia de conducción de cada canal para conocer así la demanda en bocatoma de los distintos sectores. Una vez conocida la demanda total en cada uno de los embalses se determina, para cada mes, el volumen o estado final del embalse sumándole los afluentes al volumen ya embalsado y restándole las demandas y las evaporaciones desde la superficie del lago. Este proceso se realiza para cada mes durante todos los años de estadística que se estén procesando. El cálculo de la demanda es el mismo para todos los años ya que se supuso que los patrones de cultivos de los diferentes sectores son los mismos para todos los años del período. La única diferencia en la demanda la introduce la precipitación mensual, la cual, afectada por un factor, se resta a la tasa unitaria.

Antes de pasar a describir en más detalle el modelo, es necesario dejar establecido en forma clara una de las premisas fundamentales de éste. El tradicional concepto de regantes o accionistas de un determinado río o embalse ha sido modificado considerando ahora que todos los usuarios del recurso son regantes del sistema Paloma que, como ya se dijo, está constituido por todos los embalses y canales existentes. Con este criterio se logró una mayor flexibilidad en el manejo del sistema, un mejor aprovechamiento de los recursos y una distribución más justa. Al existir escasez de agua, las disminuciones o recortes de las demandas se efectúan en forma pareja quedando todos los sectores en igualdad de condiciones.

La operación misma del sistema es bastante sencilla. Con los recursos del embalse Cogotí se supe la demanda de los sectores de riego del canal matriz Cogotí y del río Huatulame. Si una vez suplidas las demandas se producen rebalses en el embalse Cogotí, estos se consideran como aportes al embalse Paloma. Este embalse supe la demanda de los sectores denominados Matriz Paloma, río Grande, río Limarí, Tabalí, Camarico, derivado Cogotí, Punitaqui,

ESQUEMA HIDRAULICO SISTEMA PALOMA

FIG. 5.2



NOMENCLATURA

SECTORES DE RIEGO

- RTT : canales Talhuén, Tuquí y Villaseca
 RVI : canal Villalón
 RMP : canal Matriz Paloma
 RGR : río Grandé
 RLI : río Limarí
 RCA : canal Camarico
 RTA : canal Tabalí
 RDC : canal Derivado Recoleta
 RPU : canal Punitaqui
 RCO : canal Matriz Cogotí
 RHU : río Huatulame

derivado Punitaqui y también le entrega agua al sector regado por el canal Villalón a través del Canal derivado Recoleta en la forma que se explica más adelante.

El embalse Recoleta tiene que abastecer dos sectores : aquel regado por los canales Talhuén, Tuqui y Villaseca y el canal Villalón. Este último, como ya se dijo, puede ser abastecido también desde Paloma, en cambio el primer sector puede ser suplido únicamente por Recoleta. Esta situación plantea una complicación en la operación del sistema ya que es preciso tomar decisiones acerca de cuando entregar desde uno u otro embalse. Para ello se le asignó al Embalse Recoleta una curva de alerta que consiste en una relación volumen-mes. Volúmenes embalsados en Recoleta por sobre el valor de la curva de alerta para ese mes, se entregan para suplir el riego del Villalón e incluso el riego del río Limarí. Bajo esta curva de alerta no se entregan recursos ni para el Villalón ni para el río Limarí, con la única excepción de que se hubiera copado la capacidad del canal derivado Recoleta en cuyo caso, aún por debajo de la curva de alerta, el embalse Recoleta hace entregas especiales a ese sector.

Esta curva de alerta es muy importante en la operación de Recoleta ya que por una parte, evita el vaciamiento prematuro del embalse asegurando así el abastecimiento del sector Talhuén-Tuqui-Villaseca y por otro lado evita la acumulación excesiva de agua y los consecuentes rebalses del embalse. Además se considera un volumen mínimo que debería quedar siempre embalsado en Recoleta toda vez que el embalse Paloma esté por sobre cierta capacidad. Para mantener este volumen mínimo se utilizan recursos del río Grande que son conducidos a través del canal Alimentador de Recoleta.

Dicho canal también se opera en el modelo en aquellos meses en que, al dejar entrar al embalse Paloma la totalidad de los recursos del río Grande, se producirían rebalses desde este embalse. En esos casos se conduce agua por el canal alimentador limitado a su capacidad y al volumen de almacenamiento disponible en Recoleta. También en aquellos años de escasez de agua, si Recoleta no tiene recursos suficientes para satisfacer las necesidades del sector Talhuén-Tuqui-Villaseca se utiliza el canal alimentador para suplir los déficit de ese sector, siempre que el embalse Paloma y/o Cogotí puedan entregar las demandas de los regantes que ellos sirven.

En condiciones de abundancia de agua la operación del modelo se reduce a lo explicado anteriormente. Cuando se producen períodos de escasez es necesario restringir las entregas de manera de dejar almacenado recursos para años subsiguientes que pueden ser tanto o más críticos que aquel que se está analizando. El problema que se plantea es cuando y cuanto hay que restringir las entregas.

A través del desarrollo de este estudio se han barajado diferentes formas de resolver este problema. No se explicaran todas ellas pero se darán las razones que movieron a adoptar la metodología que se explica más adelante.

Pasadas preliminares del modelo indicaron que el volumen almacenado en los embalses al comenzar la temporada de riego era un índice muy importante que había que tener en cuenta para la toma de decisión. En aquellos años en que la suma de los volúmenes de los embalses se encuentra por sobre un volumen designado como crítico (V_c), ese índice fue suficiente para decidir que no era necesario efectuar restricciones en las entregas ya que, aunque se entregara la totalidad de la demanda y el año siguiente fuera escaso de recursos, siembre iba a quedar un remanente embalsado que sería suficiente para suplir un porcentaje importante de la demanda total. Sin embargo, en aquellos años en que la suma de los volúmenes embalsados fuese inferior al volumen crítico se hacía necesario predecir el volumen de agua que entraría a los embalses en la temporada de riego (Mayo-Abril) que estaba comenzando.

Los caudales medios anuales en esta zona, al igual que las precipitaciones, son totalmente aleatorios de manera que resulta casi imposible predecir en forma medianamente aceptable cuales serán dichos caudales conociendo únicamente los caudales que escurrieron en los años recién pasados. En la figura 5.3 se han graficado los volúmenes afluentes a los 3 embalses en un año hidrológico versus el volumen escurrido históricamente en el año siguiente. La dispersión de los puntos muestra la aleatoriedad de la variable en estudio.

Cuando sí se puede hacer una predicción aceptable de caudales es en el mes de Septiembre (Capítulo 4) en que ya se conoce la precipitación caída durante el invierno. Desgraciadamente el mes de Septiembre es muy tarde para tomar una decisión respecto a la

implantación de determinados cultivos (cereales y algunas chacras y hortalizas) de manera que la decisión de restringir las entregas debe ser adoptada al comenzar el año agrícola pudiendo ser modificada en el mes de Septiembre o bien en el transcurso de los meses de invierno dependiendo del comportamiento de ese año hidrológico particular.

Como una forma de poder estimar el volúmen de escurrimiento a comienzos del año hidrológico se ha trazado una recta aproximada en la figura 5.3, resultando la relación

$$Q_{t+1} = 0.4 Q_t$$

con un mínimo de escurrimiento de 40 millones de m³ en el año. Este valor se adoptó teniendo en cuenta que en los años más secos de la estadística (68, 69, 70 y 71) el caudal afluente a los embalses no fue nunca inferior a esa cifra.

Dicha relación, como se dijo anteriormente sólo se utiliza para predecir aquellos años cuyo volúmen inicial almacenado es menor que el volumen crítico. De modo que no se utilizará en años que vienen inmediatamente a continuación de períodos lluviosos ya que en esos casos los volúmenes almacenados serán altos. La relación establecida se utilizará para los años relativamente normales seguidos de años más secos, en los cuales se obtienen buenos resultados y por lo tanto la restricción que se imponga a la demanda por efecto de la predicción no sufrirá mayores alteraciones en el transcurso del año. También se utilizará dicha relación para predecir caudales de años húmedos precedidos de años secos. En estos casos el poder de predicción de la ecuación establecida es pésimo, ya que determina un volumen muchísimo menor que el que finalmente escurre. Sin embargo este hecho no tiene mayor importancia en la operación del sistema ya que de resultar lluvioso el año en que se yerra la predicción, las lluvias que empezarán a ocurrir en los meses de Mayo en adelante demostrarán rápidamente el error cometido y podrán modificarse las restricciones adoptadas a tiempo de implantar nuevos cultivos de invierno.

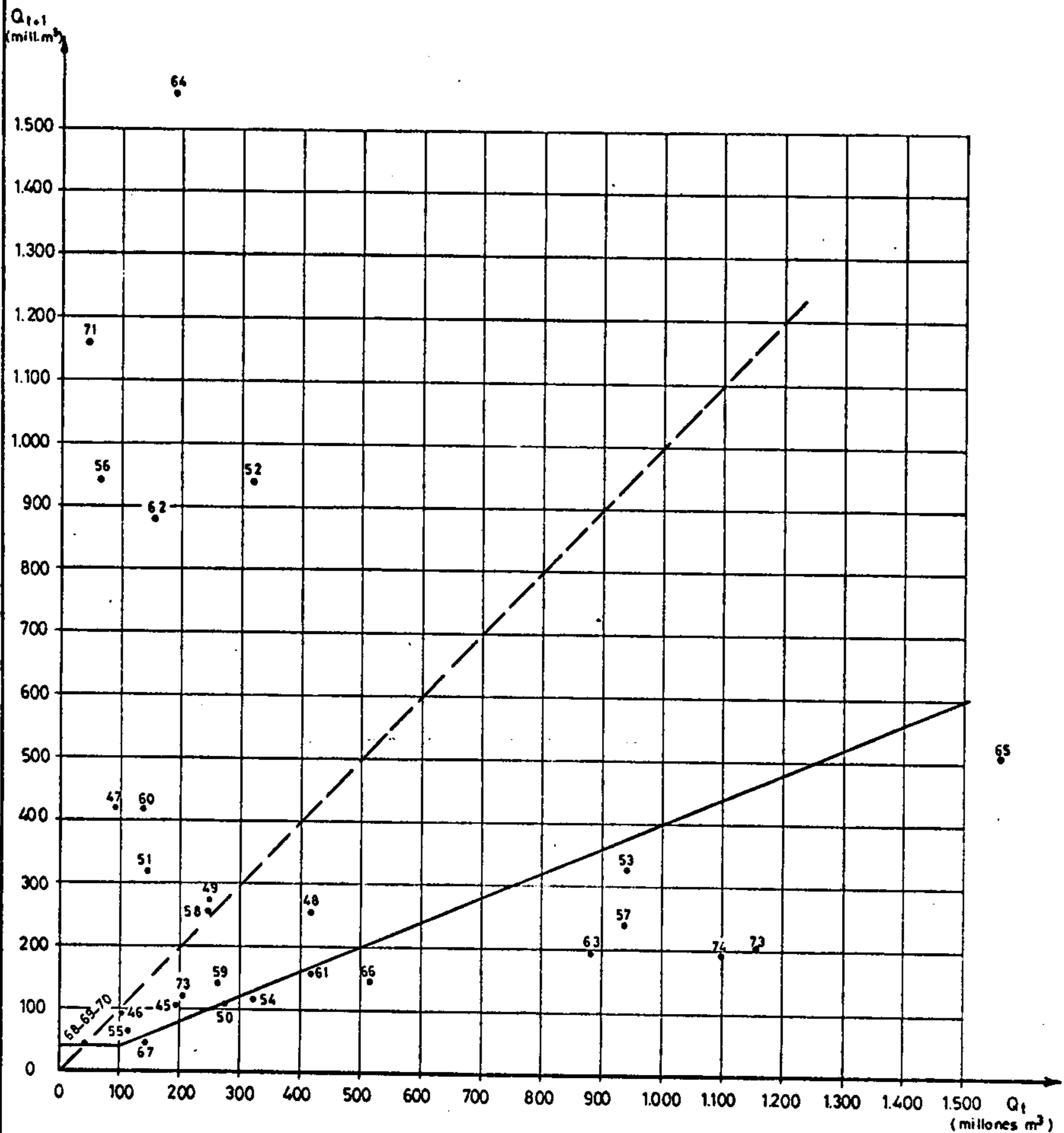
Se llamará volumen disponible (V_D) a la suma del volumen almacenado en los embalses más la estimación del caudal que escurrirá en el período siguiente. En aquellos años en que dicho volumen sea menor que el volumen crítico se entregará solamente un porcenta-

FIG. 5.3

RELACION $Q_t - Q_{t+1}$

Q_t = Volumen afluente a los tres embalses en el año hidrológico t.

$Q_{t+1} = 0.4 Q_t \geq 40$ millones m^3



je (p) del volumen disponible. La cantidad de agua a entregar ($p \cdot V_D$) se distribuye entre las diferentes categorías en distintos porcentajes. Lo más importante en la operación del sistema es el valor de la variable p. Como se distribuye entre los diferentes cultivos el agua entregada podrá sufrir modificaciones de un año a otro, pero siempre se deberá respetar, dentro de ciertos márgenes, el porcentaje de entrega p.

Como una de tantas maneras de distribuir el agua entre los cultivos, en este estudio se ha adoptado la que se explica a continuación. Se supondrá que a los frutales y a las viñas se les mantendrá su dotación normal aún en aquellos años de extrema escasez. Si bien es cierto que a esas plantaciones se les puede reducir algo la tasa, provocando un daño pequeño a la planta y una baja de la producción, el ahorro de agua por esta reducción de tasa es muy pequeño en relación con la demanda total al sistema. Por esta razón se prefirió mantener la tasa de riego nominal de los frutales y viñas. En esta situación las empastadas, cereales y chacras tienen que absorber la totalidad de la restricción que se imponga. Se supondrá que a los cereales y a las chacras se les entregará siempre el mismo porcentaje (a) de su demanda y que a las empastadas, se les entregará un porcentaje de su demanda que sea un 20% mayor que el de cereales y chacras ($a + 0.2$). La suma de los porcentajes entregados a cada una de las categorías de cultivo debidamente ponderadas de acuerdo con su importancia relativa, deberá ser igual al porcentaje b de demanda suplida. Este porcentaje se calcula dividiendo el volumen total entregado ($p \cdot V_D$) por la demanda total al sistema en bocatoma. De esta forma el valor de a se calcula mediante una de las dos siguientes ecuaciones

$$p_F + p_V + p_E + a \cdot p_C + a \cdot p_{CH} = b \text{ si } a \geq 0.8$$

$$p_F + p_V + (a+0.2) p_E + a \cdot p_C + a \cdot p_{CH} = b \text{ si } a \leq 0.8$$

donde

p_F : porcentaje de la demanda total consumida por frutales.

p_V : porcentaje de la demanda total consumida por viñas

p_E : porcentaje de la demanda total consumida por empastadas.

- p_C : porcentaje de la demanda total consumida por cereales
- p_{CH} : porcentaje de la demanda total consumida por chacras
- b : porcentaje de la demanda total que se puede suplir en ese período.

De las ecuaciones anteriores resulta

$$a = (b - p_F - p_V - p_E) / (p_C + p_{CH}) \text{ si } a \geq 0.8$$

$$a = (b - p_E - p_V - 0.2p_E) / (p_E + p_C + p_{CH}) \text{ si } a \leq 0.8$$

Se adoptó como valor mínimo de a un 25%, es decir en los años de mayor escasez siempre se suplirá un 25% de cereales y chacras y un 45% de la demanda de las empastadas.

El porcentaje a se aplica a la demanda de cereales y chacras y el valor de $a + 0.2$ a la demanda de las empastadas. Esto significa que ya sea se reduce la tasa a ese porcentaje manteniéndose la superficie cultivada o el otro extremo sería mantener la tasa y disminuir la superficie de riego al porcentaje a . Entre estas dos situaciones extremas cada regante se adaptará dependiendo de la técnica de riego, tipo de suelo, pendientes del terreno, etc. Para los efectos de la operación del sistema basta conocer el porcentaje de agua que se entregará.

Una vez aplicada la reducción calculada mediante las ecuaciones anteriores, esta se mantiene (en el modelo) hasta el mes de Septiembre, en el cual, ya se puede predecir con más exactitud el escurrimiento de la temporada primavera - verano. (Ver capítulo 4). Si el nuevo volumen disponible (suma de volúmenes almacenados a comienzos de Septiembre más escurrimientos Septiembre - Abril) es superior al volumen crítico, se levanta totalmente cualquier restricción impuesta en el mes de Mayo. En caso contrario se mantienen los porcentajes asignados al empezar el año agrícola.

5.3.- Datos utilizados en la operación del modelo.

En este punto se describe la información de entrada que requiere el modelo desarrollado y se anotan los valores utilizados.

5.3.1.- Número de años de simulación y año inicial.

Esta información se refiere a la longitud de los registros históricos de caudales que se utilizarán en la operación y al año de comienzo. Tal como se señala en el capítulo 3 la estadística de caudales sintetizadas como afluentes a los embalses, después de estudiar el mejoramiento del riego aguas arriba de los embalses, tiene una longitud de 31 años comenzando el año 1944.

5.3.2.- Caudales de entrada a los embalses.

La estadística mensual afluente a cada embalse también debe ser proporcionada al modelo. En las tablas II.41, II.42 y II.43 se han anotado dichos caudales que corresponden a la situación analizada en el capítulo 3. En las figuras 5.4 (a,b,c) se han graficado estos valores en términos de gastos medios mensuales.

5.3.3.- Precipitación mensual.

El modelo requiere de una estadística de precipitación mensual de una estación que sea representativa de la zona con el objeto de disminuir las entregas de riego en aquellos meses con lluvia. En este estudio se adoptó la precipitación de la estación ubicada en la ciudad de Ovalle (Tabla I.18).

De la precipitación total que cae durante un mes sólo una fracción de ella es precipitación efectiva, es decir puede ser utilizada por los cultivos para su crecimiento vegetativo. La precipitación efectiva no incluye la percolación profunda ni el escurrimiento superficial. Blaney y Criddle (1) propone una forma sencilla de calcular la precipitación efectiva en fun-

(1) Blaney, H.F. y Criddle W.D., "Determining consumptive use and irrigation water requirements", U.S. Dept. of Agriculture, Tech. Bulletin N°1275. Dic. 1962.

FIG. 5.4a
VOLUMENES AFLUENTES AL EMBALSE PALOMA

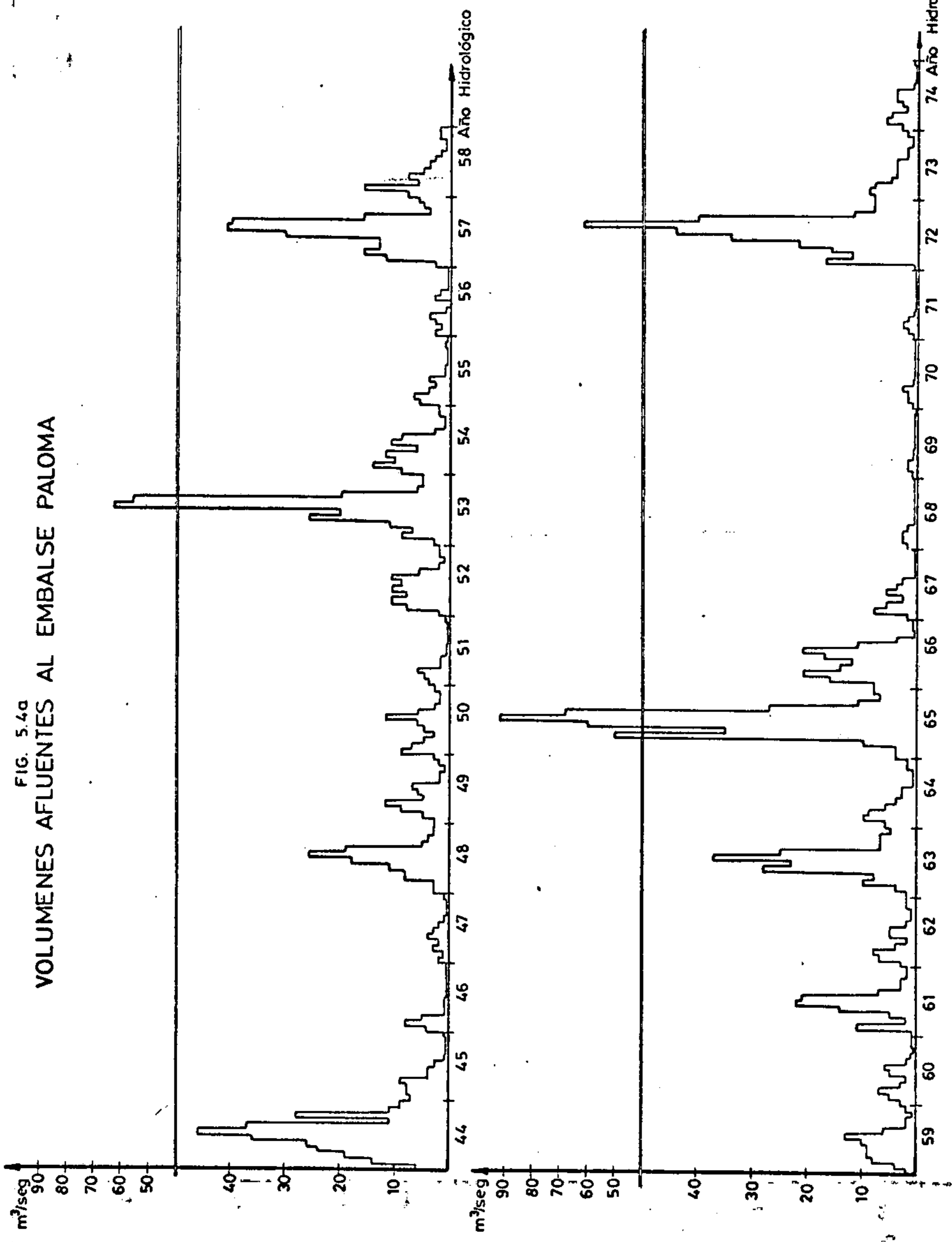


FIG. 5.4 b
VOLUMENES AFLUENTES AL EMBALSE RECOLETA

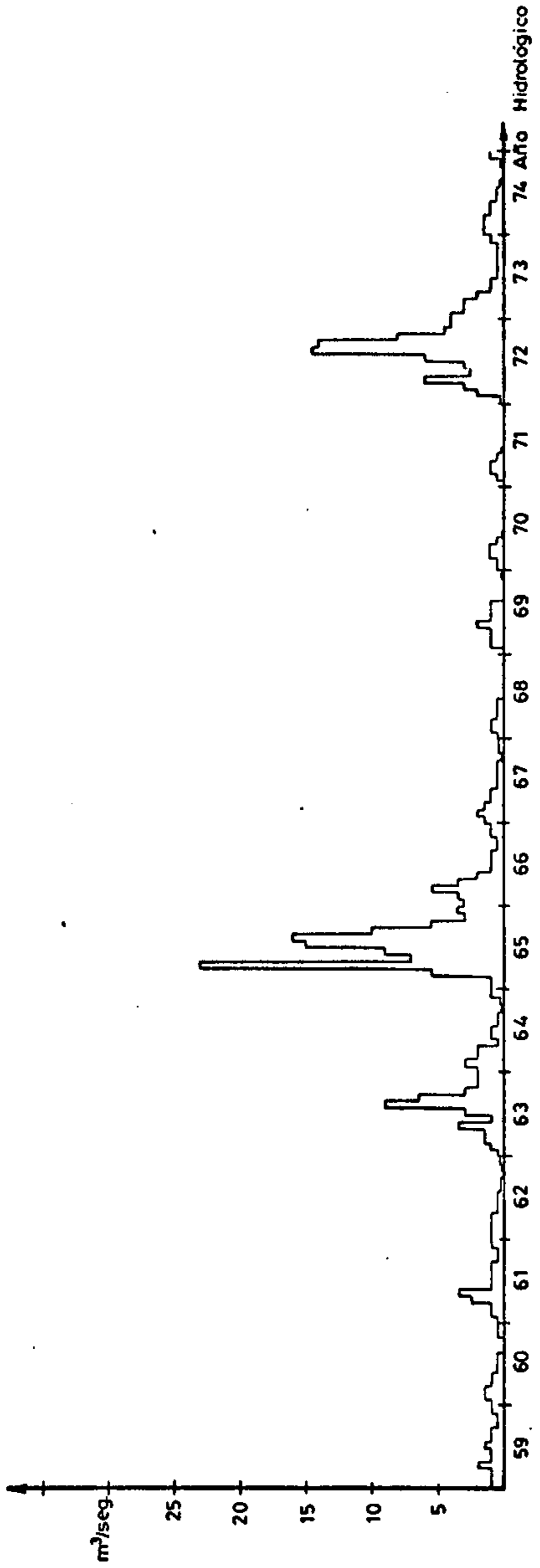
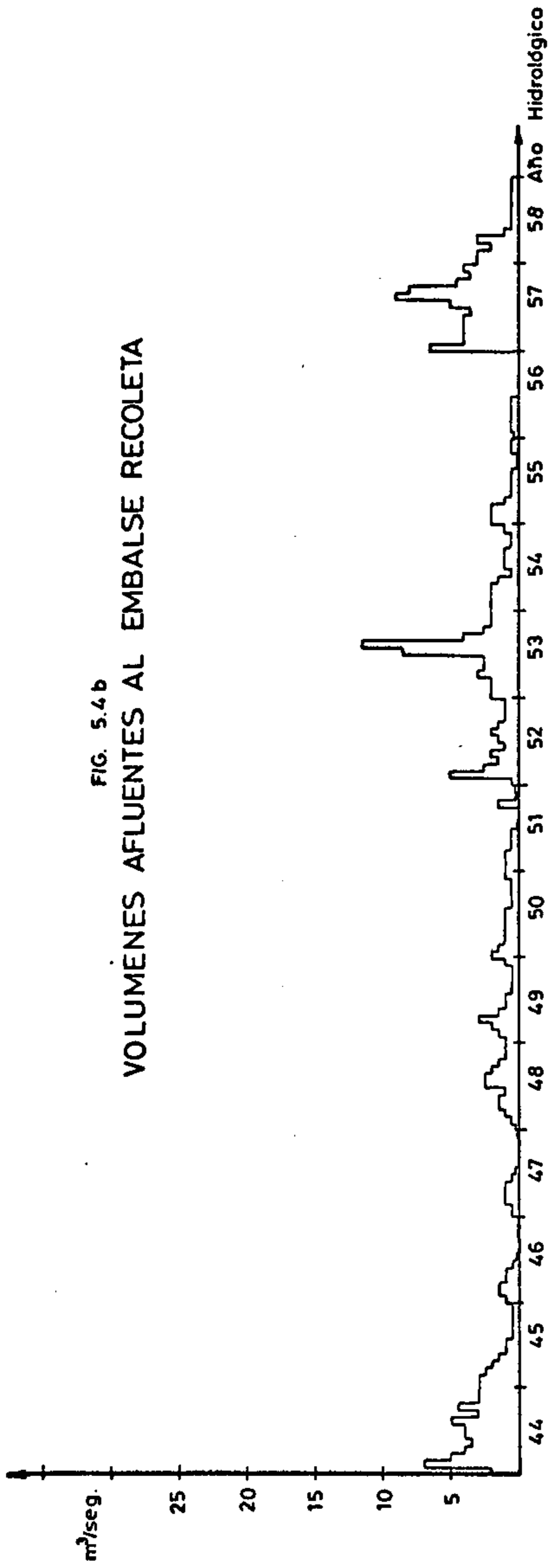
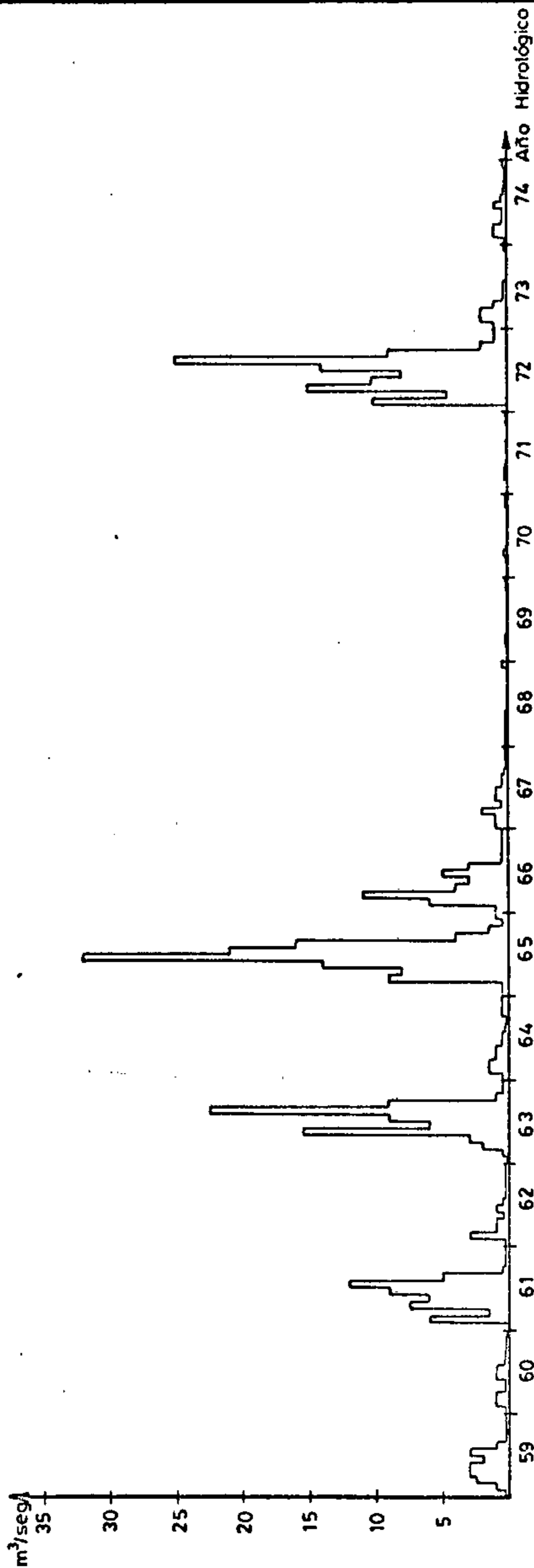
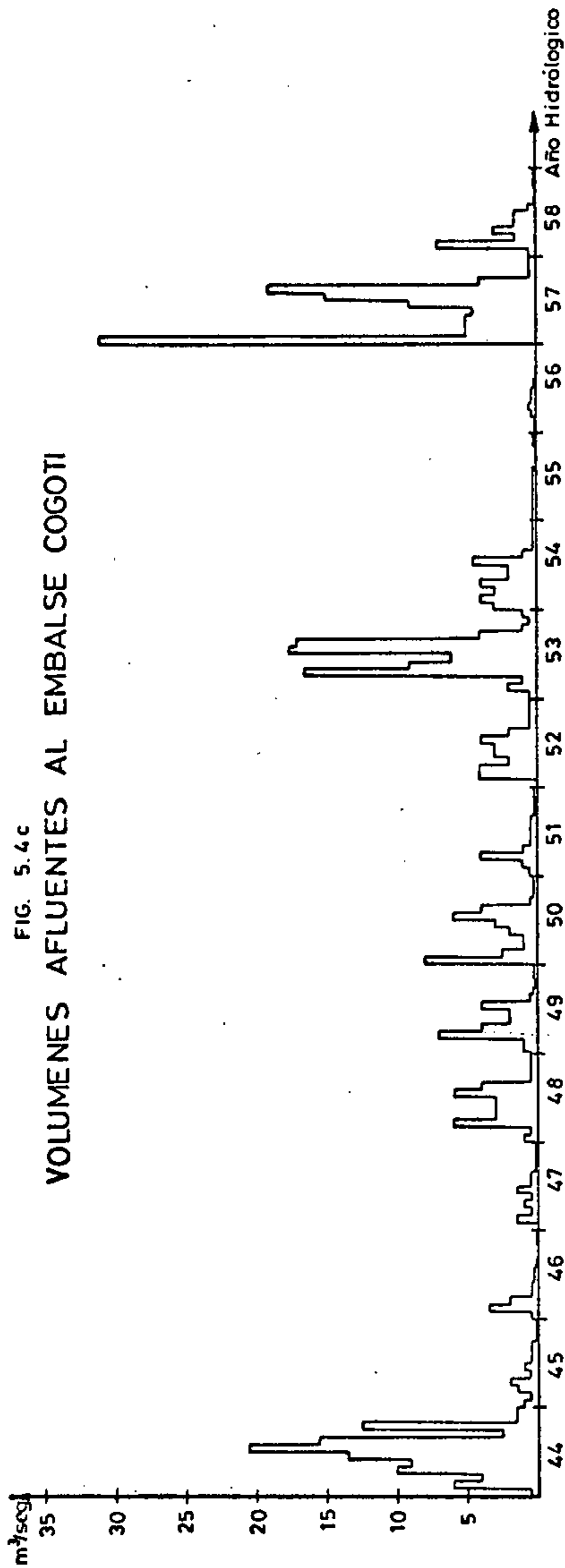


FIG. 5.4c
VOLUMENES AFLUENTES AL EMBALSE COGOTI



ción de la precipitación total mensual. Dicha relación ha sido graficada en la figura 5.5.

En el modelo, la precipitación efectiva calculada según la figura 5.5, se resta a la tasa de riego a nivel predial y con la diferencia dividida por la eficiencia de conducción de cada canal, se determina la tasa de riego en bocatoma.

5.3.4.- Evaporación en los embalses.

La evaporación mensual expresada en mm. debe ser proporcionada como información de entrada. El modelo acepta evaporaciones promedio mensual y supone que ésta es la misma para cada año. Tanto en Paloma como en Recoleta existen evaporímetros. Si las medidas efectuadas en estos instrumentos se afectan por el coeficiente de embalse se tiene una buena aproximación de la evaporación unitaria en la superficie del lago. El valor del coeficiente de embalse normalmente aceptado es 0.7.

Promediando los valores medidos en los embalses Recoleta y Paloma y multiplicándolos por 0.7 se obtiene la Tabla 5.1 de valores medios mensuales de evaporación.

FIG. 5.5
RELACION ENTRE LA PRECIPITACION TOTAL
Y EFECTIVA

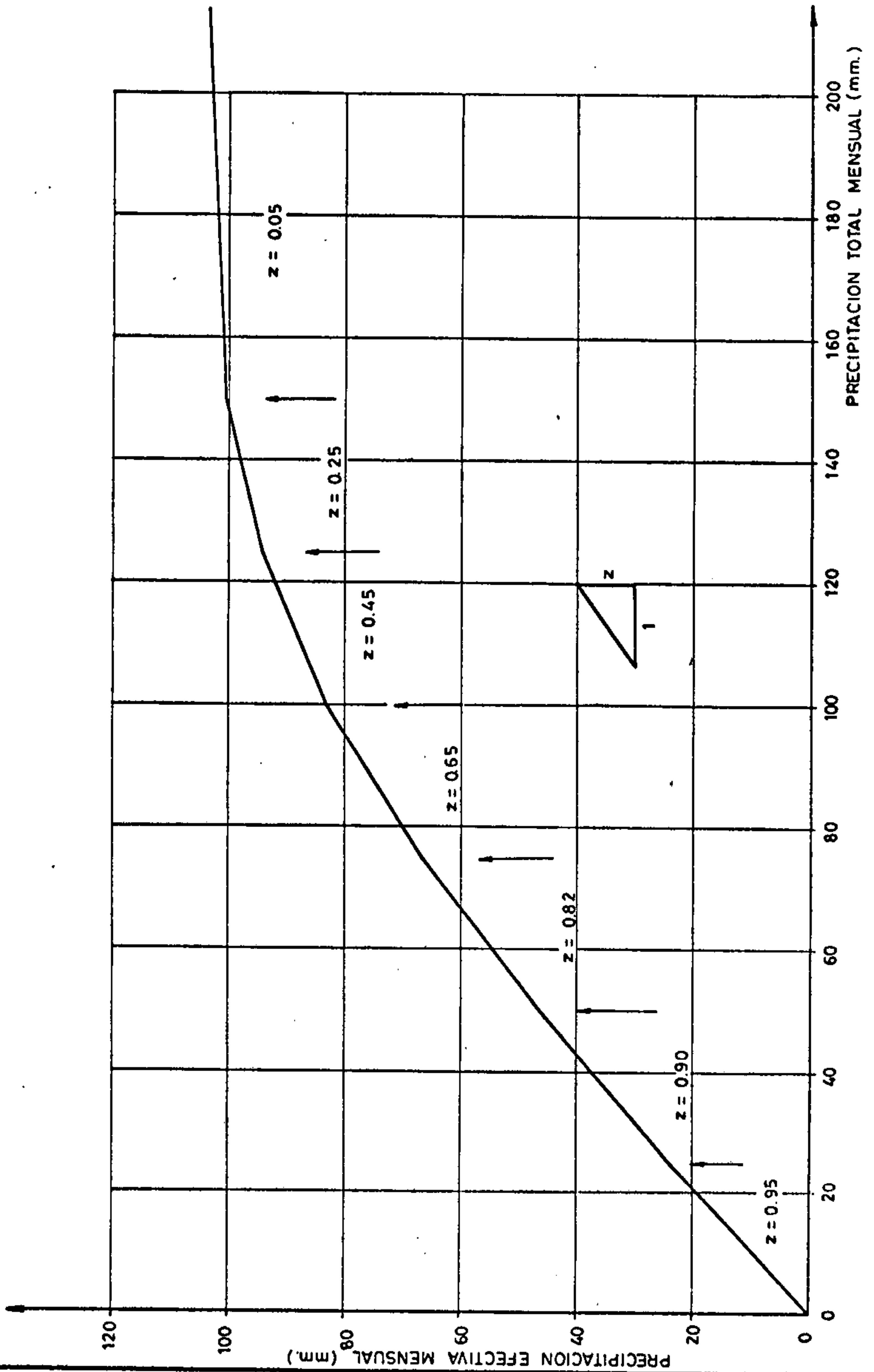


TABLA 5.1EVAPORACIONES DE EMBALSES (*)
(mm)

Mes	Embalse	
	Recoleta	Paloma
Mayo	42.6	79.7
Junio	26.3	48.6
Julio	27.2	54.0
Agosto	37.3	77.8
Septiembre	64.0	110.8
Octubre	97.2	159.0
Noviembre	130.8	195.2
Diciembre	159.9	231.6
Enero	164.3	236.7
Febrero	124.2	207.7
Marzo	94.9	170.7
Abril	62.1	118.1
TOTAL	1.030.8	1.689.9

Los valores anteriores muestran una gran diferencia entre las evaporaciones de ambos embalses, siendo la evaporación promedio anual en Paloma un 64% mayor que la de Recoleta. La evaporación en Paloma aparece como muy alta en relación a otros lugares (1) de manera que en este estudio se adoptó una tasa de evaporación única para los tres embalses que corresponde a la anotada en la tabla anterior para el embalse Recoleta.

Es importante medir en forma detallada las evaporaciones en diversos lugares cercanos al lago de los embalses con el objeto de verificar las cifras anteriores. Por otra parte también sería de interés poder verificar el coeficiente de embalse que se está utilizando. Esto tiene especial importancia para el embalse Paloma ya que por tener una gran superficie de lago, cualquier error de la evaporación unitaria significa varios miles de metros cúbicos. Actualmente en todos los embalses, los aportes a ellos se calculan por diferencia de modo que

(1) U. de Chile-CORFO "Estudio de los recursos hídricos de la cuenca del río Loa". Mayo 1973.

(*) Estos valores se han obtenido de las Tablas III.1 y III.2 del Anexo III.

cualquier sobre-estimación de la evaporación significa también una sobre-estimación de los aportes. De esta forma se falsea la información de entrada a los embalses.

5.3.5.- Curvas volumen-superficie de los embalses. (v - s)

Para poder calcular el volúmen evaporado mensualmente en cada uno de los embalses, es necesario entregar al modelo la información de las curvas volumen-superficie. Para calcular la evaporación del mes el modelo promedia el volúmen almacenado al final del mes anterior con el volúmen al final del mes en que se está haciendo el cálculo. Con ese volúmen medio y la relación v - s se determina la superficie media del lago que multiplicada por la evaporación unitaria de ese mes permite conocer el volúmen total evaporado.

En la figura 5.6 se han dibujado las curvas volúmen superficie de los tres embalses. La tabla que aparece en la figura corresponde a la discretización de las curvas. Para calcular la superficie el modelo realiza una interpolación cuadrática entre los valores anotados en dicha tabla.

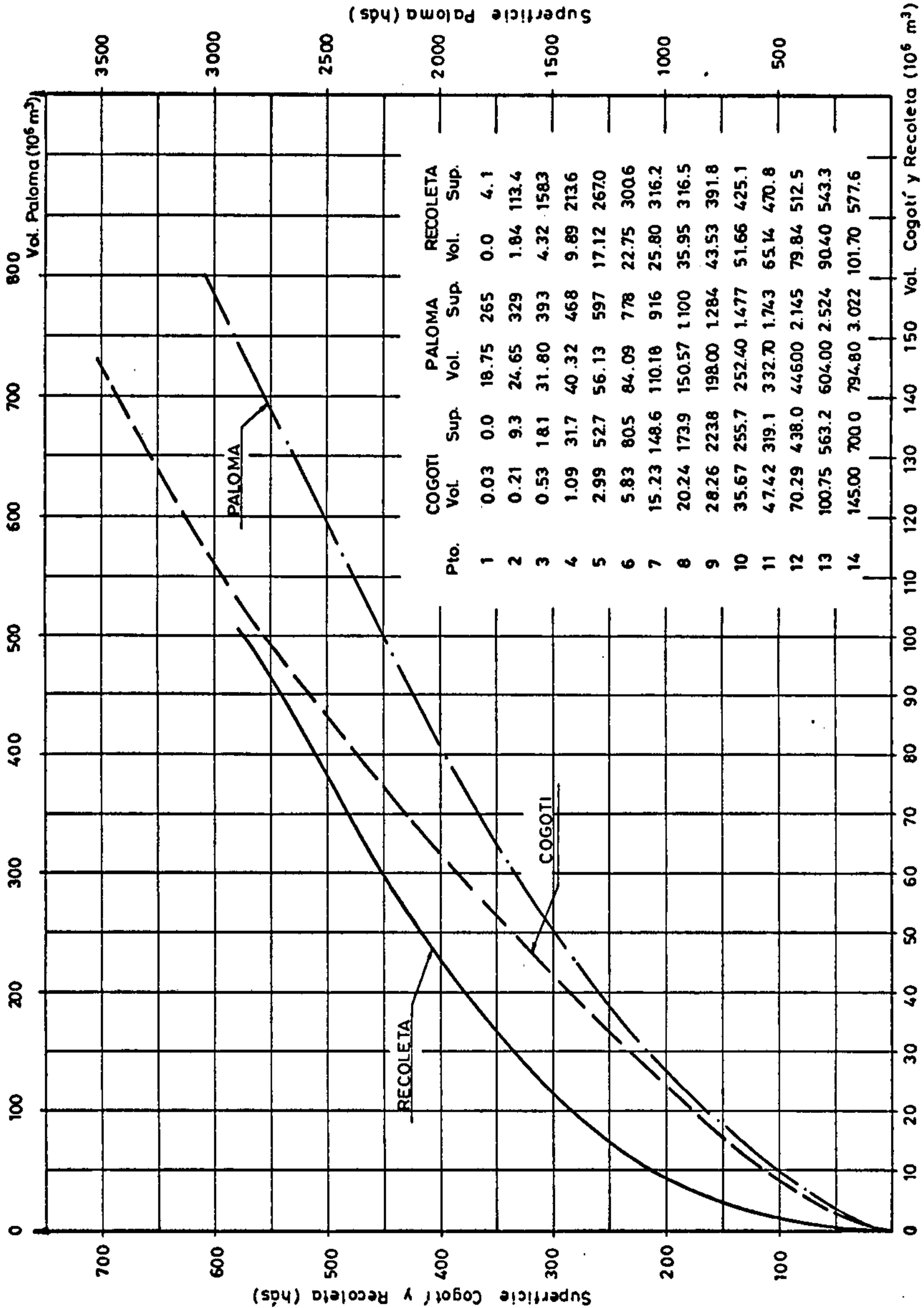
5.3.6.- Volúmenes máximos y mínimos de los embalses.

Los volúmenes máximos de cada uno de los embalses se requieren en el modelo con el objeto de determinar los rebalses. Los volúmenes mínimos indican la capacidad del embalse bajo lo cual no se pueden extraer más recursos. En la tabla 5.2 se anotan dichos volúmenes.

TABLA 5.2

<u>Embalse</u>	<u>Vol. max.</u>	<u>Vol.min.</u>
	(millones de m ³)	
Cogotí	150.00	0.0
Paloma	767.50	12.5
Recoleta	96.89	0.0

FIG. 5.6
RELACION VOLUMEN-SUPERFICIE DE EMBALSES



5.3.7.- Capacidades máximas de canales.

El modelo requiere la capacidad de cada uno de los canales del sistema para poder limitar las entregas a cada uno de los sectores. En la tabla 5.3 aparece la capacidad máxima de los canales que se consideraran en el modelo de acuerdo con la sectorización hecha en la figura 5.2

TABLA 5.3 (*)

CAPACIDADES DE CANALES

Canal	Q max (m ³ /s)
Matriz Paloma	8.0
Derivado Recoleta	3.0
Derivado Cogotí	4.35
Derivado Punitaqui	1.9
Camarico	3.5
Matriz Cogotí	8.0
Punitaqui	1.2
Villalón	6.0
Talhuén, Tuquí y Villaseca	2.0
Alimentador de Recoleta	6.0

Si en un determinado mes la demanda en bocatoma de algún sector excede la capacidad máxima del canal que abastece ese sector, se produce un déficit en ese sector. Por ser la demanda constante de un año a otro, ese mismo déficit se manifestará en todos los años salvo en aquellos que por existir restricción en la demanda, ésta sea inferior a la capacidad del canal.

Se podría pensar que la gran demanda en algún mes es producida por un exceso de superficie del sector o bien por un patrón de cultivos tal que concentra las demandas en ese mes. Otra causa, quizás más importante que las anteriores, es la tasa de riego que se está utilizando.

El uso consumo de un cultivo, es decir, el agua que requiere para su crecimiento y desa-

(*) NOTA : Información proporcionada por la Dirección de Riego - Sistema Paloma.

rrollo, depende de factores climáticos y de la etapa de desarrollo del mismo. Si se toma como ejemplo el trigo, es evidente que las necesidades de agua en el mes de Septiembre, por ejemplo, serán muy diferentes si ese trigo ha sido sembrado en el mes de Mayo, a la que tendría si fue sembrado en el mes de Julio. Ahora bien, las tasas de riego utilizadas en el modelo han sido calculadas para una situación media de mes de siembra. Esto hace que en un mes en particular se produce la mayor demanda por hectárea de un cultivo y eso provoca una fuerte necesidad de agua en ese mes. En la práctica, al tener diferentes meses de siembra la curva de demanda total del cultivo tiene variaciones más suaves ya que ese máximo que se mencionaba se va a localizar en un mes para la superficie sembrada en Mayo, y para la superficie sembrada en Junio se ubicará en el mes siguiente, etc.

Por otra parte, la tasa de riego se define para el mes porque esa es la unidad de tiempo que utiliza el modelo. Sin embargo no es imperioso que esa tasa se entregue íntegra en el mes calendario. Se puede entregar comenzando algunos días antes que empiece el mes y terminando algunos días después. Si por ejemplo, se empieza 3 días antes del inicio del mes y se termina 3 días después, significa que el número de días en que se ha repartido la tasa de riego (36) es un 20% mayor que si hubiese entregado en un mes. Desde el punto de vista del canal esto significa que al entregar el agua de esa forma el canal puede conducir, para la demanda de ese mes, un volumen que será un 20% mayor que el que puede conducir en 30 días.

Todo el análisis hecho anteriormente demuestra que para las condiciones de operación del modelo resulta un tanto arbitraria la fijación de capacidad máxima de canal. Por esta razón en las pasadas que se presentan en el punto resultados se ha dejado libre la capacidad de todos los canales con excepción del canal alimentador de Recoleta y del derivado Recoleta. Al primero de ellos se le dio su capacidad normal de $6.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ y al derivado Recoleta se le dio una capacidad un 25% mayor que la nominal, vale decir, $3.75 \text{ m}^3/\text{seg}$. Fue necesario fijar la capacidad de este último canal ya que éste tiene mucha importancia en la operación del embalse Recoleta.

En el punto resultados se analizan para cada pasada realizada las situaciones en que la demanda en bocatoma excede la capacidad nominal anotada en la Tabla 5.3.

5.3.8.- Eficiencia de conducción de los canales.

En la tabla 5.4 se anotan las pérdidas y eficiencias de los principales canales que conducen recursos a los distintos sectores del sistema. Tanto la eficiencia como la pérdida son porcentajes promedios relativos a las bocatomas de los canales.

TABLA 5.4 (*)

EFICIENCIAS Y PERDIDAS DE CONDUCCION (%)

Sectores o Canal	Pérdida	Eficiencia
Talhuén, Tuquí, Villaseca	21.6	78.4
Villalón, (Recoleta)	46.6	53.4
Villalón, (Paloma)	42.6	57.4
Río Limarí	- 60.0	160.0
Tabalí (Paloma)	24.9	75.1
Matriz Paloma	4.0	96.0
Río Grande	10.0	90.0
Camarico	32.0	68.0
Derivado Cogotí	14.4	85.6
Derivado Punitaqui	23.0	77.0
Punitaqui	35.8	64.2
Alimentador Recoleta	52.0	48.0
Río Huatulame	- 15.0	115.0
Matriz Cogotí	46.6	53.4

5.3.9. Tasas de riego.

El modelo acepta una sola tasa de riego para cada una de las categorías de cultivo consideradas. La tasa utilizada es la misma para todos los sectores. Las distintas categorías y sus respectivas tasas aparecen en la Tabla 5.5.

(*) NOTA : Información proporcionada por la Dirección de Riego - Sistema Paloma.

TABLA 5.5 (*)

TASAS DE RIEGO

	Frutales (1)	Viñas	Empastadas	Cereales	Chacras Hort. (2)
Mayo	400	0	1.500	800	0
Junio	0	0	0	1.000	80
Julio	700	0	0	800	240
Agosto	600	800	1.500	1.000	190
Sept.	700	800	1.600	2.000	1.050
Oct.	1.000	1.200	1.600	1.000	870
Nov.	1.600	1.600	1.600	0	1.630
Dic.	2.000	2.000	2.000	0	1.910
Enero	2.100	2.200	2.200	0	1.890
Feb.	1.600	1.600	1.600	0	1.310
Marzo	1.200	0	1.600	0	0
Abril	900	1.000	1.600	0	0
Total	12.800	11.200	16.800	6.600	9.170

(1) La tasa de frutales es un promedio entre la tasa para frutales de hoja persistente y frutales de hoja caduca.

(2) La tasa de chacras es un promedio ponderado, en la cual se han considerado los siguientes cultivos: maíz 60%, papas 15%, porotos 10% y morrón 10%

5.3.10.- Superficie de cultivos por sector.

Todos los sectores en que se ha dividido la zona de riego tendrán diferentes superficies en cada una de las 5 categorías de cultivos consideradas.

Al modelo hay que proporcionarle un cuadro único de superficies por sector y por categoría de cultivo. Estas superficies serán siempre las mismas de un año a otro para todos los años de simulación.

Para determinar estos patrones de cultivo fue necesario determinar, en primer lugar cual era el volumen que podían regular anualmente los embalses de

(*) NOTA : Información proporcionada por la Dirección de Riego - Sistema Paloma.

acuerdo con sus capacidades de almacenamiento y con los afluentes. De acuerdo con pasadas preliminares que se detallan más adelante, se determinó que el volumen medio que podrían regular con una seguridad aceptable, es aproximadamente 320 millones de metros cúbicos. Si se considera que la eficiencia media de conducción del sistema es de 75%, esto significa un volumen disponible en promedio de 240 millones de m³. En base a este volumen la Dirección de Riego - Sistema Paloma confeccionó tres alternativas de patrones de cultivos que aparecen en las Tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

La primera alternativa (Tabla 5.6) corresponde a la situación actual de acuerdo a los resultados de las últimas encuestas realizadas por el Sistema Paloma. La superficie total cultivada actualmente bajo embalses alcanza a 28.500 hás. de las cuales 18.500 corresponden a cereales. Según lo anotado en la Tabla 5.6 esto significa que esa categoría de cultivo utiliza el 50% de la demanda total.

La cuenca de río Limarí, no es una buena zona para el cultivo de cereales de manera que en el futuro los agricultores deberán tender a cultivos de gran productividad en la zona bajando la superficie de cereales y aumentando los frutales, viñas y empastadas. Por ser los cereales poco consumidores de agua y los cultivos de reemplazo grandes consumidores (especialmente las empastadas), este cambio de patrón significa una disminución de la superficie total de riego, ya que existe la limitante de los recursos disponibles.

En la tabla 5.8 (alternativa 3) se señala un patrón futuro que duplicaría la superficie de frutales, viñas y empastadas actuales, reduciendo la superficie de cereales a aproximadamente la cuarta parte de lo actual y manteniendo las chacras y hortalizas.

La alternativa 2 (Tabla 5.7) es una situación intermedia entre las alternativas 1 y 3.

T A B L A 5.6

PATRON DE CULTIVOS ALTERNATIVA N°1 (Situación actual)
(hectáreas)

SECTOR	FRUTAL	VIÑA	EMPAS.	CEREAL	CHACRA	TOTAL
CAMARICO	80	35	540	3.120	425	4.200
GRANDE	170	250	-	190	140	750
LIMARI	160	320	340	1.200	1.100	3.120
VILLALON	80	35	420	4.860	1.200	6.595
TALHUEN, TUQUI	240	200	350	1.300	570	2.660
HUATULAME	175	30	-	40	315	560
COGOTI	40	40	40	880	350	1.350
PUNITAQUI	15	10	20	800	200	1.045
M. PALOMA	-	5	14	270	70	359
D. COGOTI	130	20	470	2.300	450	3.370
D. PUNITAQUI	-	-	-	-	-	-
TABALI	10	15	700	3.500	350	4.575
TOTAL	1.100	960	2.894	18.460	5.170	28.584
Porcentaje Superficie	3.9	3.4	10.1	64.6	18.1	100.0
Tasa de Riego (m ³ /há)	12800	11200	16800	6600	9170	8500
Demanda Predial (10 ⁶ m ³)	14.08	10.75	48.62	121.84	47.41	242.70
Porcentaje Demanda	5.8	4.4	20	50.2	19.6	100.00

T A B L A 5.7

PATRON DE CULTIVOS ALTERNATIVA N°2
(hectáreas)

SECTOR	FRUTAL	VIÑA	EMPAS.	CEREAL	CHACRA	TOTAL
CAMARICO	80	40	900	2.000	600	3.620
GRANDE	60	150	60	200	250	720
LIMARI	250	350	400	1.000	750	2.750
VILLALON	40	50	1.300	2.200	750	4.340
TALHUEN, TUQUI	220	170	450	900	400	2.140
HUATULAME	200	50	-	-	260	510
COGOTI	50	40	100	500	350	1.040
PUNITAQUI	50	30	250	500	250	1.080
M. PALOMA	-	40	-	300	40	380
D. COGOTI	100	40	600	1.000	250	1.990
D. PUNITAQUI	50	60	-	300	200	610
TABALI	-	-	800	2.600	500	3.900
TOTAL	1.100	1.020	4.860	11.500	4.600	23.080
Porcentaje Superficie	4.8	4.4	21.1	49.8	19.9	100.0
Tasa de Riego (m ³ /há)	12800	11200	16800	6600	9170	9764
Demanda Predial (10 ⁶ m ³)	14.08	11.42	81.65	75.90	42.28	225.23
Porcentaje Demanda	6.2	5.1	36.3	33.7	18.7	100.0

T A B L A 5.8PATRON DE CULTIVOS ALTERNATIVA N°3

(hectáreas)

SECTOR	FRUTAL	VIÑA	EMPAS.	CEREAL	CHACRA	TOTAL
CAMARICO	100	70	1.100	600	700	2.570
GRANDE	80	130	100	100	300	710
LIMARI	320	600	450	500	800	2.670
VILLALON	130	70	2.000	1.000	800	4.000
TALHUEN, TUQUI	400	350	500	400	400	2.050
HUATULAME	150	100	-	-	260	510
COGOTI	100	200	200	400	400	1.300
PUNITAQUI	300	300	300	200	300	1.400
M. PALOMA	50	60	100	50	40	300
D. COGOTI	100	80	800	400	300	1.680
D. PUNITAQUI	100	100	50	50	200	500
TABALI	200	-	1.000	700	600	2.500
TOTAL	2.030	2.060	6.600	4.400	5.100	20.190
Porcentaje Superficie	10.1	10.2	32.7	21.8	25.2	100.0
Tasa de Riego (m ³ /Há)	12800	11200	16800	6600	9170	11670
Demanda Predial (mill m ³)	25.98	23.07	110.88	29.04	46.77	235.74
Porcentaje Demanda	11.0	9.8	47.1	12.3	19.8	100.00

5.4.- Resultados del Modelo.

En este punto se analizarán los resultados obtenidos en las diferentes pasadas del modelo. La presentación se dividirá en resultados preliminares y definitivos. Los primeros tuvieron como objeto fijar los valores de ciertos parámetros (como ser, volumen de regulación anual de los embalses, porcentaje del volumen disponible que podría entregarse en años de restricción, etc) para poder determinar los patrones de cultivos que se utilizarían en las pasadas definitivas. Además, se verificaron, aunque en forma preliminar, las políticas de operación adoptadas.

5.4.1.- Pasadas Preliminares.

Estas pasadas preliminares se realizaron con el modelo descrito, pero operándolo en forma simplificada.

Con el objeto de cuantificar la potencialidad del sistema hidráulico, se adoptó una demanda global en bocatoma para cada uno de los embalses. Esta demanda se hizo paramétrica de manera que se podía hacer variar y posteriormente analizar los resultados para decidir cual grupo de demandas entregaba los mejores resultados.

También por el hecho de no trabajar con superficies de riego sino con volúmenes, no se consideró la precipitación mensual que evidentemente hace disminuir las entregas.

Además de las demandas a cada uno de los embalses, se dejaron como parámetros, el porcentaje p del volumen disponible que se puede entregar en cada año, el volumen crítico bajo el cual hay que restringir las entregas y los volúmenes almacenados en cada uno de los tres embalses al comenzar la operación del sistema.

Los valores adoptados para los parámetros anteriores en estas pasadas preliminares son los siguientes:

i) Demandas a los embalses. Se tomaron los siguientes valores : 300, 310, 320, 330, 340 y

350 millones de metros cúbicos. Esta demanda se dividió en 40 millones tanto para Recoleta como Cogotí y el resto a Paloma. Es interesante anotar que a pesar de que los afluentes promedios al Embalse Cogotí en el período de simulación son un 37% mayor que los afluentes al Embalse Recoleta, la mayor variabilidad interanual de los primeros hace que el embalse Cogotí no pueda suplir en forma constante para todos los años un volumen mayor que el que puede entregar Recoleta. De ahí que se adoptó un valor de demanda igual para ambos embalses.

ii) Porcentaje p del volumen disponible. Se probaron los siguientes valores : 45, 50 y 55%.

iii) Volumen crítico de los embalses. Se hicieron pasadas con 450, 500, 550, 600 y 700 millones de metros cúbicos.

iv) Volúmenes iniciales de los embalses. Se adoptaron 0, 150 y 350 millones de metros cúbicos distribuidos de la siguiente forma :

- a) Paloma 100, Cogotí 20 y Recoleta 30.
- b) Paloma 250, Cogotí 50 y Recoleta 50.

No se hicieron todas las pasadas correspondientes a las combinaciones resultantes ya que habría significado un número muy grande de ellas. Se hizo un número limitado de pasadas de acuerdo a como fueran saliendo los resultados. En la Tabla 5.9 se señalan estas pasadas con un resumen de los resultados obtenidos. El significado de los resultados se explica a continuación.

Años falla : número de años, de un total de 31, en que no se puede suplir el 100% de la demanda.

Seg : porcentaje del total de años en que se puede suplir la totalidad de la demanda.

$$\text{Seg} = (\text{Años falla} - 31)100/31.$$

a_m : para cada año se determina el porcentaje de la demanda que pueden suplir los embalses; a_m representa el porcentaje promedio, en los 31 años, de la demanda suplida anual.

$a_m \cdot D_T$: es la entrega promedio anual del sistema en todo el período de simulación. Este valor se obtiene multiplicando la demanda total D_T (en la primera columna de la Tabla) por el porcentaje promedio a_m .

RESUMEN RESULTADOS PASADAS PRELIMINARES

PASADAS	D A T O S										R E S U L T A D O S					
	DEMANDA (10 ⁶ m ³)		VOL. INIC. (10 ⁶ m ³)		Años	Seg	Vcrit	falla	%	am	am.Dt	REBALSES (10 ⁶ m ³)			Prom.	
Total	Pal	Cog	Rec	Pal								Cog	Rec	Pal		Rec
1	320	240	40	40	0	0	0.5	600	11	64.5	0.874	279.7	978.6	361.8	1340.4	43.2
2	320	240	40	40	20	30	0.5	600	10	67.7	0.885	283.2	980.6	381.6	1362.2	43.9
3	320	240	40	40	50	50	0.5	600	10	67.7	0.894	286.1	1062.8	400.8	1463.6	47.2
4	320	240	40	40	100	20	0.45	600	9	71.0	0.880	281.6	992.6	390.1	1382.7	44.6
5	320	240	40	40	100	20	0.50	600	10	67.7	0.885	283.2	980.6	381.6	1362.2	43.9
6	320	240	40	40	100	20	0.55	600	10	67.7	0.893	285.8	941.1	378.6	1319.7	42.6
7	320	240	40	40	100	20	0.5	450	6	80.7	0.896	286.7	913.1	382.4	1295.5	41.8
8	320	240	40	40	100	20	0.5	500	7	77.4	0.893	285.8	926.8	377.9	1304.7	42.1
9	320	240	40	40	100	20	0.5	550	8	74.2	0.892	285.4	931.5	377.2	1308.7	42.2
10	320	240	40	40	100	20	0.5	600	10	67.7	0.885	283.2	980.6	381.6	1362.2	43.9
11	320	240	40	40	100	20	0.5	700	11	64.5	0.885	283.2	980.8	381.6	1362.4	44.0
12	300	220	40	40	100	20	0.5	550	7	77.4	0.915	274.5	1169.0	394.6	1563.6	50.4
13	320	240	40	40	100	20	0.5	550	8	74.2	0.892	285.4	931.5	377.2	1308.7	42.2
14	330	250	40	40	100	20	0.5	550	10	67.7	0.869	286.8	915.4	393.9	1309.3	42.2
15	340	260	40	40	100	20	0.5	550	10	67.7	0.853	290.0	852.9	406.5	1259.4	40.6
16	350	270	40	40	100	20	0.5	550	10	67.7	0.838	293.3	791.2	421.4	1212.6	39.1

5.31

Rebalses : los rebalses del embalse Cogotí no se han anotado ya que ellos constituyen aportes al embalse Paloma. La columna Total constituye la pérdida neta de agua del sistema, en el período, por concepto de rebalses. La columna Prom. es el promedio anual de rebalses.

a) Volúmenes iniciales en los Embalses.

Las pasadas 1, 2 y 3 consideran la influencia del volumen inicial en los embalses del sistema para una demanda total de 320 millones de m^3 , un porcentaje p igual a 50% y un volumen crítico de 600 millones de m^3 .

Resulta evidente que mientras mayores son los volúmenes iniciales, el volumen medio de entregas debe aumentar. Por otra parte, también aumentan los rebalses.

La pasada 1 (volúmenes iniciales nulos) es una situación demasiado pesimista, pero aún así, no tiene diferencias demasiado significativas con las pasadas 2 y 3 debido a que el año inicial de simulación (1944) fue un año húmedo con lo cual los embalses pudieron almacenar una cantidad importante de agua.

La pasada 3 es igual a la pasada 2 en cuanto a la seguridad pero es algo superior en el volumen medio de entregas.

Por razones de seguridad se adoptó, para las pasadas siguientes, la alternativa 2, es decir, volúmenes iniciales de 100 millones de m^3 en Paloma, 20 millones de m^3 en Cogotí y 30 millones de m^3 en Recoleta.

b) Porcentaje del volumen disponible que se puede entregar.

En las pasadas 4, 5 y 6 se analiza la influencia del porcentaje p en la operación del sistema. Esas pasadas consideran porcentajes de entrega del volumen disponible de 45, 50 y 55% manteniendo un nivel de demandas de 320 millones de m^3 , 150 millones de m^3 de volumen inicial en los embalses y un volumen crítico de 600 millones de m^3 .

La pasada 4 ($p=0.45$) tiene una seguridad algo mayor que las otras pero el volumen medio

de entregas es menor y los rebalses también son mayores. Las pasadas 5 y 6 son bastante similares en lo que respecta a los resultados anotados en la Tabla 5.9. Se adoptará un valor de $p = 0.5$ para las pasadas siguientes.

c) Volumen crítico de los embalses.

En las pasadas 7 a la 11 se ha hecho variar el volumen crítico bajo el cual se restringen las entregas. Se ha mantenido constante en estas pasadas el nivel de demandas (320 millones de m^3), los volúmenes iniciales (150 millones de m^3 en total), y el porcentaje del volumen disponible que se puede entregar ($p = 0.5$).

Los resultados anotados en la Tabla 5.9 se han graficado en la figura 5.7. En ella se muestra la influencia del volumen crítico en el porcentaje medio de entregas (a_m), el volumen medio entregado ($a_m \cdot D_T$), la seguridad y la suma de los rebalses.

En lo que respecta al porcentaje medio anual de entregas (a_m) no hay mayores diferencias entre 450 y 550 millones de m^3 de volumen crítico. Lo mismo sucede para el volumen medio entregado. La seguridad en cambio varía desde 80.7 para $V_C = 450 m.m^3$ hasta 64.5% para $V_C = 700 m.m^3$. El hecho de que por una parte, el porcentaje medio de entregas no varía sensiblemente y que la seguridad si disminuye en forma apreciable es explicable ya que para un volumen crítico pequeño recorta las entregas en menos años (seguridad alta) pero cuando llega el momento de recortar tienen un volumen tan pequeño almacenado que el porcentaje de la demanda que puede entregar es muy pequeño. En este sentido parece más razonable recortar en más años (seguridad algo más baja) pero en porcentajes menores.

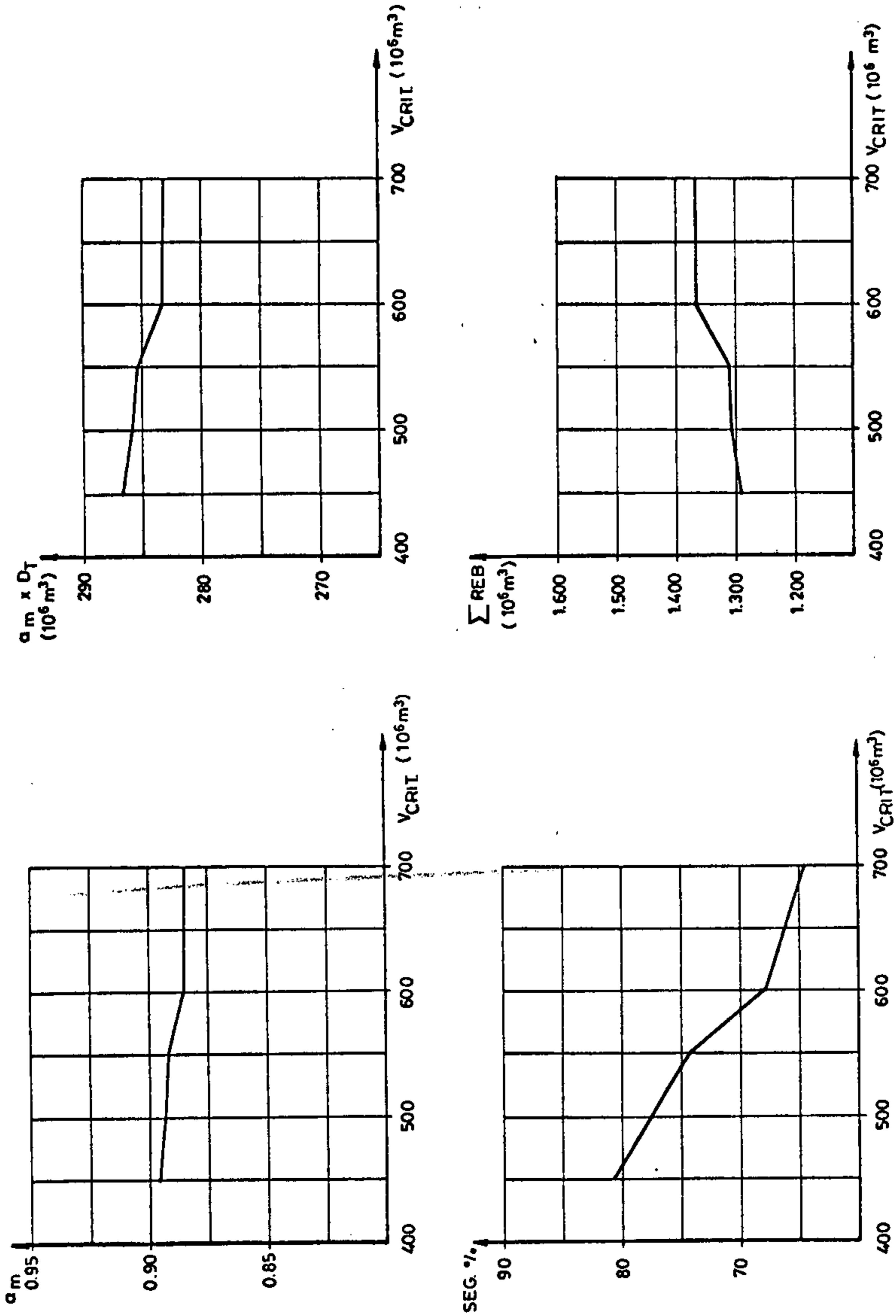
Teniendo en cuenta lo anterior y además que los rebalses del sistema no sufren grandes variaciones entre volúmenes críticos comprendidos entre 450 y 550 millones de m^3 se adoptó, como volumen crítico la cifra de 550 millones de m^3 .

d) Demanda total al Sistema.

Para analizar el efecto de la variación de la demanda total al sistema se realizaron las pasadas 12 a 16 en las cuales se mantuvo un volumen crítico de 550 millones de m^3 , volúmenes iniciales de 150 millones

FIG. 5.7

VARIACION DE PARAMETROS CON EL VOL. CRITICO



de m^3 en los tres embalses, y para las entregas un porcentaje del volumen disponible $p=0.5$. La demanda total se hizo variar entre 300 y 350 millones de m^3 .

En la figura 5.8 se han graficado los resultados de la Tabla 5.9. En ella se aprecia la rápida disminución del porcentaje medio de demanda suplida (a_m) a medida que aumenta la demanda total (D_T). Sin embargo, el producto de ambos parámetros ($a_m \cdot D_T$) aumenta con la demanda total. La seguridad también disminuye con la demanda bajando del 74% al 67% al aumentar de 320 a 330 millones de m^3 la demanda total.

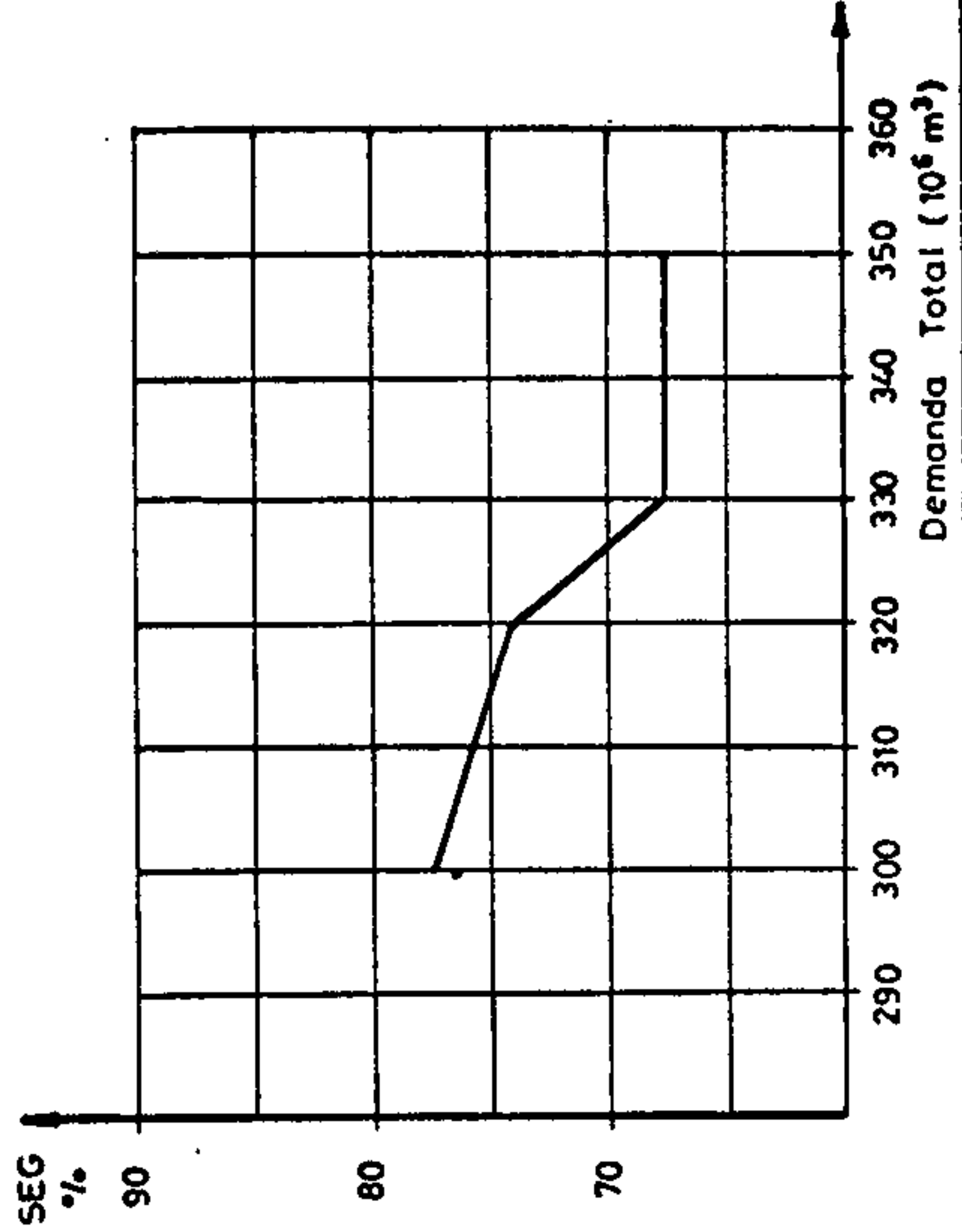
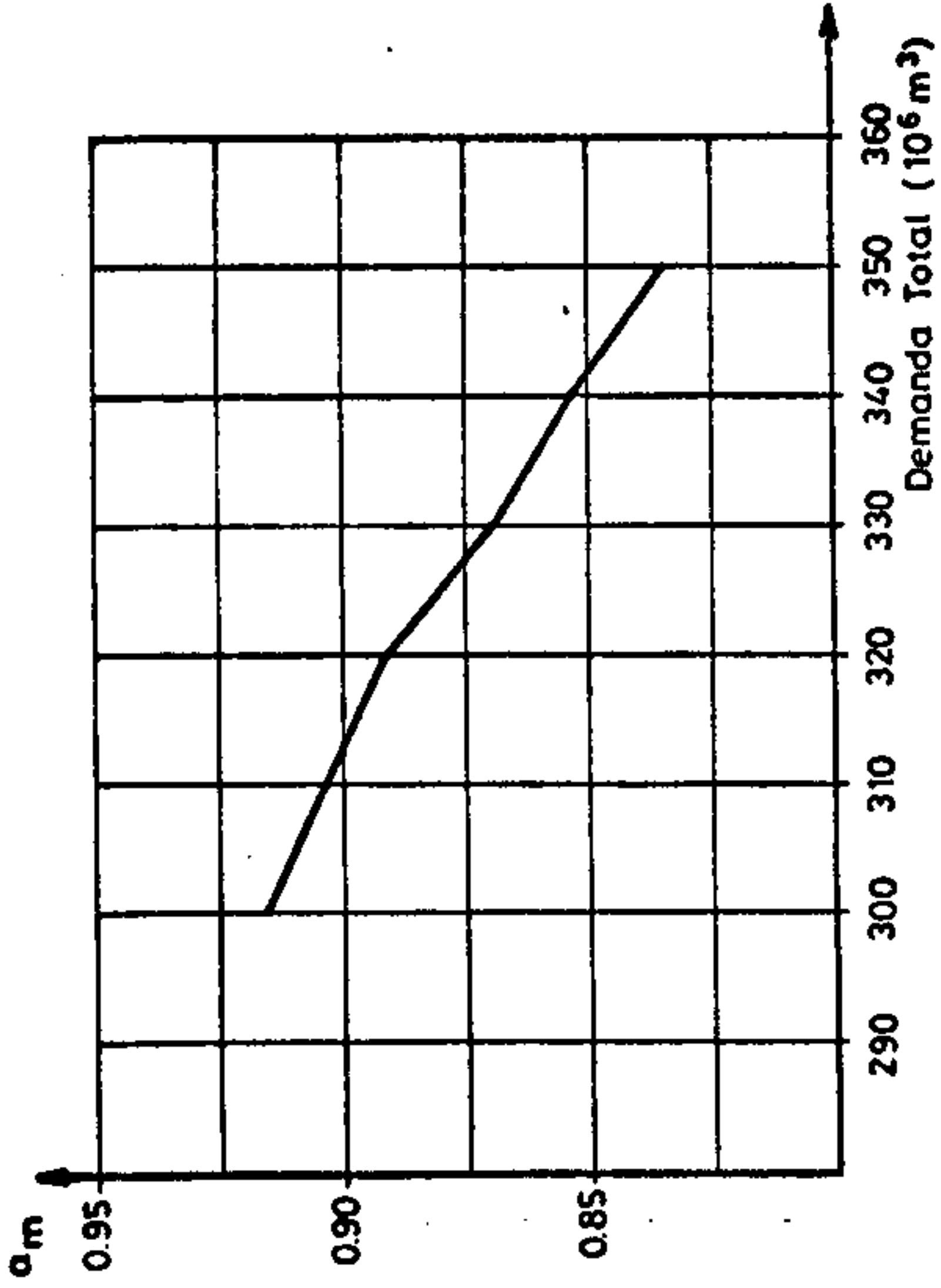
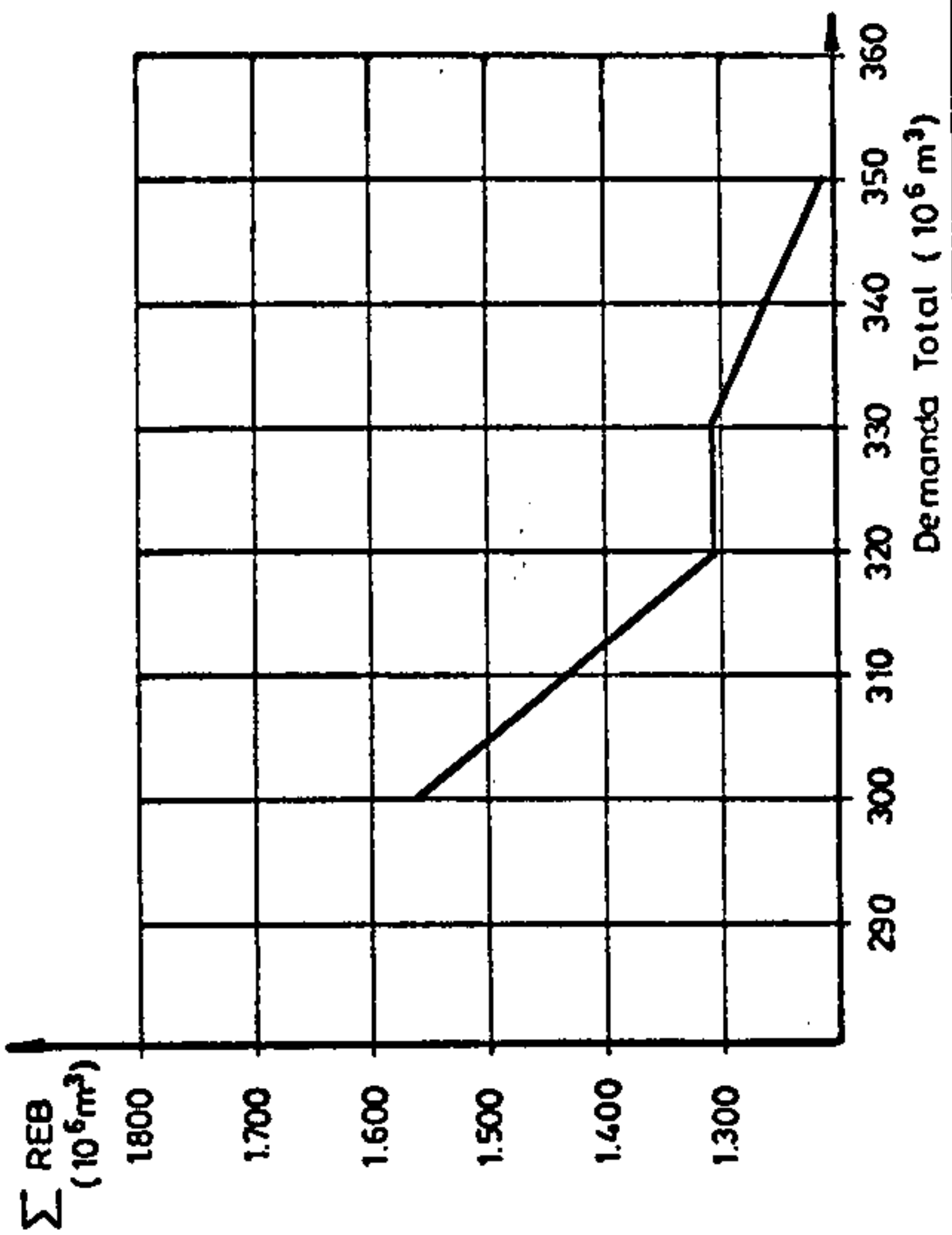
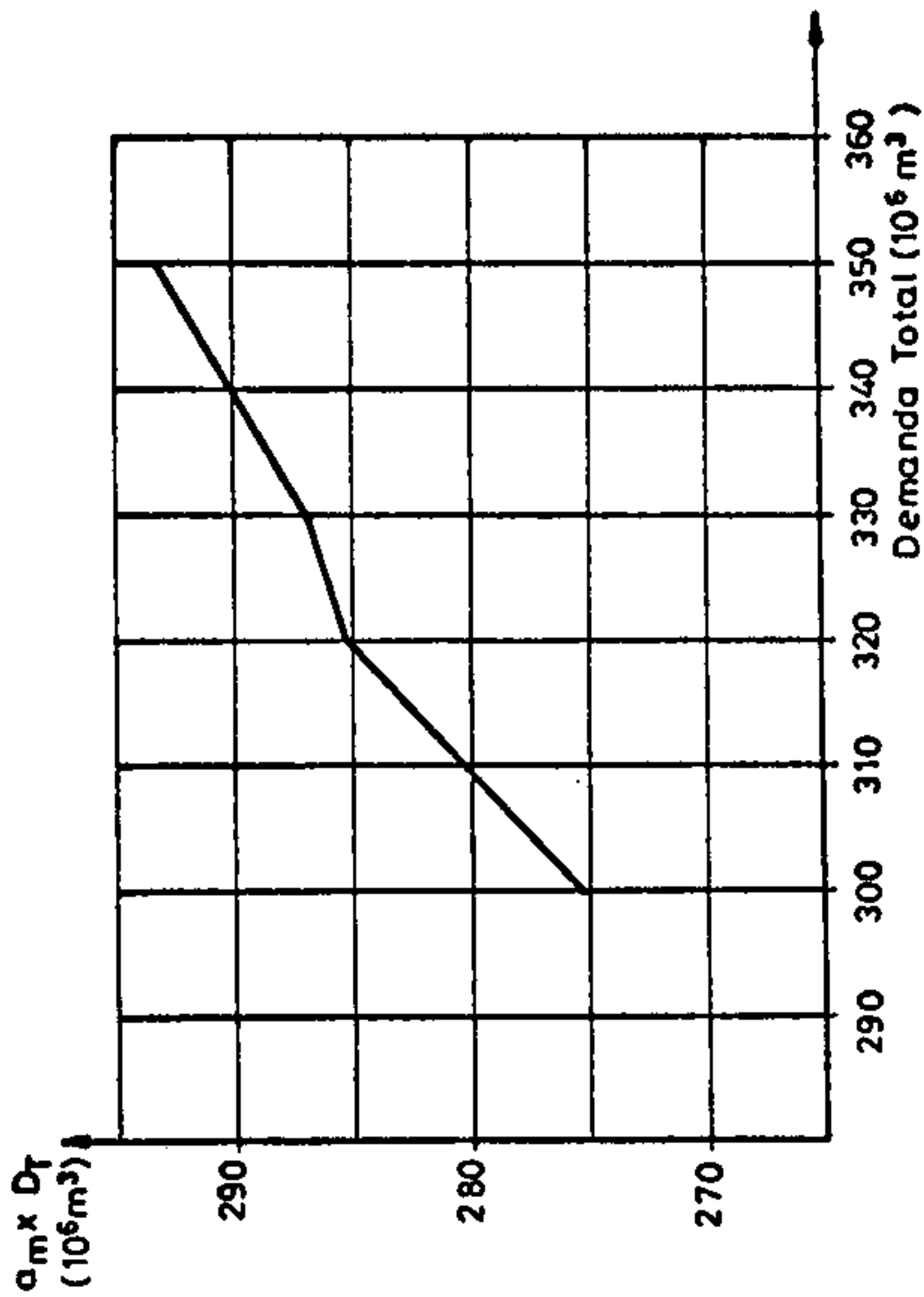
De acuerdo con los resultados indicados aparece como razonable suponer que el conjunto de embalses puede satisfacer anualmente con una seguridad adecuada una demanda total en bocatoma de 320 millones de m^3 . Esta cifra es una buena aproximación inicial para poder fijar patrones de cultivo. En las pasadas definitivas se verá que es posible satisfacer demandas algo mayores por dos razones. En primer lugar, en estas pasadas preliminares no se consideró la precipitación como fuente de disminución de la tasa de riego. Al considerarla, se producirá una disminución en la demanda neta al sistema. La otra razón, que permite suponer un aumento en las entregas está relacionado con la política de operación del embalse Recoleta. En estas pasadas preliminares, como ya se explicó, los embalses se operaron con una demanda directa y no se pudo implementar para Recoleta la curva de alerta explicada en la metodología.

Con el volumen de 320 millones de m^3 determinado aquí se confeccionaron las tablas de alternativas de patrones de cultivos (punto 5.3.10).

Las pérdidas netas del sistema por efecto de rebalses en todas las pasadas analizadas fluctúan entre 1563 y 1212 millones de m^3 estando la mayoría de los valores comprendidos entre 1300 y 1400 millones de m^3 . El pequeño rango de variación de la mayoría de los rebalses se explica por el hecho de que en el año hidrológico 1965 y

FIG. 5.8

VARIACION DE PARAMETROS CON LA DEMANDA TOTAL



parte de 1966 se producen la mayoría de los rebalses (aproximadamente un 80%). Al examinar las pasadas definitivas se analizará más a fondo el problema de rebalses ya que, como se dijo anteriormente, en estas pasadas preliminares la política de operación del embalse Recoleta está in completa y por lo tanto alejada de lo óptimo.

5.4.2.- Pasadas Definitivas.

En este punto se presentan y analizan las pasadas definitivas del modelo de operación.

Los datos utilizados en estas pasadas fueron detallados en el punto 5.3 de este capítulo. Los valores de las diferentes variables que fijan las políticas de operación son las mismas que se adoptaron como definitivas en las pasadas preliminares analizadas anteriormente. Esto es

- Volumen crítico de embalses : 550 millones de m³
- Volúmenes iniciales en los embalses : 150 millones de m³
- Porcentaje del volumen disponible que se entrega en años de restricción : 50%.

En primer lugar se analizan las respuestas del sistema ante las tres alternativas de patrones de cultivos que interesan. Se procesan dichas alternativas y de acuerdo con los resultados se aumenta o disminuye, en forma porcentual, la superficie de cada sector con el objeto de determinar cual es la superficie máxima que puede abastecer en forma segura el sistema para cada una de las alternativas.

Una vez definidas dichas superficies se presentan pasadas que consideran mejoramientos al sistema existente (como por ejemplo, revestimiento de algunos canales existentes, aumento de la capacidad máxima de los embalses Cogotí y Recoleta, etc.) con el objeto de poder cuantificar el incremento de superficie que dichas mejoras implicarían y así poder evaluar, la factibilidad económica de los citados proyectos.

Después de varias pasadas de prueba se adoptó una curva de alerta para el embalse Recoleta de 90 millones de m³ en los meses de Mayo a Sep-

tiembre (ambos inclusive) y de 80 millones de m^3 en el resto de los meses. Esto significa que estando el embalse por sobre ese volumen se puede entregar libremente agua al sector de riego Villalón e incluso al río Limarí. Sin embargo, bajo los volúmenes indicados el embalse Recoleta sólo entrega al sector Talhuén - Tuquí - Villaseca y suple los déficit del sector Villalón provocados por falta de capacidad del canal derivado Recoleta.

También se adoptó un volumen mínimo en Recoleta de 20 millones de m^3 . Cuando dicho embalse baja de ese volumen, se conducen recursos desde el río Grande por el canal alimentador de Recoleta para llevar el embalse a ese volumen. Esta conducción está condicionada a que el embalse Paloma tenga almacenado un volumen mayor que 100 millones de m^3 . Esta política se implementó ya que en algunas pasadas se vio que el embalse Recoleta, de no operarse en la forma anterior, no podía garantizar la misma seguridad que dan los embalses Cogotí y Paloma a los sectores que ellos sirven.

a) Alternativa 1 de patrón de cultivo.

Como se dijo anteriormente esta alternativa representa, básicamente, la situación actual de riego en la zona aguas abajo de los embalses. Las superficies de riego de los distintos sectores por categoría de cultivo se presentaron en la Tabla 5.6.

Procesada esta alternativa, que tiene una superficie total bajo riego de 28.584 hectáreas se vio que podría aumentarse levemente la superficie y por ello se procesó nuevamente la misma alternativa aumentando la superficie de todos los sectores en un 5% con lo cual la superficie total sometida a riego resultó de 30013 hectáreas. Los resultados de ambas pasadas se presentan, resumidos, en las Tablas 5.10 y 5.11.

En la columna 1 de dichas Tablas, se presenta el año hidrológico (Mayo - Abril). En las columnas 2 a 5 se anotan los porcentajes suplidos de la demanda total de empastadas y cereales-chacras tanto en invierno (Mayo - Agosto) como en verano (Septiembre - Abril). En la columna déficit se anota el volumen anual que no pudieron suministrar los embalses a la demanda ya restringida. Luego se escriben las entregas totales efectuadas por los tres embalses. Finalmente, en las 4 últimas columnas

se anotan los rebalses de cada embalse, y la suma de los rebalses de Paloma y Recoleta que constituyen pérdidas netas del sistema.

En la Tabla 5.10 se observa que en 11 años de simulación se produjeron recortes de invierno y estos se mantuvieron en el verano únicamente durante 5 años, siendo la restricción más grave la del año 1971 donde se suministró sólo un 25% de la demanda a cereales y chacras y un 45% a empastadas. Se considerarán como años fallados sólo aquellos en que se mantiene el recorte en los meses de verano ya que, como se explicó anteriormente, las restricciones hechas al comenzar el año pueden ser levantadas durante el invierno y por consiguiente el año no sería deficitario. Con esta consideración la alternativa 1 tendría una seguridad de 84%.

Para la alternativa 1 modificada de patrón de cultivos (Tabla 5.11) la situación es análoga, con la única diferencia que las restricciones se man tienen en 6 años, es decir la seguridad baja al 81%.

Es interesante anotar para ambas pasadas la superficie que se deja de regar en los años con restricción. Para ello se hará la suposición simple que en esos años al disminuir las entregas, se mantiene la tasa y baja la superficie cultivada. En la Tabla 5.12 se ha anotado esta superficie para los años considerados fallados multiplicando el porcentaje no suplido por la superficie del cultivo correspondiente.

RESULTADOS ALTERNATIVA I PATRON DE CULTIVOS (28584 há.s.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total.		Empastadas Cer. y Chac. Inv. Ver	Inv. Ver	Cogotí	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Deficit Totales (10 ⁶ m ³)	Paloma + Recoleta	Paloma + Recoleta
	Inv	Ver				Paloma	Recoleta			
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	102.5	0.0	0.0	273.3	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	7.0	0.0	0.0	315.7	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	300.6	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	308.2	0.0	0.0
1948	0.60	1.00	0.40	1.00	16.4	0.0	0.0	255.7	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	29.1	0.0	0.0	287.6	0.0	0.0
1950	0.80	1.00	0.60	1.00	46.3	0.0	0.0	266.0	0.0	0.0
1951	0.78	0.78	0.58	0.58	9.3	0.0	0.0	198.9	0.0	0.0
1952	0.49	0.49	0.29	0.29	40.3	0.0	0.0	111.6	0.0	0.0
1953	0.92	1.00	0.72	1.00	171.5	18.3	2.8	276.9	2.8	21.1
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	43.6	64.4	0.0	301.8	0.0	64.4
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	317.1	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	305.4	0.0	0.0
1957	0.74	1.00	0.54	1.00	178.6	16.7	5.5	251.0	5.5	22.2
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	29.5	74.0	0.0	286.6	0.0	74.0
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	14.4	0.0	0.0	298.8	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	316.4	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	82.3	0.0	0.0	282.7	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	4.5	0.0	0.0	308.9	0.0	0.0
1963	0.90	1.00	0.70	1.00	147.0	45.0	0.0	237.5	0.0	45.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	6.6	3.2	0.0	311.3	0.0	3.2

(continúa.-)

T A B L A 5.10 (continuación)

RESULTADOS ALTERNATIVA 1 PATRON DE CULTIVOS (28584 há.s.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer.y Chac.		Deficit Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Cogotí	Paloma Recoleta	Paloma + Recoleta
	Inv	Ver	Inv	Ver		Paloma	Recoleta			
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	270.7	242.0	914.7	130.6	1045.3
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.1	78.3	180.3	14.9	195.2
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.0	1.6	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	315.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.85	0.85	0.65	0.65	0.0	230.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.52	0.52	0.32	0.32	0.0	130.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	110.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	0.0	231.4	144.4	0.0	29.6	29.6
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	308.7	8.6	0.0	0.0	0.0
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	309.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total					1403.8	1316.6	183.4		1500.0
	Promedio					267.9				

T A B L A 5.11

RESULTADO ALTERNATIVA 1 MODIFICADA (30013 Hás)

Año	Empastadas		Cer. y Chac	Ver	Porcentaje Suplido de Demanda Total	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv	Ver						Cogotí	Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	286.9	101.4	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	331.4	6.7	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	315.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	323.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.48	1.00	0.28	1.00	0.0	0.0	256.6	13.3	0.0	0.0	0.0
1949	0.87	1.00	0.67	1.00	0.0	0.0	278.2	29.6	0.0	0.0	0.0
1950	0.68	0.68	0.48	0.48	0.0	0.0	178.9	51.2	0.0	0.0	0.0
1951	0.81	0.81	0.61	0.61	0.0	0.0	217.4	10.5	0.0	0.0	0.0
1952	0.50	0.50	0.30	0.30	0.0	0.0	120.9	38.7	0.0	0.0	0.0
1953	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	314.8	168.7	3.6	0.0	3.6
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	316.9	42.8	52.2	0.0	52.2
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	333.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	320.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.64	1.00	0.44	1.00	0.0	0.0	256.2	175.5	0.0	0.0	0.0
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	300.9	28.7	51.1	0.0	51.1
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	313.8	13.3	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	332.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	296.9	79.9	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	324.4	3.9	0.0	0.0	0.0
1963	0.74	1.00	0.54	1.00	0.0	0.0	237.0	145.8	0.0	0.0	0.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	326.2	6.3	0.0	0.0	0.0

5.42

(continúa.-)

T A B L A 5.11

RESULTADO ALTERNATIVA 1 MODIFICADA (30013 Hás.)

Año	Empastadas		Cer.y Inv	Chac Ver	Porcentaje de Demanda Total	Suplido (10 ⁶ m ³)	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv	Ver							Cogotí	Paloma	Recoleta	
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	284.2	240.1	895.7	124.1	1019.8
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	308.5	77.5	174.5	13.7	188.2
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	308.8	1.2	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	331.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.76	0.76	0.56	0.56	0.0	0.0	0.0	214.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.47	0.47	0.27	0.27	0.0	0.0	0.0	122.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	128.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	0.0	0.0	0.0	243.1	129.9	0.0	24.4	24.4
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	324.1	8.3	0.0	0.0	0.0
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	324.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Total								1373.3	1177.1	162.2	1339.3

Promedio 276.5

5.43

T A B L A 5.12

SUPERFICIE NO REGADA (HAS.)

Año	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 1 MODIFICADA		
	Empas.Cer.y	Chac.Total		Empas.Cer.y	Chac.Total	
1950	-	-	-	972	12902	13874
1951	637	9925	10562	577	9676	10253
1952	1476	16777	18253	1520	17368	18888
1969	434	8271	8705	729	10917	11646
1970	1389	16068	17457	1611	18112	19723
1971	1592	17722	19314	1671	18608	20279
Superficie Total No Regada	5528	68763	74291	7080	87583	94663
Promedio Anual No Regado	178	2218	2396	228	2825	3053
Superficie Riego	2894	23630	26524	3039	24811	27850
Porcentaje (%)	6.1	9.4	9.0	7.5	11.4	10.9

De la Tabla anterior se tiene que para la alternativa 1 la superficie anual promedio no regada es de 2396 hectáreas de un total de 28584 hectáreas. Es decir, la superficie media anual regada es de 26188 hectáreas. En el caso de la alternativa 1 modificada con una superficie total de riego de 30013 hectáreas la superficie anual promedio no regada es de 3053 hectáreas con lo cual la superficie media regada aumenta a 26960 hás., es decir, un incremento neto con respecto a la alternativa 1 de 772 hectáreas. Como la seguridad de ambas alternativas es similar se recomienda la alternativa 1 modificada con una superficie total de riego de 30000 hectáreas.

Por otra parte, los rebalses totales de Paloma y Recoleta alcanzan a 1500.4 millones de m³

en el primer caso y a 1339.3 en el segundo. En ambos casos, y sobre todo en el segundo, un porcentaje muy alto del total de rebalses se produce durante el año hidrológico 1965 y parte de 1966. Esos rebalses son imposibles de controlar ya que se concentran en unos pocos meses.

En las figuras 5.10 y 5.11 se muestran los estados de los embalses en cada uno de los meses de los 31 años de simulación. Ambas figuras son bastante semejantes de manera que se analizará sólo la primera. El embalse Cogotí mantiene durante muchos meses un volumen igual al máximo provocando esto rebalses en la mayoría de los años (ver Tablas 5.10 y 5.11). Esto se debe a que el sector abastecido por ese embalse en estas pasadas tiene una demanda muy pequeña ya que gran parte de lo que históricamente ha abastecido Cogotí se está su-
pliendo desde Paloma en el modelo. Ahora bien, los rebalses del embalse Cogotí son almacenados en Paloma, el cual tiene pocos excesos con excepción del período mencionado anteriormente. De manera que los continuos rebalses de Cogotí, no provocan perjuicios a la operación del sistema.

En cuanto al embalse Paloma se nota en la figura su efecto multianual, almacenando recursos en años húmedos y vaciándose paulatinamente en años siguientes. Este efecto se ve más marcadamente desde el año hidrológico 66 hasta el 71 en que se llegó a un nivel mínimo de embalse a pesar de las restricciones que se impusieron. En la figura 5.10 se observa que en el período 48-52 el embalse Paloma fluctúa entre 100 y 200 millones de m^3 y no sigue la tendencia de llenado y vaciado del resto de los períodos.

El embalse Recoleta, tiene fluctuaciones de volumen similares a las del embalse Paloma, a una escala mucho menor.

A continuación se analizará el problema de la capacidad de los canales. En esta alternativa, por tener un patrón en que predominan los cereales, el mes crítico lo constituye Septiembre ya que en ese mes la tasa adoptada para los cereales es máxima. En la Tabla 5.13, se han anotado las demandas en bocatoma (en millones de m^3) de 4 canales para la alternativa 1 modificada, en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, y el volumen máximo que ellos pueden conducir de acuerdo con su capacidad. Se ha considerado además, de acuerdo con lo explicado anteriormente, que el canal derivado Recoleta pue

FIG. 5.10
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
ALTERNATIVA 1 DE PATRON DE CULTIVO (28.58% hárs)

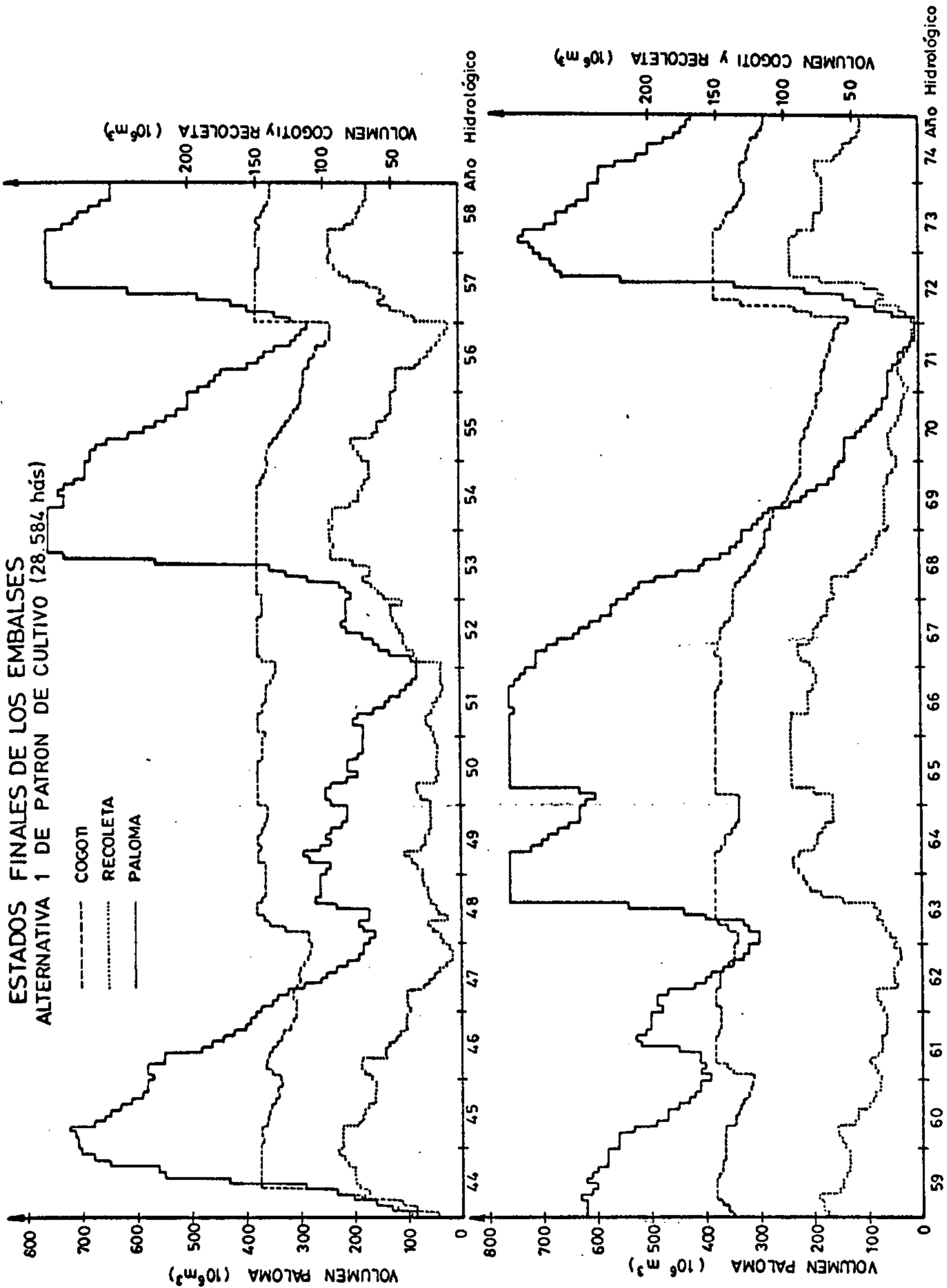
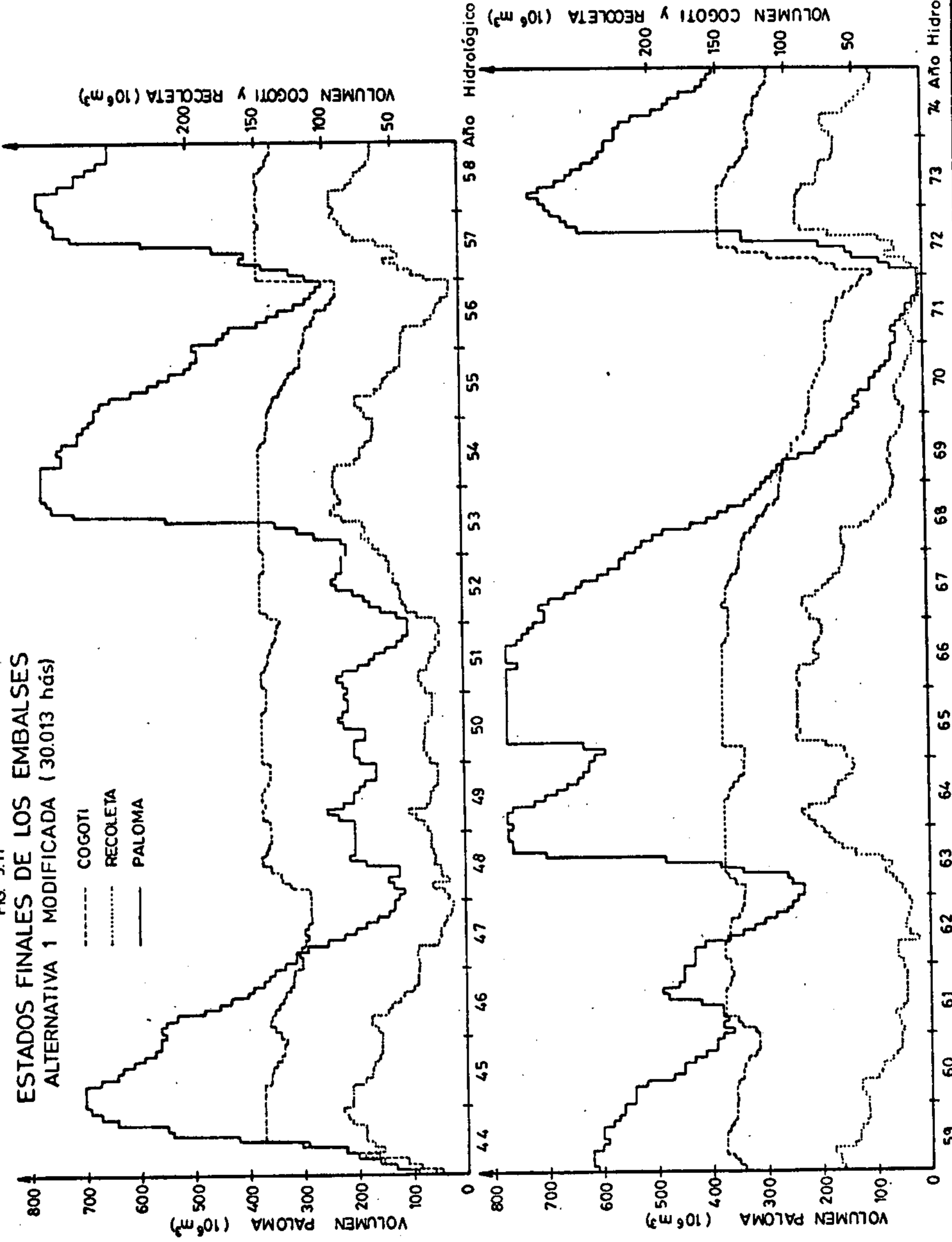


FIG. 5.11
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
ALTERNATIVA 1 MODIFICADA (30.013 hás)

--- COGOTI
- - - RECOLETA
— PALOMA



de conducir 10 millones de m^3 al mes, como máximo. Los otros canales del sistema no se han anotado ya que no presentan problemas de capacidad.

T A B L A 5.13
DEMANDA EN BOCATOMA.
(millones m^3)

Canal	Ago.	Sep.	Oct.	V_{max}
Villalón	10.6	22.3	12.4	16.0
Camarico	6.3	11.8	6.9	9.4
D. Cogotí	11.8	22.2	13.0	11.7
Matriz Paloma	22.1	32.9	23.4	21.4

En todos los canales anotados se observa que durante el mes de Septiembre la demanda es mayor que el volumen máximo que pueden conducir. El problema no es muy grave en los canales Villalón y Camarico ya que si se adelanta el riego algunos días antes de comenzar el mes de Septiembre y se prolonga hasta los primeros días de Octubre, la capacidad de esos canales sería suficiente. Sin embargo en el Derivado Cogotí, su capacidad es inferior a la demanda en todos los meses anotados. Para los meses de Agosto y Octubre la diferencia entre demanda y capacidad es muy pequeña pero en el mes de Septiembre dicha diferencia es apreciable. Suponiendo válida en la práctica la tasa de riego que se está utilizando, la falta de capacidad del canal Derivado Cogotí y en consecuencia el Matriz Paloma, podría subsanarse enviando recursos desde el embalse Cogotí a través del Canal Matriz Cogotí, el cual tiene una huelga importante de capacidad. En esta forma se podría servir, por ejemplo, todo el sector Tabalí que en el mes de Septiembre tiene una demanda en bocatoma de 11.89 millones de m^3 . Tal como se observa en la figura 5.11, el embalse Cogotí no presentaría problemas para servir ese volumen. Sin embargo, por el hecho de tener que conducirlo por el canal Matriz Cogotí, la demanda en bocatoma aumentaría ya que este canal tiene una eficiencia de conducción menor que el Derivado Cogotí.

Si el sector Tabalí se abastece por el Derivado Cogotí, la demanda en bocatoma, como ya se dijo, es de 11.89 millones de m^3 (24.9% de pérdidas) y si se supe desde Cogotí dicha demanda aumenta a 19.08 millones de m^3 (53.2% de pérdidas) lo cual significa un aumento de demanda de 7.29 millones de m^3 . En relación con la demanda total al sistema esto significa aproximadamente un 2% .

Con un estudio más detallado de la tasa de riego, que considere entre otras cosas el desfase que en la práctica existe en el mes de siembra de un mismo cultivo, se podrá saber si efectivamente el derivado Cogotí tiene una capacidad insuficiente para servir la totalidad de la demanda que le está planteando el modelo. En todo caso de persistir el déficit de capacidad, éste será menor que el anotado en la Tabla 5.13.

b) Alternativa 2 de patrón de cultivos.

Esta alternativa corresponde a una situación intermedia entre la alternativa 3, que se analizará más adelante, y la alternativa 1 que básicamente representa la situación actual. La superficie de riego de los distintos sectores por categoría se presentaron en la Tabla 5.7.

En forma análoga al caso anterior, se procesó primero esta alternativa con un total de 23080 hectáreas y se vio que dicha superficie podía aumentarse levemente. Por lo tanto se procedió a plantear un patrón igual pero con una superficie que fuese un 10% mayor que la superficie básica, lo cual da un total de 25388 hectáreas.

Los resultados de ambas pasadas se anotan en la Tabla 5.14 y 5.15. Estas tablas son similares a las ya presentadas para la alternativa 1.

En la Tabla 5.14 se observa que el modelo recorta las entregas durante el invierno en 9 de los 31 años y mantiene las restricciones para primavera-verano, únicamente en 4 de esos años. Considerando únicamente a estos últimos como años fallados se tiene una seguridad de 87%.

T A B L A 5.14

RESULTADOS ALTERNATIVA 2 PATRON DE CULTIVOS (23080 háas)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer.y. Chac.		Déficit Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Cogotf	Paloma + Recoleta	
	Inv	Ver	Inv	Ver		Paloma	Recoleta		Paloma + Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	264.5	104.2	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.0	9.2	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	284.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	289.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.72	1.00	0.52	1.00	0.0	260.6	22.7	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	274.2	31.3	0.0	0.0	0.0
1950	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	280.8	46.2	0.0	0.0	0.0
1951	0.93	0.93	0.73	0.73	0.0	236.5	8.8	0.0	0.0	0.0
1952	0.54	1.00	0.34	1.00	0.0	238.0	32.3	0.0	0.0	0.0
1953	0.79	1.00	0.59	1.00	0.0	260.6	170.5	13.3	13.3	13.3
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	285.5	47.0	40.2	40.2	40.2
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	286.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.82	1.00	0.62	1.00	0.0	252.8	183.9	60.1	60.1	60.1
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	274.1	31.9	89.9	89.9	89.9
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	283.4	16.6	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	295.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	271.3	86.4	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	289.7	5.3	0.0	0.0	0.0
1963	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	252.9	147.8	92.1	92.1	92.1
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	292.3	8.6	32.7	32.7	32.7

(continúa.-)

T A B L A 5.14 (continuación)

RESULTADOS ALTERNATIVA 2 PATRON DE CULTIVOS (23080 hás.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer.y Chac. Ver	Inv	Ver	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Cogotif		Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta		
	Inv	Ver						Paloma	Recoleta	Paloma	Recoleta	Paloma	Recoleta	
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	263.9	244.0	923.5	136.0	1059.5			
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	282.9	81.2	213.6	19.6	233.2			
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	279.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1969	0.90	0.90	0.70	0.70	0.70	0.0	238.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1970	0.52	0.52	0.32	0.32	0.32	0.0	134.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	0.25	0.0	141.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	1.00	0.0	236.6	122.8	0.0	40.6	40.6	40.6	40.6	
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	290.3	10.6	0.0	6.7	6.7	6.7	6.7	
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	291.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Total							1413.8	1452.1	233.1	1685.2			
	Promedio							265.0						

5.51

T A B L A 5.15

RESULTADOS ALTERNATIVA 2 MODIFICADA (25388 hás.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Déficit Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Cogotí	Paloma + Recoleta	Paloma + Recoleta
	Empastadas Inv	Cer.y Chac. Ver		Paloma	Recoleta			
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	102.3	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8.7	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
1948	0.48	1.00	0.28	1.00	1.00	16.7	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	29.6	0.0	0.0
1950	0.66	1.00	0.46	1.00	1.00	45.9	0.0	0.0
1951	0.65	0.65	0.45	0.45	1.00	9.0	0.0	0.0
1952	0.45	0.45	0.25	0.25	1.00	40.9	0.0	0.0
1953	0.80	1.00	0.60	1.00	1.00	170.9	0.0	9.5
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	45.8	57.5	0.0
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
1957	0.62	1.00	0.42	1.00	1.00	178.0	0.0	0.0
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	30.5	70.5	3.5
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	14.5	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	82.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4.2	0.0	0.0
1963	0.76	1.00	0.56	1.00	1.00	145.6	0.0	0.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	8.2	13.6	0.0

(continúa.-)

T A B L A 5.15 (continuación)

RESULTADOS ALTERNATIVA 2 MODIFICADA (25388 há.s.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer. y Chac. Inv. Ver	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv.	Ver				Cogotf	Paloma	Recoleta	
1965	1.00	1.00	1.00	0.0	290.3	240.4	880.9	125.6	1006.5
1966	1.00	1.00	1.00	0.0	310.9	79.7	193.9	18.7	212.6
1967	1.00	1.00	1.00	0.0	307.0	1.2	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	0.0	324.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.72	0.72	0.52	0.0	207.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.45	0.45	0.25	0.0	127.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.0	179.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	0.0	260.1	92.8	0.0	29.0	29.0
1973	1.00	1.00	1.00	0.0	319.2	10.2	0.0	4.7	4.7
1974	1.00	1.00	1.00	0.0	320.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Total						1357.1	1216.4	191.0	1407.4
Promedio						279.9			

Para la alternativa 2 modificada los recortes de invierno aumentan a 11 manteniéndose estos durante 5 de esos años. Sin embargo en 3 de los 5 años se suple únicamente el mínimo de cereales, chacras y empastadas (25,25 y 45%).

En la Tabla 5.16 se calculan las superficies que se dejan de regar en los años con recortes. Para ello se multiplica el porcentaje no suplido por la superficie de riego del cultivo correspondiente.

T A B L A 5.16

SUPERFICIE NO REGADA (HAS.)

Año	ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 2 MODIFICADA		
	Empas.Cer.y	Chac.Total		Empas.Cer.y	Chac.Total	
1951	340	4347	4647	1871	9741	11612
1952	-	-	-	2940	13283	16223
1969	486	4830	5316	1497	8501	9998
1970	2333	10948	13281	2940	13283	16223
1971	2673	12075	14748	2940	13283	16223
Superficie Total No Regada	5832	32200	38032	12188	58091	70279
Promedio Anual No Regado	188	1039	1227	393	1874	2267
Superficie Riego	4860	16100	20960	5346	17710	23056
Porcentaje (%)	3.9	6.5	5.9	7.4	10.6	9.8

En el primer caso la diferencia entre la superficie de riego de cereales - chacras y empastadas con el promedio anual no regado da 19733 hás. y en el segundo caso esta cifra es de 20789 hás., es decir, un aumento neto de superficie regada de 1056 hectáreas.

Dado que, la seguridad de servir el 100% de la demanda es muy similar en ambos casos y que

en el segundo se logra una superficie media anual mayor, se recomienda que con un patrón de cultivos como el considerado en esta alternativa 2, se riegue una superficie total de 25.400 hectáreas como meta.

En cuanto a los rebalses estos son de 1685 millones de m^3 en la primera pasada, disminuyendo a 1407 millones de m^3 en la segunda. Al igual que para todas las alternativas, un porcentaje muy alto de ellos ocurre en el año hidrológico 1965 y parte de 1966.

En las figuras 5.12 y 5.13 se han graficado los volúmenes almacenados al final de cada mes en los embalses para los 31 años de simulación. Las figuras mencionadas presentan características muy similares a las de la alternativa 1 ya analizada con períodos de rápido aumento de volúmenes y luego largas recesiones en época de escasez de recursos. En los gráficos se aprecian volúmenes menores para el caso con mayor superficie, especialmente en el embalse Paloma. Los otros dos embalses no presentan mayores diferencias entre uno y otro caso.

Para analizar el problema de la capacidad de los canales se ha confeccionado la Tabla 5.17 para la alternativa 2 modificada.

T A B L A 5.17

DEMANDA EN BOCATOMA.
(millones de m^3)

Canal	Ago.	Sep.	Oct.	V_{max}
Villalón	8.4	14.4	9.6	16.0
Camarico	5.7	10.0	6.6	9.4
D. Cogotí	10.6	18.1	12.2	11.7
Matriz Paloma	18.9	28.1	21.9	21.4

De la Tabla anterior se ve que el canal Villalón no presenta problemas de capacidad y que Camarico tiene un déficit insignificante en el mes de Septiembre. Sin embargo el Canal Derivado Cogotí y en consecuencia el Matriz Paloma tienen un déficit importante en

FIG. 5.12
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
ALTERNATIVA 2 DE PATRON DE CULTIVOS (23.080 há.s)

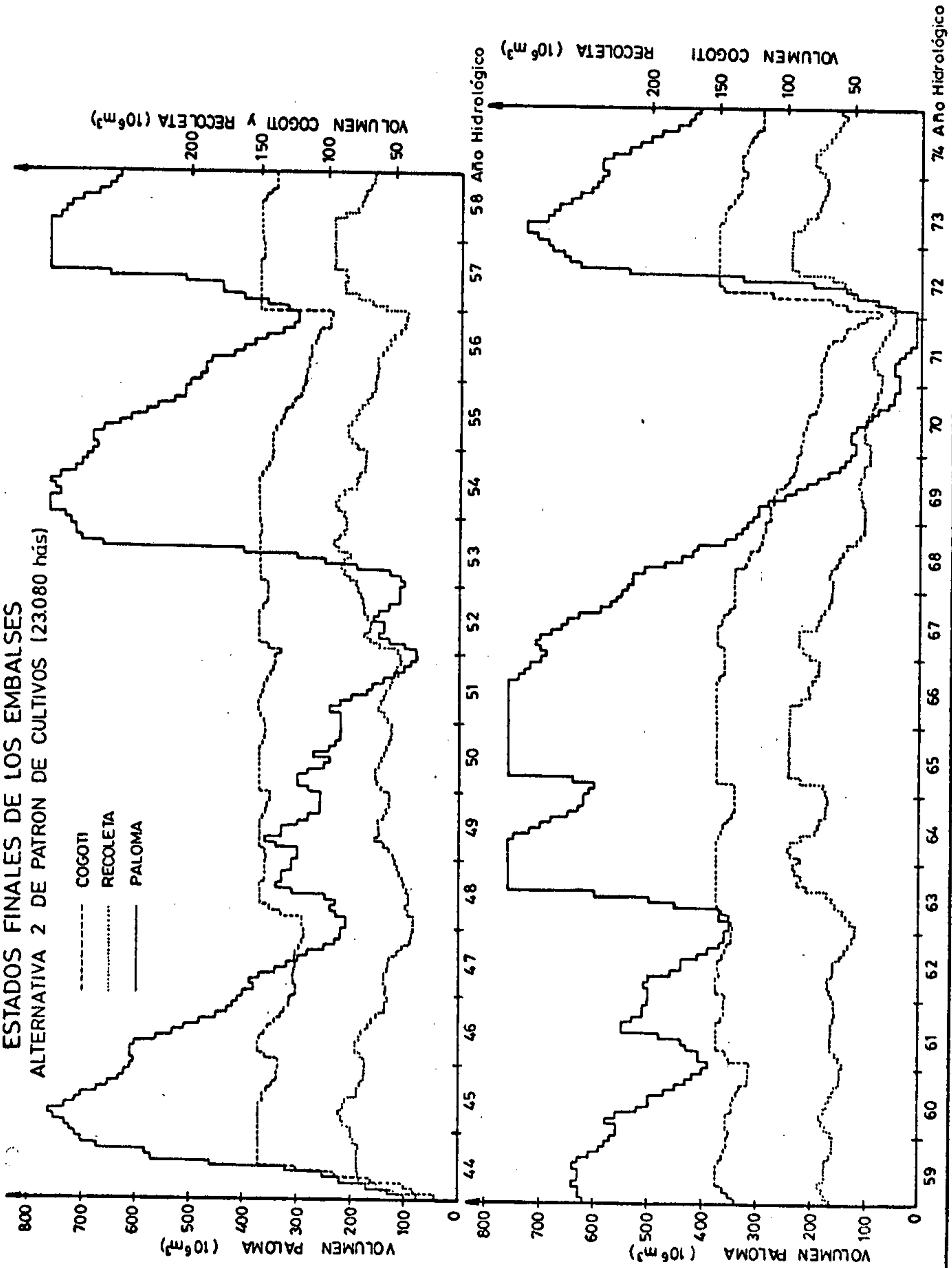
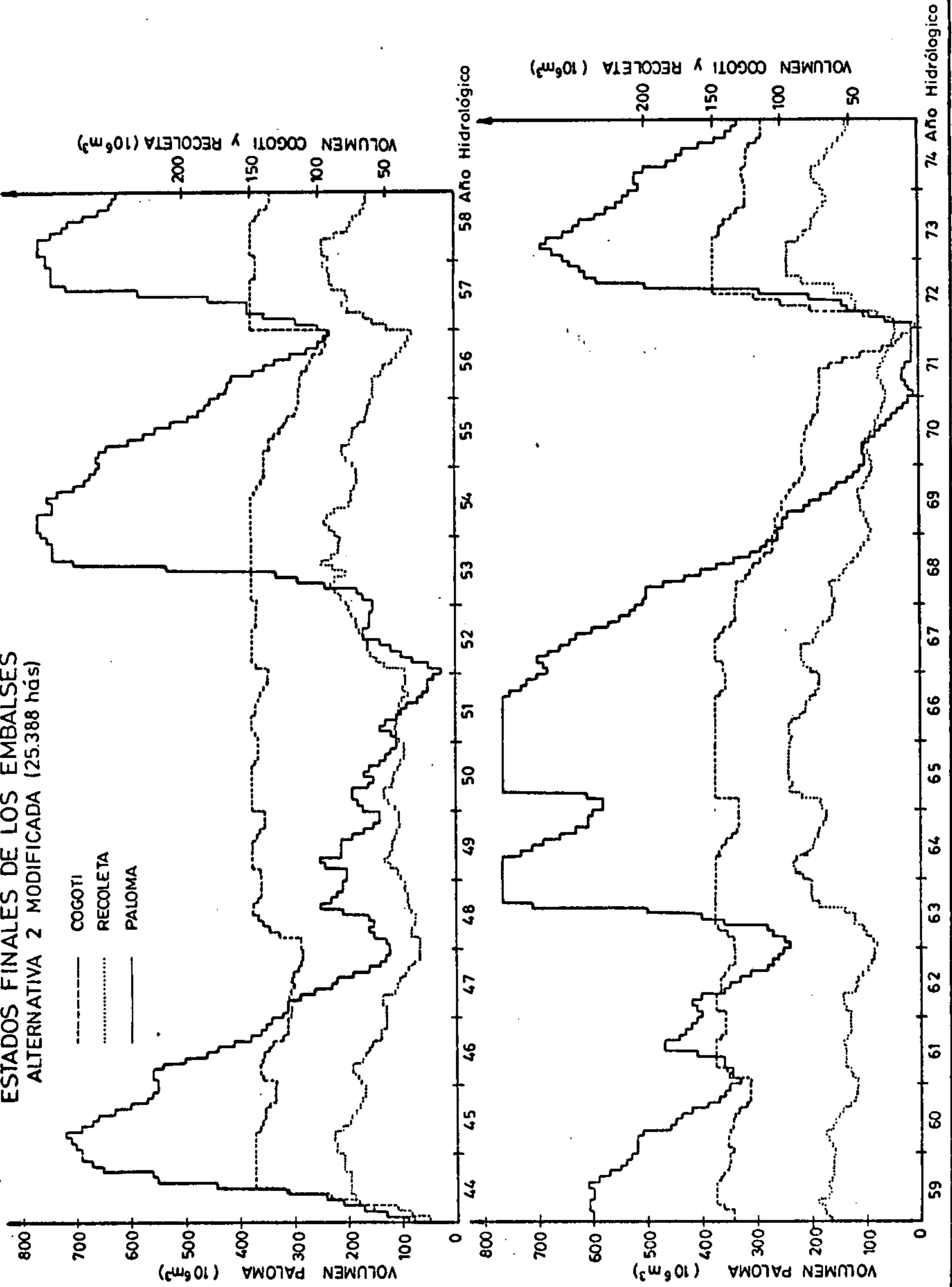


FIG. 5.13
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
ALTERNATIVA 2 MODIFICADA (25.388 háts)



el mes de Septiembre, aunque este déficit es bastante menor que el anotado en la alternativa 1. Cabe hacer notar que la disminución de la demanda con respecto a la alternativa 1 en los meses que se están analizando se debe a la menor superficie de cereales contemplada en esta alternativa 2.

Al igual que en el caso de la alternativa 1, de mantenerse la tasa de riego tan alta para cereales en el mes de Septiembre y subsistir el déficit mencionado, habrá que suplir el volumen que no pueda conducir el Derivado Cogotí a través del canal Matriz Cogotí. Para ello, tal como se aprecia en la figura 5.13, el embalse Cogotí tiene volúmenes suficientes para hacerlo.

c) Alternativa 3 de patrón de cultivos.

En la presentación de los datos necesarios para el modelo se dijo que el patrón de cultivos de la alternativa 3 (Tabla 5.8) obedeció a una tendencia futura en la zona, cuando los agricultores enfocaran su producción a cultivos de mayor aptitud y rentabilidad en la cuenca. Es así como en esta alternativa la superficie de frutales, viñas y empastadas suman 10690 hectáreas frente a una superficie total de 20190 hectáreas, es decir ocupan más del 50% del área regada. Esto contrasta con la situación actual en que dichos cultivos ocupan únicamente del orden de 5000 hectáreas de un total de 28500.

El resumen de resultados de esta alternativa se han tabulado en la Tabla 5.18. Ahí se observa que el sistema tiende a recortar las entregas en 11 años, pero en 6 de esos años levanta las restricciones durante el verano. Los 5 años de restricción significan una seguridad de abastecimiento de la totalidad de la demanda de 84%. Sin embargo las restricciones son fuertes ya que en 3 de los 5 años fallados se puede suplir el mínimo de cereales-chacras (25%) y empastadas (45%). Es más, durante el año 1971 se registra un déficit de 25,2 millones de m³, lo cual indica que aún con esos mínimos los embalses no pudieron suplir la demanda. El déficit que se registra en el año 1972, ocurre en el mes de Mayo, siendo una continuación de la tendencia anterior y además muy pequeña; por esto no corresponde considerarlo en forma separada.

El año 1971 es el más crítico de todo el período estudiado y en todas las alternativas ya analizadas se ha producido un mínimo de los volúmenes embalsados a fines de ese año hidrológico. En esta alternativa los embalses se agotan completamente e incluso registran el déficit mencionado. Esta situación se puede salvar restringiendo algo las entregas para frutales y viñas y además disminuyendo la superficie de empastadas. Si se entrega únicamente el 80% de la tasa de frutales y viñas y se disminuye la superficie de empastadas a un 35% en vez del 45% que utiliza el modelo, se puede levantar el déficit registrado.

En la Tabla 5.19 se han calculado las superficies que se dejan de regar en los años con restricción. Para ello se multiplica el porcentaje no suplido por la superficie de riego del cultivo correspondiente. Para el año 1971 se utilizó un 35% de superficie de empastadas regadas.

T A B L A 5.19

SUPERFICIE NO REGADA (HAS.)

Año	Empastadas	Cer. y Chacras	Total
1951	2706	5795	8501
1952	3630	7125	10755
1969	2376	5320	7696
1970	3630	7125	10755
1971	4290	7125	11415
Superficie total No regada	16632	32490	49122
Promedio Anual no regado	536	1048	1584
Superficie Riego	6600	9500	16100
Porcentaje (%)	8.1	11.0	9.8

RESULTADOS ALTERNATIVA 3 DE PATRON DE CULTIVOS (20.190 Hás.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer.y Chac.		Déficit Entregas Totales (10 ⁶ m ³) (10 ⁶ m ³)	Cogotf	Rebaleses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta
	Inv	Ver	Inv	Ver			Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	97.3	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.45	1.00	0.25	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	25.2	0.0	0.0	0.0
1950	0.62	1.00	0.42	1.00	0.0	39.7	0.0	0.0	0.0
1951	0.59	0.59	0.39	0.39	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0
1952	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	34.4	0.0	0.0	0.0
1953	0.71	1.00	0.51	1.00	0.0	164.5	0.0	4.6	4.6
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	44.1	55.9	0.0	55.9
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.56	1.00	0.36	1.00	0.0	161.4	0.0	0.0	0.0
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	27.7	77.2	3.1	80.3
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	9.5	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	71.0	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0
1963	0.73	1.00	0.53	1.00	0.0	135.8	0.0	0.0	0.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	7.7	29.5	0.1	29.6

(continúa.)

RESULTADOS ALTERNATIVA 3 DE PATRON DE CULTIVOS (20.190 Hás.)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer.y Chac.		Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Cogotí		Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta	
	Inv	Ver	Inv	Ver			Paloma	Recoleta	Paloma	Recoleta	Paloma	Recoleta
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	294.0	230.4	883.7	109.3	993.0		
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	310.7	77.1	221.1	21.7	242.8		
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	302.1	0.0	0.0	0.0	0.0		
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	314.9	0.0	0.0	0.0	0.0		
1969	0.64	0.64	0.44	0.44	0.0	202.4	0.0	0.0	0.0	0.0		
1970	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	152.4	0.0	0.0	0.0	0.0		
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	25.2	157.9	0.0	0.0	0.0	0.0		
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	4.8	265.6	86.7	0.0	11.9	11.9		
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	311.3	10.3	0.0	11.3	11.3		
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	314.7	0.0	0.0	0.0	0.0		
	Total						1239.4	1267.4	162.0	1429.4		

Promedio 282.1

Los resultados anteriores muestran una disminución promedio anual de superficie regada por concepto de recortes en las entregas de 1584 hectáreas que comparadas con las 20190 hectáreas totales significa un 7.8%.

De acuerdo con los resultados presentados se puede recomendar una superficie de riego de 20200 hectáreas con un patrón de cultivos como el estudiado en esta alternativa 3.

Los rebalses del sistema (Tabla 5.18) son similares a los ya analizados en las otras alternativas.

En cuanto a los volúmenes almacenados en los embalses para el período de simulación (figura 5.14) se nota una disminución de ellos con respecto a las otras alternativas. Esto se ve acentuado en los dos períodos más críticos (48-52 y 67-71) alcanzando volúmenes iguales a cero durante el año hidrológico 1971.

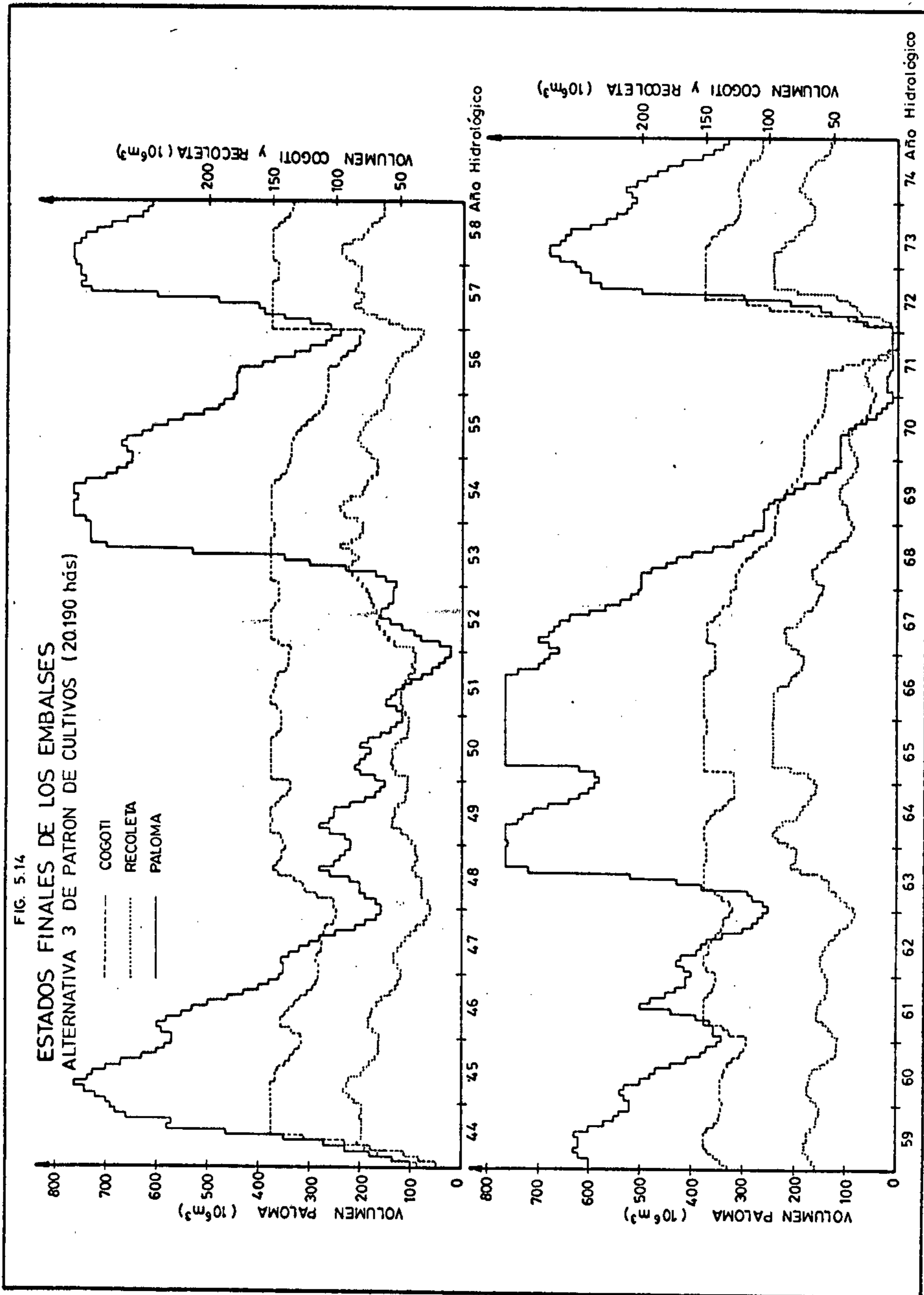
Para analizar el problema de la capacidad de los canales se ha confeccionado la Tabla 5.20, en la cual se anotan las demandas en bocatoma de 4 canales para los 3 meses más críticos que en este caso son Septiembre, Diciembre y Enero.

T A B L A 5.20

DEMANDA EN BOCATOMA.
(millones de m³)

Canal	Sep.	Dic.	Ene.	V _{max}
Villalón	10.8	10.3	11.1	16.0
Camarico	5.6	5.7	6.0	9.4
D. Cogotí	11.2	12.5	13.3	11.7
Matriz Paloma	21.2	22.5	23.3	21.4

De la tabla anterior se ve que los únicos canales con problemas, son el Derivado Cogotí y en consecuencia el Matriz Paloma, pero los déficits no son mayores de un 15% de la capacidad del canal y por lo tanto



no revisten la importancia que tenían en las otras alternativas estudiadas.

d) Respuesta del sistema a cambios en eficiencias de conducción y capacidad de embalses.

Desde que se concibió el proyecto Paloma ha inquietado la idea acerca de la conveniencia de aumentar la capacidad de los embalses Cogotí y Recoleta. Por tener estos embalses un vertedero libre se podría ampliar su capacidad sin necesidad de peraltar la presa ya que bastaría con colocar compuertas automáticas. Con el modelo diseñado se puede conocer la respuesta del sistema ante estos cambios.

También es posible medir la influencia que puede tener en el sistema la disminución de las pérdidas por conducción en ciertos canales.

Ambos cambios redundarán en una mayor superficie de riego y en consecuencia un aumento de beneficios. Mediante el modelo se puede determinar el incremento de superficie de riego provocado por estos cambios, para poder posteriormente hacer un estudio económico que, introduciendo el costo de las obras, permita determinar la factibilidad económica de las mismas.

En el Estudio Embalse Paloma (1) se propone aumentar el volumen del embalse Cogotí de 150 a 195 millones de m³ y el volumen de Recoleta de 100 a 120 millones de m³. En este punto se analizarán ambas alternativas.

En relación con la eficiencia de conducción de los canales se probó disminuir las pérdidas únicamente en 2 canales : Camarico y Villalón. Entre los canales no revestidos, estos son los más importantes desde el punto de vista de volumen conducido. Los canales Matriz Cogotí y Alimentador Recoleta, si bien tienen mayor capacidad, con la nueva política de operación conducirán un caudal bastante menor que Camarico y Villalón.

(1) Adolfo León E. "Estudio Embalse Paloma - Anteproyecto General del Sistema Paloma - Recoleta - Cogotí. Dirección de Riego, 1957.

Según lo anotado en los datos, el canal Villalón tiene una pérdida media por conducción de 46.6% si es servido desde el embalse Recoleta y de 42.6% si es abastecido desde el embalse Paloma a través del canal derivado Recoleta. Se piensa que revistiendo parcialmente este canal se podría alcanzar una pérdida media de un 25%. El canal Camarico tiene una pérdida media de 32% y con revestimientos parciales en las zonas de mayores pérdidas se podría disminuir la pérdida al orden de só lo 15%.

Para considerar el aumento de capacidad de los embalses se hicieron 2 pasadas : una con capacidad máxima de Cogotí igual a 195 millones de m³ y el resto del sistema igual, y otra con capacidad máxima de Recoleta igual a 120 millones de m³ y el resto del sistema igual que todas las demás alternativas. Para hacer estas pasadas se utilizó el patrón de cultivos de la alternativa 1 aumentado en un 10% (total de 31442 hás.). Hay que recordar que al analizar la alternativa 1 se concluyó que se podría abastecer con una seguridad adecuada una superficie que fuese un 5% mayor que el patrón planteado, es decir, un total de 30013 hás. Se hizo también una tercera pasada con la alternativa 1 más un 10%, pero en este caso se disminuyó la pérdida de conducción de los canales Camarico y Villalón manteniendo el volumen máximo de los embalses en su capacidad actual. Los resultados resumidos de las 3 pasadas se anotan en las Tablas 5.21, 5.22 y 5.23.

En la Tabla 5.24 se resume el número de años con recortes de entrega en invierno, verano y la seguridad, considerando años fallados únicamente a aquellos en que durante el verano no se levantan las restricciones impuestas en invierno.

T A B L A 5.24

AÑOS FALLADOS Y SEGURIDADES

Descripción	Superficie	N° Años Recorte		Seguridad (%)
		Inv.	Ver.	
Alternativa 1 modificada	30013	11	6	81
Aumento Cogotí	31442	12	6	81
Aumento Recoleta	31442	12	7	77
Revestimiento Canales	31442	10	4	87

RESULTADO VOLUMEN EMBALSE COGOTI = 195 x 10⁶ m³
ALTERNATIVA 1 MAS 10% (31.442 Hás)

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Empastadas Cer. y Chac.		Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Cogotf		Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta
	Inv	Ver	Inv	Ver			Paloma	Recoleta	Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	300.5	54.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	347.2	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	330.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	0.79	0.79	0.59	0.59	0.0	226.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.55	1.00	0.35	1.00	0.0	276.2	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	316.5	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1950	0.66	0.66	0.46	0.46	0.0	178.3	49.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1951	0.78	0.78	0.58	0.58	0.0	217.4	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1952	0.49	1.00	0.29	1.00	0.0	257.1	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1953	0.67	1.00	0.47	1.00	0.0	279.8	166.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	330.7	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	348.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	336.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.55	1.00	0.35	1.00	0.0	261.4	168.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	315.0	27.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	328.9	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	348.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	311.1	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	339.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1963	0.61	1.00	0.41	1.00	0.0	237.7	142.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	341.3	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0

(continúa.-)

T A B L A 5.21 (continuación)

RESULTADO VOLUMEN EMBALSE COGOTI = 195 x 10⁶ m³
ALTERNATIVA 1 MAS 10% (31.442 Hás)

Año	Empastadas		Chacr. Ver	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Déficit Entregas (10 ⁶ m ³) Totales	Rebalses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv	Ver		Inv	Ver		Cogotf	Paloma	Recoleta	
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	297.6	236.0	775.7	118.0	893.7
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	323.1	76.0	170.2	12.6	182.8
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	323.6	0.1	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	346.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.74	0.74	0.54	0.54	0.0	217.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	121.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	2.5	163.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	0.0	255.1	86.4	0.0	18.4	18.4
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	339.4	7.8	0.0	0.0	0.0
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	340.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Total							1235.4	945.9	149.0	1094.9

Promedio 288.9

T A B L A 5.22

VOL. MAXIMO RECOLETA = 120x10⁶m³ (31442 hás.)

5.68

Año	Empastadas		Cer.y Inv	Chac Ver	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebaleses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv	Ver					Cogotí	Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	300.5	100.3	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	347.1	6.3	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	330.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	0.79	0.79	0.59	0.59	0.0	225.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.55	1.00	0.35	1.00	0.0	276.0	17.4	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	316.4	27.1	0.0	0.0	0.0
1950	0.65	0.65	0.45	0.45	0.0	177.6	50.9	0.0	0.0	0.0
1951	0.78	0.78	0.58	0.58	0.0	216.7	10.4	0.0	0.0	0.0
1952	0.48	0.48	0.28	0.28	0.0	120.6	38.7	0.0	0.0	0.0
1953	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	329.6	167.5	0.0	0.0	0.0
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	331.9	42.1	31.5	0.0	31.5
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	348.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	336.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.55	1.00	0.35	1.00	0.0	261.4	172.4	0.0	0.0	0.0
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	315.0	27.8	0.0	0.0	0.0
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	328.8	12.1	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	348.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	0.83	1.00	0.63	1.00	0.0	284.6	79.1	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	339.8	3.4	0.0	0.0	0.0
1963	0.63	1.00	0.43	1.00	0.0	239.3	144.5	0.0	0.0	0.0
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	341.3	6.0	0.0	0.0	0.0

(continúa.-)

T A B L A 5.22 (continuación)

VOL. MAXIMO RECOLETA=120x10⁶m³ (31442 hás)

Año	Empastadas		Chac	Ver	Ver	Déficit	Rebalses (10 ⁶ m ³)			Paloma + Recoleta
	Inv	Ver					Inv	Ver	Totales (10 ⁶ m ³)	
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	297.9	238.1	825.3	90.2	915.5
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	324.6	76.6	177.2	12.5	189.7
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	323.5	0.7	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	346.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.68	0.68	0.48	0.48	0.0	198.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	121.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	155.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	0.0	254.8	106.7	0.0	0.0	0.0
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	340.2	7.9	0.0	0.0	0.0
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	340.1	0.0	0.0	0.0	0.0
						Total	1336.0	1034.0	102.7	1136.7
						Promedio				273.3

RESULTADOS DISMINUCION PERDIDA CONDUCCION CANALES CAMARICO Y VILLALON
ALTERNATIVA 1 MAS 10% (31.442 Hás)

5.70

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Déficit Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Cogotf	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta
	Inv	Ver			Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	270.0	100.4	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	311.5	6.3	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	298.1	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	305.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.57	1.00	251.2	9.0	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	285.2	27.2	0.0	0.0	0.0
1950	0.77	1.00	261.6	44.1	0.0	0.0	0.0
1951	0.77	0.57	194.6	8.6	0.0	0.0	0.0
1952	0.50	1.00	233.5	30.5	0.0	0.0	0.0
1953	0.72	1.00	255.6	167.7	0.0	0.0	0.0
1954	1.00	1.00	297.4	42.1	40.5	0.0	40.5
1955	1.00	1.00	314.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	302.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.69	1.00	244.5	171.8	35.7	13.6	49.3
1958	1.00	1.00	282.5	27.8	79.0	2.4	81.4
1959	1.00	1.00	296.4	12.1	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	313.7	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	280.5	77.5	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	306.3	3.5	0.0	0.0	0.0
1963	1.00	1.00	255.3	141.9	45.1	0.0	45.1
1964	1.00	1.00	307.1	6.1	6.2	0.0	6.2

(continúa.-)

T A B L A 5.23 (continuación)

RESULTADOS DISMINUCION PERDIDA CONDUCCION CANALES CAMARICO Y VILLALON
ALTERNATIVA 1 MAS 10% (31.442 Hás).

Año	Porcentaje Suplido de Demanda Total		Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta	
	Inv	Ver			Cogotí	Paloma		Recoleta
1965	1.00	1.00	0.0	265.4	238.2	914.1	139.3	1053.4
1966	1.00	1.00	0.0	289.6	76.6	186.6	16.9	203.5
1967	1.00	1.00	0.0	291.8	0.7	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	0.0	312.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.79	0.79	0.0	209.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.51	0.51	0.0	128.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.0	108.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.0	224.4	145.6	0.0	36.6	36.6
1973	1.00	1.00	0.0	304.3	7.9	0.0	0.7	0.7
1974	1.00	1.00	0.0	306.4	0.0	0.0	0.0	0.0
			Total	1345.6	1307.2	209.5	1516.7	

Promedio 268.0

De la tabla anterior se observa que el revestimiento de canales presenta la mejor seguridad y que el aumento de la capacidad del embalse Recoleta sólo tiene una seguridad del 77%.

Los resultados anteriores se analizarán desde el punto de vista de la superficie que se deja de regar en los años con fallas. En la tabla 5.25 aparecen las 3 pasadas y los valores globales de la alternativa 1 modificada, para poder comparar resultados.

Al comparar los resultados de la tabla 5.25 se observa que el revestimiento de los canales Camarico y Villalón, nuevamente presenta claras ventajas sobre el aumento de capacidad tanto de Cogotí, como de Recoleta.

En cuanto a esto último, se ve que el aumento de la capacidad de Cogotí presenta no sólo una seguridad mayor que la que se obtiene con un aumento de capacidad en Recoleta, sino que además la superficie no regada es menor.

Si se tiene en cuenta que la superficie total de riego de la alternativa 1 modificada es de 30013 hectáreas y en promedio se dejan de regar 3053 hectáreas (Columna 2, Tabla 5.25) se tiene una superficie media anual regada de 26960 hectáreas. Ahora bien, con un volumen máximo de Cogotí igual a 195 millones de m^3 la superficie de riego total utilizada fue de 31442 y las hectáreas dejadas de regar anualmente alcanzan a 3011 hectáreas, con lo cual se tiene una superficie media anual regada de 28431. Esto significa un incremento de superficie de riego, con respecto a la situación no mejorada, de 1471 hectáreas. Haciendo un análisis similar para el embalse Recoleta (Sup. total = 31442 hás., superficie media no regada anualmente = 3734, superficie promedio anual regada = 27708), da un incremento de superficie de riego de 748 hectáreas.

Se puede concluir entonces que un aumento de la capacidad del embalse Cogotí de 150 a 195 millones de m^3 permitiría regar con una seguridad que se estima adecuada, una superficie adicional de 1500 hectáreas. En cambio el incremento del volumen máximo de Recoleta de 100 a 120 millones de m^3 sólo permitiría aumentar dicha superficie en 750 hectáreas, con una seguridad algo menor.

Los rebalses totales del sistema son menores en las pasadas con aumento de capacidad en los embalses (1095 millones de m³ cuando aumenta Cogotí y 1137 millones de m³ cuando aumenta Recoleta) con respecto a los rebalses de la alternativa 1 modificada (1339 millones de m³) debido al aumento de la superficie de riego y por lo tanto de la demanda. Sin embargo esa disminución no es suficiente para mejorar el riego en una cifra mayor que la a notada anteriormente.

En las figuras 5.15, 5.16 y 5.17 aparecen graficados los estados finales de los embalses para todos los meses de operación, correspondiendo la primera figura al aumento de capacidad de Cogotí, la segunda al aumento de capacidad de Recoleta y la tercera al revestimiento parcial de los canales Camarico y Villalón. Todas las figuras presentan fluctuaciones de los estados de los embalses similares a las ya analizadas. Sin embargo es interésante destacar algunas particularidades.

Cuando se aumenta la capacidad del embalse Cogotí (figura 5.15), los estados del embalse Paloma son inferiores con respecto a la pasada en que se aumentó la capacidad del embalse Recoleta (figura 5.16); esto ocurre ya que los rebalses del embalse Cogotí, disminuyen (por el aumento de capacidad del embalse) y en consecuencia los aportes totales a Paloma son inferiores. En el caso del embalse Recoleta, sus estados finales mensuales son muy similares en ambas figuras. Esto se debe al hecho de haber utilizado la misma curva de alerta, lo que ocasiona que pocos meses después que Recoleta se llena, su volumen disminuye hasta alcanzar el volumen de la curva de alerta.

En el caso del revestimiento parcial de los canales Camarico y Villalón (figura 5.17) los estados finales del embalse Paloma son superiores a las otras dos pasadas que se están analizando, ya que la disminución de las pérdidas por conducción permite disminuir las entregas totales y por lo tanto aumenta el volumen embalsado.

Es importante analizar los rebalses del sistema en los tres casos que se están estudiando. Al aumentar la capacidad de Cogotí las pérdidas netas del sistema por rebalses alcanzan a 1095 millones de m³, al aumentar Recoleta suman 1137 millones de m³ y si se disminuyen las pérdidas en los canales Camarico y Villalón

FIG. 5.15
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
VOL. MAXIMO COGOTI = $195 \times 10^6 m^3$ SUP. 31.442 hás.

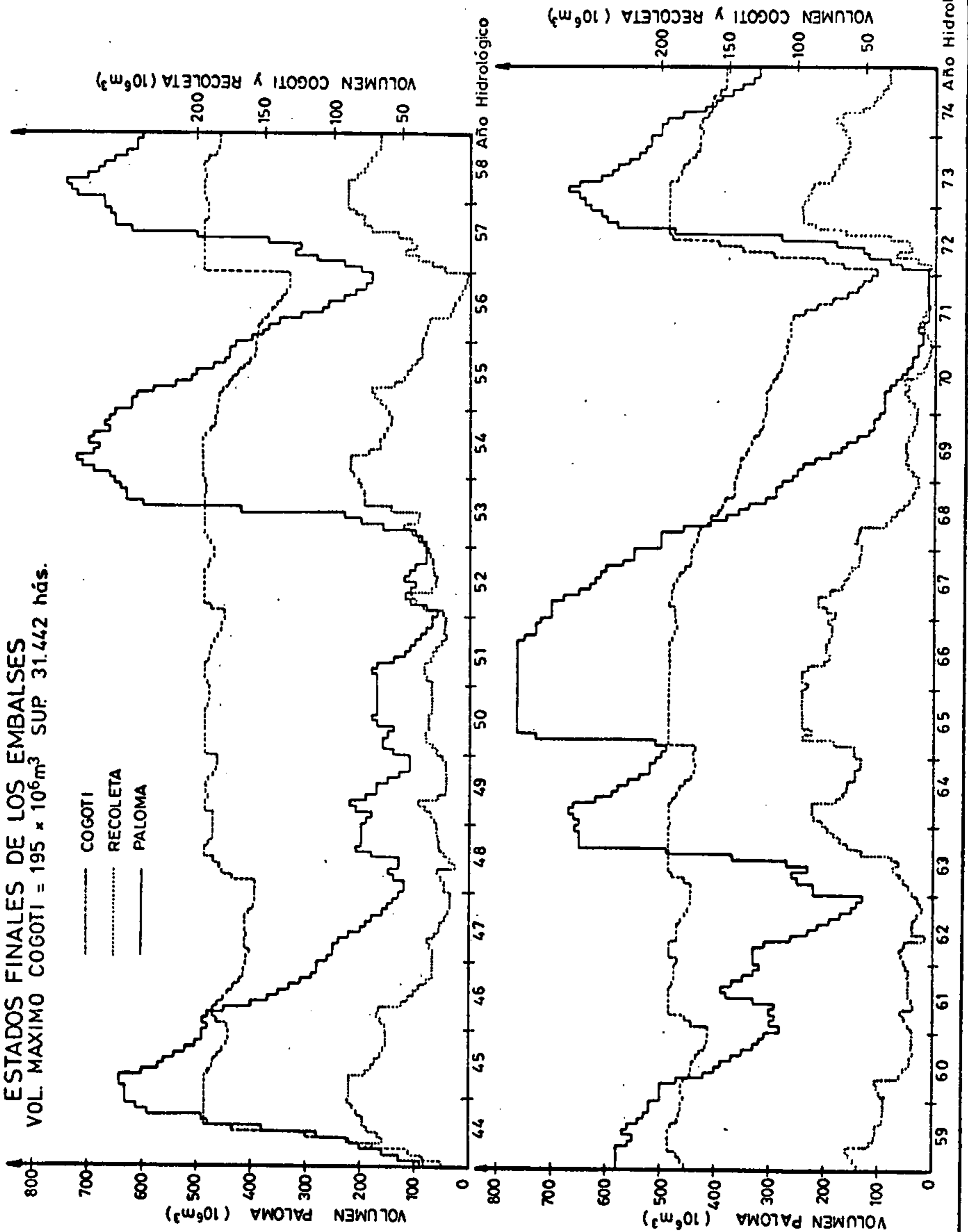


FIG. 5.16
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
VOL. MAXIMO RECOLETA = $120 \times 10^6 m^3$ SUP. = 31.442 hás.

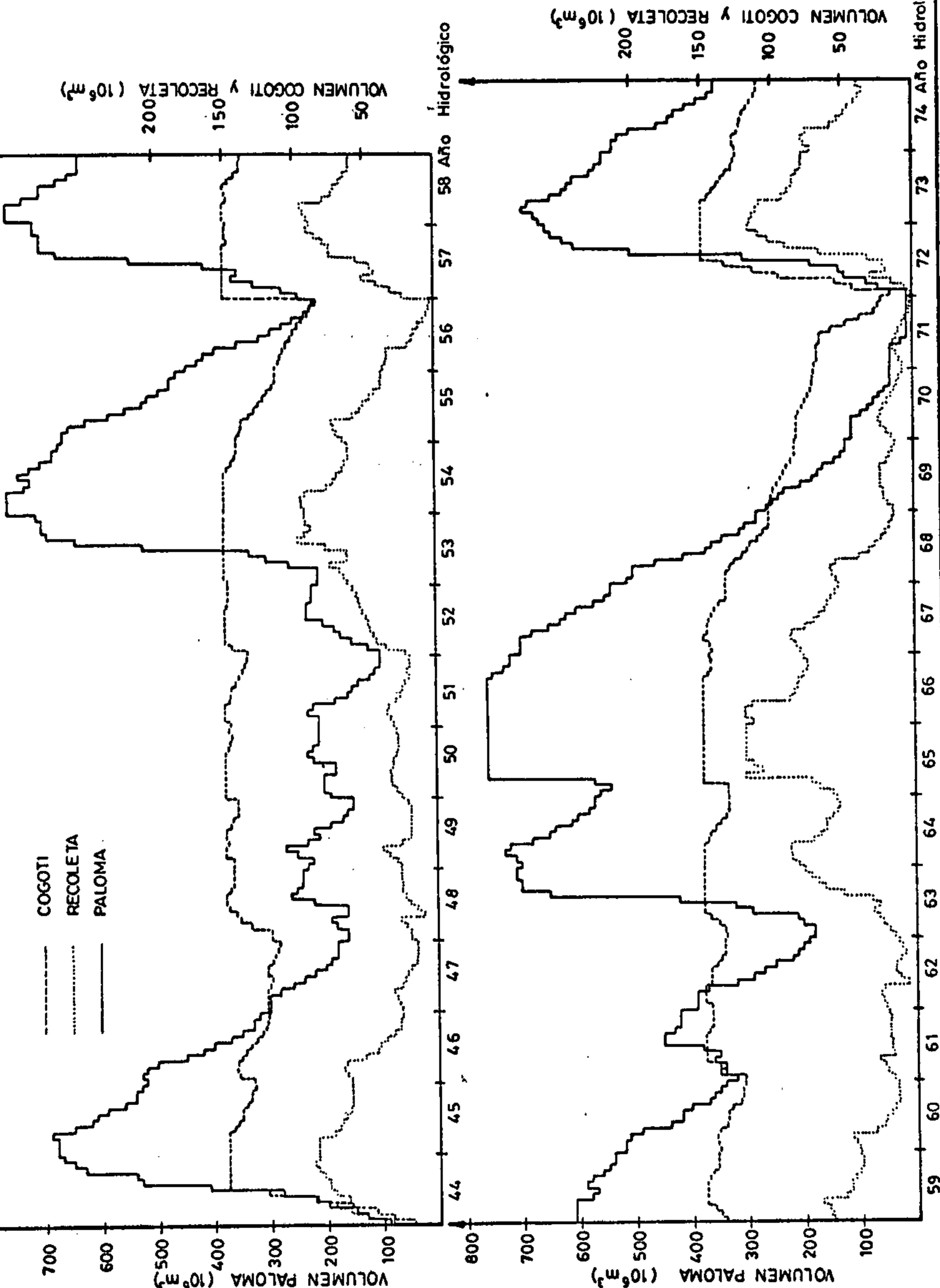
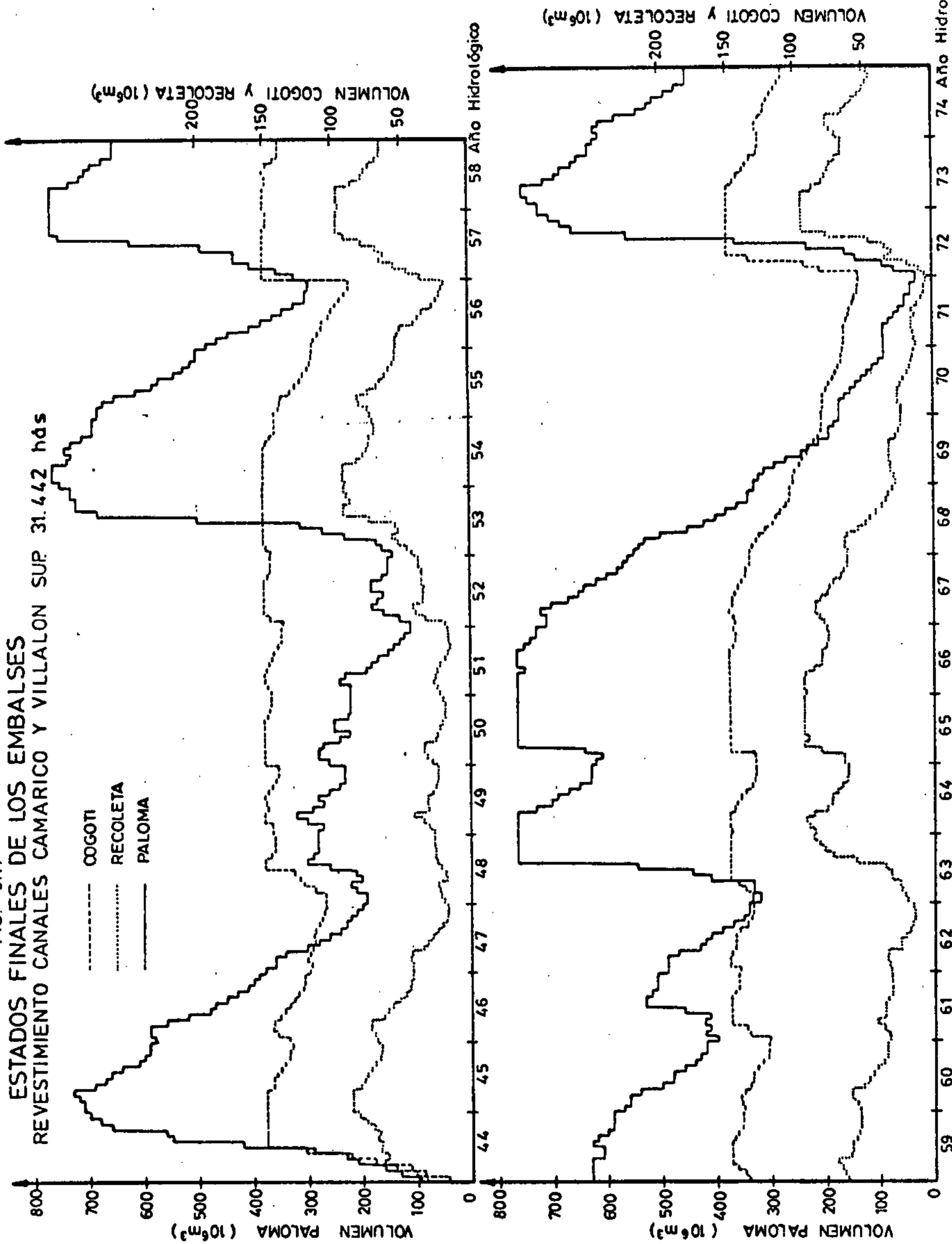


FIG. 5.17

ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
REVESTIMIENTO CANALES CAMARICO Y VILLALON SUP 31.442 hás

--- COGOTI
..... RECOLETA
—— PALOMA



llegan a 1516 millones de m³. Se vio que esta última pasada presenta los mejores resultados. Aparece como paradójal entonces que sea también la que presenta mayores rebalses. Esto se explica por el hecho que al disminuir las pérdidas por conducción, las entregas son menores y esa disminución, a lo largo de los años, compensa y sobrepasa las mayores pérdidas por rebalses.

Relativo al problema de la capacidad de los canales, las limitaciones analizadas en la alternativa 1 modificada, se ven superadas en el caso de que los canales Camarico y Villalón se revistan parcialmente, ya que de esa forma se disminuye la demanda total en bocatoma. Para los canales derivado Cogotí y Matriz Paloma el problema se ve agravado en los 3 casos que se están estudiando por el aumento de la demanda. Tal como se dijo al estudiar la alternativa 1 modificada, un estudio acabado de la variación estacional de la demanda podrá determinar finalmente si hay que recurrir al embalse Cogotí a través del canal Matriz Cogotí para levantar las limitaciones de capacidad de los canales mencionados.

Los resultados analizados anteriormente mostraban claramente, desde el punto de vista del aprovechamiento del recurso, que el revestimiento parcial de los canales Camarico y Villalón presenta ventajas sobre el aumento de capacidad de los embalses. Por esta razón se hizo una última pasada del modelo de operación considerando el revestimiento de canales, pero aumentando la superficie de riego de la alternativa 1 de patrón de cultivos en un 15% (total superficie = 32872 hás.) en lugar de 10% como se había hecho en la pasada anterior. Los resultados de esta pasada se anotan en la Tabla 5.26.

Se observa en dicha Tabla que en 11 años hay recortes en las entregas de invierno, pero sólo en 5 de esos años mantiene las restricciones para el verano, esto representa entonces una seguridad de riego de 84% para analizar la superficie no regada se confeccionó la tabla 5.27 en forma análoga a las tablas anteriores de este tipo. Se incluyó en esta tabla, con fines comparativos, los resultados de la alternativa 1 modificada y la pasada con canales revestidos pero con un 10% de aumento en la superficie de la alternativa 1. (Tabla 5.25).

T A B L A 5.27

SUPERFICIES NO REGADAS (HAS.)
EN CATEGORIAS EMPASTADAS, CEREALES Y CHACRAS.

Año	Alt. 1 Modif. Total	Revestimiento de Canales			Total
		Alt. 1+10% Total	Alternativa 1 + 15% Empas. Cer y Chacr.		
1950	13874	0	0	0	0
1951	10253	11909	1198	15217	16415
1952	18888	0	1830	20381	22211
1969	11646	11325	965	13315	14280
1970	19723	19495	1764	19837	21601
1971	20279	21246	1830	20381	22211
Superficie Total No Regada	94663	63975	7587	89131	96718
Prom. anual No Regado	3053	2064	245	2875	3120
Superficie Riego	27850	29176	3328	27174	30502
Porcentaje	10.9	7.1	7.4	10.6	10.2

En esta última pasada se tiene una superficie total de 32872 hectáreas y una superficie anual promedio no regada durante los 31 años de 3120 hectáreas. Esto da un promedio anual de superficie regada de 29752 hectáreas. Si se compara con el valor de 26960 hectáreas para la alternativa 1 modificada sin cambios en el sistema da un incremento de superficie por efecto del revestimiento de canales de 2791 hectáreas, vale decir, 2800 hectáreas.

En la figura 5.18 se han graficado los estados finales de los embalses para el caso que se está analizando. Dicha figura es muy similar a la figura 5.17 que presenta el mismo caso pero con una superficie menor. Evidentemente que en el caso de la figura 5.18 los volúmenes embalsados son algo inferiores.

RESULTADOS REVESTIMIENTOS CANALES CAMARICO Y VILLALON (32872 hás)

Año	Empastadas		Cer.y Inv. Ver	Chac Ver	Déficit (10 ⁶ m ³)	Entregas Totales (10 ⁶ m ³)	Cogotf	Rebalses (10 ⁶ m ³)		Paloma + Recoleta
	Inv	Ver						Paloma	Recoleta	
1944	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	282.2	99.3	0.0	0.0	0.0
1945	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	325.6	6.0	0.0	0.0	0.0
1946	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	311.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1947	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	319.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1948	0.48	1.00	0.28	1.00	0.0	253.5	5.9	0.0	0.0	0.0
1949	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	298.1	26.2	0.0	0.0	0.0
1950	0.65	1.00	0.45	1.00	0.0	262.0	43.7	0.0	0.0	0.0
1951	0.64	0.64	0.44	0.44	0.0	166.7	8.9	0.0	0.0	0.0
1952	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	107.4	40.5	0.0	0.0	0.0
1953	0.81	1.00	0.61	1.00	0.0	275.6	168.7	20.1	6.8	26.9
1954	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	310.9	41.3	69.7	0.0	69.7
1955	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	328.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1956	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	316.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	0.61	1.00	0.41	1.00	0.0	249.9	168.7	2.0	5.8	7.8
1958	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	295.3	27.0	75.6	1.5	77.1
1959	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	309.8	11.0	0.0	0.0	0.0
1960	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	327.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1961	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	293.2	75.1	0.0	0.0	0.0
1962	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	320.2	3.0	0.0	0.0	0.0
1963	0.72	1.00	0.52	1.00	0.0	233.5	142.2	4.9	0.0	4.9
1964	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	321.0	5.7	3.5	0.0	3.5

5.80

(continúa.-

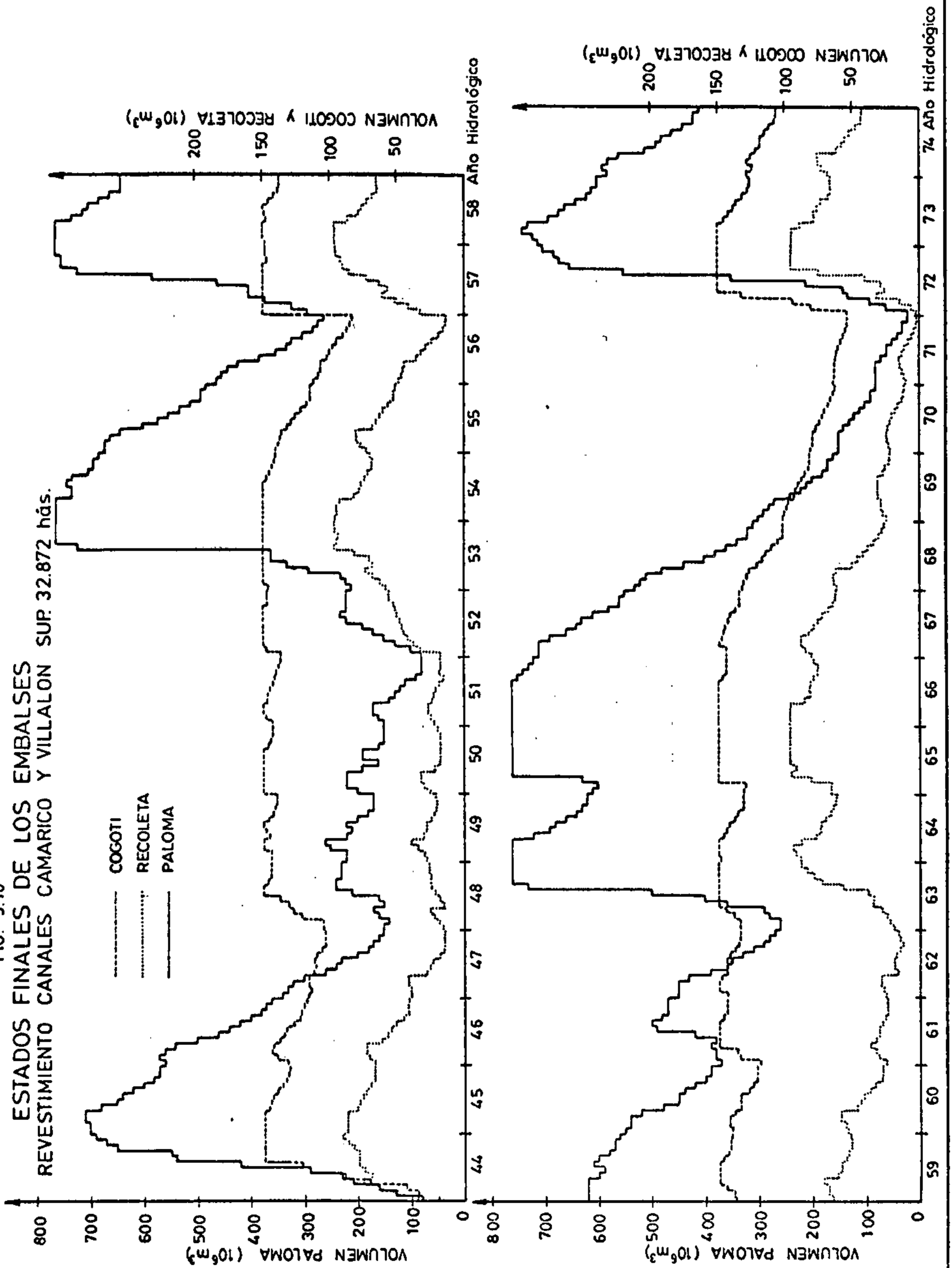
T A B L A 5.26 (continuación)

RESULTADOS REVESTIMIENTO CANALES CAMARICO Y VILLALON (32872 hárs)

Porcentaje Suplido Déficit Entregas
de Demanda Total (10⁶m³) Totales (10⁶ m³)

Año	Empastadas		Cer.y Inv	Chac Ver	Cogotí	Paloma	Recoleta	Paloma + Recoleta
	Inv	Ver						
1965	1.00	1.00	1.00	1.00	236.2	896.1	133.9	1030.0
1966	1.00	1.00	1.00	1.00	75.7	180.1	16.3	196.4
1967	1.00	1.00	1.00	1.00	0.3	0.0	0.0	0.0
1968	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.71	0.71	0.51	0.51	0.0	0.0	0.0	0.0
1970	0.47	0.47	0.27	0.27	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.45	0.45	0.25	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.45	1.00	0.25	1.00	143.6	0.0	30.9	30.9
1973	1.00	1.00	1.00	1.00	7.6	0.0	0.0	0.0
1974	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
Total					1336.6	1252.0	195.2	1447.2
Promedio					271.8			

FIG. 5.18
ESTADOS FINALES DE LOS EMBALSES
REVESTIMIENTO CANALES CAMARICO Y VILLALON SUP: 32.872 hás.



En cuanto a la capacidad de los canales, Camarico y Villalón no presentan problemas ya que al disminuir sus pérdidas baja la demanda total en bocatomas. En el caso de los canales derivado Cogotí y Matriz Paloma, las limitaciones analizadas para la alternativa 1 modificada se ven aumentadas por el incremento de la superficie de riego.

e) Respuesta del sistema al cambio de tasas de riego.

Es evidente que al disminuir la tasa de riego del sistema en un cierto porcentaje, la superficie que se puede regar con igual cantidad de agua aumentará en el mismo porcentaje en que decreció la tasa de riego. Resultaba innecesario entonces procesar el modelo para verificar esta conclusión. Sin embargo resulta interesante comentar algo al respecto.

De los cambios analizados, el que resulta más ventajoso es el de disminuir las pérdidas por conducción de los canales Camarico y Villalón. Esto proporciona, como ya se vio, un incremento neto de superficie de riego de 2800 hás. por sobre las 30000 hectáreas regadas en la alternativa 1 modificada. Resulta que si se logra disminuir la tasa en un 10% se podrían regar $30000/0.9 = 33333$ hectáreas, es decir, 3333 hectáreas más. A simple vista, esta última solución aparentemente es más ventajosa que cualquiera de las modificaciones analizadas anteriormente, ya que aparece como muy simple disminuir la tasa en el porcentaje señalado.

Sin embargo, la reducción de la tasa de riego requiere de un largo y costoso proyecto de racionalización del uso del agua en la cuenca. En la racionalización están involucrados una serie de trabajos, como ser: unificación de canales, obras de regulación (embalse de noche), mejoramiento intrapredial en general, control adecuado de las entregas, tecnificación del riego, etc.

Un buen programa de racionalización puede mejorar las tasas de riego mucho más allá del 10% propuesto. Claro está, que dicho programa tiene un costo asociado, de manera que será preciso evaluar el costo que esto representa frente a los beneficios que se obtendrían al incrementar la superficie cultivada.

Queda pues planteada la necesidad de confrontar costos y beneficios de las modificaciones analizadas en este estudio, para poder decidir cual o cuales de ellas son las más rentables y definir su secuencia de implementación en el tiempo. En este sentido habrá que tener presente el tiempo que requiere en implementarse cada una de las modificaciones, ya que, en el caso de la racionalización esta toma mucho más tiempo que cualquiera de las obras de revestimiento o incremento de capacidad de los embalses.

f) Funcionamiento del canal alimentador de Recoleta.

En el Anexo VI, Tablas VI.1 a VI.6 se han anotado los volúmenes mensuales (en millones de m^3) conducidos por dicho canal en bocatoma. Las tablas se confeccionaron únicamente para las pasadas consideradas como definitivas, vale decir, alternativa 1 modificada, alternativa 2 modificada, alternativa 3, volumen máximo Cogotí $195 \times 10^6 m^3$, volumen máximo Recoleta $120 \times 10^6 m^3$ y revestimiento de canales Camarico y Villalón con una superficie total bajo riego de 32872 hectáreas.

De las tablas mencionadas se observa que el canal alimentador de Recoleta funciona en forma muy discontinua siendo mucho mayor el número de meses en que no conduce agua. Los volúmenes conducidos tienen por objeto llevar el embalse Recoleta al volumen mínimo que se le fijó (20 millones de m^3) y además aprovechar de llenar el embalse Recoleta cuando los recursos del río Grande amenazan con provocar rebalses en el embalse Paloma.

En todos los casos en que se utiliza la alternativa 1 de patrón de cultivos (Tablas VI.1, VI.4, VI.5 y VI.6) el canal alimentador funciona en forma más continuada que para los casos de las alternativas 2 y 3. La explicación de esto está en que para la alternativa 1 la demanda en el mes de Septiembre es muy alta, y como el canal derivado Recoleta tiene una capacidad limitada, para poder suplir la totalidad de la demanda del sector Villalón hay que entregar recursos obligatoriamente desde el embalse Recoleta. Esto hace que dicho embalse disminuya sus volúmenes embalsados quedando entonces más capacidad para poder almacenar excedentes del río Grande. En cambio en las alternativas 2 y 3 no es tan crítica la situación en el mes de Septiembre y por lo tanto la mayor parte de la demanda del sector servido por el canal Villalón, puede ser suplida por el embalse Paloma a través del canal derivado Recoleta.

Al incrementar el volumen del embalse Recoleta a $120 \times 10^6 \text{ m}^3$, se producen los mayores volúmenes conducidos por el canal alimentador de Recoleta ($11.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ promedio anual) justamente porque en ese caso hay un mayor volumen disponible en Recoleta para almacenar excedentes del río Grande.

Las pérdidas en el canal alimentador a Recoleta alcanzan a un 52% de manera que, de los volúmenes anotados en las tablas del anexo VI, sólo llega algo menos de la mitad al embalse. Esto significa una pérdida media anual que varía entre 2 millones de m^3 (para las alternativas 2 y 3) hasta 6 millones de m^3 . Hay que tener en cuenta que una gran parte de los volúmenes conducidos corresponden a excedentes del río Grande que igualmente se perderían por rebalses en el embalse Paloma. Por esta razón y por ser pequeños los volúmenes de pérdida frente a la demanda total al sistema, no se considera demasiado importante el intentar disminuir las pérdidas del canal alimentador de Recoleta.

A N E X O I

ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS

Nomenclatura Usada

- (1) : Relleno mensual.
 - (2) : Relleno mensual. Se supone $p=0$ en mes sin dato.
 - (3) : Relleno anual.
 - (4) : Relleno anual con ajuste mensual con estaciones cercanas.
 - (5) : Dato según Pluviometría CORFO.
- En blanco : No hubo precipitación en ese mes.
- Guión : mes sin dato.

T A B L A I.1

Estación : Combarbalá (original) Latitud : 31°11'
 Controlada por : Dirección de Obras Sanitarias (DOS) Longitud: 71°02'
 (precipitación en mm.) Altura : 904 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1944	5	9		32	26	120	11	99		19			321
45		149					1.5	51	14.5		7.5		223.5
46				12	56	84	22	19					193
47						49.4	86	30		34			199.4
48			2	19	62	29	109	17	1	4			243
49				49	67	34	145.5	59.5	25	1			306
50				11	153	72	8		12				236
51					31	99	57	3					186
52		14					49						278.55
53				50	41	5	28	169	10				303
54				31	72	62	28	32					225
55				6	50		18	33					133.5
56			43		2	5	45	42	31				168
57					372	6	75	10	28		42		533
58					35	102	39	22	4	6			208
59				27		91	27	70					215
60													138.25
61							39	147					336.65
62						138	1	6		37			152
63					25	52	56.5	54.5	145.5		10.5		349
64	5					48.5	22	48.5					119
65				8	41	5	203	156			0.5		413.5
66				8.5		126	93.5	22			2		252
67					0.5	35.5	80	8.5	51	7			182.5
68						45.0		9.0 ¹	24.0				78.0
69					10.5	11.6 ¹		18					40.1
70					28.1		47.5	11		16			102.6
71	1					38.5	13.5	28.4 ¹	24.5				105.9
72					3.5	195	53	139.5	25.5	1.5			418
73				2	8.5	46	28.5			23			108
74					16.5	70		1.5	15.5				103.5

T A B L A I.3

Estación : Embalse Cogoti
 Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Latitud : 31°00'
 Longitud: 71°06'
 Altura : 656 m.s.n.m.

Año	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944				24	28	119	9	67.5						247.5
45	85					1.3 ¹	0.5	33.8 ¹		4.9 ¹		2.5 ¹		128.0
46					33	69	8	20						130.0
47						49	58	18		6	23			154.0
48				8	46	22	78	11.8			1			166.8
49					31	30.9	92.8	37						191.7
50				14	107.4			2		19		13		155.4
51				2	20.5	52	40			9				123.5
52					44.8 ¹	65.4	44.8 ¹	4.5 ¹		27.8 ¹	8.0 ¹			195.3 ⁴
53					25	4	25	136		27				217.0
54		1	2	42	56	55	30	36						222.0
55				5	19		6	28		4.5	18			80.5
56						6	50	30		29				115.0
57					330	8	71	5		18			20	452.0
58					19	85	45	37		5				191.0
59						41	9	34						84.0
60					6	21	6	13						46.0
61					3	156	34	99			8.7			300.7
62						65		3			34			102.0
63	0.3				19	46	56	38		98				257.3
64						22	10	38						70.0
65				2.8 ¹	15.1 ¹	22.4 ¹	71.9 ¹	129.9		76.7				318.8 ⁴
66				8		169.4	88.5	14.7						280.6
67						18	74	4		40	8			144.0
68						37		7.5		17				61.5
69				9		13		13						35.0
70					22		36.5	10.5			13			82.0
71						33	22	16		31				105.0
72					3	175.5	44	128		17.5				367.5
73				1.2	7	39.5	28.5				24.5			100.7
74					8.5	77.5		8						94.0

T A B L A I.4

Estación : Las Ramadas (original)
 Controlada por: Dirección General de Aguas (DGA)
 (precipitación en mm)

Latitud : 31°02'
 Longitud: 70°36'
 Altura : 2056 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944		6		30	34	186	14	140	8.5	4			422.5
45		48		12		14	28		33				135.0
46					56	52	20	5					133.0
47				3		53	50	70		7			183.0
48			20	20	31	52	159	24					306.0
49					36	23	83	62					204.0
50				18	175	3		23	20				239.0
51				23	13	28	48.5	3	3.5				119.0
52				5	80	99	61	30	9				279.0
53					97	38.5	19	89	75				323.5
54				46	73	66	28	20		14.5			233.0
55					48		7	18					87.5
56					48	7	12	11		41		44	78.0
57					269		40	14		13.5			408.0
58						106		20					139.5
59		4				170	16	27					217.0
60				7	13.5	52.5	21.5			1			95.5
61			4		8	164.5	48.5	179	10	29		3	446.0
62			15		1	88.5	10	18.5		37.5			170.5
63	5				36.5	108	63	64	218	13	21.5		529.0
64						70	21.5	47					138.5
65	4			44	32.5	12	219	271	21	3	14		620.5
66				12		158.5	111	44			17		342.5
67						49	15	7	20.5	4			95.5
68						41.5			26.5				68.0
69													122.9 ³
70					28		65.9	14	1	14			85.4 ⁴
71	7		8		52		13	34	24				138.0
72					20.5	394.5	26.5	91.5	55	11	2		601.0
73				5	7	49	62			11			134.0
74					14	91		4					109.0
75			2.9		42.5	48							

T A B L A I.5

Estación : Caren

Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Latitud : 30°51'

Longitud: 70°47'

Altura : 924 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	5			25	34	159.5	12	80	6	12			333.5
45		78.5				7	33		21				139
46				14.05	28.05	67.05	8.55						117.55
47				5		52	59	60.5		7			183.5
48				16	39	30	121	4					210
49				18	18	29	100.3	57.5					204.8
50				17.5	101	3							121.5
51				25.5	16.5	17	46	4.5	5.5				115
52					68.55	115.05	51.35	10.55	25.05	5.05			275.35
53				51.35	28	11	25	131	305				276.35
54				18.5	38	46.5	28.5	55					216.5
55					36.5			43.5		15			95
56			37				69	48	15				169
57					270	28.5	76		9		63.5		447
58					20	67	43.5	28		8			166.5
59				33		120	19	51					223
60			10		10	67							87
61			3			181	21	152.5		25			382.5
62						83		4		25			112
63					20	63	58.5	44.5	203	4	12		404
64						43.05	18.05	38.85					99.85
65				25	28.5	176		184	4.5	16.5			434.5
66				7.5		96		28			2		290.5
67						18.5		4	77	3			102.5
68						37			15.5				52.5
69								26					67.13
70					12.5		28.5	19		9			69
71	1.5					35	7.5	27.5	25.5	5.5			164.5
72					5	179.5	31	62	15	22.5			298
73				4.5		50	29						106
74					0.5	83.5		1	26.5				14.5
75					73	6							

T A B L A I.6

Estación : Fundo Valdivia
 Controlada por : Oficina Meteorológica de Chile (OMC)

Latitud : 30°45'
 Longitud: 70°42'
 Altura : 1300 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944		14		37	44	223	13	116.5		39.5			487
45		88				7	12.5	17.5	61.5				186.5
46				13.5	38.5	48.5	13.5	1.5		0.5			116
47				4.5		32	72.5	100		3.2			212.2
48				9	47.8	35.2	173.1	10.1					275.2
49					38.3	21.3	118	70.1					247.7
50				45	94.6	3.5		63.1		17.3	16.5		240
51	2.3			39.8	25	21.8	51	9.4	15.5		2.5		167.3
52					60	88	65	12	49	8			291.4
53					42	32	37	118	14.2				243.2
54				58	30	53	30	24					195
55				4	36		14	45		17			116
56			35		10		19	112	25			11	212
57					260	3.5	84	3.1 ⁵	29	8		52	439.6 ⁵
58					6.5	50	40.5	31.5	14.5	10			153
59			4	38		123	58	68.0 ⁵					291.0 ⁵
60													86.4 ⁵
61							16	153	15	51			333.0 ⁵
62													133.4 ⁵
63					20.6	66.2	56.9	43.6	158.9	14.6	26.5		387.3
64						60.1	21.4	45.1					126.6
65				31.8	45.2	30	105.9	194.8 ⁵	14	7			428.7
66			9.5		89	34	53.1				8.8		194.4
67						34.2	8.3	9.5	9	10			71
68					6.6	25		27.1	5				44.8 ⁵
69					7.5	13.5		14.6					47.2 ²
70							40.3	29.5	28.7	11			73.4
71	2.9		3.7		5.5	151.2	13.3	102	31.9	1.5			329.5
72						45.9	37.4			12.9			105.4
73				3.5			43.1						
74					1				11.2				12.1

T A B L A I.7

Estación : Paloma

Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Precipitación en mm.

Latitud : 30°41'

Longitud : 71°07'

Altura : 342 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	1.0			21.0	37.0	116.0	5.0	54.0	15.0	11.5			260.5
45	49.0					88.0	47.0		14.0				110.0
46				4.8	38.0		7.0						137.8
47						33.0	43.4	30.4		2.5			109.3
48				10.3	28.5	14.5	68.7			6.0			128.0
49					19.0	31.7	78.5	26.0					155.2
50				16.0	79.0				4.2	2.0	12.0		113.2
51					17.5	30.0	32.5						80.0
52					34.0	108.5	52.0	3.8	6.7				205.0
53				6.3	17.0	2.0	25.0	101.0	21.0				172.3
54				25.5	56.0	46.0	30.0	35.0					192.5
55					20.0		9.0	20.0	2.0	27.0			78.0
56		40.0					39.5	31.0	31.0		3.0		144.5
57					314.0	2.0	53.5	7.0			30.0		406.5
58					1.5	67.0	24.0	12.0	2.0				106.5
59				14.0		66.5	8.0	43.0					131.5
60					3.0	19.0	2.0						24.0
61					1.0	111.5	16.5	111.0		11.5	1.0		252.5
62						68.0		1.0		19.0			88.0
63					19.5	54.0	58.5	41.6	84.5		4.5		262.6
64					32.5	28.8	12.5	31.4					105.2
65				1.6	32.5	1.7	160.0	126.8		3.2			325.8
66				5.9		117.8	56.1	9.4	0.1		0.1		189.4
67					10.3	11.1	36.7	1.6	36.1	1.9	0.2		97.9
68						36.8		0.5	8.6				45.9
69				10.8		0.8		11.8					23.4
70		0.2			4.1		14.4	12.1	9.1				39.9
71	4.5					28.7	9.8	20.2	21.8				85.0
72				1.2	0.7	141.7	36.4	98.4	13.0				291.3
73					3.0	41.8	19.5			17.0			80.2
74					3.0	59.9	0.4	0.7	3.7				67.7
75		0.1			50.0	3.3							

T A B L A I.8

Estación : Ovalle
 Controlada por : Oficina Meteorológica de Chile (OMC)
 Precipitación en mm.

Latitud : 30°36'
 Longitud : 71°12'
 Altura : 220 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	3			14	28	123.6	3	54.8	9.3	3			229.4
45	51			0.8		56	5.2	24.9					86
46				6.1	34	11.1	34.4	7					108.3
47						5.5	40.2	8.7		6.2			60.4
48				2.3	7.3	14.3	69.9	6.1		0.7			62.1
49					32			26.2					142.4
50				17.2	91.2				8.6	2	13.2		132.2
51					26	36	27		4				93
52					31	95.8	45.6		4.2	2.2			178.8
53				42	16	3	10.6	49.5	15.2				136.3
54				5	16.4	49	16	18					104.4
55						0.7	4.4	12.7					22.9
56		29.8			2.1		9.1	30.6	22.1		0.9		95.3
57					256.7		51	2	6			18.4	334.1
58		2.6			1.7		33.2	42.7	5.5	6.3			134
59						64.2	2.3	29.8					111.3
60				15		21	2	2.6					31.6
61					6	65.3	14	66.5		5.0			150.8
62						27.4			25.2				52.6
63					16.5	29.6	50.4	32.6	91.3				220.4
64						19	14	16.2					49.2
65					20.5	1.4	134.4	101.6					257.9
66				3.6		92.3	37.9	3.7			0.5		138
67						21.1	28.7	2.2	43.3				95.3
68						29.6		2.2	4.8				36.6
69				0.6	0.4	1		16.2					18.2
70		1			1.9		17	14.7		4.3			38.9
71	0.7					24.1	10.5	16.4	25.4				77.1
72							34.5						189.2
73				4.7		23.1	12.2						62.3
74						68.1	0.2			22.9			68.3

T A B L A I.9

Estación : Hurtado

Latitud : 30°17'

Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Longitud : 70°42'

Precipitación en mm.

Altura : 1000 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Totál
1944		7.5		39.5	38	115		44	32	12			256
45		71					10						113
46					37	42	6						85
47				2.5		19	23	49					93.5
48					9	14	70.5	16					109.5
49					3	6	79	51					139
50				15	73			9	4		8		109
51				13	15	11	20	9	4				72
52		10			35	33	36		17				131
53					3	25	11	60					99
54				11	19	21	11	15					77
55					23	3		19		17			62
56			19			4	12	21.5	9				65.5
57					205	33	75					23	336
58					3	28	37	22					90
59				35	3	84	16	37					175
60					1	17	5		1	2			26
61					2	46	17	103		19			187
62						45	2	10		20			77
63					7	66	48	36.5	67	4	26		254.5
64						58	13	19					90
65				8	13	10	142.5	171	4		8		356.5
66				10		107.5	112	39			3		271.5
67					14	27	8	6	36	5			96
68					3	27.5							34.5
69				3.5	4	11.5	2	7		10			24.0 ²
70							12	2					28
71	4				41		12	34	38				129
72					5	160.5	29	54.5	21				270
73				1		40	11			12			64
74						59		3	16				78
75					50.5	14							

T A B L A I. 10

Estación : Embalse Recoleta
 Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)
 Precipitación en mm.

Latitud : 30°30'
 Longitud : 71°05'
 Altura : 412 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	1.5	4	-	17	29.7	112.5	3	54.8	0.2	7.3	-	-	230
45	-	57	-	-	-	-	30.3	-	7.5	-	-	-	94.8
46	-	-	-	2.05	27.15	54.95	0.15	4.55	-	-	-	-	94.65
47	-	-	-	-	-	9.5	44.8	16	-	2.5	-	-	72.8
48	-	-	-	-	18.2	12.6	44.3	12	-	1.5	-	-	88.6
49	-	-	-	-	14.8	12.5	59.2	25.5	-	-	-	-	112
50	-	-	-	16	52.4	-	-	4.5	1.8	3.5	9.3	-	87.5
51	-	-	-	-	20.8	23.4	18	-	4.1	-	-	-	66.3
52	-	-	-	-	54.8	53.3	42.7	-	3	1.1	-	-	154.9
53	-	-	-	22	4.3	7	11.3	79	14	-	-	-	137.6
54	-	-	-	16.8	26.4	41.8	20.7	33.4	-	-	-	-	139.1
55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.93
56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81.83
57	-	-	-	-	277.5	3	38	-	-	-	-	24	342.5
58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.43
59	-	-	-	12	2	54	4.5	35	-	-	-	-	107.5
60	-	-	-	-	8.5	7	-	1	4	-	-	-	20.5
61	-	-	-	-	-	85	10	73	-	8	-	-	176
62	-	-	-	-	-	50	-	2	-	15	-	-	67
63	-	-	-	-	13	38	58.5	41.6	78	-	5	-	234.1
64	-	-	-	-	-	25.5	13	23	-	-	-	-	61.5
65	-	-	-	1	24.5	3	148	99.5	-	-	-	-	276
66	-	-	-	5	-	80	46.5	10.5	-	-	-	-	142
67	-	-	-	-	-	21	22	-	30	-	-	-	73
68	-	-	-	-	-	33	-	-	5.5	-	-	-	38.5
69	-	-	-	-	-	-	-	9.5	-	-	-	-	20.23
70	-	-	-	-	2.5	26	8.5	12.5	-	-	-	-	30.5
71	2.5	-	-	-	-	96	5.5	20	20.5	7	-	-	74
72	-	-	-	-	-	34	24	-	7.5	-	-	-	135
73	-	-	-	0.5	-	29	9.5	-	-	-	-	-	62.73
74	-	-	-	0.5	1.0	-	2	-	4.5	-	-	-	37
75	-	-	-	-	50.5	1.5	-	-	-	-	-	-	-

T A B L A I.11

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS DEL PATRON (DATOS ORIGINALES SIN CORREGIR)

	Combar- balá	Cogotí 18	Emb. Cogotí	Ovalle	Fdo. Valdi- via	Las Ramadas	Hur- tado	Emb. coleta	Re-	Paloma	Caren	Patrón
1944	321.0	256.5	247.5	229.4	487.0	422.5	256.0	230.0		260.5	333.5	304.4
45	223.5	135.0	128.0	86.0	186.5	135.0	113.0	94.8		110.0	139.0	130.8
46	193.0	145.0	130.0	108.3	116.0	133.0	85.0	94.6		137.8	117.5	126.0
47	199.4	170.0	154.0	60.4	212.2	183.0	93.5	72.8		109.3	183.5	143.8
48	243.0	223.0	166.8	62.1	275.2	306.0	109.5	88.6		128.0	210.0	181.2
49	306.0	241.5	191.7	142.4	247.7	204.0	139.0	112.0		155.2	204.8	194.4
50	236.0	229.0	155.4	132.2	240.0	239.0	109.0	87.5		113.2	121.5	166.3
51	186.0	167.0	123.5	93.0	167.3	119.0	72.0	66.3		80.0	115.0	118.9
52	278.5	218.0	195.3 ³	178.8	291.4	279.0	131.0	154.9		205.0**	275.3	220.7
53	303.0	311.0	217.0	136.3	243.2	323.5	99.0	137.6		172.3	276.3	221.9
54	225.0	240.0	222.0	104.4	195.0	233.0	77.0	139.1		192.5	216.5	184.5
55	133.0	116.0	80.5	22.9	116.0	87.5	62.0	51.9 ³		78.0	95.0	84.3
56	168.0	149.0	115.0	95.3	212.0	78.0	65.5	81.8 ³		144.5	169.0	127.8
57	533.0	449.0 ²	452.0	334.1	439.6	408.0	336.0	342.5		406.5	447.0	414.5
58	208.0	178.0 ²	191.0	134.0	153.0	139.5	90.0	102.4 ³		106.5	166.5	146.9
59	215.0	210.0	84.0	113.0	291.0	217.0	175.0	107.5		131.5	223.0	176.5
60	138.2	72.0	46.0	31.6	86.4	95.5	26.0	20.5		24.0	87.0	62.7
61	336.6	318.0	300.7	150.8	333.0	446.0	187.0	176.0		252.5	382.5	288.3
62	152.0	126.0	102.0	52.6	133.4	170.5	77.0	67.0		88.0	112.0	108.1
63	349.0	317.0	257.3	220.4	387.3	529.0	254.5	234.1		262.6	404.0	321.5
64	119.0	127.0	70.0	49.2	126.6	138.5	90.0	61.5		105.2	99.8	98.7
65	413.5	392.0	318.8 ³	257.9	428.7	620.5	356.5	276.0		325.8	434.5	382.4
66	252.0	255.0	280.6	138.0	194.4	342.5	271.5	142.0		189.4	290.5	235.6
67	182.5	159.0	144.0	95.3	71.0*	95.5	96.0	73.0		97.9	102.5	111.7
68	78.0 ¹	53.0	61.5	36.6	44.8	68.0	34.5	38.5		45.9	52.5	51.3
69	40.1 ¹	39.0 ²	35.0	18.2	47.2 ²	122.9 ³	24.0 ²	20.2 ³		23.4	67.1 ³	43.7
70	102.6	87.5	82.0	38.9	73.4	85.4 ²	28.0	30.5		39.9	69.0	63.7
71	105.9 ¹	109.0 ²	105.0	77.1	78.1*	138.0	129.0	74.0		85.0	164.5	106.6
72	418.0	396.0	367.5	189.0 ³	329.5	601.0	270.0	135.0		291.3	298.0	329.5
73	108.0	88.0	100.7	62.9	105.4	134.0	64.0	62.7 ³		80.2	106.0	91.2

* Hay nieve (según OMC) (1) Relleno Mensual (2) Relleno Mensual. Se supuso precipitación nula en mes sin dato.

(3) Relleno anual ** Rellenada en DGA (Todo año 1952) Patrón Ovalle en 1953 de Enero a Marzo.

T A B L A I.12

Estación : Combarbalá
 Controlada por : Dirección de Obras Sanitarias
 Precipitación en mm.

Latitud : 31°11'
 Longitud : 71°02'
 Altura : 904 m.s.n.m.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	4.5	8.1		28.8	23.4	107.9	9.9	89.0		17.1			288.6
45		134.0					1.3	45.8	13.0		6.7		200.9
46				10.8	50.3	75.5	19.8	17.1	30.6				173.5
47						44.4	77.3	27.0					179.3
48			1.8	17.1	55.7	26.1	98.0	15.3	0.9	3.6			218.5
49				44.1	60.2	30.6	130.8	53.5					275.1
50				9.9	137.5		7.2		22.5	0.9			212.2
51				9.9	27.9	64.7	51.2	2.7	10.8				167.2
52		12.6				89.0	44.1						250.4
53				45.0	36.9	4.5	25.2	151.9	9.0				272.4
54				27.9	64.7	55.7	25.2	28.8					202.3
55			38.7	5.4	45.0		16.2	29.7					119.3
56					1.8	4.5	40.5	37.8	27.9				151.0
57					334.4	5.4	67.4	9.0	25.2		37.8		479.2
58					35.0	102.0	39.0	22.0	4.0	6.0			208.0
59				27.0		91.0	27.0	70.0					215.0
60													138.2 ⁵
61						138.0	39.0	147.0					336.6 ⁵
62						108.0	1.0	6.0		37.0			152.0
63	5.0				25.0	52.0	56.5	54.5	145.5		10.5		349.0
64						48.5	22.0	48.5					119.0
65				8.0	41.0	5.0	203.0	156.0			0.5		413.5
66				8.5		126.0	93.5	22.0			2.0		252.0
67					0.5	35.5	80.0	8.5	51.0	7.0			182.5
68						45.0		9.0 ¹	24.0				78.0
69					10.5	11.6 ¹		18.0					40.1
70					28.1		47.5	11.0		16.0			102.6
71	1.0				38.5		13.5	28.4 ¹	24.5				105.9
72					3.5	195.0	53.0	139.5	25.5	1.5			418.0
73				2.0	8.5	46.0	28.5			23.0			108.0
74					16.5	70.0		1.5	15.5				103.5

T A B L A I.13

Estación : Cogoti Dieciocho Latitud : 31°05'
 Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA) Longitud : 70°48'
 Precipitación en mm. Altura : 650 m.s.n.m.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944				28.3	37.0	139.2	8.6	102.9					316.0
45	115.8					3.7		46.8					166.3
46				8.0	41.0	68.6	11.6	27.6		24.9			129.2
47						44.6	54.4	11.6		2.7			151.5
48			1.8	14.3	47.2	17.8	103.4	50.8					198.7
49					49.0	25.8	87.3	11.6	2.2				215.2
50				37.4	121.2		47.2	3.6	9.8	8.9	15.1		204.0
51				14.3	33.0	39.2	44.6	4.5	11.6				148.8
52					44.6	65.0	44.6		27.6	8.0			194.2
53				44.6	35.6	11.6	29.4	124.7	31.2				277.1
54		0.9	1.8	37.4	53.5	52.6	34.7	33.0					213.8
55				5.0	41.0	7.0	7.0	24.0	6.0	33.0			116.0
56			39.0		2.0	4.0	45.0	37.0	22.0				149.0
57					316.0	4.0	54.0	12.0	23.0	2.0		38.0	449.0 ²
58					20.0	68.0	28.0	42.0	20.0				178.0 ²
59				28.0	7.0	84.0	21.0	70.0					210.0
60					15.0	33.0	11.0	5.0	4.0	4.0			72.0
61						128.0	24.0	132.0		31.0		3.0	318.0
62						98.0		3.0		25.0			126.0
63					25.0	46.0	47.0	53.0	137.0		9.0		317.0
64						64.0	18.0	45.0					127.0
65				2.0	46.0	4.0	169.0	171.0					392.0
66				13.0		129.0	89.0	24.0					255.0
67					20.0	24.0	64.0	7.0	40.0	4.0			159.0
68						34.0		7.0	12.0				53.0
69					12.0	5.0		22.0					39.0
70					29.5		34.5	13.5		10.0			87.5
71	2.5				42.5		10.0	31.0	23.0				109.0 ²
72					175.0		51.0	141.5	24.0				396.0
73					3.0	38.0	26.0						
74					7.0	78.0				21.0			88.0

T A B L A I.14

Estación : Estación Embalse Cogotí

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944				30.5	35.6	151.2	11.4	85.8					314.5
45		108.0				1.7	0.6	42.9	6.2		3.2		162.6
46					41.9	87.6	10.2	25.4					165.1
47						62.2	73.7	22.9	7.6	29.2			195.6
48				10.2	58.4	27.9	99.0	15.0		1.3			211.8
49				17.8	39.4	39.2	117.9	47.0					243.5
50				2.6	136.4			2.5	24.1		16.6		197.4
51					26.0	66.0	50.8		11.4				156.8
52					56.9	83.1	56.9	5.7	35.3	10.1			248.0
53					25.7	4.2	25.7	140.0	27.9				223.5
54		1.0	2.1	43.3	57.7	56.7	30.9	37.0					228.7
55				5.1	19.6		6.2	28.8	4.6	18.6			82.9
56						6.2	51.5	30.9	29.9				118.5
57					339.9	8.2	73.1	5.2	18.5			20.7	465.6
58					26.0	116.5	61.7	50.7	6.8				261.7
59						56.2	12.3	46.6					115.1
60					8.2	28.8	8.2	17.8					63.0
61					4.2	213.7	46.6	135.6		11.9			412.0
62						89.0		4.1	46.6				139.7
63	0.4				26.0	63.0	76.7	52.1	134.3				352.5
64						30.1	13.7	52.1					95.9
65				2.8	15.1	22.4	71.9	129.9	76.7				318.8
66				8.0		169.4	88.5	14.7					280.6
67						18.0	74.0	4.0	40.0	8.0			144.0
68						37.0		7.5	17.0				61.5
69				9.0		13.0		13.0					35.0
70					22.0		36.5	10.5		13.0			82.0
71						33.0	22.0	16.0	31.0				105.0
72					3.0	175.5	44.0	128.0	17.5				367.5
73				1.2	7.0	39.5	28.5			24.5			100.7
74					8.5	77.5		8.0					94.0

T A B L A I.15

Estación : Las Ramadas
 Controlada por : Dirección General de Aguas
 Latitud : 31°02'
 Longitud : 70°36'
 Altura : 2056 m.s.n.m.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944		7.2		36.0	40.0	223.2	16.8	168.0	10.2	4.8			507.0
45		57.6		14.4		16.8	33.6		39.6				162.0
46					67.2	62.4	24.0	6.0					159.6
47				3.6		63.6	60.0	84.0		8.4			219.6
48			24.0	24.0	37.2	62.4	190.8	28.8					367.2
49					43.2	27.6	99.6	74.4					244.8
50				21.6	210.0	3.6		27.6	24.0				286.8
51				27.6	15.6	33.6	58.2	3.6	4.2				142.8
52				6.0	96.0	118.8	73.2	36.0	10.8				334.8
53				74.2	116.4	46.2	22.8	106.8	90.0				388.2
54					117.8	106.5	45.2	32.3					376.1
55					77.5		11.3	29.1		23.4			141.2
56					77.5	11.3	19.4	17.8					125.9
57					434.2		64.6	22.6		66.2	71.0		658.5
58						171.1	16.0	32.3		21.8			225.2
59		4.0				170.0		27.0					217.0
60				7.0	13.5	52.5	21.5			1.0			95.5
61			4.0		8.0	164.5	48.5	179.0	10.0	29.0	3		446.0
62			15.0		1.0	88.5	10.0	18.5		37.5			170.5
63	5.0				36.5	108.0	63.0	64.0	218.0	13.0	21.5		529.0
64						70.0	21.5	47.0					138.5
65	4.0			44.0	32.5	12.0	219.0	271.0	21.0	3.0	14.0		620.5
66				12.0		158.5	111.0	44.0			17.0		342.5
67						49.0	15.0	7.0	20.5	4.0			95.5
68						41.5			26.5				68.0
69													122.9 ³
70					28.0		65.9	14.0	1.0	14.0			85.4 ²
71	7.0		8.0			52.0	13.0	34.0	24.0				138.0
72					20.5	394.5	26.5	91.5	55.0	11.0	2.0		601.0
73				5.0	7.0	49.0	62.0			11.0			134.0
74					14.0	91.0		4.0					109.0
75			2.9		42.5	48.0							

T A B L A I.16

Estación Caren

Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Latitud : 30°51'
 Longitud: 70°47'
 Altura : 924 m.s.n.m.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	5.7			28.3	38.4	180.4	13.6	90.5	6.8	13.6			377.1
45		88.8				7.9	37.3		23.7				159.7
46				15.8	31.7	75.8	9.6						132.9
47				5.7		58.8	66.7	68.4		7.9			207.5
48				18.1	44.1	33.9	136.8	4.5					237.5
49				19.8	20.4	32.8	113.4	65.0					231.6
50					114.2	3.4							137.4
51				25.5	16.5	17.0	46.0	4.5	5.5				115.0
52					68.5 ⁵	115.0 ⁵	51.3 ⁵	10.5 ⁵	25.0 ⁵	5.0 ⁵			275.3 ⁵
53				51.3 ⁵	28.0	11.0	25.0	131	30				276.3 ⁵
54				18.5	38.0	46.5	28.5	55.0		15.0			216.5
55					36.5			43.5	15.0				95.0
56			37.0				69.0	48.0					169.0
57				270.0	20.0	28.5	76.0		9.0		63.5		447.0
58						67.0	43.5	28.0		8.0			166.5
59				33.0		120.0	19.0	51.0					223.0
60			10.0		10.0	67.0							87.0
61			3.0			181.0	21.0	152.5		25.0			382.5
62					83.0			4.0		25.0			112.0
63					20.0	63.0	58.5	44.5	203.0	4.0	12.0		404.0 ⁵
64					43.0 ⁵		18.0 ⁵	38.8 ⁵					99.8 ⁵
65				25.0	28.5	157.0	176.0	184.0	4.5	16.5			434.5
66				7.5			96.0	28.0			2		290.5
67						18.5	18.5	4.0	77.0	3			102.5
68					37.0				15.5				52.5
69								26.0					67.1 ³
70					12.5		28.5	19.0		9			69.0
71	1.5					35.0	7.5	27.5	25.5	5.5			164.5
72					5.0	179.5	31.0	62.0	15.0	22.5			298.0
73				4.5		50.0	29.0						106.0

T A B L A I.17

Estación : Fundo Valdivia Latitud : 35°45'
 Controlada por : Oficina Meteorológica de Chile (OMC) Longitud : 70°42'
 Precipitación en mm. Altura : 1300 m.s.n.m.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944		9.0		23.7	28.2	142.7	8.3	74.6		25.3			311.8
45		56.3				4.5	8.0	11.2	39.4				119.4
46				8.6	24.6	31.0	8.6	1.0		0.3			74.1
47				2.9		20.5	46.4	64.0		2.0			135.8
48				5.8	30.6	22.5	110.8	6.5					176.2
49					24.5	13.6	75.5	44.9					158.5
50				28.8	60.5	2.2			40.4	11.1	10.6		153.6
51	1.5			25.5	16.0	14.0	32.6	6.0	9.9		1.6		107.1
52		7.1			45.2	66.3	48.9	9.0	36.9	6.0			219.4
53					31.6	24.1	27.9	88.9	10.7				183.1
54				43.7	22.6	39.9	22.6	18.1					146.8
55			26.4	3.0	27.1		10.5	33.9		12.8			87.3
56					7.5		14.3	84.3	18.8			8.3	159.6
57					195.8	2.6	63.3	2.3	21.8	6.0	39.2		331.0
58					4.9	37.7	30.5	23.7	10.9	7.5			115.2
59			3.0	28.6		92.6	43.7	51.2					219.1
60													65.1
61						73.8	12.0	115.2	11.3	38.4			250.7
62													100.5
63					15.5	49.8	42.8	32.8	119.7	11.0	20.0		291.6
64						45.3	16.1	34.0					95.3
65				31.8	45.2	30.0	105.9	194.8	14.0	7.0			428.7
66			9.5		89.0	34.0	53.1				8.8		194.4
67						34.2	8.3	9.5	9.0	10.0			71.0
68						25.0			5.0				44.8
69					6.6	13.5		27.1					47.2
70					7.5		40.3	14.6		11.0			73.4
71	2.9		3.7				13.3	29.5	28.7				78.1
72					5.5	151.2	37.4	102.0	31.9	1.5			329.5
73				3.5		45.9	43.1			12.9			105.4

T A B L A I.18

Estación Ovalle. Se corrigió la estadística original entre los años 1944 - 1956 inclusive según Curvas Doble Acumuladas. Desde 1957 hasta la fecha se toman los valores medidos.

	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944	2.6			12.3	24.6	108.7	2.6	48.2			2.6			201.6
45	44.8			0.7				21.9		8.2				75.6
46				5.4	29.8	49.2	4.6	6.2						95.2
47						9.8	30.2	7.6			5.5			53.1
48				2.0	6.4	4.8	35.4	5.4			0.6			54.6
49					28.1	12.6	61.4	23.0						125.1
50				15.1	80.3					7.6	1.8	11.6		116.2
51					22.8	31.7	23.7			3.5				81.7
52					27.2	84.2	40.1			3.7	1.9			157.1
53				36.9	14.1	2.6	9.3	43.5		13.4				119.8
54				4.4	14.4	43.0	14.1	15.8						91.7
55							3.9	11.1						20.1
56			26.2		1.8	0.6	8.0	26.9		19.4		0.8		83.7
57					256.7		51.0	2		6			18.4	334.1
58			2.6		1.7		33.2	42.7		5.5	6.3			134.0
59				15.0		42.0	2.3	29.8						111.3
60					6.0	21.0	2.0	2.6						31.6
61						65.3	14.0	66.5			5.0			150.8
62						27.4					25.2			52.6
63					16.5	29.6	50.4	32.6		91.3				220.4
64						19.0	14.0	16.2						49.2
65					20.5	1.4	134.4	101.6				0.5		257.9
66						92.3	37.9	3.7						138.0
67						21.1	28.7	2.2		43.3				95.3
68						29.6		2.2		4.8				36.6
69				0.6	0.4	1.0		16.2						18.2
70			1.0		1.9		17.0	14.7			4.3			38.9
71	0.7					24.1	10.5	16.4		25.4				77.1
72							34.5							189.0 ³
73						23.1	12.2				22.9			62.9 ²

T A B L A I.19

Estación Hurtado.

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1944		9.1		48.1	46.3	140.1	12.2	53.6	39.0	14.6			345.3
45		86.5					7.3						137.6
46				3.0	45.1	51.2	28.0	59.7					103.5
47					11.0	23.1	85.9	19.5					110.8
48					3.7	17.1	96.2	62.1					133.4
49					127.3	7.3		15.7			14.0		169.3
50				26.2	26.2	19.2	34.9	15.7	7.0				190.1
51				22.7	61.0	57.6	62.8	15.7	7.0				125.6
52		17.4			5.2	43.6	19.2	104.6	29.6				228.5
53				19.2	33.1	36.6	19.2	26.2					172.7
54					40.1	5.2		33.1					134.3
55						4.7	14.1	25.3		29.6			108.1
56			22.4				88.4		10.6				77.2
57					241.7	38.9	27.1					27.1	396.1
58					3.5	33.0	43.6	25.9					106.1
59				41.3	3.5	99.0	18.9	43.6					206.3
60					1.2	20.0	5.9		1.2	2.4			30.7
61					2.4	54.2	20.0	121.4		22.4			220.5
62					7.0	53.1	2.4	11.8		23.6			90.8
63						66.0	48.0	36.5	67.0	4.0	26.0		254.5
64						58.0	13.0	19.0					90.0
65				8.0	13.0	10.0	142.5	171.0	4.0		8.0		356.5
66				10.0		107.5	112.0	39.0			3.0		271.5
67					14.0	27.0	8.0	6.0	36.0	5.0			96.0
68					3.0	27.5							34.5
69				3.5	4.0	11.5	2.0	7.0					24.0 ²
70							12.0	2.0		10.0			28.0
71	4.0					41.0	12.0	34.0	38.0				129.0
72					5.0	160.5	29.0	54.5	21.0				270.0
73				1.0		40.0	11.0			12.0			64.0
74						59.0	3.0		16.0				78.0
75					50.5	14.0							

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS. VALORES ORIGINALES, EXTENDIDOS O CORREGIDOS Y EXTENDIDOS

Año	Sotaquí (DGA)		San Marcos (OMC)		Tulahuén (DGA)		Pichasca (DGA)		Los Molles (ENDESA)	
	Origen	Correg. Y Extend.	Origen	Extend.	Origen	Extend.	Origen	Extend.	Origen	Extend.
1944		214.9		275.2		355.5		206.8		285.6
45		90.8		94.5		151.8		88.3		109.4
46		113.7		144.5		144.3		83.9		68.0
47		90.2		171.2		163.9	87.0	87.0		124.4
48		105.6		185.3		216.8	95.5	95.5		161.3
49		128.0		213.1		220.0	137.0	137.0		145.2
50		93.4		172.7	214.5	173.7	142.5	142.5		140.7
51		66.0		137.2	183.0	148.2	77.9	77.9		98.1
52		169.1		217.0	335.0	271.4	252.0	252.0		201.0
53		142.1		195.6	331.5	268.5	71.0	71.0		167.7
54		158.8		200.1	221.0	244.8	100.0	100.0		134.5
55	60.0	49.9		72.5	69.0	76.6	76.0	76.0	58.0	55.8
56	143.5	119.4		103.7	131.0	145.4	43.0	43.0	108.3	104.2
57		303.7		407.4	444.0	492.8	307.0	307.0	385.0	370.6
58	175.0	145.6		229.0	179.0	198.7	99.5	99.5	137.5	132.3
59	134.0	111.5		100.7	222.5	183.3	125.5	125.5	329.8	221.2
60	59.0	59.0		55.1	107.0	87.7	45.5	45.5	63.2	60.8
61	204.5	204.5		360.5	381.0	312.4	208.0	208.0	208.1	200.3
62	69.0	69.0	105.4	105.4	131.0	107.4	44.0	44.0	80.4	77.4
63	252.0	252.0	275.1	275.1	399.0	409.2	213.5	213.5	293.4	293.4
64	61.0	61.0	84.5	84.5	145.0	118.9	71.5	71.5	72.9	72.9
65	307.5	307.5	353.0	353.0	470.0	385.4	279.0	279.0	329.5	329.5
66	145.0	145.0	237.0	237.0	312.5	312.5	122.5	122.5	165.1	165.1
67	91.5	91.5	113.5	113.5	97.5	97.5	75.5	75.5	53.7	53.7
68	39.0	39.0		53.0	58.5	58.5	38.0	38.0	40.8	40.8
69	11.8	11.8	32.5	32.5	46.0	46.0	26.0	26.0	46.2	46.2
70	36.3	36.3	76.5	76.5	72.6	72.6	31.0	31.0	67.2	67.2
71	81.0	81.0	80.5	80.5	116.0	116.0	82.0	82.0	71.5	71.5
72	243.0	243.0	340.5	340.5	381.0	381.0	243.5	243.5	301.9	301.9
73		66.2	69.0	69.0	145.7	145.7	68.0	68.0	96.6	96.6

T A B L A I.21

Promedios Móviles de 10 años

Año	Estación Ovalle		Estación Combarbalá	
	Precipitación (mm)	Promedios mo- viles 10 años	Precipitación (mm)	Promedios mo- viles 10 años
1912	73.2			
13	37.5			
14	307.6			
15	93.2			
16	34.0			
17	74.5	132.3		
18	108.2	141.1		
19	367.5	150.5		
20	58.9	122.3		
21	168.0	120.1		
22	162.0	151.4		
23	130.7	156.8	248.6	
24	25.9	161.4	216.9	
25	71.1	139.1	20.0	
26	346.7	160.5	109.8	
27	128.5	158.9	594.3	282.3
28	154.4	159.2	276.5	286.5
29	144.3	151.4	274.0	277.3
30	273.5	164.8	262.5	310.2
31	151.5	168.0	550.0	314.9
32	165.5	141.8	270.5	279.4
33	52.1	140.6	290.4	268.2
34	160.3	132.6	124.5	266.4
35	104.0	129.9	349.1	262.5
36	84.0	121.4	157.0	243.2
37	116.0	129.8	239.0	264.6
38	75.0	128.3	165.0	268.7
39	117.0	137.4	256.0	278.7
40	189.0	144.3	223.0	275.9
41	235.0	142.5	357.0	282.6
42	151.0	145.0	485.0	278.0
43	143.0	139.4	331.0	281.4
44	229.4	138.1	225.0	280.1
45	86.0	140.6	321.0	288.4
46	108.3	135.0	223.5	276.3
47	60.4	120.8	193.0	246.4
48	62.1	123.6	199.4	241.1
49	142.4	122.9	243.0	248.9
50	132.2	110.4	306.0	239.3
		104.1	236.0	230.3

T A B L A I.21 (continuación)

Promedios Móviles de 10 años

Año	Estación Ovalle		Estación Combarbalá	
	Precipitación (mm)	Promedios mó- viles 10 años	Precipitación (mm)	Promedios mó- viles 10 años
1951	93.0		186.0	
52	178.8	93.6	278.5	227.8
53	136.3	120.9	303.0	261.2
54	104.4	128.1	225.0	257.7
55	22.9	125.0	133.0	248.6
56	95.3	114.9	168.0	238.8
57	334.1	120.7	533.0	253.8
58	134.0	108.1	208.0	241.2
59	111.3	116.5	215.0	245.8
60	31.6	111.0	138.2	235.2
61	150.8	134.5	336.6	263.2
62	52.6	138.8	152.0	271.6
63	220.4	114.9	349.0	236.6
64	49.2	105.1	119.0	223.6
65	257.9	95.8	413.5	206.1
66	138.0	96.6	252.0	202.5
67	95.3	89.2	182.5	179.5
68	36.6	102.8	78.0	206.1
69	18.2	87.1	40.1	182.0
70	38.9		102.6	
71	77.1		105.9	
72	189.0		418.0	
73	62.9		108.0	

T A B L A I.22

Embalse La Laguna

Latitud : 30°13'
Longitud : 70°03'
Altura : 3100 m.s.n.m.

Año	H
1944/45	3.56
45/46	1.31
46/47	1.20
47/48	1.06
48/49	3.22
49/50	1.14
50/51	1.96
51/52	1.38
52/53	3.45
53/54	5.00
54/55	3.25
55/56	0.60
56/57	0.99
57/58	2.42
58/59	0.76
59/60	2.06
60/61	1.47
61/62	1.57
62/63	1.50
63/64	3.41
64/65	1.26
65/66	3.94
1966	1.00
1967	1.10
1968	0.30
1969	1.37
1970	1.34
1971	0.94
1972	4.68
1973	0.77
1974	2.12

A N E X O I I

ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS

T A B L A II.1 (continuación)

Estación : Los Molles en Ojos de Agua Latitud : 30°45'
 Controlada por : ENDESA : Mayo/1946 hasta Abril/1970 Longitud : 70°27'
 DGA : Desde Mayo/1970 Altura : 2430 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya 159 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	\bar{Q} anual
1961/62	0.020	0.023	0.020	0.031	0.042	0.115	0.191	0.064	0.042	0.036	0.031	0.027	0.054
1962/63	0.024	0.033	0.023	0.022	0.043	0.053	0.034	0.024	0.021	0.020	0.019	0.018	0.028
1963/64	0.018	0.021	0.023	0.024	0.050	0.125	0.279	1.420	0.724	0.087	0.097	0.045	0.243
1964/65	0.055	0.041	0.038	0.034	0.040	0.080	0.059	0.039	0.042	0.047	0.032	0.035	0.045
1965/66	0.032	0.032	0.032	-	0.124	1.180	3.050	3.270	1.650	0.624	0.091	0.079	-
1966/67	0.063	0.050	0.046	0.051	0.146	0.203	0.156	0.195	0.047	0.042	0.108	0.033	0.095
1967/68	0.035	0.034	0.031	0.027	0.040	0.041	0.031	0.065	0.025	0.021	0.020	0.019	0.032
1968/69	0.019	0.019	0.018	0.016	0.069	0.017	0.014	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.019
1969/70	0.014	0.016	0.013	0.020	0.014	0.015	0.013	0.012	0.013	0.009	0.090	0.009	0.020
1970/71	0.010	0.015	0.014	0.016	0.014	0.014	0.014	0.014	0.016	0.015	0.015	0.015 ²	0.014
1971/72	0.015	0.015	0.014	0.016	0.015	0.017	0.015	0.013	0.010	0.008	0.005	0.007	0.013
1972/73	0.008	0.021	0.024	0.038	0.086	0.242	1.110 ²	2.074 ²	1.082 ¹	0.900	0.015	0.028	0.469
1973/74	0.021	0.019 ²	0.017 ¹	0.016 ¹	0.015	0.019	0.022	0.017	0.014	0.014	0.013 ²	0.014	0.017
1974/75	0.013	0.016 ²	0.014 ²	0.022	0.013	0.018	0.015	0.014	0.014	0.018 ²	0.018	0.014	0.016

Observaciones : - Hasta Noviembre-1952 corresponde al régimen natural del rfo. A partir de Diciembre-1952 el régimen natural del rfo se alteró por el funcionamiento del Canal Central Los Molles

(¹): Relleno Mensual

(²): Faltan algunos datos diarios en el mes

(-): Sin información

T A B L A II.1

Estación : Los Molles en Ojos de Agua Latitud : 30°45'
 Controlada por : ENDESA : Mayo/1946 hasta Abril/1970 Longitud: 70°27'
 DGA : Desde Mayo/1970 Altura : 2430 m.s.n.m., 2
 Sup. de la hoya 159 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	\bar{Q} anual
1946/47	0.565	0.604	0.621	0.573	0.535	0.507	0.488	0.458	0.409	0.410	0.450	0.430	0.513
1947/48	0.389	0.421	0.458	0.469	0.602	0.515	0.445	0.385	0.354	0.327	0.340	0.355	0.422
1948/49	0.403	0.369	0.379	0.523	0.885	1.427	1.553	1.485	0.907	0.706	0.640	0.597	0.823
1949/50	0.567	0.495	0.530	0.645	0.602	0.768	0.704	0.510	0.495	0.478	0.446	0.461	0.558
1950/51	0.515	0.525	0.515	0.455	0.500	0.760	0.880	0.870	0.750	0.670	0.650	0.610	0.642
1951/52	0.570	0.570	0.590	0.540	0.510	0.455	0.400	0.365	0.330	0.275	0.250	0.310	0.430
1952/53	-	-	-	-	-	-	-	0.830	0.470	0.300	0.245	0.146	-
1953/54	0.116	0.325	0.210	0.350	0.500	1.160	2.400	3.000	2.050	1.200	0.680	0.240	1.019
1954/55	0.096	0.127	0.270	0.510	0.430	0.360	0.270	0.091	0.110	0.058	0.043	0.068	0.203
1955/56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1956/57	-	-	0.023	0.026	0.029	0.040	0.036	0.025	0.021	0.019	0.017	0.017	-
1957/58	0.053	0.031	0.032	0.037	0.085	0.694	1.300	1.820	1.290	0.745	0.370	0.062	0.543
1958/59	0.043	0.037	0.036	0.034	0.032	0.048	0.036	0.026	0.022	0.021	0.021	0.022	0.032
1959/60	0.023	0.023	0.029	0.036	0.479	0.539	0.374	0.064	0.043	0.036	0.033	0.029	0.142
1960/61	0.028	0.029	0.030	0.028	0.026	0.048	0.105	0.559	0.476	0.466	0.034	0.022	0.154

(continua . -

T A B L A II.2

Estación : Canal Central Los Molles
 Controlada por : ENDESA

Latitud : 30°45'
 Longitud : 10°26'30"
 Altura : 2620 m.s.n.m.
 Sup. de la cuenca -

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1952/53									0.212	0.250	0.284	0.306	
1953/54	0.350	0.340	0.350	0.340	0.310	0.310	0.365	0.405	0.405	0.470	0.495	0.650	0.399
1954/55	0.650	0.510	0.440	0.360	0.405	0.460	0.520	0.640	0.630	0.580	0.570	0.520	0.524
1955/56	0.540	0.510	0.450	0.440	0.500	0.480	0.425	0.380	0.350	0.345	0.420	0.380	0.435
1956/57	0.375	0.340	0.325	0.380	0.400	0.430	0.325	0.270	0.250	0.235	0.240	0.255	0.319
1957/58	0.275	0.430	0.410	0.530	0.680	0.880	0.920	0.850	0.710	0.790	0.930	0.760	0.680
1958/59	0.695	0.650	0.580	0.550	0.520	0.558	0.450	0.390	0.365	0.375	0.385	0.395	0.493
1959/60	0.403	0.396	0.438	0.583	0.602	0.597	0.660	0.632	0.484	0.464	0.436	0.430	0.510
1960/61	0.426	0.428	0.439	0.507	0.555	0.697	0.527	0.00	0.00	0.00	0.398	0.391	0.364
1961/62	0.385	0.383	0.399	0.405	0.640	1.07	1.00	0.788	0.620	0.563	0.524	0.490	0.606
1962/63	0.467	0.428	0.428	0.447	0.427	0.523	0.446	0.400	0.356	0.369	0.365	0.361	0.418
1963/64	0.367	0.372	0.411	0.424	0.707	0.984	1.50	1.68	1.62	1.30	1.02	0.820	0.934
1964/65	0.700	0.730	0.690	0.640	0.740	0.700	0.600	0.580	0.55	0.470	0.450	-	-
1965/66	0.540	0.510	0.495	0.600	0.990	1.48	1.53	1.11	1.10	1.06	1.32	1.05	0.982
1966/67	0.870	0.783	0.779	0.795	0.870	1.01	0.920	0.660	0.692	0.655	0.547	0.571	0.763
1967/68	0.540	0.545	0.493	0.472	0.510	0.509	0.410	0.303	0.328	0.310	0.316	0.319	0.421
1968/69	0.321	0.334	0.319	0.277	0.253	0.282	0.238	0.228	0.209	0.206	0.210	0.215	0.258
1969/70	0.231	0.264	0.278	0.300	0.309	0.284	0.262	0.231	0.215	0.214	0.230	0.247	0.255

Observación: -Traspasada a la Dirección General de Aguas en Mayo 1970

(-) Sin información

T A B L A II.3

Estación : Canal Central Los Molles en Cámara de Carga
Controlada por : Dirección General de Aguas (DGA)

Latitud : 30°45'
Longitud : 70°34'30"
Altura : 2610 m.s.n.m.
Superficie : -

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1970/71	0.239	0.177	0.235	0.340	0.290	0.260	0.200	0.180	0.160	0.160	0.130	0.120	0.208
1971/72	0.140	0.120	0.190	0.210	0.240	0.200	0.130	0.090	0.060	0.070	0.110	0.080	0.137
1972/73	0.150	0.240	0.340	0.460	0.680	1.190	1.630	1.750	1.760	1.730	1.130	0.880	0.992
1973/74	0.680	0.610	0.600	0.590	0.570	0.610	0.560	0.500	0.460	0.490	0.408	0.314	0.533
1974/75	0.357	0.349	0.328	0.308	0.358	0.434	0.362	0.295	0.292	0.289	0.302		

Observaciones :

- Datos DGA (Stgo) : Agosto/1970 hasta Febrero/1974
- Datos DGA (Ovalle) : Mayo a Julio/1970
Marzo/1974 a Marzo/1975

T A B L A II.4

Estación : Regimen Natural Río Los Molles

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1946/47	0.565	0.604	0.621	0.573	0.535	0.507	0.488	0.458	0.409	0.410	0.450	0.430	0.504
1947/48	0.389	0.421	0.458	0.469	0.602	0.515	0.445	0.385	0.354	0.327	0.340	0.355	0.422
1948/49	0.403	0.369	0.379	0.523	0.885	1.427	1.553	1.485	0.907	0.706	0.640	0.597	0.823
1949/50	0.567	0.495	0.530	0.645	0.602	0.768	0.704	0.510	0.495	0.478	0.446	0.461	0.558
1950/51	0.515	0.525	0.515	0.455	0.500	0.760	0.880	0.870	0.750	0.670	0.650	0.610	0.642
1951/52	0.570	0.570	0.590	0.540	0.510	0.455	0.400	0.365	0.330	0.275	0.250	0.310	0.430
1952/53	0.310 ¹	0.330 ¹	0.350 ¹	0.520 ¹	0.840 ¹	0.780 ¹	1.200 ¹	1.075 ¹	0.682	0.550	0.629	0.452	0.643
1953/54	0.466	0.665	0.560	0.690	0.810	1.470	2.765	3.405	2.410	1.670	1.175	0.890	1.415
1954/55	0.746	0.637	0.710	0.870	0.835	0.820	0.790	0.731	0.740	0.638	0.613	0.588	0.727
1955/56	0.510 ¹	0.500 ¹	0.440 ¹	0.720 ¹	0.460 ¹	0.410 ¹	0.300 ¹	0.290 ¹	0.290 ¹	0.275 ¹	0.310 ¹	0.320 ¹	0.402
1956/57	0.403	0.398	0.348	0.406	0.429	0.479	0.361	0.295	0.271	0.254	0.257	0.272	0.348
1957/58	0.328	0.461	0.442	0.567	0.765	1.574	2.220	2.670	2.000	1.535	1.300	0.822	1.224
1958/59	0.738	0.687	0.616	0.584	0.552	0.606	0.486	0.416	0.387	0.396	0.406	0.417	0.524
1959/60	0.426	0.419	0.467	0.619	1.081	1.136	1.034	0.696	0.527	0.500	0.469	0.459	0.653
1960/61	0.454	0.457	0.469	0.535	0.581	0.745	0.632	0.559	0.476	0.466	0.432	0.413	0.518
1961/62	0.405	0.406	0.419	0.436	0.682	1.185	1.191	0.852	0.662	0.599	0.555	0.517	0.659
1962/63	0.491	0.461	0.451	0.469	0.470	0.576	0.480	0.424	0.377	0.389	0.384	0.379	0.446
1963/64	0.385	0.393	0.434	0.448	0.757	1.109	1.779	3.100	2.344	1.387	1.117	0.865	1.177
1964/65	0.755	0.771	0.728	0.674	0.780	0.780	0.659	0.619	0.592	0.517	0.482	0.520 ¹	0.656
1965/66	0.572	0.542	0.527	1.050 ¹	1.114	2.660	4.580	4.380	2.750	1.684	1.411	1.129	1.867
1966/67	0.933	0.833	0.825	0.846	1.016	1.213	1.076	0.855	0.799	0.697	0.655	0.604	0.863
1967/68	0.575	0.579	0.524	0.499	0.550	0.550	0.441	0.368	0.353	0.331	0.336	0.338	0.454
1968/69	0.340	0.353	0.337	0.293	0.322	0.299	0.252	0.239	0.220	0.217	0.220	0.225	0.276
1969/70	0.245	0.280	0.291	0.320	0.323	0.299	0.275	0.243	0.228	0.223	0.320	0.256	0.275
1970/71	0.249	0.192	0.249	0.356	0.304	0.274	0.214	0.194	0.176	0.175	0.145	0.135	0.241
1971/72	0.155	0.135	0.204	0.226	0.255	0.217	0.145	0.103	0.070	0.078	0.115	0.087	0.149
1972/73	0.158	0.261	0.364	0.498	0.766	1.432	2.740	3.824	2.842	2.630	1.145	0.908	1.464
1973/74	0.701	0.629	0.617	0.606	0.585	0.629	0.582	0.517	0.474	0.474	0.421	0.328	0.547
1974/75	0.370	0.365	0.342	0.330	0.371	0.452	0.377	0.309	0.306	0.307	0.320	-	-

Observación : - Los datos entre Mayo/1946 y Abril/1952 corresponden a los medidos en

la Estación Los Molles en Ojos de Agua.

- Los datos entre Enero/1953 y Abril/1970 corresponden a la suma de los datos de las estaciones Los Molles en Ojos de Agua y Canal Central Los Molles.

- Los datos entre Mayo/1970 y Marzo/1975 corresponden a la suma de los datos de las estaciones Los Molles en Ojos de Agua y Canal Central Los Molles en Cámara de Carga.

- (1) Datos obtenidos de correlación con Estación Palomo en Vertedero
 - (-) Sin información.

Latitud : 30° 28'
 Longitud : 70° 39'
 Altura : 1.190 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 671,9 Km²

Estación : Rfo Hurtado en San Agustín
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1946/47	1.56	1.64	1.54	1.41	1.24	1.12	1.20	1.42	1.17	1.17	1.17	1.29	1.33
1947/48	1.13	1.28	1.21	1.21	1.45	1.20	1.17	1.17	1.12	0.96	0.96	0.98	1.15
1948/49	1.13	1.02	0.97	1.31	2.06	3.12	3.99	4.71	2.61	2.05	1.64	1.59	2.18
1949/50	1.62	1.38	1.36	1.64	1.44	1.73	1.89	1.68	1.44	1.42	1.19	1.26	1.50
1950/51	1.42	1.44	1.29	1.12	1.16	1.65	2.24	2.75	2.14	1.90	1.65	1.60	1.70
1951/52	1.65	1.62	1.54	1.38	1.23	1.06	1.06	1.17	1.01	0.82	0.69	0.85	1.17
1952/53	0.87	0.91	0.89	1.28	1.93	1.70	3.05	3.41	1.93	1.56	1.63	1.20	1.70
1953/54	1.26	1.75	1.37	1.65	1.82	3.09	6.88	10.74	6.68	4.65	2.89	2.28	3.75
1954/55	2.05	1.73	1.76	2.13	1.92	1.78	2.03	2.39	2.11	1.83	1.57	1.55	1.90
1955/56	0.89	1.42	1.16	1.85	1.11	0.95	0.83	0.90	0.90	0.83	0.85	0.88	1.05
1956/57	1.14	1.10	0.91	1.02	1.01	1.09	0.93	0.90	0.83	0.72	0.71	0.72	0.92
1957/58	0.90	1.24	1.10	1.38	1.74	3.35	5.60	8.50	5.6	4.30	3.20	2.125	3.25
1958/59	2.07	1.90	1.57	1.47	1.31	1.35	1.24	1.35	1.14	1.14	1.09	1.17	1.40
1959/60	1.24	1.19	1.23	1.59	2.59	2.57	2.76	2.23	1.59	1.48	1.27	1.27	1.75
1960/61	1.28	1.27	1.20	1.35	1.38	1.64	1.66	1.76	1.35	1.35	1.14	1.10	1.37
1961/62	1.06	1.04	1.00	1.02	1.50	2.42	2.88	2.54	1.77	1.60	1.34	1.27	1.61
1962/63	1.37	1.27	1.15	1.18	1.10	1.28	1.21	1.33	1.08	1.13	1.03	1.03	1.18
1963/64	1.04	1.10	1.23	1.21	1.70	3.10	3.89	8.52	6.06	3.85	2.88	2.20	3.07
1964/65	1.97	1.72	1.73	1.50	1.55	1.42	1.44	1.29	1.26	1.17	1.13	1.32	1.46
1965/66	1.25	1.23	1.19	2.19	2.63	5.69	12.10	14.10	8.93	4.75	3.04	2.56	4.97
1966/67	2.26	2.16	1.92	1.84	1.93	2.08	2.13	1.85	1.61	1.53	1.45	1.31	1.84
1967/68	1.31	1.37	1.29	1.17	1.16	1.18	1.09	0.98	0.96	0.91	0.93	0.91	1.10
1968/69	0.94	0.90	0.89	0.83	0.83	0.73	0.63	0.56	0.54	0.54	0.56	0.61	0.71
1969/70	0.71	0.76	0.77	0.74	0.78	0.73	0.88	0.98	0.87	0.72	0.79	0.81	0.80
1970/71	0.88	0.722	0.60	0.84	0.652	0.555	0.462	0.441	0.472	0.439	0.441	0.464	0.58
1971/72	0.46	0.457	0.519	0.535	0.574	0.517	0.513	0.487	0.453	0.44	0.45	0.469	0.49
1972/73	0.477	1.21	1.432	1.794	2.855	4.785	7.709	14.90	14.352	8.039	4.594	3.429	5.46
1973/74	2.894	2.544	2.238	1.922	1.681	1.89	1.95	1.875	1.82	1.823	1.526	1.574	1.978
1974/75	1.549	1.393	1.478	1.357	1.434	1.628	1.611	1.321	1.151	1.214	1.227	1.195	1.380

Observaciones : - Relleno según Regimen Natural Rfo Los Molles desde Mayo-1946 hasta Abril-1963.

- Datos DGA - Stgo. desde Mayo 1963 hasta Sept-1973.
- Datos DGA - Ovalle desde Oct 1973 hasta Abril 1975.

T A B L A II.6

Estación : Río Grande en Las Pegas
 Controlada por : ENDESA

Latitud : 30°57'

Longitud : 70°31'

Altura : -

Sup. de la cuenca : -

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1942/43	3.9	3.4	3.3	3.95	5.9	11.8	16.8	8.7	4.75	3.15	2.6	2.65	5.91	
1943/44	2.6	2.25	2.25	2.15	2.85	5.7	5.5	2.8	1.88	1.6	1.34	1.44	2.70	
1944/45	1.38	1.54	2.8	3.80	9.1	14.6	22.0	13.6	4.9	7.2	4.75	3.35	7.42	
1945/46	2.85	2.55	2.15	2.5	2.75	3.35	2.25	1.58	1.38	1.16	1.10	1.12	2.06	
1946/47	1.30	1.30	1.50	1.44	1.64	1.68	1.48	1.02	0.83	0.72	0.73	0.73	1.20	
1947/48	0.77	0.74	0.90	0.97	1.88	2.2	3.05	1.54	1.1	0.87	0.80	0.83	1.30	
1948/49	1.14	1.08	1.32	2.45	5.1	9.1	14.2	10.8	3.8	2.25	1.80	1.52	4.55	
1949/50	1.40	1.34	1.48	2.55	2.3	3.85	4.15	2.15	1.82 ²	1.47 ²	1.14	1.24	2.07	
1950/51	1.52	1.82	1.66	1.70	2.3	4.1	6.4	4.55	2.6	1.74	1.4	1.28	2.59	
1951/52	1.28	1.28	1.38	1.22	1.1	1.3	1.14	0.84	0.73	0.61	0.56	0.64	1.01	
1952/53	0.70	0.83	1.56	1.98	4.05	5.8	6.8	3.85	1.92	1.38	1.2	1.14	2.60	
1953/54	1.20	2.5	2.00	3.05	6.0	9.0	37.7 ¹	26.6 ¹	12.6 ¹	6.1 ¹	4.25 ¹	4.15 ¹	9.60	
1954/55	2.35 ¹	2.45 ¹	3.05 ¹	2.95 ¹	5.1 ¹	6.1	6.8	3.6	2.5	2.15	1.94	1.84	3.40	
1955/56	2.10	2.05	1.84	1.66	2.01	2.4	2.68	1.92	1.51	1.24	1.36	1.33	1.84	
1956/57	1.41	1.26	1.21	1.48	1.76	2.47	2.21	1.36	1.09	0.48	0.85	0.91	1.37	
1957/58	1.15	2.05	2.04	2.61	3.43	11.33	16.92	13.25	6.15	3.62	2.72	2.13	5.62	
1958/59	1.84	2.26	1.80	1.78	1.92	3.0	2.55	1.69	1.29	1.25	1.15	1.23	1.81	
1959/60	1.23	1.25	1.74	2.65	5.15	6.65	6.96	3.77	2.24	1.89	1.63	1.60	3.06	
1960/61	1.66	1.92	2.30	2.30	2.7	4.65	5.10	2.70	1.62	1.36	1.40	1.16	2.41	
1961/62	1.18	1.50	1.36	1.98	4.5	10.2	12.25	6.2	3.4	2.45	2.05	1.8	4.07	
1962/63	1.72	1.68	1.80	1.94	2.25	3.6	3.7	2.15	1.68	1.40	1.40	1.36	2.06	
1963/64	1.52	1.66	2.10	2.25	4.75	7.2	11.2	16.6	7.8	4.60	3.25	2.45	5.45	
1964/65	2.86	2.53	2.57	2.15	2.65	3.2	2.85	1.98	1.76	1.58	1.50	1.92	2.29	
1965/66	1.93	1.91	1.78	3.48	5.22									

Observaciones : (1) : Relleno con correlación (ENDESA)

(2) : Relleno con interpolación

T A B L A II.7

Latitud : 31° 02'
 Longitud : 70° 38'
 Altura : -
 Sup. de la hoya : 535 Km²

Estación : Río Grande en Las Ramadas
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Año	Gastos Medios Mensuales en m ³ / seg												M-A
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	
1946/47	2.07	2.39	2.71	2.52	2.83	3.01	3.16	2.47	1.53	1.63	1.38	1.33	2.25
1947/48	1.33	1.65	1.84	1.93	3.17	2.85	2.57	1.84	1.19	1.19	0.96	1.01	1.79
1948/49	1.33	1.47	1.54	2.16	5.37	10.74	12.30	6.88	3.58	2.57	2.62	1.74	4.36
1949/50	1.98	2.03	2.21	2.70	3.30	5.18	5.09	2.54	1.84	1.79	1.32	1.41	2.62
1950/51	1.84	2.16	2.16	1.95	2.49	5.23	6.72	5.18	3.02	2.59	1.97	1.87	3.10
1951/52	1.99	2.27	2.44	2.25	2.53	2.39	2.35	1.78	1.13	1.03	0.75	0.94	1.82
1952/53	1.01	1.24	1.33	2.01	4.77	4.90	8.76	5.87	2.45	1.93	1.75	1.27	3.10
1953/54	1.83	2.98	2.46	3.21	5.44	12.66	25.63	23.85	11.35	7.06	3.87	2.98	8.61
1954/55	2.82	2.75	3.16	3.90	5.44	6.05	6.15	4.44	3.13	2.57	1.95	1.92	3.69
1955/56	1.86	2.10	1.91	3.73	2.20	2.05	1.56	1.37	1.17	1.07	1.07	1.03	1.71
1956/57	1.38	1.59	1.43	1.68	1.89	2.58	1.94	1.29	0.83	0.92	0.74	0.78	1.42
1957/58	1.23	2.05	2.00	2.61	4.97	13.31	19.87	18.23	9.17	6.35	4.20	2.71	7.22
1958/59	2.78	2.93	2.68	2.58	2.99	3.97	3.17	2.18	1.49	1.59	1.26	1.31	2.41
1959/60	1.39	1.57	1.80	2.39	6.52	7.74	7.31	3.65	1.83	1.74	1.30	1.28	3.21
1960/61	1.32	1.53	1.62	1.84	2.57	4.12	7.70	2.49	1.48	1.48	1.05	1.01	2.35
1961/62	1.26 ¹	3.37	1.63	2.64 ¹	6.76	10.33 ³	13.9	7.78	3.89	2.77	2.36	1.61	4.86
1962/63	1.86	1.76	1.77	1.87	1.87	3.70	4.41	2.35	1.78	1.40	1.31	1.15	2.10
1963/64	1.41	2.42	2.31	2.29	6.29	8.20	15.2	23.20	12.0	5.93	3.93	1.79	7.08
1964/65	2.86	2.53	2.57	2.15	2.72	3.75	3.55	2.3	1.98	1.45	1.29	2.15	2.44
1965/66	1.83	2.88	3.21	19.3	7.73	23.1	41.5	25.3	6.8	5.31	4.18	3.82	12.08
1966/67	3.72	3.51 ³	4.04 ³	3.77 ³	5.96	10.3	9.73	6.37	3.81	2.76	2.31	2.01	4.86
1967/68	2.05	1.87	1.92	1.75	2.07	2.51	2.00	1.47	1.15	0.94	1.08	1.05	1.66
1968/69	1.11	1.17	1.11	0.99	1.01	0.91	0.71	0.65	0.50 ²	0.58 ²	0.62 ²	0.65 ³	0.83
1969/70	0.67	1.23 ²	1.14 ²	1.44 ³	1.81 ²	1.29 ²	1.28 ²	0.97 ²	0.78 ²	0.79 ²	0.76 ²	0.71	1.07
1970/71	1.01 ²	1.01	0.84 ²	1.16 ¹	1.07 ¹	1.15 ²	1.13 ²	0.81	0.80	0.71	0.72	0.82 ¹	0.94
1971/72	0.78	0.81	1.05	1.03	1.11	1.18	1.11	0.96	0.65	0.74	1.03	0.89 ³	0.95
1972/73	0.74 ¹	4.02	2.93	4.31	5.78	11.15	22.54	31.00	10.90 ¹	5.2	4.39	3.91	8.91
1973/74	2.32	2.25	2.54	2.44	2.34	3.17	3.99 ¹	2.50	1.81	1.65	1.46	1.45	2.33
1974/75	1.48	1.49 ³	1.50 ¹	1.61	1.87	3.79 ¹	3.35	2.28	1.69	1.47	1.82	1.33	1.97

Observaciones : - Datos obtenidos por correlación con Regimen Natural Río Los Molles: Mayo-1946 a Abril-1961.

- Datos DGA - Stgo. desde Mayo-1961 hasta Octubre-1974.

- Datos DGA - Ovalle desde Noviembre-1974 hasta Abril-1975.

- (1): Hubo mediciones en algunos días del mes.

- (2): Valor mensual rellenado por Dirección General de Aguas.

- (3): Valor mensual calculado según promedio mes anterior y posterior.

T A B L A II.8

Estación : Río Tascadero en Desembocadura
Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 31° 02'
Longitud : 70° 41'
Altura : -
Sup. de la hoya : 241,3 km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1962/63								1.094	0.459	0.506	0.383	0.329	0.308	
1963/64	0.223	0.197	0.427	0.486	1.647	2.149	3.303	11.789	4.604	1.199	0.615	0.706	2.279	
1964/65	0.615	0.498	0.544	0.488	0.472	0.443	0.376	0.171	0.249	0.242	0.192	0.238	0.377	
1965/66	0.264	0.307	0.313	1.664	3.639	7.054	14.150	8.814	1.443	0.698	0.253	0.410	3.251	
1966/67	0.474	0.562	1.104	0.780	0.953	2.227	2.719	2.691	1.355	0.325	0.291	0.129	1.134	
1967/68	0.325	0.470	0.505	0.291	0.372	0.453	0.424	0.423	0.337	0.172	0.160	0.160	0.341	
1968/69	0.160	0.160	0.133	0.129	0.118	0.103	0.088	0.067	0.083	0.069	0.074	0.059	0.104	
1969/70	0.081	0.148	0.184	0.194	0.169	0.119	0.119	0.077	0.046	0.064	0.048	0.061	0.109	
1970/71	0.074	0.112	0.116	0.180	0.164	0.154	0.152	0.066	0.050	0.032	0.032	0.049	0.098	
1971/72	0.103	0.180	0.264	0.294	0.243	0.171	0.166	0.109	0.091	0.067	0.070	0.223	0.165	
1972/73	0.155	1.270	1.171	1.474	2.081	3.217	7.253	17.391	5.454	1.338	0.817	0.765	3.532	
1973/74	0.801	0.736	0.814	0.702	0.531	0.541	0.708	0.460	0.247	0.085	0.112	0.082	0.485	
1974/75	0.076	0.352	0.443	0.419	0.397	-	0.502	0.470	0.200	0.168	0.145	0.204	-	

- Observaciones : - Datos DGA - Stgo. desde Nov - 1962 hasta Dic - 1970
- Datos DGA - Ovalle desde Ene-1971 hasta Abr - 1975
- (1) Promedio mes anterior y posterior
- (-) sin información

T A B L A II.9

Estación : Río Mostazal en Cuestecita
 Controlada por : Dirección General de Aguas
 Latitud : 30° 48'
 Longitud : 70° 35'
 Altura : 1250 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 367,5 km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1969/70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.260	0.229	0.279	0.234	
1970/71	0.291	0.329	0.353	0.487	0.369	0.344	0.337	0.362	0.411	0.446	0.416	0.406	0.379	
1971/72	0.322	0.294	0.442	0.465	0.465	0.404	0.396	0.294	0.290	0.250	0.255	0.280	0.346	
1972/73	0.261	0.776	0.820	1.103	1.897	2.639	3.495	7.854	6.100	2.398	1.773	0.858	2.498	
1973/74	1.027	1.224	1.303	0.875	0.772	0.893	0.964	0.903	0.733	0.740	0.573	0.558	0.880	
1974/75	0.523	0.452	0.483	0.329	0.408	0.654	0.637	0.500	0.410	0.404	0.414	0.422	0.470	

Observaciones : (-) Sin información

T A B L A II.10

Estación : Río Mostazal en Chacay
 Controlada por : ENDESA
 Latitud : 30°46'
 Longitud : 70°28'
 Altura : 2.410 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 121 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q ^o anual
1946/47	0.435	0.402	0.535	0.431	0.414	0.425 ¹	0.39 ¹	0.305 ¹	0.265 ¹	0.332	0.345	0.313	0.383	
1947/48	0.325	0.336	0.340	0.387	0.362	0.545	0.511	0.364	0.293	0.265	0.265	0.293	0.357	
1948/49	0.316	0.286	0.313	0.449	0.650	1.738	3.544	2.581	0.977	0.621	0.468	0.504	1.037	
1949/50	0.467	0.412	0.456	0.502	0.550	0.810	0.880	0.580	0.420	0.370	0.340	0.35	0.511	
1950/51	0.400	0.405	0.355	0.365	0.450	0.725	1.32	0.950	0.540	0.400	0.335	0.32	0.547	
1951/52	0.320	0.315	0.315	0.33	0.29	0.275	0.285	0.245	0.225	0.225	0.220	0.245	0.274	
1952/53	0.250	0.320	0.365	0.415	0.89	1.06	1.42	1.000	0.55	0.44	0.42	0.445	0.631	
1953/54	0.460	0.630	0.56	0.70 ¹	1.31	1.91	5.0 ¹	6.51	3.100 ¹	1.500 ¹	0.900 ¹	0.721	1.939	
1954/55	0.760	0.840	0.778	0.94	1.175	1.208	1.317	0.914	0.74	0.63	0.608	0.555	0.872	
1955/56	0.430	0.425	0.40	0.507	0.609	0.598	0.628	0.494	0.408	0.352	0.400	0.346	0.466	
1956/57	0.349	0.341	0.344	0.362	0.444	0.554	0.362	0.33	0.315	0.296	0.300	0.303	0.358	
1957/58	1.020	0.42	0.436	0.454	0.646	1.65	3.87	3.71	1.78	1.096	0.921	0.762	1.397	
1958/59	0.634	0.593	0.556	0.545	0.587	0.725	0.577	0.423	0.38	0.38	0.390	0.377	0.514	
1959/60	0.378	0.362	0.425	0.448 ²	0.885	1.210	1.52	0.958	0.60	0.487	0.444	0.376	0.674	
1960/61	0.425	0.421	0.487	0.508	0.717	1.210	1.42	1.05	0.693	0.578	0.423	0.40	0.694	
1961/62	0.35	0.35	0.460 ²	0.37	0.622	2.700 ²	1.78	1.14	0.72	0.59	0.530	0.485	0.843	
1962/63	0.465	0.450	0.470	0.45	0.475	0.56	0.52	0.39	0.335	0.333	0.325 ²	0.335	0.425	
1963/64	0.330	0.330	0.400	0.384	0.55	0.99	1.88	6.2	2.7	1.26	0.890	0.72	1.386	
1964/65	0.630	0.65	0.620	0.55	0.73	0.79	0.80	0.64	0.56	0.44	0.425	0.52	0.613	
1965/66	0.500	0.48	0.520	0.60	1.01	3.00	6.75	5.87	3.55	1.70	1.120	0.99	2.174	
1966/67	0.894	0.796	0.846	0.841	1.036	1.536	1.783	1.285	0.953	0.717	0.594	0.594	0.990	
1967/68	0.440	0.440	0.430	0.397	0.45	0.56	0.585	0.443	0.27	0.27	0.240	0.27	0.400	
1968/69	0.200	0.210	0.215	0.180	0.203	0.234	0.258	0.222	0.16	0.14	0.125	0.137	0.190	
1969/70	0.146	0.166	0.184	0.194	0.204	0.234	0.282	0.226	0.163	0.146	0.180	0.156	0.190	
1970/71	0.168	0.181	0.212	0.220	0.193	0.217	0.221	0.182	0.105	0.112	0.083	0.083	0.165	
1971/72	0.055	0.048	0.078	0.084	0.097	0.102	0.089	0.058	0.017	0.03	0.390	0.032	0.090	
1972/73	0.148	0.244	0.366	0.483	0.764	1.778	4.441	5.625	3.81	2.635	1.020	0.878	1.849	
1973/74	0.6	0.534	0.564	0.536	0.532	0.711	0.86	0.693	0.425	0.433	0.360	0.29	0.545	
	0.25	0.24	0.24	0.235	0.26	0.40	0.39	0.31	0.150	0.210	0.220	-	-	

Observaciones : - Datos obtenidos por correlación con Régimen Natural del Río Los Mo-
 lles desde Sep-1965 hasta Dic-1965, desde Abr-1966 hasta Mar-1975 y
 meses de Mayo/1961, Junio/1961, Agosto/1961, Sep/1961 y Julio/1963.
 - (1) Datos obtenidos de correlación con Estación Río Grande en Las
 Pegas.
 - (2) Hubo mediciones en algunos días del mes.
 - (3) Promedio mes anterior y posterior.

T A B L A II.11

ESTADISTICA DE CABECERA GENERADA PARA EL RIO MOSTAZAL

Año	Gastos Medios Mensuales en m ³ /seg												Q̄ anual
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	
1946/47	0.552	0.511	0.679	0.547	0.526	0.540	0.495	0.387	0.336	0.422	0.438	0.398	0.486
1947/48	0.413	0.427	0.432	0.491	0.460	0.692	0.649	0.462	0.372	0.336	0.337	0.372	0.453
1948/49	0.401	0.363	0.397	0.570	0.826	2.207	4.500	3.278	1.241	0.789	0.594	0.640	1.317
1949/50	0.593	0.523	0.579	0.637	0.699	1.029	1.117	0.737	0.533	0.47	0.432	0.444	0.649
1950/51	0.508	0.514	0.451	0.464	0.572	0.921	1.676	1.206	0.686	0.508	0.425	0.406	0.695
1951/52	0.406	0.400	0.400	0.419	0.368	0.349	0.362	0.311	0.286	0.286	0.279	0.311	0.348
1952/53	0.318	0.406	0.464	0.527	1.130	1.346	1.803	1.27	0.699	0.559	0.533	0.565	0.801
1953/54	0.584	0.800	0.711	0.889	1.651	2.413	6.35	8.255	3.937	1.905	1.143	0.914	2.463
1954/55	0.965	1.067	0.988	1.194	1.492	1.534	1.673	1.161	0.94	0.800	0.772	0.705	1.107
1955/56	0.546	0.540	0.508	0.644	0.773	0.759	0.798	0.627	0.518	0.447	0.508	0.439	0.592
1956/57	0.500	0.433	0.437	0.460	0.564	0.704	0.460	0.419	0.400	0.376	0.381	0.385	0.455
1957/58	1.295	0.533	0.554	0.577	0.820	2.096	4.915	4.712	2.26	1.392	1.169	0.968	1.774
1958/59	0.805	0.753	0.706	0.692	0.745	0.921	0.733	0.537	0.483	0.483	0.495	0.479	0.653
1959/60	0.480	0.457	0.540	0.569	1.124	1.537	1.93	1.217	0.762	0.618	0.564	0.477	0.856
1960/61	0.540	0.535	0.618	0.645	0.911	1.537	1.803	1.334	0.880	0.734	0.537	0.508	0.881
1961/62	0.445	0.445	0.584	0.495	0.790	3.429	2.261	1.448	0.914	0.749	0.673	0.616	1.071
1962/63	0.590	0.572	0.597	0.572	0.603	0.711	0.660	0.495	0.425	0.419	0.413	0.425	0.540
1963/64	0.419	0.419	0.508	0.488	0.699	1.257	2.388	7.874	3.429	1.600	1.130	0.914	1.760
1964/65	0.800	0.826	0.787	0.699	0.927	1.003	1.016	0.813	0.711	0.559	0.540	0.660	0.778
1965/66	0.635	0.610	0.660	0.762	1.283	3.810	8.573	7.455	4.508	2.159	1.422	1.257	2.756
1966/67	1.135	1.011	1.074	1.068	1.316	1.951	2.264	1.632	1.21	0.910	0.754	0.754	1.257
1967/68	0.559	0.559	0.546	0.504	0.572	0.711	0.743	0.563	0.343	0.343	0.305	0.343	0.508
1968/69	0.254	0.267	0.273	0.229	0.258	0.297	0.328	0.282	0.203	0.178	0.159	0.174	0.241
1969/70	0.185	0.211	0.234	0.246	0.259	0.297	0.358	0.287	0.207	0.185	0.229	0.198	0.241
1970/71	0.213	0.230	0.269	0.279	0.245	0.276	0.281	0.231	0.133	0.142	0.105	0.105	0.210
1971/72	0.103	0.089	0.154	0.155	0.180	0.191	0.166	0.107	0.030	0.055	0.084	0.060	0.114
1972/73	0.188	0.310	0.465	0.613	0.970	2.258	5.64	7.144	4.839	3.346	1.295	1.115	2.35
1973/74	0.762	0.678	0.716	0.681	0.676	0.903	1.092	0.88	0.54	0.55	0.457	0.368	0.69
1974/75	0.318	0.305	0.305	0.298	0.33	0.508	0.495	0.394	0.191	0.267	0.279		

T A B L A II.12

Estación : Río Rapel en Palomo
Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 30°45'
Longitud : 70°40'
Altura : 1200 m.s.n.m.
Sup. de la hoya: 508,8 km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1970/71									0.202	0.027	0.116	0.142	
1971/72	0.275	0.374	0.571	0.561	0.443	0.304	0.252	0.220	0.178	0.096	0.163	0.113	0.296
1972/73	0.161	1.111	1.367	0.785	1.010	1.729	2.145	10.110	9.417	2.753	1.212	1.440	2.770
1973/74	1.232	1.182	1.320	0.965	0.539	0.966	0.582	0.431	0.367	0.291	0.288	0.344	0.709
1974/75	0.311	0.726	0.657	0.582	0.456	0.407	0.455	0.282	0.338	0.129	0.180	0.285	0.401

Observaciones : - Datos DGA - Ovalle desde Enero - 1971 hasta Dic - 1971
- Datos obtenidos por oficina del Sistema Paloma (Ovalle) desde Enero 1972 hasta Abril 1975.

Latitud : 30° 40'
 Longitud : 70° 34'
 Altura : 2.100 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 189 Km²

Estación : Río Palomo en Vertedero
 Controlada por : ENDESA

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N.	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1941/42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1942/43	0.861	0.85	0.752	0.629	0.568	0.96	1.521	1.564	1.113	0.753	1.78	1.127	0.445	0.879
1943/44	0.407	0.414	0.406	0.396	0.455	0.544	0.608	0.53	0.470	0.438	0.42	0.482	0.482	0.464
1944/45	0.396	0.408	0.438	0.471	0.614	0.938	1.333	1.485	0.985	0.983	0.852	0.784	0.784	0.807
1945/46	0.568	0.474	0.469	0.425	0.397	0.346	0.313	0.486	0.482	0.454	0.412	0.478	0.442	0.442
1946/47	0.416	0.392	0.431	0.316	0.317	0.288	0.301	0.269	0.265	0.270	0.243	0.241	0.241	0.312
1947/48	0.258	0.216	0.253	0.247	0.253	0.246	0.249	0.269	0.230	0.241	0.248	0.241	0.241	0.246
1948/49	0.229	0.218	0.253	0.335	0.384	0.531	0.788	1.168	0.893	0.658	0.667	0.593	0.593	0.560
1949/50	0.534	0.480	0.468	0.586	0.473	0.64	0.752	0.562	0.558	0.544	0.495	0.48	0.48	0.548
1950/51	0.546	0.488	0.485	0.396	0.419	0.455	0.59	0.776	0.776	0.635	0.59	0.572	0.572	0.561
1951/52	0.528	0.605	0.50	0.446	0.40	0.343	0.296 ²	0.25	0.246	0.296	0.305	0.291	0.291	0.376
1952/53	0.26	0.272	0.285	0.381	0.564	0.538	1.015	1.08	0.770	0.680	0.518	0.441	0.441	0.567
1953/54	0.401	0.441	0.471	0.455 ¹	0.621	1.001	2.330 ³	3.001	1.800 ¹	1.241	0.972	0.83	0.83	1.130
1954/55	0.713	0.704	0.593	0.606	0.559	0.605	0.826	0.879	0.771	0.557	0.435	0.43	0.43	0.640
1955/56	0.429	0.396	0.36	0.333	0.312	0.283	0.257	0.296	0.291	0.247	0.274	0.283	0.283	0.313
1956/57	0.301	0.30	0.274	0.278	0.279	0.283	0.266	0.288	0.278	0.288	0.283	0.266	0.266	0.282
1957/58	0.279	0.396	0.385	0.452	0.546	1.187	2.161	2.958	2.257	1.354	1.015	0.843	0.843	1.153
1958/59	0.694	0.597	0.507	0.442	0.476	0.465	0.423	0.419 ³	0.383	0.373	0.370 ³	0.363	0.363	0.458
1959/60	0.363	0.352	0.42	0.436	0.554	0.597	0.702	0.742	0.663	0.572	0.473	0.391	0.391	0.522
1960/61	0.415	0.455	0.475	0.435	0.405	0.405	0.395	0.43	0.405	0.375	0.360	0.35	0.35	0.409
1961/62	0.325	0.32	0.315	0.31	0.395	0.455	0.67	0.68	0.540	0.465	0.45	0.43	0.43	0.446
1962/63	0.355	0.29	0.305	0.275	0.230	0.280	0.265	0.315	0.400	0.335	0.38	0.24	0.24	0.306
1963/64	0.335	0.32	0.335	0.345	0.455	0.54	0.80	2.15	1.76	1.34	0.98	0.68	0.68	0.837
1964/65	0.52	0.52	0.495	0.475	0.49	0.465	0.50	0.485	0.48	0.39	0.35	0.455	0.455	0.469
1965/66	0.483	0.405	0.485	0.78	1.02	1.875 ³	3.9	4.65	3.15	2.04	1.4	0.960	0.960	1.762
1966/67	0.752	0.638	0.638	0.605	0.648	0.216	0.873	0.821	0.758	0.653	0.552	0.518	0.518	0.690
1967/68	0.497	0.466	0.431	0.375	0.375	0.390	0.385	0.375	0.355	0.314	0.294	0.304	0.304	0.380
1968/69	0.264	0.259	0.254	0.199	0.204	0.190	0.204	0.222	0.199	0.167	0.176	0.185	0.185	0.210
1969/70	0.192	0.215	0.220	0.224	0.210	0.192	0.234	0.229	0.210	0.187	0.257	0.210	0.210	0.215
1970/71	0.239	0.249	0.269	0.259	0.204	0.189	0.189	0.194	0.169	0.149	0.119	0.114	0.114	0.195
1971/72	0.126	0.106	0.159	0.164	0.169	0.145	0.121	0.101	0.065	0.058	0.087	0.072	0.072	0.114
1972/73	0.120	0.187	0.267	0.329	0.458	0.839	2.045	3.468	2.472	2.294	0.916	0.716	0.716	1.180
1973/74	0.571	0.484	0.484	0.416	0.387	0.426	0.484	0.504	0.455	0.387	0.37	0.29	0.29	0.438
1974/75	0.305	0.285	0.275	0.24	0.25	0.305	0.325	0.305	0.305	0.265	0.275	-	-	-

Observaciones : - (1) Dato estimado en ENDESA

(2) Datos según promedio mes anterior y posterior

(3) Dato estimado según correlación con Regimen Natural Río Los Molles

- Datos según correlación con Regimen Natural Río Los Molles desde
 Abril -1966 hasta Marzo-1975

T A B L A II.14

Estadística de cabecera generada para el Rfo Rapel

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1946/47	0.981	0.996	1.052	0.889	0.852	0.795	0.789	0.797	0.674	0.680	0.693	0.671	0.817
1947/48	0.647	0.637	0.711	0.716	0.855	0.761	0.694	0.654	0.584	0.568	0.588	0.596	0.668
1948/49	0.632	0.587	0.632	0.858	1.269	1.958	2.341	2.653	1.800	1.364	1.307	1.190	1.383
1949/50	1.101	0.975	0.998	1.231	1.075	1.408	1.456	1.072	1.053	1.022	0.941	0.941	1.106
1950/51	1.061	1.013	1.000	0.851	0.919	1.215	1.470	1.646	1.526	1.305	1.240	1.182	1.202
1951/52	1.098	1.175	1.090	0.986	0.910	0.798	0.696	0.615	0.576	0.571	0.555	0.601	0.806
1952/53	0.570	0.600	0.635	0.901	1.404	1.318	2.215	2.155	1.452	1.230	1.147	0.893	1.210
1953/54	0.866	1.105	1.030	1.145	1.430	2.470	5.095	6.405	4.210	2.910	2.147	1.720	2.544
1954/55	1.459	1.341	1.303	1.476	1.394	1.425	1.616	1.610	1.511	1.195	1.048	1.018	1.369
1955/56	0.939	0.896	0.800	1.053	0.772	0.693	0.557	0.586	0.581	0.522	0.584	0.603	0.716
1956/57	0.704	0.698	0.622	0.684	0.708	0.762	0.627	0.583	0.549	0.542	0.540	0.538	0.630
1957/58	0.607	0.857	0.827	0.019	1.311	2.761	4.381	5.628	4.257	2.889	2.315	1.665	2.376
1958/59	1.432	1.284	1.123	1.026	1.028	1.071	0.906	0.835	0.767	0.766	0.776	0.777	0.983
1959/60	0.786	0.771	0.887	1.055	1.635	1.733	1.736	1.438	1.190	1.072	0.942	0.850	1.175
1960/61	0.869	0.912	0.944	0.970	0.986	1.150	1.027	0.989	0.881	0.841	0.792	0.763	0.927
1961/62	0.730	0.726	0.734	0.746	1.077	1.640	1.861	1.532	1.202	1.064	1.005	0.947	1.105
1962/63	0.846	0.751	0.756	0.744	0.700	0.856	0.745	0.739	0.777	0.724	0.764	0.619	0.752
1963/64	0.720	0.713	0.769	0.793	1.212	1.649	2.579	5.250	4.104	2.727	2.097	1.545	2.013
1964/65	1.275	1.291	1.223	1.149	1.270	1.245	1.159	1.104	1.072	0.907	0.832	0.975	1.125
1965/66	1.052	0.947	1.012	1.83	2.134	4.535	8.480	9.030	5.900	3.724	2.811	2.089	3.629
1966/67	1.691	1.471	1.463	1.451	1.664	2.029	1.949	1.676	1.557	1.350	1.207	1.122	1.553
1967/68	1.072	1.045	0.955	0.874	0.925	0.940	0.826	0.743	0.708	0.645	0.630	0.642	0.834
1968/69	0.604	0.612	0.591	0.492	0.526	0.489	0.456	0.461	0.419	0.384	0.396	0.410	0.487
1969/70	0.437	0.495	0.511	0.544	0.533	0.491	0.509	0.472	0.438	0.410	0.577	0.466	0.490
1970/71	0.520	0.555	0.600	0.615	0.508	0.463	0.403	0.388	0.345	0.324	0.264	0.249	0.436
1971/72	0.281	0.241	0.363	0.390	0.424	0.362	0.266	0.204	0.135	0.136	0.202	0.159	0.264
1972/73	0.278	0.448	0.631	0.827	1.224	2.321	4.785	7.292	5.314	4.924	2.061	1.624	2.644
1973/74	1.272	1.077	1.101	1.022	0.972	1.055	1.066	1.021	0.930	0.861	0.791	0.618	0.982
1974/75	0.675	0.650	0.617	0.57	0.621	0.757	0.702	0.614	0.611	0.572	0.595	-	-

Observaciones : - Esta estadística se obtuvo sumando los gastos medios mensuales de las estadísticas Regimen Natural Rfo Los Molles y Rfo Palomo en Ver-tedero.

- (-) Sin información.

T A B L A II.15

Estación : Río Pama en entrada Embalse Cogoti
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 31°01'
 Longitud : 71°07'
 Altura : 672 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1965/66	-	-	-	-	-	-	-	-	0.946	0.076	0.105	0.106	-
1966/67	0.084	0.099	-	1.208	0.504	1.191	1.377	0.712	0.229	0.137	0.029	0.035	-
1967/68	0.036	0.068	0.854	0.202	0.280	0.186	0.120	0.062	0.028	0.016	0.018	0.020	0.158
1968/69	0.016	0.033	0.024	0.027	0.033	0.022	0.011	0.002	-	-	-	-	-
1969/70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970/71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971/72	-	0.004	0.008	0.010	0.013	0.012	0.013	0.006	0.079	0.0	0.0	0.0	-
1972/73	0.0	2.523	1.404	4.374	3.604	2.472	4.500	7.288	1.713	0.587	0.194	0.200	2.405
1973/74	0.331	0.555	0.610	0.252	0.150	0.104	0.076	0.036	0.010	0.006	0.005	0.008	0.179
1974/75	0.010	0.027	0.130	0.092	0.088	0.058	0.020	0.014	0.005	0.002	0.001	0.001	0.037

Observaciones : - Datos D.G.A. - Stgo. Desde Ene - 1966 hasta Dic -1968
 - Datos D.G.A. - Ovalle. Desde Jun - 1971 hasta Abr - 1975
 - (-) : Sin información

T A B L A II.16

Latitud : 31°08'
 Longitud : 70°46'
 Altura : -
 Sup. de la hoya :

Estación : Río Cogoti en Fragueta
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1971/72	-	-	-	-	0.381	0.416	0.401	0.199	0.134	0.079	0.059	0.096	-
1972/73	0.169	4.020	3.496	4.566	5.866	7.351	10.948	-	5.583	2.171	1.263	1.608	-
1973/74	0.917	1.030	1.324	1.151	0.760	0.989	1.335	0.786	0.540	0.413	0.345	0.299	0.824
1974/75	0.303	0.437	0.653	0.552	0.506	2.014	1.767	0.712	0.404	0.327	0.320	-	-

Observaciones : - Datos DGA - Ovalle. Desde Sept - 1971 hasta Marzo 1975.

T A B L A II.17

Estación : Río Cogotí en El Dieciocho
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 31° 06'
 Longitud : 70° 51'
 Altura : 1000 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya

Gastos Medios Mensuales en m ³ /seg													
Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1941/42	-	-	3.300	4.300	4.120	5.700	4.600	6.500	4.060	2.220	1.750	1.600	-
1942/43	1.700	1.760	1.770	2.350	1.940	2.110	2.400	2.180	1.590	1.190	1.230	1.280	1.792
1943/44	1.260	1.400	1.680	1.680	1.740	1.750	1.730	1.350	0.080	0.080	0.080	0.100	1.078
1944/45	0.120	0.230	0.640	2.890	3.830	4.800	7.560	7.060	1.900	3.240	0.740	0.230	2.770
1945/46	0.160	0.230	0.240	0.710	0.170	-	-	-	-	-	-	-	-
Estación suspendida													
1954/55	-	-	-	-	-	-	-	-	0.270	-	-	-	-
1955/56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.060	0.030	0.070	-
1956/57	0.080	0.140	0.080	0.280	0.280	0.450	0.450	0.150	0.080	0.020	0.020	0.020	0.169
1957/58	1.500	2.500	1.500	2.500	2.800	4.400	5.600	5.300	2.100	0.520	0.400	0.350	2.456
1958/59	0.480	1.180	0.490	1.100	0.910	1.470	1.390	0.490	0.300	0.150	0.110	0.150	0.685
1959/60	0.130	0.310	1.020	1.460	2.500	2.000	2.400	0.920	0.400	0.200	0.120	0.090	0.963
1960/61	0.120	0.790	0.900	0.490	0.370	0.980	0.940	0.570	0.220	0.160	-	0.090	-
1961/62	0.100	0.980	0.870	2.240	3.880	6.360	7.450	3.000	0.640	0.390	0.270	0.300	2.207
1962/63	0.300	0.680	0.660	0.200	0.380	1.000	1.030	0.660	0.210	0.060	0.150	0.110	0.453
1963/64	0.050	0.030	0.030	0.990	4.550	3.300	4.500	14.200	4.990	0.870	0.320	0.110	2.828
1964/65	0.250	0.690	0.610	0.430	0.510	0.260	0.360	0.200	0.230	0.090	0.070	0.180	0.323
1965/66	0.230	0.060	0.120	4.720	4.520	10.440	16.080	17.050	2.390	0.700	0.190	0.520	4.752
1966/67	0.650	2.160	5.120	2.350	2.740	4.840	4.980	2.530	0.510	0.550	0.400	0.360	2.266
1967/68	0.280	0.450	0.500	0.290	0.800	1.620	0.530	0.350	0.090	0.090	0.080	0.050	0.428
1968/69	0.140	0.240	0.150	-	0.350	0.110	0.060	0.080	-	-	-	-	-
1969/70	-	-	0.059	0.117	0.118	0.114	0.081	0.039	0.032	0.070	0.007	0.005	-
1970/71	0.038	0.059	0.038	0.038	0.137	0.095	0.087	0.012	0.032	0.022	0.015	0.014	0.049
1971/72	0.020	0.078	0.173	0.196	0.182	0.344	-	-	-	0.029	0.003	0.022	-
1972/73	0.032	6.061	8.140	5.060	6.544	7.856	10.016	11.074	0.079	1.213	0.661	-	-
1973/74	-	-	-	-	0.507	0.336	0.853	0.279	0.094	-	0.026	0.083	-
1974/75	0.169	0.705	0.625	0.377	0.319	1.288	0.896	0.416	0.235	0.198	-	-	-

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. desde Jul-1941 hasta Agosto-1970
 - Datos DGA - Ovalle desde Sept-1970 hasta Febrero-1975
 - (1) Rubo mediciones en algunos días del mes
 - (-) Sin información

T A B L A II.18

Estación : Río Cogoti en entrada Embalse Cogoti
Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 31°00'
Longitud: 71°07'
Altura : 672 m.s.n.m.
Sup. de la hoya

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1952/53									0.250	0.140	0.090	0.180	-
1953/54	0.530	2.600	0.800	2.800	7.400	4.800	10.800	12.100	2.900	0.840	0.630	0.890	3.924
1954/55	1.000	-	-	3.600	2.000	1.900	3.200	0.970	0.300	0.130	0.120	0.320	-
1955/56	1.000	0.340	0.310	0.270	0.310	0.330	0.320	0.130	0.070	0.030	0.030	0.110	0.271
1956/57	0.100	0.120	0.210	0.390	0.340	0.510	0.320	0.160	0.070	0.0	0.0	0.0	0.185
1957/58	16.800	2.500	2.100	3.500	2.700	6.100	7.100	8.700	2.300	0.670	0.520	0.490	4.457
1958/59	0.680	1.900	0.720	1.800	1.900 ¹	2.100 ¹	1.600	-	-	-	-	-	-
1959/60	0.350	0.650	1.400	1.900 ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960/61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961/62	0.180 ¹	1.380	1.240	2.820	4.000	5.400	8.200	4.300	1.870 ¹	-	-	0.380 ¹	0.140 ¹
1962/63	1.160	1.430	1.030	0.750	0.310	0.940	1.380	0.670	0.200	0.060	0.016	0.020	0.664
1963/64	0.010 ¹	0.400	1.790	1.030	1.870 ¹	0.760	1.240	5.360	1.660	1.710	1.070	0.580	1.457
1964/65	0.670	1.800	1.490	1.060	1.030	0.670	0.710	0.240	0.131	0.057 ¹	0.014 ¹	0.180	0.671
1965/66	0.560	0.190	2.010 ¹	-	1.040 ¹	2.610	5.010	-	-	-	-	-	-
1966/67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967/68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968/69	0.0	0.090	0.050	0.084	0.060	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.024
1969/70	0.0	0.0	0.056 ¹	0.133	0.177	0.187	0.078 ¹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.053
1970/71	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972/73	0.0	9.790 ¹	4.400	5.880	9.060	10.150	13.650	17.330	3.274	1.744	0.877	0.802	6.413
1973/74	0.817	1.176	1.634	1.072	0.466	0.720	0.745	0.300	0.032	0.035	0.039	0.042	0.590
1974/75	0.136	0.680	0.692	0.215	0.283	1.010	0.702	0.183	0.036	0.002	0.0	0.033	0.331

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. desde Enero-1953 hasta Diciembre-1972.

- Datos DGA - Ovalle desde Enero-1973 hasta Abril - 1975.

- (¹) Hubo medición en algunos días del mes.

- (-) Sin información.

T A B L A II.19

Latitud : 32° 52'
Longitud : 70° 50'
Altura : 7920 m.s.n.m.
Sup. de la hoya : 1260 Km²

Estación : Río Grande en El Cuyano
Controlada por : Dirección General de Aguas

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1959/60	2.25	2.89	3.82	4.94	8.42	9.20	13.54	4.85	2.70 ¹	2.93 ¹	2.57 ¹	2.25 ¹	5.03
1960/61	2.14 ¹	2.97	3.91	2.35	2.57	6.10	6.82	3.34 ¹	3.52	1.95	1.32	1.42	3.20
1961/62	1.62	1.45	3.21	5.30	13.36	33.35	35.19	10.56	4.15	3.09	2.46	2.38	9.68
1962/63	2.48	2.91	3.67	3.20	2.25	4.69	6.37	3.76	2.80	2.11 ²	1.43	1.18	3.07
1963/64	1.90	3.29	3.48	3.87	17.07	23.91	30.25	45.23	16.80	7.25	4.77	4.50	13.53
1964/65	3.97	4.73	4.53	3.99	4.29	4.38	3.93	3.05	2.75	1.89	1.74	2.34	3.47
1965/66	3.32	3.46	3.66	19.52	20.14	34.65	52.05	39.60	17.94	8.38	5.40	5.29	17.78
1966/67	4.72	6.18	9.96	10.01	11.40	19.07	21.32	13.33	5.08	3.93	4.30	3.03	9.36
1967/68	3.74	4.12	3.29	2.77	3.42	3.25	2.59	1.19	1.23	0.86	1.09	1.30	2.40
1968/69	1.41	2.55	2.47	1.71	1.39	1.21	0.60	0.53	0.55	0.49	0.44 ¹	1.07 ¹	1.20
1969/70	1.40 ¹	1.78	1.72	2.06	2.09	1.32	1.38 ¹	1.11	0.76 ¹	0.88 ¹	1.05 ¹	0.80	1.36
1970/71	1.42	1.41	1.36	2.07	1.77	1.38	1.35	1.07	0.608	0.518	0.341	1.195	1.21
1971/72	0.946	1.081	1.469	1.508	1.374	1.195	1.056	0.798	0.809	0.676	0.920	1.171	1.08
1972/73	1.034	9.170	6.854	10.209	14.533	20.883	36.686	57.974	21.790	8.75	5.562	5.263	16.56
1973/74	4.972	5.170	5.138	4.767	4.075	4.851	5.571	3.672	2.49	3.0	1.48	1.80	3.92
1974/75	1.87	2.88	3.06	2.87	2.73	5.11	4.65	2.47	1.76	1.39	1.68	1.64	2.68

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. Desde Mayo-1959 hasta Diciembre-1970
- Datos DGA - Ovalle. Desde Enero-1971 hasta Diciembre-1973
- Datos Sistema Paloma-Ovalle. Desde Enero-1974 - Abril-1975
- (1) Datos algunos días del mes.
- (2) Estimado por interpolación.

T A B L A II.20

Extracciones de agua por canales en el año 1974/1975

	<u>Rfos Grande, Tascadero y Turbio</u>					
	Las Ramadas El Cuyano	El Cuyano El Coipo	El Coipo Plla. Sn. Juan	Rfo Tascadero	Rfo Turbio	
May.	1.104.796	1.017.083	487.528	162.864	56.808	
Jun.	537.840	445.730	143.916	-	-	
Jul.	712.008	630.704	220.536	78.840	17.280	
Ago.	1.087.901	1.604.494	748.662	93.744	249.264	
Sep.	1.567.816	1.517.043	854.663	243.648	266.760	
Oct.	2.770.812	2.049.187	1.208.807	459.880	741.164	
Nov.	2.935.024	2.443.732	1.314.676	482.860	919.708	
Dic.	2.934.418	2.817.940	1.498.262	456.946	789.504	
Ene.	3.020.902	2.757.168	1.495.824	544.400	674.350	
Feb.	3.038.034	2.298.069	1.016.614	426.724	747.846	
Mar.	2.629.171	2.286.323	1.008.709	438.048	729.834	
Abr.	2.103.829	1.656.441	668.310	433.185	444.246	
Total	24.442.551	21.523.914	10.666.507	3.821.139	5.636.764	

(Valores en m³/mes)

T A B L A II.21

Estación : Río Grande en El Coipo
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 30°46'30"
 Longitud : 70°49'30"
 Altura : 560 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya: 2063,1 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1942/43								16.6	7.6	4.2	5.3	8.4	
1943/44	7.1	7.1	7.9	7.6	6.2	8.8	10.0	4.9	4.2	3.6	3.0	3.7	6.18
1944/45	4.4	9.5	10.9	15.9	19.4	29.6	34.0	27.0	8.7	20.0	8.7	7.3	16.28
1945/46	7.4	6.8	5.4	6.5	5.3	5.5	4.9	3.4	2.3	1.7	1.6	1.5	4.36
1946/47	4.3	3.8	4.7	1.6	2.2	2.5	2.4	2.5	1.75	0.94	1.41	0.9	2.42
1947/48	1.57	0.93	1.9	1.6	3.5	2.7	4.0	2.4	1.7	1.5	0.95	1.9	2.05
1948/49	2.9	2.4	6.9	7.6	9.0	15.3	21.7	15.0	5.43	3.3	2.9	2.47	7.91
1949/50	2.7	3.5	5.9	9.4	3.45	5.0	6.8	3.70	3.14	2.14	1.73	2.05	4.13
1950/51	7.5	5.1	3.14	2.37	3.77	6.2	12.3	6.9	3.2	2.7	2.4	2.7	4.86
1951/52	2.7												

Suspendida

1959/60									3.63	3.16	1.92	1.52	
1960/61	1.84	4.11	4.01	2.89	2.79	5.32	6.24	3.64	2.59	2.14	1.86	1.65	3.26
1961/62	1.30	7.34	5.28	7.18	15.10	19.8	22.6	12.2	3.87	3.20	2.33	2.20	8.53
1962/63	2.71	4.17	4.64	2.77	2.36	4.33	4.13	2.95	2.08	1.72	1.36	1.07	2.86
1963/64	2.84	2.67	5.19	4.80	19.70	17.40	25.40	55.80	22.30	7.35	4.61	4.67	14.39
1964/65	4.71	6.76	6.22	4.82	3.60	3.45	4.08	2.380	1.89	1.15	1.58	2.05	3.56
1965/66	3.28	2.81	6.10	28.40	26.80	41.10	62.90	51.20	20.30	9.61	5.47	6.38	22.03
1966/67	5.53	10.50	17.40	12.90	11.70	17.40	18.00	9.25	9.25	3.84	2.93	2.89	10.13
1967/68	3.49	5.30	4.16	3.01	3.47	3.29	2.32	0.78	-	0.98	0.88	0.69	-
1968/69	1.33	1.98	1.34	0.90	-	0.26	0.14	0.39	0.11	0.12	0.09	1.27	-
1969/70	1.27	1.74	1.58	2.14	1.61	0.82	1.04	0.34	0.30	0.40	0.62	0.40	1.02
1970/71	-	1.27	1.34	1.68	1.16	0.93	0.51	0.39	0.594	0.638	0.713	0.770	-
1971/72	1.361	1.531	1.893	1.830	1.811	0.970	0.952	0.916	0.180	0.140	0.467	0.523	1.05
1972/73	0.409	7.415	8.361	11.516	14.70	25.90	51.06	72.148	28.819	11.467	6.041	5.736	20.30
1973/74	5.296	5.296	6.039	4.341	2.294	4.125	4.826	2.824	1.353	1.030	0.752	1.205	3.28
1974/75	2.15	4.042	3.322	1.708	2.144	5.225	4.106	1.274	0.654	0.233	0.398	0.866	2.18

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. Desde Dic-1942 hasta Mayo-1951.

- Datos Sistema Paloma - Ovalle. Desde Enero-1960 hasta Diciembre-1970.

- Datos DGA - Ovalle. Desde Enero-1971 hasta Abril-1975.

T A B L A II.22

Latitud : 30°57'
 Longitud: 70°47'
 Altura : 924 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 612,5 Km²

Estación : Río Mostazal en Desembocadura.
 Controlada por : Dirección General de Aguas.

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1959/60								7.02	2.727	0.783	0.406	0.438	
1960/61	0.960	1.409	1.121	0.408	0.332	0.270	0.240	0.189	0.068	0.048	0.027	0.032	0.425
1961/62	0.084	1.171	0.775	6.277	3.316	3.889	3.082	0.770	0.279	0.169	0.142	0.184	1.678
1962/63	0.252	1.281	0.837	0.249	0.176	0.201	0.148	0.058	0.015	0.031	0.043	0.017	0.276
1963/64	0.012	0.506	1.191	1.122	5.924	2.723	4.721	9.879	3.246	0.766	0.390	0.540	2.585
1964/65	0.812	1.119	1.041	0.691	0.347	0.218	0.091	0.050	0.065	0.057	0.083	0.246	0.402
1965/66	0.368	0.330	0.980	17.122	4.435	6.412	11.493	9.203	3.849	1.694	0.783	1.410	4.84
1966/67	1.159	1.617	4.051	2.021	1.054	1.594	1.787	0.869	0.457	0.356	0.289	-	1.39
1967/68	0.404	0.915	0.692	0.362	0.386	0.251	-	-	-	-	-	-	-
1968/69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969/70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970/71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972/73	0.002	1.06	0.96	0.88	1.14	2.54	4.28	6.55	0.002	0.002	0.002	0.002	-
1973/74	0.55	0.78	0.93	0.27	0.14	0.26	0.17	0.08	5.40	2.14	0.90	0.45	2.19
1974/75	0.03	0.47	0.48	0.03	0.02	0.04	0.005	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.27
									0.022	0.015	0.011	0.006 ¹	0.09

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. Desde Dic-1959 hasta Oct-1967.
 - Datos Sistema Paloma - Ovalle. Desde Enero-1972 hasta Dic-1974.
 - Datos DGA - Ovalle. Enero y Febrero-1975.
 - (1) Relleno Mensual.
 - (-) Sin información.

T A B L A II.23

Latitud : 30°45'
 Longitud : 70°50'
 Altura : -
 Sup. de la hoya : -

Estación : Canal Semita - Palquí
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1960/61	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	0.0	0.0	0.0	-
1961/62	0.36	0.56	0.41	0.49	0.34	0.47	0.54	0.54	0.62	0.48	0.47	0.61	0.49
1962/63	0.70	0.67	0.41	0.58	0.53	0.57	0.63	0.58	0.40	0.0	0.0	0.0	0.42
1963/64	0.62	0.67	0.44	0.52	0.0	0.65	0.67	0.75	0.64	0.65	0.64	0.84	0.59
1964/65	0.54	0.63	0.51	0.45	0.58	0.59	0.65	0.44	0.46	0.0	0.0	0.73	0.47
1965/66	0.76	0.67	0.67	0.59	0.29	0.43	0.62	0.62	0.504	0.688	0.559	0.612	0.58
1966/67	0.465	0.213	0.0	0.264	0.371	0.369	0.377	0.508	0.584	0.392	0.147	0.143	0.32
1967/68	0.620	0.407	0.394	0.343	0.148	0.329	0.459	0.261	0.107	-	-	-	-
1968/69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969/70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970/71	-	-	-	-	-	-	-	-	0.081	0.065	0.069	0.0	-
1971/72	0.0	0.0	0.158	0.123	0.173	0.368	0.219	0.210	0.029	0.033	0.082	0.009	0.12
1972/73	0.0	0.0	0.115	0.110	0.130	0.318	0.390	0.549	0.529	0.630	0.593	0.403	0.31
1973/74	0.544	0.734	0.304	0.393	0.375	0.600	0.643	0.514	0.365	0.271	0.412	0.318	0.46
1974/75	0.327	0.163	0.413	0.578	0.399	0.589	0.686	0.771	0.591	0.768	0.916	0.437	0.55
1975/76	0.597	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observaciones : - Datos Sistema Paloma Ovalle. Desde Enero-1961 hasta Diciembre 1965.
 - Datos DGA - Stgo. Desde Enero-1966 hasta Enero-1968.
 - Datos DGA - Ovalle. Desde Enero-1971 hasta Mayo-1975.
 - (-) Sin información.

T A B L A II. 24

Estación : Río Grande en Puntilla San Juan
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°42'
 Longitud 70°57'
 Altura 420 m.s.n.m.
 Sup.de la hoya 3.474,6 Km²

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1941/42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.40	12.00	-
1942/43	14.40	14.80	13.80	17.10	16.00	22.50	30.30	18.50	9.30	5.50	4.10	10.30	14.72
1943/44	9.00	9.20	11.20	10.10	6.50	7.60	8.50	4.20	2.30	2.10	1.50	3.50	6.31
1944/45	5.40	12.80	18.10	23.30	26.20	36.30	47.20	37.50	11.20	28.10	10.60	9.00	22.14
1945/46	9.60	7.75	7.70	8.80	3.70	4.30	4.40	2.30 ¹	1.37 ¹	0.45 ¹	1.03 ²	2.10 ²	4.46
1946/47	3.64 ²	7.21 ²	4.85 ²	1.61 ²	1.85	1.49	1.03	1.01	0.58	0.28	0.47	0.39	2.03
1947/48	1.63	0.68	2.24	2.23	3.16	2.97	3.17	2.49	1.64	1.92	0.99	1.86	2.08
1948/49	2.43	2.52	5.03	4.22	10.20	12.20	19.80	13.40	5.03	4.11	3.21	3.03	7.10
1949/50	3.17	1.43	4.23	8.92	3.29	5.66	4.58	3.18	3.23	2.35	1.80	2.40	3.69
1950/51	6.30	1.80	1.40	2.60	2.90	4.70	6.10	3.70	3.60	2.80	2.50	3.00	3.45
1951/52	1.80	0.90	2.10	1.70	2.20	2.10	2.10	1.60	0.96	1.40	0.86	1.30	1.59
1952/53	1.60	3.80	6.20	4.00	6.20	5.60	4.90	4.10	2.90	2.30	1.90	2.00	3.79
1953/54	3.10	3.10	2.40	6.40	19.60	13.60	57.10	56.20	20.80	5.30	4.20	5.60	16.45
1954/55	7.80	13.0	9.80	12.00	6.60	5.30	4.20	3.70	2.40	2.50	2.10	2.20	5.97
1955/56	2.60	1.10	1.10	1.60	2.00	1.80	2.10	2.10	1.60	0.90	1.20	0.75	1.57
1956/57	2.90	1.30	0.80	0.90	0.90	3.30	2.80	1.40	0.90	1.40	0.50	1.20	1.53
1957/58	1.39 ²	11.80	12.50	12.50	12.20	28.80	40.10	39.50	15.60	3.90	4.93	5.70	15.74
1958/59	7.48	15.80	5.97	7.30	5.05	4.30	4.01	2.88	2.11	1.59	1.77	1.92	5.02
1959/60	1.56	2.25	1.78	2.52	4.60	4.87	6.10	4.02	3.50	2.78	1.69	2.20	3.16
1960/61	2.56	2.52	1.44	2.93	2.58	4.02	4.20	3.16	2.75	1.53	1.69	1.40	2.57
1961/62	1.41	10.20	1.60	4.39	13.90	21.90	21.80	7.43	3.81	3.49	2.64	2.70	7.94
1962/63	2.50	3.58	1.86	1.60	2.28	4.10	4.26	3.14	2.30	1.87	2.08	2.60	2.68
1963/64	1.62	2.40	2.30	1.81	22.20	16.00	31.10	68.20	24.80	4.51	3.25	3.44	15.14
1964/65	2.75	6.92	8.57	4.05	3.08	3.46	3.50	2.46	2.27	1.82	1.81	1.29	3.50
1965/66	0.81	0.41	8.68	50.10	34.30	59.70	93.00	69.70	27.20	12.30	7.43	4.25	30.66
1966/67	5.92	15.10	20.10	13.90	10.80	12.70	15.10	6.46	2.91	1.41	0.99	1.35	8.90
1967/68	2.55	7.79	5.36	3.33	5.17	1.81	1.39	1.03	0.61	0.41	0.50	0.53	2.54

(continuación.-)

T A B L A II. 24 (continuación)

Estación : Río Grande en Puntilla San Juan
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°42'
 Longitud 70°57'
 Altura 420 m.s.n.m.
 Sup.de la hoya 3.474,6 Km²

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1968/69	1.64	2.63	1.16	0.95	0.45	0.27	0.22	0.19	0.17	0.09	0.19	0.39	0.70
1969/70	1.23	2.05	1.62	1.59	1.54	0.95	0.83	0.54	0.72	0.15	0.59	0.26	1.01
1970/71	1.20	1.84	2.11	2.73	1.64	0.92	0.40	0.37 ³	0.331	0.261	0.242	0.394	1.04
1971/72	1.348	1.865	2.519	2.390	1.571	0.585	0.433	0.855	0.127	0.092	0.243	0.810	1.07
1972/73	0.767	15.476	10.835	15.096	20.736	32.40	40.51	61.241	34.961	11.842	7.638	8.266	21.65
1973/74	8.353	8.932	7.909	4.809	2.458	3.538	3.763	2.232	2.041	0.808	0.211	1.172	3.85
1974/75	2.167	4.895	3.617	1.676	2.448	3.874	3.623	0.803	0.317	0.254	0.45	0.909	2.09

- Observaciones :
- Datos DGA - Stgo. desde Marzo-1942 hasta Nov.-1970
 - Datos DGA - Ovalle desde Enero-1971 hasta Abril-1975
 - (1) Datos Sistema Paloma - Ovalle
 - (2) Estimación en base a Estación Río Grande en Paloma
 - (3) Relleno con promedio
 - (-) Sin información

T A B L A II.25

Latitud : 30°42'
 Longitud : 70°53'
 Altura : 500 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya : 818.1 km²

Estación : Río Rapel en Juntas.
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1959/60										0.032	0.025	0.143	
1960/61	0.466	1.074	1.241	0.280	0.068	0.078	0.017	0.021	0.014	0.003	0.0	0.008	0.273
1961/62	0.007	2.067	0.648	0.758	0.829	0.658	0.648	0.079	0.017	0.074	0.085	0.186	0.505
1962/63	0.460	1.173	1.293	0.514	0.139	0.248	0.021	0.016	0.008	0.006	0.020	0.065	0.33
1963/64	0.325	0.622	1.168	1.301	3.217	1.591	4.464	7.422	4.632	1.296	1.285	1.398	2.393
1964/65	1.662	2.787	2.108	1.279	0.855	0.377	0.209	0.163	0.064	0.042	0.020	0.344	0.826
1965/66	0.970	0.633	1.681	37.057	7.923	8.627	19.925	13.622	5.962	4.110	2.834	3.757	8.925
1966/67	3.240	4.483	4.791	2.856	1.118	0.767	1.183	0.954	0.422	0.265	0.326	-	-
1967/68	0.671	2.454	1.287	0.725	0.584	0.242	0.097	0.095	0.053	0.027	0.043	0.051	0.527
1968/69	0.081	0.235	0.319	0.174	0.110	0.030	-	0.008	0.008	0.007	0.010	0.027	-
1969/70	0.061	0.040	0.052	0.014	0.168	0.004	-	0.010	0.002	0.010	-	-	-
1970/71	0.005	0.398	0.434	0.645	-	0.222	0.002	0.003	0.004	0.009	0.004	-	-
1971/72	0.274	0.389	0.798	0.698	0.421	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.217
1972/73	0.002	2.445	3.011	1.671	2.221	1.323	2.909	5.467	4.504	2.164	1.950	1.964	2.476
1973/74	2.039	2.037	2.035	0.667	0.204	0.160	0.107	0.052	0.077	0.092	0.088	0.122	0.640
1974/75	0.162	0.806	0.880	0.189	0.158	0.151	0.1191	0.0861	0.0541	0.021	0.009	0.008	0.220

- Observaciones : - Datos DGA - Stgo. Desde Febrero 1960 hasta Diciembre-1970.
 - Datos Sistema Paloma - Ovalle. Desde Enero-1971 hasta Abril-1975.
 - (!) Relleno Mensual.
 - (-) Sin información.

T A B L A II.26

Estación : Canal Alimentador Recoleta en Bocatomá
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud : 30°29'
 Longitud : 71°05'
 Altura : 412 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya -

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄
1947	-	-	0.38	0.0	0.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1948	0.0	0.0	1.97	4.06	1.17	5.86	6.74	6.30	0.42	0.0	0.0	0.0	2.21
1949	0.37	3.47	3.55	2.98	1.48	0.0	2.37	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	1.19
1950	2.13	5.12	2.83	0.28	1.49	1.22	6.00	2.92	0.03	0.0	0.0	0.0	1.84
1951	2.13	3.35	3.02	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.0	0.77
1952	0.0	3.09	3.71	4.74	4.36	3.67	5.75	1.69	0.0	0.0	0.0	0.0	2.25
1953	0.26	5.89	3.97	3.42	6.08	6.52	6.49	0.36	0.0	1.47	0.54	0.0	2.92
1954	1.15	0.0	0.0	0.0	0.0	5.81	5.54	0.54	0.0	0.0	0.0	0.0	1.09
1955	3.57	5.94	3.11	1.22	1.93	0.20	0.14	0.0	0.0	0.0	0.23	0.0	1.36
1956	0.0	0.81	1.49	2.72	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	0.0	0.96	5.76	6.35	4.51	5.54	7.34	2.18	0.0	0.0	0.0	0.0	2.72
1960	0.0	2.24	4.96	0.24	0.0	1.35	2.14	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.93
1961	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	0.61	2.97	5.61	2.37	0.0	0.86	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.10
1963	0.14	0.48	5.52	5.53	4.72	6.21	5.85	4.22	0.0	2.80	1.78	1.98	3.27
1964	3.35	2.23	0.03	1.89	0.97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.85	0.78

(continúa. -

T A B L A II.26 (continuación)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	\bar{Q}
1965	2.71	2.55	0.39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.83	0.79
1966	2.29	0.0	0.0	0.0	1.36	4.70	5.36	5.37	1.85	0.19	0.08	0.06	1.77
1967	0.06	0.06	0.02	0.07	0.34	2.35	2.31	1.11	0.61	0.31	0.63	0.54	0.70
1968	0.34	0.27	1.49	1.03	1.20	0.61	0.24	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	0.435	0.37	3.16	0.30	0.03	0.05	0.18	0.0	-
1973	0.0	0.0	0.0	0.61	1.32	0.71	0.57	0.61	0.53	0.70	0.67	1.37	0.59
1974	0.62	0.13	1.08	0.71	1.35	0.93	0.61	0.42	0.28	0.06	0.23	0.12	0.55
1975	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observaciones : Datos D.G.A. - Stgo. : desde Julio - 1959 hasta Marzo - 1961
 Datos Sistema Paloma - O valle. Desde Sept. - 1967 hasta Abril - 1969
 y desde Sept. - 1972 hasta Mayo - 1975

El resto de los valores se obtuvo en base a la estadística del Canal Alimentador Recoleta, en llegada a Embalse Recoleta, y considerando una pérdida por conducción del 26%.

T A B L A II.27

Estación : Canal Alimentador Recoleta en Llegada
Embalse Recoleta.

Latitud 30°28'
Longitud 71°06'
Altura 360 m.s.n.m.
Sup. de la hoya

Controlada por : Dirección General de Aguas

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1947/48	-	-	-	0.280	0.0	0.704	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1948/49	0.0	0.0	1.459	3.007	4.342	0.869	4.989	4.667	0.309	0.0	0.0	0.0	0.0	1.637
1949/50	0.276	2.573	2.629	2.207	1.096	0.0	1.756	0.059	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.883
1950/51	1.578	3.790	2.097	0.207	1.103	0.902	4.446	2.163	0.024	0.0	0.0	0.0	0.0	1.359
1951/52	1.575	2.480	2.235	0.534	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.040	0.0	0.0	0.572
1952/53	0.0	2.292	2.749	3.510	3.230	2.718	4.262	1.255	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.668
1953/54	0.190	4.831	2.830	2.084	3.309	4.902	3.826	0.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.854
1954/55	0.853	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.858	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.393
1955/56	2.647	1.711	0.907	0.333	1.430	0.145	0.100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.0	0.620
1956/57	0.0	0.603	1.106	2.015	0.557	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-
1957/58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958/59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959/60	0.0	0.709	4.483	4.676	3.379	4.234	5.094	1.596	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.014
1960/61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961/62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua .-

T A B L A II.27 (continuación)

Estación : Canal Alimentador Recoleta en llegada
 Embalse Recoleta. Latitud 30°28'
 Longitud 71°06'
 Controlada por : Dirección General de Aguas Altura 360 m.s.n.m.,
 Sup. de la hoya

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Qanual
1962/63	0.455	2.201	4.155	1.758	0.0	0.638	0.536	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.812
1963/64	0.105	0.355	4.090	4.097	3.493	4.598	4.337	3.129	0.0	2.073	1.316	1.463	2.421
1964/65	2.480	1.651	0.019	1.400	0.715	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.630	0.575
1965/66	2.007	1.889	0.290	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.937	0.585
1966/67	1.698	0.0	0.0	0.0	1.004	3.480	3.967	3.981	1.367	0.143	0.059	0.048	1.312
1967/68	0.046	0.043	0.016	0.051	0.013	0.640	0.079	0.089	0.0	0.0	0.0	0.0	0.081
1968/69	0.0	0.090	0.404	0.260	0.327	0.066	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.096
1969/70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970/71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971/72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972/73	-	-	-	-	-	0.0	1.46	1.833	0.146	0.0	0.0	0.0	-
1973/74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1974/75	0.0	0.254	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.021

Obsevaciones : - Datos Estudio Embalse Paloma desde Julio-1947 hasta Feb.-1957
 - Datos Sistema Paloma - Ovalle (Operación del Embalse Recoleta)
 desde Mayo-1959 hasta Mayo-1975
 - (-) Sin información.

Estación Río Grande en Agua Chica
(Limnométrica)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄
1946	-	-	-	-	1.72	4.22	2.80	3.09	1.83	0.96	1.38	0.95	-
1947	1.8	0.78	2.64	2.27	5.12	2.08	3.79	2.37	1.68	1.61	0.89	1.95	2.25
1948	2.70	2.66	6.15	7.22	8.77	14.51	18.40	16.86	5.04	4.37	3.56	2.19	7.70
1949	3.67	4.14	9.12	9.62	3.99	5.03	6.53	3.80	2.79	1.65	1.30	2.41	4.50
1950	7.75	6.67	4.14	2.84	4.44	6.39	10.39	17.92	3.25	3.92	2.06	2.99	6.06
1951	3.33	4.02	5.76	2.03	2.66	2.29	1.88	1.31	2.33	2.26	0.71	1.18	2.48
1952	1.15	6.88	7.39	5.49	8.32	7.82	9.88	5.38	4.42	2.58	1.86	1.9	5.26
1953	3.6	8.7	6.4	15.4	22.6	23.8	58.0	48.0	15.7	6.4	3.5	11.4	18.63
1954	9.9	12.8	9.3	10.6	6.0	9.2	10.6	3.6	2.7	3.0	2.7	2.3	6.89
1955	5.4	-	3.1	1.9	2.9	3.2	2.8	3.8	2.7	1.3	1.6	1.0	-
1956	1.6	1.5	2.6	2.5	1.8	3.1	2.8	1.5	0.9	1.3	0.65	1.1	1.78
1957	-	12.6	8.7	10.9	10.1	26.5	39.1	36.1	14.7	5.8	5.7	6.8	-
1958	8.2	9.72	5.44	7.71	4.60	4.0	4.17	3.02	1.4	1.54	1.54	1.61	4.41
1959	-	3.55	7.97	8.80	10.65	12.47	-	-	5.71	3.66	1.37	1.76	-
1960	2.43	5.77	5.31	2.69	3.0	7.26	8.01	4.5	2.89	2.27	2.08 ⁱ	2.38 ⁱ	4.05
1961	1.3	8.38	4.7	5.97	18.6	23.0	23.06	12.03	4.04	3.16	2.62	2.45	9.11
1962	3.8	6.4	6.37	3.25	3.61	5.8	6.16	-	2.3	1.31	1.2	2.03	3.84
1963	2.29	4.48	7.3	6.66	21.26	23.8	34.9	60.65 ⁱ	25.9	7.95	5.78	6.13	17.26
1964	6.23	9.36	9.05	6.67	4.73	4.56	4.06	2.46	2.36	1.88	1.50	2.75	4.63
1965	4.67	3.74	8.84	13.85 ⁱ	-	-	-	57.4	25.7	12.6	6.52	9.53	-
1966	8.10	15.3	21.1	17.2	15.3	20.1	23.0	14.6	6.32	5.4	4.44	3.20	12.84
1967	4.10	8.54	5.83	3.84	2.73	1.93	1.83	0.97	1.04	0.84	0.67	0.36	2.72
1968	1.51	2.63	2.48	2.51	1.52	0.76	0.52	0.02	0.11	0.05	0.10	0.13	1.03
1969	0.77	1.32	1.54	2.60 ⁱ	2.51	-	-	-	0.29 ⁱ	-	0.816	0.262	-
1970	1.109	1.620	1.798	2.571	1.742	1.315	0.351	0.188	0.133	0.132	0.094	0.274	0.94
1971	1.159	1.451	2.328	2.208	1.772	0.764	0.436	0.205	0.135	0.127	0.980	1.173	1.06
1972	1.042	13.970	11.200	16.145	18.226	27.496	46.040	73.400	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	1.224	1.040	0.946	1.446	-
1974	2.801	4.920	4.354	2.596	2.729	4.637	3.685	1.737	1.082	0.667	1.016	1.441	2.64
1975	3.327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota : (-) No hay datos

(i) Valor calculado con un período de observación inferior a un mes.

T A B L A II. 29

Estación : Río Grande en Paloma
Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°46'
Longitud 71°03'
Altura 342 m.s.n.m.
Sup. de la hoya 6.203,8 Km²

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1945/46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	2.40	-
1946/47	4.60	9.60	6.30	1.80	1.50 ¹	1.26	1.60	1.40	1.90	0.87	1.56	0.60	2.75
1947/48	1.75	0.68 ¹	2.10	2.80	2.40	1.70	2.50	2.40	0.88	1.27	0.70	1.75	1.87
1948/49	1.14	1.48	6.60	3.30	5.70	6.20	14.30	9.00	4.10	2.00	1.70	2.53 ¹	4.36
1949/50	3.10	0.16 ¹	7.41 ¹	10.0	2.20	2.90	3.00	3.00	2.15	1.33	1.10	1.41	3.15
1950/51	6.34	2.87	0.63	0.93	2.15	3.32	3.90	2.40	2.60	2.00	1.90	2.40	2.38
1951/52	1.40	1.10	4.80	0.97	2.30	1.50	1.60	1.00	0.86	1.40	0.46	1.10	1.96
1952/53	1.30	9.90	7.40	2.30	2.90	4.80	2.80	1.90	2.50 ²	3.00 ²	3.60 ²	3.20 ²	3.09
1953/54	3.90	2.00	1.20	8.60	23.50	14.50	54.50	49.20	12.40	3.30	1.40	4.80	14.14
1954/55	10.80	15.70	11.40	14.50	6.00	3.80	2.60	2.60	1.80	2.20	2.00	0.85	7.44
1955/56	0.97	0.18	0.59	0.62	0.60	1.50	1.90	2.00	0.60	1.10	1.80	0.80	1.27
1956/57	0.90	0.30	0.50	0.80	1.50	2.10	2.80	1.40	0.80	1.40	0.40	1.20	1.22
1957/58	1.60	16.00	15.20	16.60	13.50	24.5	37.20	42.00	12.60	4.80	4.20	4.60	14.20
1958/59	5.70	24.90 ²	9.30	12.40	3.20	2.20	2.70	2.00	0.77	1.490	1.56	1.51	7.38
1959/60	0.89	3.34	3.66	3.78	3.10	2.72	5.49	3.74	2.84	2.37	1.63	2.28	2.67
1960/61	2.59	3.78	2.34	0.84	2.05	4.00	3.58	2.88	3.18	1.62	1.34	1.07	2.60
1961/62	0.92	20.10 ²	15.20	13.70 ²	16.20	22.60	21.30	6.50 ²	19.60 ²	18.50 ²	1.21 ²	0.91	10.31
1962/63	0.65	17.60	3.18	0.98	1.15	2.00	2.18	2.16	-	-	-	-	-
1963/64	-	-	7.20	9.30	23.90	11.50	26.40	54.40	50.20	4.00	2.54	2.58	-
1964/65	2.35	7.40	10.20	3.62	2.33	2.06	2.22	1.63	1.84 ²	2.07 ²	2.06 ²	0.75 ²	7.59
1965/66	1.34	0.92	48.00	49.00 ²	37.40 ²	58.40	79.40 ²	54.00 ²	23.20	8.52	4.83	3.70	27.93
1966/67	6.70	18.30 ²	18.00 ²	15.30	11.20	11.40	14.10	5.62	2.78	0.26	0.37	0.84	11.74
1967/68	2.30	0.14	0.18	0.09	0.06	0.56	0.68	1.93	1.20	2.63	2.52	1.39	0.85
1968/69	0.22	0.05	0.60	0.60	0.99 ²	-	-	0.95	0.85	0.58	1.197	0.77 ²	-

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. desde Marzo-1946 hasta Abril-1969
 - (1) Valores obtenidos de Estudio Embalse Paloma
 - (2) Faltan algunos valores diarios en el mes
 - (-) Sin información

T A B L A II.30

Latitud 30°42'
 Longitud 71°02'
 Altura
 Sup. de la hoya

Estación : Río Huatulame en Desembocadura
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Año	Gastos Medios Mensuales en m ³ /seg												A	M	F	E	D	N	O	S	A	J	J	M	A	Q̄anual	
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A															
1946/47	-	-	-	-	-	-	0.77	0.42	0.39	0.84	0.98	0.57	0.36	-													0.44
1947/48	0.69	1.28	0.75	0.44	0.61	0.28	0.73	1.71	1.42	0.59	0.32	0.09	0.13	0.44	0.29	0.32	0.73	0.44	0.56	1.25	0.30	0.30	0.33	0.35	0.71	0.71	0.71
1948/49	0.47	0.30	1.25	0.56	0.44	0.73	1.80	1.28	0.81	0.67	0.51	0.58	0.81	1.04	1.28	0.81	1.80	0.99	1.21	1.97	0.59	1.02	0.58	0.81	1.04	1.04	1.04
1949/50	0.60	0.59	1.97	1.21	1.61	1.80	0.83	0.54	0.47	0.34	0.57	0.45	0.43	0.79	0.54	0.47	0.83	0.99	0.71	0.66	1.02	0.89	0.45	0.43	0.79	0.79	0.79
1950/51	2.41	1.02	0.66	0.71	0.99	0.83	0.43	0.42	0.27	0.19	0.16	0.15	0.165 ²	0.43	0.42	0.27	0.43	0.40	0.50	1.02	0.89	0.89	0.15	0.165 ²	0.43	0.43	0.43
1951/52	0.60	0.89	1.02	0.50	0.40	0.43	0.54	0.41	0.30	0.30	0.63	0.64	0.46	0.43	0.41	0.30	0.54	0.40	0.33	0.89	0.89	0.15	0.64	0.46	0.46	0.46	0.46
1952/53	0.18	-	-	0.33	0.42	0.54	0.83	0.73	0.70	0.80	1.30	0.44	0.67	-	0.41	0.70	0.83	0.42	4.50	-	-	0.64	0.46	0.67	0.67	0.67	0.67
1953/54	0.38	0.35	0.25	4.50	1.60	0.83	0.83	0.73	0.70	0.80	1.30	0.44	0.67	1.05	0.73	0.70	0.83	1.60	1.20	0.25	0.35	0.35	0.44	0.67	0.67	0.67	0.67
1954/55	1.20	1.50	1.50	1.20	1.50	0.86	0.86	0.65	0.45	0.55	0.73	0.95	0.46	0.96	0.65	0.45	0.86	1.50	1.20	1.50	1.50	0.35	0.95	0.46	0.46	0.46	0.46
1955/56	0.52	0.55	0.45	0.39	0.43	0.37	0.37	0.35	0.33	0.30	0.15	0.30	0.33	0.37	0.35	0.33	0.37	0.43	0.39	0.45	0.55	0.30	0.30	0.33	0.33	0.33	0.33
1956/57	0.35	0.35	0.72	0.73	0.46	0.72	0.20	0.20	0.14	0.10	0.10 ²	0.09	0.06	0.34	0.20	0.14	0.10	0.46	0.73	0.72	0.35	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
1957/58	1.60	1.30	4.60	1.50	1.80	0.77	3.00	3.00	11.50	2.40	0.85	0.61	0.77	2.56	3.00	11.50	1.80	1.50	4.60	1.30	1.30	0.61	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
1958/59	1.20	1.50 ¹	1.40	1.30	0.85	1.10	1.00	1.00	0.57	0.70	0.71	0.84	0.80	1.00	1.00	0.57	0.85	0.85	1.30	1.40	1.50 ¹	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1959/60	0.68	1.68	1.24	0.78	0.54	0.67	0.57	0.57	0.48	0.41	0.37	0.36	0.43	0.68	0.57	0.48	0.67	0.54	0.78	1.24	1.68	0.36	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
1960/61	0.57	0.96	0.97	0.73	0.86	0.75	0.75	0.49	0.35	0.25	0.32	0.28	0.18	0.56	0.49	0.35	0.75	0.86	0.73	0.97	0.96	0.28	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
1961/62	0.24	1.15	0.97	0.80 ¹	2.26	1.18	1.18	0.56	0.88	0.66	0.51	0.53	0.86	0.86	0.56	0.88	2.26	2.26	0.80 ¹	0.97	1.15	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
1962/63	0.50	0.68	0.72	0.71	0.65	0.79	0.77	0.77	0.45	0.31	0.31	0.34	0.55	0.63	0.77	0.45	0.79	0.65	0.71	0.72	0.68	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1963/64	0.39	1.12	0.69 ¹	-	-	-	-	-	-	1.45	0.85	0.62	0.47	0.86	-	-	-	-	-	0.69 ¹	1.12	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
1964/65	0.56	1.02	1.90	1.47	0.87	0.70	0.70	0.85	0.56	0.54	0.46	0.48	0.81	0.85	0.70	0.56	0.87	0.87	1.47	1.90	1.02	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
1965/66	0.225	0.115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Observaciones : - Datos DGA - Stgo. desde Oct-1946 hasta Jun-1965
 - (1) Faltan algunos valores diarios en el mes
 - (2) Relleno con promedio
 - (-) Sin información

T A B L A II. 31

Estación : Río Hurtado en Las Breas
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°23'
 Longitud 70°38'
 Altura 1000 m.s.n.m.
 Sup.de la hoya

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄ anual
1960/61	-	-	2.40	1.67	1.34	1.38	1.47	1.63	1.16	0.73	0.80	0.72	-
1961/62	0.95	1.10	0.74	-	1.46	1.95	2.96	2.55	1.65	-	1.30	1.21	-
1962/63	1.16	0.93	0.17	0.87	0.63	0.91	0.17	1.06	0.87	1.05	0.99	1.00	0.88
1963/64	0.69	0.68	1.50	1.19	1.48	1.84	2.32	11.60	11.60	3.11	3.02	3.05	3.51
1964/65	3.00	2.80	1.52	1.47 ¹	1.42	1.46	1.61	1.45	1.55	1.60	1.21	1.43	1.71
1965/66	0.97	0.71	2.43	2.32	2.94	6.92	17.0	23.5	8.614	6.05	3.26	2.82	6.46
1966/67	2.54	3.60	2.64	2.57	3.69	1.32	1.12	3.36	2.14	1.06	1.10	1.12	2.19
1967/68	0.81	1.25	1.13	0.96 ¹	0.78	0.81	1.04	0.77	0.97	0.95	0.91	0.54	0.91
1968/69	0.77 ¹	1.0 ²	1.00	0.97	0.91	0.89	0.84	-	-	-	0.59	-	-
1969/70	0.70	0.68	0.71	0.66	0.81	0.89	0.83	0.90	0.84	0.85	0.86	0.76	0.79
1970/71	0.83	0.80	-	0.80	0.83	0.82	0.59	-	0.732	0.351	0.373	0.521	-
1971/72	0.593	0.766	0.839	0.81	0.876	0.868	0.677	0.604	0.691	0.650	0.650	0.688	0.73
1972/73	0.737	1.624	2.050	2.127	2.541	3.329	4.503	12.671	16.777	9.960	7.206	3.993	5.63
1973/74	3.40	3.40	2.62	2.269	1.663	1.448	1.479	1.698	1.774	1.844	1.887	1.832	2.11
1974/75	1.956	1.694	1.531	1.387	1.769	1.268	1.581	1.535	-	-	-	-	-

- Observaciones :
- Datos DGA - Stgo. desde Julio-1960 hasta Nov.-1970
 - Datos DGA - Ovalle desde Ene.-1971 hasta Abril-1973
 - Datos Sistema Paloma - Ovalle desde Mayo-1973 hasta Dic.-1974
 - (1) Relleno con promedio
 - (2) Relleno con correlación Estación Hurtado en San Agustín
 - (-) Sin información

T A B L A II. 32

Estación : Río Hurtado en Cortadera
Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°20'
Longitud 70°45'
Altura
Sup.de la hoya

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1968/69	0.688	1.295	-	0.715	0.655	0.598	0.530	0.337	0.279	0.265	0.368	0.322	-
1969/70	0.685	0.856	1.358	0.979	0.725	0.627	0.605	-	0.451	0.412	0.478	0.601	-
1970/71	0.900	-	-	-	-	-	-	-	0.269	0.243	0.268	0.200	-
1971/72	0.386	0.651	-	-	0.715	0.496	1.365	0.347	0.279	0.299	0.311	0.422	-
1972/73	0.392	0.866	1.604	2.288	5.410	5.993	9.455	20.450	17.519	9.907	5.251	3.320	6.871
1973/74	3.658	3.256	3.158	-	1.729	0.773	0.575	-	0.411	0.709	0.580	1.095	-
1974/75	1.722	1.452	0.880	0.874	0.828	1.043	0.475	0.450	-	-	-	-	-

Observaciones :
- Datos DGA - Ovalle desde Mayo-1968 hasta Nov.-1973
- Datos Sistema Paloma - Ovalle desde Ene.-1974 hasta Dic.-1974
- (-) Sin información

T A B L A II.33

Estación : Río Hurtado en Angostura del Pangué
 Controlada por : Dirección General de Aguas

Latitud 30°25'
 Longitud 71°01'
 Altura 520 m.s.n.m.
 Sup.de la hoya 1.820,6 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg.

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1929/30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1930/31	1.499	1.468	1.601	1.583	-	8.482	14.898	12.507	9.942	6.351	4.887	1.465	-
1931/32	5.560	4.778	4.699	4.485	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1932/33	-	-	-	-	2.103	2.482	3.413	3.872	2.555	2.265	2.319	2.149	-
1933/34	2.863	3.558	3.053	2.026	2.012	1.918	2.189	1.625	1.726	1.498	0.281	0.289	1.920
1934/35	5.173	12.224	7.796	7.579	7.124	7.599	9.479	9.501	9.725	6.392	3.934	3.908	7.536
1935/36	3.885	4.426	4.383	3.597	1.694	2.659	3.329	2.037	1.306	2.036	2.066	1.976	2.783
1936/37	3.194	2.624	3.015	2.417	1.554	1.673	1.086	0.881	0.882	0.672	0.636	0.761	1.616
1937/38	0.993	1.586	1.952	1.587	2.26	1.054	3.302	5.674	2.233	1.626	2.607	1.629	2.209
1938/39	4.062	2.240	2.102	1.431	1.639	0.892	0.593	0.494	0.415	0.372	0.547	0.543	1.278
1939/40	0.917	1.276	1.438	1.085	0.756	0.851	0.617	0.858	0.873	0.936	0.630	0.753	0.916
1940/41	1.031	2.027	3.876	3.006	2.814	2.635	4.560	3.686	4.378	2.769	2.755	2.673	3.018
1941/42	5.458	4.038	4.309	8.297	7.985	-	12.698	16.877	15.60	14.27	15.081	6.803	-
1942/43	6.625	6.684	5.697	5.608	4.722	5.125	6.411	4.980	5.325	4.126	3.894	3.613	5.234
1943/44	4.211	4.350	4.174	3.721	2.534	2.118	2.462	2.535	2.161	2.738	1.596	3.151	2.979
1944/45	3.683	3.631	4.078	1.953	1.235	1.110	1.884	5.686	2.525	-	-	-	-
1945/46	-	3.694	3.521	3.262	2.627	2.096	1.329	0.667	0.766	0.79	0.80	0.803	-
1946/47	1.232	1.785	1.787	1.209	1.076	0.887	0.711	0.452	0.411	0.566	0.522	0.584	0.935
1947/48	0.822	1.339	1.169	1.605	1.586	0.932	0.663	0.449	0.288	0.348	0.209	0.513	0.827
1948/49	0.632	0.821	1.521	1.528	1.890	1.888	2.776	3.491	1.909	-	1.339	1.020	-
1949/50	1.149	1.591	2.144	3.571	0.949	1.031	1.139	0.849	0.809	0.725	0.686	1.031	1.306
1950/51	1.671	1.796	1.446	0.748	0.983	0.902	1.230	0.922	0.733	0.670	0.796	1.035	1.078
1951/52	1.281	1.550	1.532	0.651	0.561	0.437	-	-	-	-	-	-	-
1952/53	-	-	2.20	1.813	2.019	1.331	2.005	2.381	1.677	1.239	0.871	1.049	-
1953/54	1.851	2.746	1.735	2.244	2.479	2.648	12.347	12.334	4.505	3.461	3.041	3.266	4.388
1954/55	2.294	3.530	2.815	2.737	1.793	0.856	1.571	1.250	1.30	0.80	1.050	1.541	1.878
1955/56	2.70	1.889	1.631	1.404	1.079	0.960	0.459	0.314	0.249	0.27	0.583	0.20	0.978

(continúa.-)

T A B L A II.34

Estación : Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta Latitud 30°28'
 Controlada por : Dirección General de Aguas Longitud 71°06'
 Altura 360 m.s.n.m.
 Sup. de la hoya 2555,6 Km²

Gastos Medios Mensuales en m³/seg

Año	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄anual
1961/62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.641	0.533	0.391	0.600	-
1962	1.030	1.361	1.154	0.794	0.252	0.496	0.330	0.106	0.044	0.016	0.0	0.0	0.163	0.479
1963	0.435	0.950	1.390	2.321	2.704	1.320	4.899	11.194	8.369	3.201	2.606	-	-	-
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966	2.450	3.500	3.850	1.210	0.700	0.740	1.490	1.200	0.800	0.130	0.620	0.620	0.800	1.458
1967	1.420	1.850	1.350	0.960	1.420	0.540	0.190	0.430	0.130	0.0	0.0	0.0	0.079	0.697
1968	0.510	1.400	1.340	0.600	0.320	0.270	0.100	0.040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.382
1969	0.050	0.860	0.910	0.950	2.080	1.270	1.140	1.000	0.010	0.0	0.0	0.0	0.150	0.702
1970	0.290	0.680	1.110	0.920	0.400	0.180	0.040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.302
1971	0.110	0.680	0.940	1.090	-	0.220	0.040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1972	0.290	1.980	3.170	6.110	2.620	3.610	7.380	26.700	-	-	-	-	-	-

Observaciones : - Datos DGA - Stgo desde Enero 1962 hasta Diciembre 1972
 - (-) Sin información

T A B L A I I . 3 5

Aportes al embalse Cogotí (m³/seg)
Deducidos de la Operación del Embalse

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q
1942	1.045	6.026	7.513	19.154	6.701	10.590	1.553	8.065	0.387	2.457	-	-	6.35
1943	2.065	9.152	3.790	6.620	2.417	2.240 ¹	2.450 ¹	2.240 ¹	2.637	2.760	0.706	0.917	3.17
1944	0.524	6.105	4.563	10.376	9.461	13.838	20.775	15.579	2.793	12.842	1.615	1.149	8.30
1945	1.155	0.818	1.634	2.173	0.756	1.082	0.879	0.363	0.234	0.051	0.079	0.046	0.77
1946	0.733	3.823	2.119	0.774	0.660	0.271	0.266	0.067	0.032	0.037	0.017	0.011	0.73
1947	0.012	0.027	1.522	0.533	0.989	0.681	2.130	0.873	0.392	0.060	0.051	0.088	0.61
1948	1.206	0.536	5.786	3.494	3.115	3.590	6.381	3.789	0.428	0.387	0.223	0.238	2.43
1949	0.777	0.982	6.751	3.975	1.456	2.333	3.960	0.740	0.291	0.083	0.102	0.313	1.81
1950	8.374	2.760	1.337	1.333	1.900	3.138	5.918	4.276	0.767	0.169	0.276	0.387	2.55
1951	0.754	1.487	3.906	1.005	0.641	0.680	0.723	0.355	0.117	0.137	0.019	0.029	0.82
1952	0.010	4.224	4.333	1.931	3.472	3.582	4.594	2.390	0.661	0.296	0.272	0.370	2.18
1953	0.613	1.983	1.255	16.640	8.981	6.429	17.750	17.153	4.223	1.045	0.531	1.053	6.47
1954	2.852	4.249	3.200	4.500	2.170	2.403	4.705	1.101	0.297	0.094	0.112	0.064	2.15
1955	0.931	0.326	0.372	0.359	0.390	0.494	0.255	0.017	0.02	0.009	0.117	0.023	0.27
1956	0.077	0.148	0.363	0.656	0.455	0.423	0.207	0.173	0.010	0.0	0.0	0.0	0.21
1957	31.032	4.849	4.785	5.075	4.640	9.367	15.596	19.230	3.921	0.714	0.517	0.374	8.34
1958	0.864	7.373	1.651	3.060	1.651	1.965	1.954	0.315	0.087	0.023	0.052	0.257	1.60
1959	0.322	1.500	2.520	3.135	3.564	2.567	3.297	1.004	0.293	0.144	0.266	0.288	1.58
1960	0.209	1.239	0.833	0.423	0.470	1.278	1.014	0.399	0.207	0.147	0.105	0.064	0.53
1961	0.038	6.143	1.755	7.925	6.046	9.386	12.195	5.117	0.738	0.396	0.348	0.379	4.21
1962	0.478	3.316	1.477	0.873	0.547	1.373	1.344	0.482	0.177	0.165	0.178	0.192	0.88

(continúa.-

T A B L A II.35 (continuación)

Aportes al embalse Cogotí (m³/seg)
Deducidos de la Operación del Embalse

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄
1963	0.155	0.644	2.170	3.043	15.057	6.556	9.501	22.610	9.003	1.463	0.589	0.580	5.95
1964	0.711	1.773	1.606	1.321	1.039	0.588	0.485	0.145	0.132	0.211	0.320	0.482	0.73
1965	0.748	0.380	9.429	32.109	8.275	14.588	21.384	15.781	4.086	1.201	0.660	0.919	9.13
1966	1.153	5.955	11.324	3.778	3.182	5.030	5.230	2.890	0.527	0.427	0.416	0.598	3.38
1967	0.801	0.883	2.164	0.564	1.539	1.172	0.689	0.214	0.161	0.109	0.288	0.260	0.74
1968	0.183	0.250	0.197	0.231	0.201	0.085	0.021	0.023	0.02	0.02	0.02	0.424	0.13
1969	0.035	0.035	0.035	0.080	0.023	0.041	0.030	0.020	0.015	0.011	0.008	0.008	0.03
1970	0.010	0.010	0.052	0.416	0.171	0.131	0.044	0.015	0.010	0.010	0.010	0.010	0.07
1971	0.010	0.010	0.186	0.256	0.134	0.116	0.130	0.047	0.023	0.016	0.023	0.197	0.10
1972	0.01	10.436	4.660	15.330	9.958	8.359	14.565	25.189	9.568	2.113	1.031	1.131	9.30
1973	1.113	1.818	2.192	1.187	0.289	0.534	0.248	0.001	0.02	0.02	0.002	0.289	0.64
1974	0.304	1.086	0.862	0.503	0.487	1.195	1.048	0.422	0.173	0.104	0.080	0.224	0.54

Notas :

- (¹) Valores estimados.
- (²) Se adoptó 0.0 pues balance en embalse indicaba aporte negativo.
- Entre Mayo 1969 y Abril 1972 el embalse estaba seco; se adoptó el caudal de salida como aporte.

T A B L A II.36

Funcionamiento del Embalse Cogotí

Entregas efectuadas al Río Huatulame (incluye rebalses)

Gastos Medios Mensuales (m³/seg)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	\bar{Q}
1948	0.364	0.487	0.446	0.814	1.189	1.058	1.796	1.648	0.458	0.494	0.238	0.223	0.768
1949	0.641	0.334	0.345	0.675	0.802	0.798	0.933	0.805	0.318	0.183	0.101	0.335	0.523
1950	0.350	0.450	0.634	0.848	1.296	1.119	1.446	1.396	0.765	0.169	0.275	0.386	0.761
1951	0.390	0.343	0.298	0.828	0.394	0.492	0.408	0.152	0.050	0.027	0.026	0.045	0.288
1952	0.014	0.107	0.143	0.918	1.182	1.165	1.294	1.263	0.469	0.264	0.201	0.173	0.599
1953	0.200	0.582	0.675	0.651	0.512	1.221	1.391	2.415 ¹	2.345 ¹	0.807	0.688	0.656	1.012
1954	0.574	0.593	0.640	3.159 ¹	2.064 ¹	1.124	1.373	0.683	0.309	0.159	0.137	0.162	0.915
1955	0.435	0.348	0.188	0.261	0.218	0.338	0.530	0.442	0.115	0.047	0.063	0.089	0.256
1956	0.109	0.111	0.159	0.360	0.292	0.528	0.441	0.177	0.018	0	0	0	0.183
1957	0.120	0.480	0.634	0.600	0.444	0.846	3.348 ¹	26.839 ¹	3.618 ¹	0.666	0.488	0.415	3.208
1958	0.525	0.788	0.771	0.770	0.635	0.898	1.180	0.537	0.286	0.156	0.086	0.169	0.567
1959	0.171	0.364	0.586	0.553	0.698	0.950	0.955	0.918	0.457	0.230	0.170	0.137	0.516
1960	0.190	0.304	0.412	0.402	0.373	0.926	0.756	0.436	0.165	0.064	0.106	0.076	0.351

(continúa . -)

T A B L A II.36 (continuación)

Funcionamiento del Embalse Cogotí

Entregas efectuadas al Río Huatulame (incluye Rebalses)

Gastos Medios Mensuales (m³/seg.)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Q̄
1961	0.137	0.143	0.239	0.940	0.418	0.950	1.111	1.200	0.724	0.426	0.406	0.308	0.584
1962	0.355	0.399	0.462	0.523	0.317	0.805	1.138	0.427	0.195	0.083	0.055	0.064	0.402
1963	0.124	0.217	0.338	0.350	0.473	0.614	0.954	1.134	2.722 ¹	1.126	0.656	0.460	0.764
1964	0.450	0.909	0.920	0.805	0.878	0.535	0.531	0.247	0.175	0.114	0.112	0.166	0.487
1965	0.428	0.396	0.506	0.815	4.737 ¹	10.833 ¹	15.957 ¹	10.543 ¹	1.870 ¹	1.050	0.547	0.620	4.025
1966	0.657	0.695	0.750	0.750	0.910	0.901	0.925	1.360	0.946	0.396	0.320	0.265	0.704
1967	0.323	0.601	0.586	0.666	0.835	0.513	0.552	0.675	0.347	0.213	0.069	0.059	0.453
1968	0.059	0.233	0.394	0.369	0.388	0.540	0.556	0.529	0.285	0.230	0.101	0.042	0.311
1969													
1970													
1971													
1972		0.311	0.470	0.565	0.922	0.943	1.001	19.137 ¹	7.806 ¹	1.290	1.210	1.042	3.154
1973	0.817	1.132	1.323	1.276	0.606	0.614	0.600	0.600	0.600	0.600	0.408	0.562	0.762
1974	0.445	0.437	0.227	0.542	0.402	0.480	0.672	0.709	0.399	0.196	0.149	0.135	0.399

Notas : () Incluye rebalses

Entre Mayo 1969 y Mayo 1972 el embalse estuvo seco y dejó pasar los afluentes

T A B L A II.37

Funcionamiento Embalse Cogotí
Entregas efectuadas al Canal Matriz Cogotí

Gastos Medios Mensuales (m³/seg)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1948/49	0	0	0	0.456	1.630	2.272	1.654	1.592	1.313	1.232	1.380	1.029
1949/50	0.282	0	0	0.014	1.953	2.250	1.634	1.859	1.866	2.032	1.855	1.223
1950/51	0.163	0	1.160	1.609	0.794	1.820	1.580	1.576	1.191	2.601	2.603	1.692
1951/52	0.695	0.359	0.010	1.585	2.019	2.329	1.733	1.683	1.390	0.620	0.797	0.426
1952/53	0.070	0	0	0.641	1.864	2.079	1.825	1.398	2.000	2.473	2.306	1.048
1953/54	0	0	0.393	0.489	0.467	1.822	1.836	2.135	2.968	3.121	2.323	1.484
1954/55	1.423	0	0	0.812	3.526	3.831	3.763	2.896	3.945	4.361	3.885	2.080
1955/56	1.179	1.408	1.520	1.954	1.864	2.483	2.800	2.650	2.984	4.210	1.682	1.688
1956/57	1.248	0.393	0.099	0.004	0.425	1.374	1.362	0.197	0.263	0	0	0
1957/58	0	0	0	0.099	2.555	4.962	5.404	5.237	3.713	3.486	3.311	2.902
1958/59	1.918	0.012	0.076	0.095	2.752	3.903	3.426	2.987	3.086	3.219	3.038	2.303
1959/60	1.793	0.871	0	0.275	2.796	3.449	2.994	2.304	2.501	3.153	2.808	2.053
1960/61	1.257	0.659	0.350	1.497	1.261	1.405	1.776	2.102	1.636	0.745	0.609	0.166
1961/62	0.159	0.065	0	0.208	0.874	3.057	3.335	2.589	2.238	2.825	1.958	1.783
1962/63	1.573	0.683	0.083	2.483	2.529	2.100	2.161	2.102	2.753	2.503	2.253	1.854
1963/64	0.948	0.096	0	0	0	2.145	1.592	2.584	3.193	2.632	2.258	2.796
1964/65	2.331	1.768	1.597	1.590	2.916	3.243	3.549	3.029	4.033	3.397	3.561	2.604
1965/66	0.853	1.546	0.452	0	0	3.312	4.960	5.056	4.439	3.280	3.606	3.453
1966/67	4.963	1.384	0	0.382	4.463	4.098	4.524	3.419	3.737	3.692	3.613	3.242
1967/68	3.032	2.135	1.945	0.725	1.340	3.869	3.198	2.800	2.732	2.994	2.733	2.148
1968/69	1.515	0.516	0.173	0.168	0	0	0	0	0	0	0	0
1969/70												
1970/71												
1971/72												
1972/73		0	0	0	0	3.435	2.629	2.374	1.733	2.199	2.536	2.613
1973/74	2.653	1.187	0.386	2.227	4.052	2.925	4.994	3.559	2.630	2.053	2.210	1.824
1974/75	0.917	0.809	0.581	2.024	1.520	1.893	2.137	1.505	0.772	0.769	0.427	0.108

Nota : Entre Mayo de 1969 y Mayo 1972 el embalse estuvo seco. Se dejó pasar los caudales afluentes.

T A B L A II. 38

Estadística Afluentes Históricos al Embalse Recoleta

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1942	7.465	7.272	6.801	7.289	4.92	4.891	6.858	4.974	4.982	3.251	2.734	3.160
1943	3.582	3.419	4.164	3.958	2.155	1.594	1.842	1.877	1.653	1.985	1.149	2.132
1944	2.326	7.151	5.292	4.674	3.66	4.215	3.895	4.880	2.943	4.649	2.774	2.752
1945	2.914	2.744	2.581	2.380	1.557	1.446	0.790	0.657	0.443	0.496	0.513	0.659
1946	1.127	1.743	1.613	1.050	0.811	0.581	0.334	0.202	0.262	0.257	0.417	0.290
1947	0.605	0.793	0.924	0.874	1.117	0.605	0.349	0.211	0.150	0.147	0.119	0.198
1948	0.398	0.656	1.183	1.527	1.701	1.406	2.273	2.859	1.848	1.286	1.041	0.939
1949	1.110	1.470	2.221	2.907	1.397	1.121	1.299	0.771	0.666	0.543	0.533	0.753
1950	2.183	1.697	1.210	0.941	0.939	0.830	0.807	0.690	0.770	0.621	0.594	0.836
1951	1.150	1.202	1.339	0.588	0.623	0.412	0.273	0.220	0.228	1.793	0.337	0.337
1952	0.748	5.383	2.555	1.471	1.918	1.215	1.653	2.168	1.63	1.259	1.009	1.179
1953	1.844	2.201	2.032	2.863	2.695	2.677	8.747	11.742	4.204	2.540	1.990	2.311
1954	2.40	2.475	2.072	2.154	1.490	0.416	0.917	0.842	0.842	0.408	0.596	0.998
1955	2.319	2.010	1.879	1.478	0.769	0.731	0.555	0.431	0.316	0.289	0.435	0.375
1956	0.10*	0.425	0.514	0.514	0.342	0.514	0.220	0.115*	0.022	0.22*	0.10*	0.125*
1957	6.79*	3.92*	3.81*	4.32*	3.98*	3.64*	5.23*	9.21*	6.86*	4.12*	3.33*	3.60*
1958	3.10*	3.10*	2.47*	3.00*	1.40*	0.50*	0.47	0.45*	0.40*	0.37*	0.34*	0.65*
1959	1.056	1.415	1.302	1.828	1.250	0.940	1.574	0.912	0.892	0.623	0.624	0.915
1960	1.02*	1.50*	1.64*	1.33*	1.19*	0.71*	0.49*	0.40*	0.11*	0.06*	0.31*	0.44*
1961	0.55*	1.33*	1.04*	2.49*	3.38*	1.33*	1.33*	1.16*	0.80*	0.56*	0.49*	0.92*
1962	1.327	1.382	1.231	0.998	0.708	0.685	0.555	0.336	0.338	0.218	0.163	0.323

(continúa. -

T A B L A' II.38 (continuación)

Estadística Afluentes Históricos al Embalse Recoleta

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1963	0.618	1.181	1.589	1.465	3.783	1.415	3.209	9.096	6.674	3.405	2.430	2.301
1964	2.345	2.841	2.478	1.959	0.743	0.865	0.941	0.643	0.548	0.322	0.291	0.777
1965	1.373	1.222	5.662	22.551	7.089	8.882	15.174	16.322	10.818	5.497	3.471	3.548
1966	3.170	3.761	5.705	3.774	2.363	1.290	1.295	0.845	0.718	0.510	0.824	1.183
1967	1.745	2.250	1.695	1.220	1.282	0.586	0.475	0.434	0.395	0.277	0.239	0.238
1968	0.499	1.292	1.145	0.748	0.534	0.360	0.181	0.117	0.081	0.046	0.062	0.101
1969	0.05	0.86	0.91	0.95	2.08	1.27	1.14	1.0	0.01	0.0	0.0	0.15
1970	0.29	0.68	1.11	0.92	0.40	0.18	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.11	0.68	0.94	1.09	0.65*	0.22	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.29	1.98	3.17	6.11	2.62	3.329	5.927	14.626	14.343	8.400	4.490	4.156
1973	4.033	3.111	2.835	1.939	1.461	1.141	0.793	0.740	0.436	0.497	0.478	0.953
1974	1.545	1.766	1.575	0.845	0.854	0.523	0.393	0.314	0.280	0.204	0.196	1.155

Notas :

- Marzo 1942 + Enero 1957 : Estudio Embalse Paloma, Anexo 13.
- Mayo 1959 + Abril 1975 : De cuadros de funcionamiento del Embalse.
- (*) : Relleno según correlación con Angostura de Pangué.
- Mayo 1969 a Septiembre 1972 : Datos Estación Entrada Embalse Recoleta.
- En caracteres especiales aquellos meses con situación de déficit en el año hurtado.

T A B L A II.39

Aportes Hoya Intermedia Río Huatulame

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	̄Anual
1944	0.64	1.40	0.939	1.305	0.665	0.619	0.614	0.569	0.544	0.575	0.495	0.486	0.738
1945	0.193	0.279	0.338	0.351	0.315	0.269	0.241	0.198	0.162	0.140	0.091	0.057	0.220
1946	0.488	0.789	0.672	0.466	0.484	0.431	0.407	0.356	0.319	0.312	0.244	0.214	0.432
1947	0.299	0.621	1.113	0.397	0.497	0.441	0.415	0.361	0.322	0.312	0.242	0.209	0.436
1948	0.556	0.578	1.493	0.387	0.488	0.451	0.443	0.407	0.385	0.402	0.341	0.330	0.522
1949	0.045	0.324	1.74	0.657	0.972	1.184	0.475	0.286	0.531	0.509	0.594	0.602	0.660
1950	0.828	0.464	0.569	0.278	0.709	0.570	0.453	0.329	0.263	0.243	0.198	0.181	0.424
1951	0.262	0.556	0.743	0.213	0.151	0.111	0.226	0.349	0.280	0.278	0.212	0.219	0.300
1952	0.624	0.885	1.256	0.354	0.953	0.816	0.649	0.471	0.376	0.347	0.282	0.259	0.606
1953	0.426	0.485	0.808	1.376	0.755	0.654	0.596	0.500	0.423	0.384	0.270	0.199	0.573
1954	0.609	0.844	0.839	0.437	0.370	0.331	0.314	0.276	0.249	0.246	0.195	0.173	0.407
1955	0.160	0.282	0.377	0.254	0.374	0.223	0.046	0.171	0.364	0.292	0.353	0.369	0.272
1956	0.320	0.316	0.676	0.497	0.332	0.372	0.008	0.243	0.262	0.281	0.206	0.187	0.308
1957	1.560	0.895	4.081	1.023	1.520	1.353	1.276	1.117	0.999	0.975	0.763	0.666	1.352
1958	0.762	0.806	0.743	0.642	0.378	0.388	0.069	0.310	0.587	0.731	0.863	0.751	0.586
1959	0.568	1.333	0.736	0.336	0.144	0.130	0.126	0.113	0.104	0.105	0.086	0.080	0.322
1960	0.525	0.831	0.766	0.512	0.340	0.295	0.269	0.226	0.191	0.174	0.122	0.091	0.362
1961	0.218	0.261	0.987	1.431	0.233	0.202	0.186	0.157	0.134	0.123	0.088	0.068	0.424
1962	0.231	0.359	0.373	0.310	0.498	0.427	0.385	0.317	0.262	0.230	0.153	0.101	0.304
1963	0.688	1.122	2.046	1.089	1.405	1.194	1.063	0.864	0.699	0.590	0.368	0.209	0.945
1964	0.194	1.185	1.098	0.788	0.154	0.351	0.561	0.587	0.543	0.528	0.480	0.221	0.558
1965	0.460	0.654	1.457	1.538	1.465	1.116	0.887	0.644	0.515	0.475	0.386	0.355	0.829
1966	0.425	1.385	1.767	0.485	0.617	0.577	0.576	0.537	0.517	0.550	0.477	0.472	0.699
1967	0.266	0.429	1.00	0.236	0.569	0.482	0.427	0.344	0.275	0.228	0.137	0.071	0.372
1968	0.208	0.376	0.361	0.201	0.406	0.337	0.291	0.226	0.171	0.127	0.059	0.004	0.231
1969	0.172	0.268	0.298	0.189	0.249	0.213	0.191	0.157	0.129	0.112	0.074	0.047	0.175
1970	0.261	0.296	0.571	0.218	0.303	0.265	0.245	0.209	0.181	0.170	0.126	0.101	0.246
1971	0.248	0.441	0.581	0.292	0.490	0.412	0.361	0.288	0.226	0.181	0.101	0.041	0.305
1972	0.527	1.696	1.50	1.971	1.006	0.914	0.884	0.796	0.737	0.750	0.619	0.578	0.998
1973	0.242	0.414	0.565	0.177	0.326	0.284	0.261	0.221	0.190	0.175	0.127	0.099	0.257
1974	0.284	0.586	0.451	0.254	0.376	0.327	0.299	0.252	0.214	0.196	0.140	0.106	0.290

Afluentes a Paloma por el Río Grande (Modificados)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	5.21	12.79	17.97	23.03	25.84	35.90	46.62	36.87	10.57	27.50	10.31	8.69
1945	9.41	7.74	7.57	8.53	3.34	3.90	3.86	0.79	0.09	0.04	0.22	1.66
1946	3.45	7.20	4.72	1.15	1.13	0.45	0.08	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04
1947	1.44	0.67	2.49	1.96	3.75	2.47	2.22	0.93	0.10	0.51	0.22	1.33
1948	2.24	2.51	6.87	8.01	11.01	17.66	26.00	19.07	4.82	3.57	2.92	2.72
1949	3.35	4.89	7.65	11.63	4.41	5.26	6.41	1.99	1.94	1.10	1.33	2.07
1950	8.24	6.97	4.10	2.61	4.03	5.52	11.56	5.99	2.49	1.71	2.21	2.69
1951	3.74	4.24	4.99	2.15	1.60	1.28	0.75	0.09	0.06	0.09	0.09	0.56
1952	1.41	6.88	9.78	8.47	10.20	8.87	10.11	5.16	1.49	1.03	1.47	1.52
1953	3.17	8.98	6.24	9.55	25.32	19.72	63.05	20.17	6.23	6.23	4.45	5.29
1954	8.76	12.99	9.67	11.73	6.24	10.71	9.20	3.33	0.81	1.30	1.74	1.79
1955	5.98	7.03	4.08	2.55	3.57	1.14	0.94	0.40	0.10	0.06	0.82	0.06
1956	2.77	2.10	2.16	3.35	0.85	2.90	1.71	0.09	0.06	0.09	0.06	0.43
1957	1.14	11.79	12.37	12.23	11.84	28.40	39.56	38.87	14.97	3.36	4.64	5.39
1958	7.29	15.79	5.84	7.03	4.69	3.90	3.37	1.47	0.41	0.10	1.29	1.41
1959	1.37	3.20	7.41	8.60	8.75	10.01	12.90	5.57	2.31	1.68	1.18	1.79
1960	2.37	4.75	6.27	2.90	2.12	4.97	5.80	2.18	1.29	0.09	1.18	0.70
1961	1.16	10.19	1.47	4.12	13.54	21.50	21.26	6.80	2.74	2.66	2.35	2.39
1962	2.92	6.54	7.34	3.70	1.71	4.56	4.44	1.82	0.79	0.44	1.71	2.29
1963	1.57	2.87	7.69	7.07	26.56	21.81	36.41	71.79	24.17	6.77	4.74	5.11
1964	5.91	9.14	8.47	5.67	3.69	3.06	2.67	0.89	0.63	0.37	1.34	1.71
1965	3.33	2.95	8.94	49.83	33.94	59.30	92.46	69.07	26.57	11.76	7.14	7.77
1966	8.02	15.09	19.97	13.63	11.80	17.00	19.92	11.20	4.04	0.08	0.33	0.71
1967	2.42	7.84	5.25	3.13	5.15	3.76	2.94	0.45	0.09	0.06	0.41	0.25
1968	1.79	2.89	2.52	1.65	0.85	0.06	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04
1969	0.92	2.04	1.49	1.12	0.70	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1970	0.88	1.83	1.98	2.46	0.84	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1971	1.08	1.86	2.39	2.12	0.74	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06
1972	0.29	15.47	10.71	14.83	20.81	32.37	43.13	60.91	34.36	11.35	7.53	7.96
1973	8.16	8.92	7.78	5.15	3.42	3.85	3.79	2.21	1.94	0.97	0.59	2.23
1974	2.60	5.02	4.57	2.12	3.44	4.40	3.69	0.59	0.10	0.09	0.39	0.72

T A B L A II.41

Caudales Afluentes a Paloma - Modificado

(Aportes Río Grande + Aportes Río Huatulame)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	5.85	14.19	18.91	24.34	26.51	36.52	47.23	37.44	11.11	28.14	10.81	9.18
1945	9.60	8.02	7.91	8.88	3.66	4.17	3.50	0.99	0.25	0.18	0.31	1.72
1946	3.94	7.99	5.39	1.62	1.61	0.88	0.49	0.42	0.36	0.35	0.29	0.25
1947	1.74	1.29	3.60	2.36	4.25	2.91	2.64	1.29	0.42	0.82	0.46	1.54
1948	2.80	3.09	8.36	8.40	11.50	18.11	26.44	19.48	5.21	3.97	3.26	3.05
1949	3.40	5.21	9.39	12.29	5.38	6.44	6.89	2.28	2.47	1.61	1.92	2.67
1950	9.07	7.34	4.67	2.89	4.74	6.09	12.01	6.32	2.75	1.95	2.41	2.87
1951	4.00	4.80	5.73	2.36	1.75	1.39	0.98	0.44	0.34	0.37	0.30	0.78
1952	2.03	7.77	11.04	8.82	11.15	9.69	10.76	5.63	1.87	1.38	1.75	1.78
1953	3.60	9.47	7.05	10.93	26.08	20.37	63.65	56.43	20.59	6.61	4.72	5.49
1954	9.37	13.83	10.51	12.17	6.61	11.04	9.51	3.61	1.06	1.55	1.94	1.96
1955	6.14	7.31	4.46	2.80	3.94	1.36	0.99	0.57	0.46	0.35	1.17	0.43
1956	3.09	2.42	2.84	3.85	1.18	3.27	1.72	0.33	0.32	0.37	0.27	0.62
1957	2.70	12.69	16.45	13.25	13.36	29.75	40.84	39.99	15.97	4.34	5.40	6.06
1958	8.05	16.60	6.58	7.67	5.07	4.29	3.44	1.78	1.00	0.83	2.15	2.16
1959	1.94	4.53	8.15	8.94	8.89	10.23	13.03	5.68	2.41	1.79	1.27	1.87
1960	2.90	5.58	7.04	3.41	2.46	5.27	6.07	2.41	1.48	0.26	1.30	0.79
1961	1.38	11.45	2.46	5.55	13.77	21.70	21.45	6.96	2.87	2.78	2.44	2.46
1962	3.15	6.90	7.71	4.01	2.21	4.99	4.83	2.14	1.05	0.67	1.86	2.39
1963	2.26	3.99	9.74	8.16	27.97	23.00	37.47	72.65	24.87	7.36	5.11	5.32
1964	6.10	10.33	9.57	6.46	3.84	3.41	3.23	1.48	1.17	0.90	1.82	1.93
1965	3.79	3.60	10.40	51.37	35.41	60.42	93.35	69.71	27.09	12.24	7.53	8.13
1966	8.45	16.48	21.74	14.12	12.42	17.58	20.50	11.74	4.56	0.63	0.81	1.18
1967	2.69	8.27	6.25	3.37	5.72	4.24	3.37	0.79	0.37	0.29	0.55	0.32
1968	2.00	2.67	2.88	1.85	0.66	0.40	0.33	0.31	0.21	0.17	0.10	0.04
1969	1.09	2.31	1.79	1.31	0.95	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.11	0.09
1970	1.14	2.13	2.55	2.68	1.14	0.33	0.29	0.25	0.22	0.21	0.17	0.14
1971	1.33	2.30	2.97	2.41	1.23	0.45	0.40	0.34	0.27	0.22	0.14	0.10
1972	0.82	17.17	12.21	16.80	21.82	33.28	44.01	61.71	35.10	12.10	8.15	8.54
1973	8.40	9.33	8.35	5.33	3.75	4.13	4.05	2.43	2.13	1.15	0.72	2.33
1974	2.88	5.61	5.02	2.37	3.82	4.73	3.99	0.84	0.31	0.29	0.53	0.83

T A B L A II.42

Afluentes Modificados a Embalse Cogotf.

(Considerando riego de 300 Hás. equivalentes aguas arriba)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	0.45	6.01	4.56	10.30	9.38	13.69	20.67	15.55	2.75	12.81	1.62	1.15
1945	1.08	0.73	1.63	2.10	0.68	0.94	0.77	0.33	0.20	0.02	0.07	0.05
1946	0.66	3.73	2.12	0.70	0.58	0.12	0.16	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01
1947	0.00	0.00	1.52	0.46	0.91	0.53	2.03	0.84	0.35	0.03	0.05	0.09
1948	1.13	0.44	5.79	3.42	3.04	3.44	6.28	3.76	0.39	0.35	0.22	0.24
1949	0.71	0.89	6.75	3.90	1.38	2.19	3.86	0.71	0.25	0.05	0.10	0.31
1950	8.30	2.59	1.34	1.26	1.82	2.99	5.81	4.24	0.73	0.13	0.28	0.39
1951	0.68	1.39	3.91	0.93	0.56	0.53	0.62	0.32	0.08	0.10	0.02	0.03
1952	0.00	4.13	4.33	1.86	3.39	3.44	4.49	2.36	0.62	0.26	0.27	0.37
1953	0.54	1.89	1.26	16.57	8.90	6.28	17.65	17.12	4.18	1.01	0.53	1.05
1954	2.78	4.16	3.20	4.43	2.09	2.26	4.60	1.07	0.26	0.06	0.11	0.06
1955	0.86	0.23	0.37	0.29	0.31	0.35	0.15	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02
1956	0.01	0.06	0.36	0.58	0.38	0.28	0.10	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
1957	30.96	4.76	4.79	5.00	4.56	9.22	15.49	19.20	3.88	0.68	0.52	0.37
1958	0.79	7.28	1.65	2.99	1.57	1.82	1.85	0.28	0.05	0.00	0.05	0.26
1959	0.25	1.41	2.52	3.06	3.49	2.42	3.19	0.97	0.25	0.11	0.27	0.29
1960	0.14	1.15	0.83	0.35	0.39	1.13	0.91	0.37	0.17	0.11	0.11	0.06
1961	0.00	6.05	1.76	7.85	5.97	9.24	12.09	5.08	0.70	0.36	0.35	0.38
1962	0.41	3.22	1.48	0.80	0.47	1.23	1.24	0.45	0.14	0.13	0.18	0.19
1963	0.08	0.55	2.17	2.97	14.98	6.41	9.40	22.58	8.96	1.43	0.59	0.58
1964	0.64	1.68	1.61	1.25	0.96	0.44	0.38	0.11	0.09	0.18	0.32	0.48
1965	0.68	0.29	9.43	32.04	8.20	14.44	21.28	15.75	4.05	1.17	0.66	0.92
1966	1.08	5.86	11.32	3.71	3.10	4.88	5.13	2.86	0.49	0.39	0.42	0.60
1967	0.73	0.79	2.16	0.49	1.46	1.03	0.58	0.18	0.12	0.07	0.29	0.26
1968	0.11	0.16	0.20	0.16	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
1969	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1970	0.00	0.00	0.05	0.34	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1971	0.00	0.00	0.19	0.18	0.06	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.20
1972	0.00	10.34	4.66	15.26	9.88	8.19	14.46	25.16	9.53	2.08	1.03	1.13
1973	1.04	1.73	2.19	1.12	0.21	0.39	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
1974	0.23	0.99	0.86	0.43	0.41	1.05	0.94	0.39	0.13	0.07	0.08	0.22

T A B L A I I . 4 3

Aportes del Río Hurtado al Embalse Recoleta
 luego del Mejoramiento del Riego Aguas Arriba

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	2.33	7.15	5.29	4.67	3.66	4.21	3.90	4.88	2.94	4.65	2.77	2.75
1945	2.91	2.74	2.58	2.38	1.56	1.45	0.79	0.66	0.34	0.50	0.51	0.66
1946	1.13	1.74	1.61	1.05	0.81	0.58	0.18	0.0	0.0	0.04	0.42	0.29
1947	0.61	0.79	0.92	0.87	1.12	0.61	0.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12
1948	0.40	0.66	1.18	1.53	1.70	1.41	2.27	2.86	1.85	1.29	1.04	0.94
1949	1.11	1.47	2.22	2.91	1.40	1.12	1.30	0.77	0.67	0.54	0.53	0.75
1950	2.18	1.70	1.21	0.94	0.94	0.83	0.81	0.69	0.77	0.62	0.59	0.84
1951	1.15	1.20	1.34	0.59	0.62	0.41	0.08	0.0	0.0	1.79	0.34	0.34
1952	0.75	5.38	2.56	1.47	1.92	1.22	1.65	2.17	1.63	1.26	1.01	1.18
1953	1.84	2.20	2.03	2.86	2.70	2.68	8.75	11.74	4.20	2.54	1.99	2.31
1954	2.40	2.48	2.07	2.15	1.49	0.42	0.92	0.84	0.84	0.36	0.60	1.00
1955	2.32	2.01	1.88	1.48	0.77	0.73	0.56	0.36	0.09	0.10	0.44	0.38
1956	0.10	0.43	0.51	0.51	0.34	0.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1957	6.79	3.92	3.81	4.32	3.98	3.64	5.23	9.21	6.86	4.12	3.33	3.60
1958	3.10	3.10	2.47	3.00	1.40	0.50	0.47	0.41	0.26	0.27	0.34	0.65
1959	1.06	1.42	1.30	1.83	1.25	0.94	1.57	0.91	0.89	0.62	0.62	0.92
1960	1.02	1.50	1.64	1.33	1.19	0.71	0.49	0.30	0.0	0.0	0.31	0.44
1961	0.55	1.33	1.04	2.49	3.38	1.33	1.33	1.16	0.80	0.56	0.49	0.92
1962	1.33	1.38	1.23	1.00	0.71	0.69	0.56	0.17	0.13	0.0	0.04	0.32
1963	0.62	1.18	1.59	1.47	3.78	1.42	3.21	9.10	6.67	3.41	2.43	2.30
1964	2.35	2.84	2.48	1.96	0.74	0.87	0.94	0.64	0.55	0.17	0.29	0.78
1965	1.37	1.22	5.66	22.55	7.09	8.88	15.17	16.32	10.82	5.50	3.47	3.55
1966	3.17	3.76	5.71	3.77	2.36	1.29	1.30	0.85	0.72	0.51	0.82	1.18
1967	1.75	2.25	1.70	1.22	1.28	0.59	0.48	0.36	0.26	0.08	0.21	0.21
1968	0.50	1.29	1.15	0.75	0.53	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	0.0	0.86	0.91	0.95	2.08	1.27	1.14	1.00	0.0	0.0	0.0	0.02
1970	0.29	0.68	1.11	0.92	0.40	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1971	0.0	0.68	0.94	1.09	0.65	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1972	0.29	1.98	3.17	6.11	2.62	3.33	5.93	14.63	14.34	8.40	4.49	4.16
1973	4.03	3.11	2.84	1.94	1.46	1.14	0.79	0.74	0.34	0.50	0.48	0.95
1974	1.55	1.77	1.58	0.85	0.85	0.52	0.54	0.11	0.0	0.0	0.12	1.16

Nota : En caracteres especiales déficits remanentes.

Caudales Río Grande en Puntilla San Juan
 más Canal Alimentador Recoleta en Bocatoma

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	5.40	12.80	18.10	23.30	26.20	36.30	47.20	37.50	11.20	28.10	10.60	9.00
1945	9.60	7.75	7.70	8.80	3.70	4.30	4.40	2.30	1.37	0.45	1.03	2.10
1946	3.64	7.21	4.85	1.61	1.85	1.49	1.03	1.01	0.58	0.28	0.47	0.39
1947	1.63	0.68	2.62	2.23	4.11	2.97	3.17	2.49	1.64	1.92	0.99	1.86
1948	2.43	2.52	7.00	8.28	11.37	18.06	26.54	19.70	5.45	4.11	3.21	3.03
1949	3.54	4.90	7.78	11.90	4.77	5.66	6.95	3.26	3.23	2.35	1.80	2.40
1950	8.43	6.92	4.23	2.88	4.39	5.92	12.10	6.62	3.63	2.80	2.50	3.00
1951	3.93	4.25	5.12	2.42	2.20	2.10	2.10	1.60	0.96	1.45	0.86	1.30
1952	1.60	6.89	9.91	8.74	10.56	9.27	10.65	5.79	2.90	2.30	1.90	2.00
1953	3.36	8.99	6.37	9.82	25.68	20.12	63.59	56.56	20.80	6.77	4.74	5.60
1954	8.95	13.00	9.80	12.00	6.60	11.11	9.74	4.24	2.40	2.50	2.10	2.20
1955	6.17	7.04	4.21	2.82	3.93	2.00	2.24	2.10	1.60	0.90	1.43	0.75
1956	2.90	2.11	2.29	3.62	1.65	3.30	2.80	1.40	0.90	1.40	0.50	1.20
1957	1.39	11.80	12.50	12.50	12.20	28.80	40.10	39.50	15.60	3.90	4.93	5.70
1958	7.48	15.80	5.97	7.30	5.05	4.30	4.01	2.88	2.11	1.59	1.77	1.92
1959	1.56	3.21	7.54	8.87	9.11	10.41	13.44	6.20	3.50	2.78	1.69	2.20
1960	2.56	4.76	6.40	3.17	2.58	5.37	6.34	3.40	2.75	1.53	1.69	1.40
1961	1.41	10.20	1.60	4.39	13.90	21.90	21.80	7.43	3.81	3.49	2.64	2.70
1962	3.11	6.55	7.47	3.97	2.28	4.96	4.98	3.14	2.30	1.87	2.08	2.60
1963	1.76	2.88	7.82	7.34	26.92	22.21	36.95	72.42	24.80	7.31	5.03	5.42
1964	6.10	9.15	8.60	5.94	4.05	3.46	3.50	2.46	2.27	1.82	1.81	2.14
1965	3.52	2.96	9.07	50.10	34.30	59.70	93.00	69.70	27.20	12.30	7.43	8.08
1966	8.21	15.10	20.10	13.90	12.16	17.40	20.46	11.83	4.76	1.60	1.07	1.41
1967	2.61	7.85	5.38	3.40	5.51	4.16	3.70	2.14	1.22	0.72	1.13	1.07
1968	1.98	2.90	2.65	1.98	1.65	0.88	0.46	1.24	0.17	0.09	0.19	0.39
1969	1.23	2.05	1.62	1.59	1.54	0.95	0.83	0.54	0.72	0.15	0.59	0.26
1970	1.20	1.84	2.11	2.73	1.64	0.92	0.40	0.37	0.33	0.26	0.24	0.39
1971	1.35	1.87	2.52	2.39	1.57	0.59	0.43	0.86	0.13	0.09	0.24	0.81
1972	0.77	15.48	10.84	15.10	21.17	32.77	43.67	61.54	34.99	11.89	7.82	8.27
1973	8.35	8.93	7.91	5.42	3.78	4.25	4.33	2.84	2.57	1.51	0.88	2.54
1974	2.79	5.03	4.70	2.39	3.80	4.80	4.23	1.22	0.60	0.31	0.68	1.03

Nota: En caracteres indica aquellos meses con déficit.

Caudales remanentes en Puntilla San Juan

luego del mejoramiento del riego histórico aguas arriba

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1944	5.40	12.8	18.1	23.3	26.2	36.3	47.2	37.5	11.2	28.1	10.6	9.0
1945	9.60	7.75	7.7	8.8	3.7	4.3	4.4	1.42	0.11	0.06	0.57	1.97
1946	3.64	7.21	4.85	1.42	1.49	0.85	0.09	0.08	0.05	0.02	0.05	0.04
1947	1.63	0.68	2.62	2.23	4.11	2.87	2.76	1.56	0.40	1.05	0.51	1.64
1948	2.43	2.52	7.00	8.28	11.37	18.06	26.54	19.70	5.45	4.11	3.21	3.03
1949	3.54	4.90	7.78	11.90	4.77	5.66	6.95	2.62	2.57	1.64	1.62	2.38
1950	8.43	6.92	4.23	2.88	4.39	5.92	12.10	6.62	3.12	2.25	2.50	3.00
1951	3.93	4.25	5.12	2.42	1.96	1.68	1.29	0.34	0.08	0.40	0.33	0.87
1952	1.60	6.89	9.91	8.74	10.56	9.27	10.65	5.79	2.12	1.57	1.76	1.83
1953	3.36	8.99	6.37	9.82	25.68	20.12	63.59	56.56	20.8	6.77	4.74	5.60
1954	8.95	13.00	9.80	12.00	6.60	11.11	9.74	3.96	1.44	1.84	2.03	2.10
1955	6.17	7.04	4.21	2.82	3.93	1.54	1.48	1.03	0.34	0.08	1.11	0.12
1956	2.90	2.11	2.29	3.62	1.21	3.30	2.25	0.11	0.08	0.33	0.04	0.74
1957	1.33	11.80	12.50	12.50	12.20	28.80	40.10	39.50	15.60	3.90	4.93	5.70
1958	7.48	15.80	5.97	7.30	5.05	4.30	3.91	2.10	1.04	0.59	1.58	1.72
1959	1.56	3.21	7.54	8.87	9.11	10.41	13.44	6.20	2.94	2.22	1.47	2.10
1960	2.56	4.76	6.40	3.17	2.48	5.37	6.34	2.81	1.92	0.51	1.47	1.01
1961	1.35	10.20	1.60	4.39	13.90	21.90	21.80	7.43	3.37	3.20	2.64	2.70
1962	3.11	6.55	7.47	3.97	2.07	4.96	4.98	2.45	1.42	0.98	2.00	2.60
1963	1.76	2.88	7.82	7.34	26.92	22.21	36.95	72.42	24.80	7.31	5.03	5.42
1964	6.10	9.15	8.60	5.94	4.05	3.46	3.21	1.52	1.26	0.91	1.63	2.02
1965	3.52	2.96	9.07	50.10	34.30	59.70	93.00	69.70	27.20	12.30	7.43	8.08
1966	8.21	15.10	20.10	13.90	12.16	17.40	20.46	11.83	4.67	0.61	0.62	1.02
1967	2.61	7.85	5.38	3.40	5.51	4.16	3.48	1.08	0.11	0.06	0.70	0.56
1968	1.98	2.90	2.65	1.92	1.21	0.06	0.04	0.10	0.04	0.04	0.04	0.04
1969	1.11	2.05	1.62	1.39	1.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1970	1.07	1.84	2.11	2.73	1.20	0.07	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
1971	1.27	1.87	2.52	2.39	1.10	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.20
1972	0.48	14.48	10.84	15.10	21.17	32.77	43.67	61.54	34.99	11.89	7.82	8.27
1973	8.35	8.93	7.91	5.42	3.78	4.25	4.33	2.84	2.57	1.51	0.88	2.54
1974	2.79	5.03	4.70	2.39	3.80	4.80	4.23	1.22	0.60	0.31	0.68	1.03

Nota: En caracteres especiales déficits remanentes.

A N E X O I I I

ESTADISTICAS DE EVAPORACION

T A B L A III.1

Medidas Evaporímetro Embalse Paloma
(mm)

Año/Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1968												
69	329.5	270.3	241.6	180.0	114.3	82.5	76.2	123.3	168.6	231.9	278.6	338.1
70	326.0	278.3	240.2	157.0	98.5	83.4	110.9	129.1	186.2	266.4	283.1	316.1
71	349.5	280.4	236.8	193.6	133.4	87.6	77.4	123.6	171.1	215.4	271.2	332.0
72	360.2	339.5	281.7	179.8	124.1	43.0	84.7	117.5	158.9	247.4	315.0	369.6
73	341.0	261.6	221.4	148.4	98.8	64.7	52.7	62.3	100.9	206.6	245.8	330.1
74	345.2	259.5	243.9	153.3	105.9	58.9	62.5	106.9	156.6	212.5	269.0	302.7
75	316.2	288.1	241.1	168.5	122.3	66.0	76.1	115.3	165.9	210.3	288.9	326.8
Promedio	338.2	282.5	243.8	168.7	113.9	69.4	77.2	111.1	158.3	227.2	278.8	316.4

T A B L A III.2

TASAS DE EVAPORACION (m.m) DEDUCIDAS DE LOS CUADROS
DE FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE RECOLETA

Año	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
59-60		27.8	30.5	37.6	72.2	111.1	131.9	174.8	168.0	142.3	110.4	74.9
62-63		34.1	34.0	51.0	80.1	90.5	133.5	162.0	176.2	115.6	109.5	62.1
63-64	39.3	26.7	17.5	32.5	34.8	80.8	119.2	151.4	147.8	132.2	82.2	61.9
64-65	45.6	26.1	24.5	35.0	63.7	85.2	127.7	143.2	140.0	124.7	79.5	48.6
65-66	35.1	31.2	19.0	25.4	45.2	81.7	107.8	146.1	142.6	101.8	83.9	54.1
66-67	37.2	14.0	19.1	31.3	56.6	91.7	116.1	153.6	150.4	111.7	72.3	53.1
67-68	38.3	21.1	22.8	47.7	54.7	97.2	114.9	129.0	143.2	123.5	90.3	68.6
68-69	44.0	24.8	39.2	15.2	65.4	108.0	126.1	117.9	143.6	100.0	81.3	53.0
72-73							137.0	192.7	205.5	129.2	93.8	69.0
73-74	48.2	26.5	28.3	44.9	94.4	107.7	144.0	180.9	201.3	133.3	120.9	74.7
74-75	53.0	31.0	37.0	52.6	72.6	118.1	180.6	206.8	189.2	152.1	119.9	62.7
Ev_m	42.6	26.3	27.2	37.3	64.0	97.2	130.8	159.9	164.3	124.2	94.9	62.1

Valores obtenidos del Cuadro de Funcionamiento del Embalse Recoleta.

Método de Cálculo :

- Se calculó $\bar{V} = \frac{1}{2} (V_i + V_{i-1})$: volumen medio embalsado

- Con Curva Volumen - Superficie se obtuvo \bar{S} (superficie media)

- $Evap (mm) = \frac{Evap (m^3 \times 10^6)}{\bar{S} (m^2)} \times 1000$

donde : $Evap (m^3 \times 10^6)$: valor obtenido del Cuadro de Funcionamiento Embalse Recoleta

A N E X O I V

RESULTADOS CALIBRACION
MODELO HIDROLOGICO

GRANDE ESTACIONES LAS PAMIAS Y EL CIVANO

PARAMETROS VALOR INICIAL

- 1 CUM
- 2 MUR
- 3 CIENCIA
- 4 MEXICO
- 5 CIENCIA
- 6 MEXICO
- 7 MEXICO

AÑO 1970		AÑO 1971		AÑO 1972		AÑO 1973		AÑO 1974			
MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE	OCTUBR	NOVIEN	DICIE4	ENERO	FEBER	MARZO	ABRIL
21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000	21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000 21000

FUNCION OBJETIVO 2.7546

FUNCION OBJETIVO 6.8433

FUNCION OBJETIVO 6.5771

FUNCION OBJETIVO 8.7138

FUNCION OBJETIVO 11.3119

IFPC EL CUYANO-EL COIPO

PARAMETROS VALOR INICIAL

- 1 GRAN 0.15
- 2 HUM MAX 100.00
- 3 EFICIENCIA 0.60
- 4 ESC MAYO-SE 0.00
- 5 ESC OCT-NOV 0.20
- 6 ESC DIC-ENE 0.06
- 7 ESC FEB-ABR 0.06

AGOS 1972

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE	OCTUBR	NOVIEN	DICIEN	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL
PRECIPITACION	5.22	179.50	31.00	42.29	15.00	22.50	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
CAUDAL EN LA TOTA	1.04	10.25	7.01	11.59	15.67	25.42	40.57	64.52	27.19	10.69	6.46	5.71
CAUDAL EN LA CASC	0.39	0.05	0.05	0.13	0.13	0.17	0.20	0.24	0.23	0.19	0.19	0.14
CAUDAL DEL RIEGO	0.74	4.02	2.93	4.31	5.78	11.15	22.54	31.00	10.90	5.20	4.39	5.51
CAUDAL SAL CANAL	0.15	0.15	0.21	0.55	0.32	0.70	0.83	0.96	0.94	0.70	0.66	0.65
NUMERO SUELO	0.00	119.78	47.60	59.19	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL PRECIPIT	3.20	0.29	0.09	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL NIEVE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SUELO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SALIDA	0.41	7.81	0.26	11.22	18.70	25.90	44.23	63.27	26.76	10.21	5.76	5.29
DIFERENCIAS	-0.42	-3.13	0.54	0.33	-0.94	0.46	6.37	6.68	2.06	1.26	0.28	0.45

FUNCION OBJETIVO

2.1562

AGOS 1973

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE	OCTUBR	NOVIEN	DICIEN	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL
PRECIPITACION	0.20	50.00	29.00	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL EN LA TOTA	5.52	4.95	4.07	5.01	4.21	5.11	5.74	5.75	2.53	3.01	1.50	1.82
CAUDAL EN LA CASC	0.09	0.04	0.05	0.15	0.13	0.17	0.20	0.24	0.23	0.19	0.19	0.14
CAUDAL DEL RIEGO	0.55	2.25	2.54	2.44	2.34	3.17	3.29	2.50	1.81	1.63	1.46	1.45
CAUDAL SAL CANAL	0.57	0.75	0.22	0.54	0.42	0.70	0.83	0.96	0.94	0.70	0.66	0.65
NUMERO SUELO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL PRECIPIT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL NIEVE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SUELO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SALIDA	4.77	5.24	5.20	4.30	5.53	4.73	5.40	2.79	1.72	2.41	0.74	1.20
DIFERENCIAS	0.52	5.20	6.04	4.36	2.29	4.13	4.83	2.62	1.35	1.03	0.75	1.20
					-1.24	-0.61	-0.56	0.03	-0.36	-1.50	0.01	-0.00

FUNCION OBJETIVO

4.8116

AGOS 1974

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIE	OCTUBR	NOVIEN	DICIEN	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL
PRECIPITACION	0.20	62.50	0.00	1.20	26.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
CAUDAL EN LA TOTA	1.90	1.35	2.54	2.90	2.75	5.15	4.65	2.88	1.78	1.40	1.69	1.65
CAUDAL EN LA CASC	0.09	0.04	0.05	0.15	0.13	0.17	0.20	0.24	0.23	0.19	0.19	0.14
CAUDAL DEL RIEGO	0.25	1.99	1.53	1.61	1.67	3.79	3.25	2.28	1.59	1.47	1.62	1.33
CAUDAL SAL CANAL	0.26	0.17	0.24	0.62	0.56	0.79	0.84	1.08	1.06	0.84	0.88	0.64
NUMERO SUELO	0.00	0.18	0.03	0.65	0.45	0.65	0.75	0.96	0.94	0.70	0.66	0.65
CAUDAL PRECIPIT	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL NIEVE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SUELO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAUDAL SALIDA	1.54	2.24	2.56	1.54	2.43	4.76	4.07	2.34	0.10	0.12	0.15	0.34
DIFERENCIAS	0.41	2.15	3.52	1.71	2.14	3.22	4.11	1.20	0.66	0.23	0.40	0.87
				-1.25	-0.29	0.37	0.62	0.07	-0.01	0.00	0.00	-0.07

FUNCION OBJETIVO

4.0066

A N E X O V

TASAS DE RIEGO

T A B L A V. 1(a)

1. Tasas de Riego de diferentes cultivos en el área del Proyecto Paloma

I. Valles Interiores

Cultivos	Tasas Mensuales, m ³ /ha.												Totales D m ³ /ha.
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
<u>Frutales</u>													
Hoja caduca	2225	2150	1510	550					830	1110	1600	2225	12.200
Frutales hoja persistente	2000	1800	1300	900	600		500	700	1000	1400	2000	2000	12.200
Vides	1750	1600	1000	500	-	-	-	-	600	900	1300	1750	9.400
Melones	2000	1200	-	-	-	-	-	-	600	1200	1600	2000	8.500
Tomates	1000	-	-	-	500	250	250	600	900	1200	1700	2100	8.500
Morrón	2000	1800	600	-	-	-	-	-	-	600	1500	2000	8.500
Maíz	2700	2500	-	-	-	-	-	-	-	600	1600	2400	9.800
Frejoles	1900	1750	-	-	-	-	-	-	-	600	1150	1800	7.200
Papas tempranas	-	-	-	-	-	-	400	600	1500	1800	2000	-	6.300
Alfalfa, Trébol y Pradera Perm.	2500	2400	2000	1600	1100	-	-	1000	1200	1700	2000	2500	18.000
Trigo	-	-	-	-	-	-	600	500	700	1500	2600	-	5.800
Sorgo (96% maíz)													9.400
Cereal Asociado													18.000

FUENTE: E. Jordán (1972) DICOREN

T A B L A V. 1(b)

2. Tasas de Riego de diferentes cultivos en el área del Proyecto Paloma

II. Valles intermedios

Cultivos	Tasas Mensuales m ³ /há.												Totales m ³ /há.	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
<u>Frutales</u>														
Hoja caduca	2200	2100	1500	520	-	-	-	810	1100	1570	2200	12.000		
Frutales Hoja persistente	1950	1750	1300	900	600	-	-	450	700	1000	1400	1950	12.000	
Vides	1750	1600	950	450	-	-	-	-	600	850	1250	1750	9.200	
Melones	1950	1200	-	-	-	-	-	-	500	1150	1550	1950	8.300	
Tomates	950	-	-	-	500	250	250	600	900	1150	1650	2050	8.300	
Morrón	1950	1750	600	-	-	-	-	-	-	600	1450	1950	8.300	
Maíz	2600	2450	-	-	-	-	-	-	-	600	1600	2350	9.600	
Frejoles	1850	1700	-	-	-	-	-	-	-	600	1100	1750	7.000	
Papas tempranas	-	-	-	-	-	-	400	600	1500	1800	2000	-	6.300	
Alfalfa, Trébol y Prad. perm.	2450	2350	1950	1550	1100	-	-	900	1150	1650	1950	2450	17.500	
Trigo	-	-	-	-	-	-	500	500	700	1400	2500	-	5.600	
Sorgo (96% maíz)													9.200	
Cereal asociado													17.500	

FUENTE: E. Jordán (1972) DICOREN

T A B L A V. 1(c)

3. Tasas de Riego de diferentes cultivos en el área del Proyecto Paloma

III. Llanos

Cultivos	Tasas Mensuales, m ³ /há.												Totales m ³ /há.
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Frutales Hoja caduca	2180	2060	1480	500	-	-	-	-	800	1050	1550	2180	11.800
Frutales hoja persistente	1950	1750	1300	850	600	-	-	450	650	950	1350	1950	11.800
Morrón	1950	1750	600	-	-	-	-	-	-	600	1450	1950	8.300
Maíz	2550	2450	-	-	-	-	-	-	-	600	1550	2350	9.500
Frejoles	1850	1700	-	-	-	-	-	-	-	600	1050	1700	6.900
Alfalfa	2400	2300	1900	1500	1100	-	-	800	1100	1600	1900	2400	17.000
Trigo	-	-	-	-	-	-	500	500	700	1400	2400	-	5.500
Sorgo	2360	1540	-	-	-	-	-	-	-	950	1940	2410	9.200
Todas las Prade- ras + Cereal asociado	2400	2300	1900	1500	1100	-	-	800	1100	1600	1900	2400	17.000

FUENTE: E. Jordán (1972) DICOREN

T A B L A V.2(a)

TASAS DE RIEGO PARA LOS CULTIVOS DE LA HOYA DEL LIMARI
AGUAS ARRIBA DE EMBALSES RECOLETA Y PALOMA
(VALLES INTERIORES)

CULTIVOS	DISTRIBUCION MENSUAL M3/HA./MES											TOTAL		
	PERIODO DE CULTIVO	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.		JUL.	AGO.
CEREALES														
Trigo	Jun-Dic	1000	2200	1200						800	1000	800	7.000	
Cebada	Jul-Dic	1000	1800	2000						800	1000	800	6.600	
Alpiste	Jul-Ene	1000	1600	1800	1000					800	1000	800	8.000	
INDUSTRIALES														
Linaza	Jul-Ene	1000	1600	1800	1000					800	1000	800	8.000	
Ají Pimentón	Oc-Mr/Jl	1000	1300	1400	2000	2200	1600	1200	1000				11.700	
Tabaco	Oc-Fe/Ab	1000	1200	1300	1800	2200	1600	1200					10.300	
CHACRAS														
Maíz	Oct-Mar	1000	600	1700	2100	2500	2000						9.900	
Poroto Grano	Oct-Mar	1000	600	1200	2000	2000	1400						8.200	
Papa Temprana	Ago-Dic	1200	1900	2200	1800					1000	600		8.700	
Papa Invierno	Ene-Jun				1000	1400	1800	1600	1200				8.200	
Papa Tardía	Oct-Mar	1000	600	1500	2100	2300	1800						9.300	
Sorgo Grano	Oct-Mar	1000	600	1200	1600	1800	1200						7.200	
Sandías	Sep-Ene	600	1200	1800	2000					1000			6.600	
Melones	Sep-Ene	600	1200	1800	2000					1000			6.600	
Zapallos	Ago-Ene	800	1200	1800	2000					1000	600		7.400	
Arvejón	Jul-Dic	1000	1600	1800						800	1000		6.200	
HORTALIZAS A/L														
Morrón Temprano	Jl-Nv/En	1200	1600	1800	2000	1600				1000	900	1000	11.100	
Morrón Tardío	En-My/Jl				1000	1400	1600	1500	1400	1200	800		9.700	
Maíz Choclo	Ago-Dic	1200	1800	2000						1000	600		6.600	
Poroto Verde	En-My/Jn				1000	900	1200	1400	1200	600			6.300	
Poroto Verde	Ag-Nv/Di	800	1600	1800	600					1000	800		6.600	
Cebollas	Abt-Oct	1700	600				1000	1000	800	800	1000		7.700	
Tomates	Jl-Oc/Di	1600	1800	2200	1600					1000	1200	1200	10.600	
Habas	Mr-Ag/Se						1000	800	800	800	1000	1200	6.400	
Pepinos	Ag-Nv/Di	800	1200	1800	2000					1000	600		7.400	
Alcachofas	Fe-Ag/Se	800					1000	800	1200	1000	1200		8.400	
Arvejas	Mr-Jl/Ag						1000	800	800	1000	1000		5.400	
Otras	Todo Año	1200	1200	1600	1800	1800	1200	1200	1000	1000	1000	1000	15.600	

(continúa.-)

T A B L A V.2(a)

TASAS DE RIEGO PARA LOS CULTIVOS DE LA HOYA DEL LIMARI
AGUAS ARRIBA DE EMBALSES RECOLETA Y PALOMA
(VALLES INTERIORES)

(Continuación)

CULTIVOS	PERIODO DE CULTIVO	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	TOTAL
		M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	M3/HA.	
HORTALIZAS B/P														
Tomates	Jn-Se/Nv	1600	2000	2200	1600					1000	1200	1200	1400	12.200
Pepinos	Jl-Se/Nv	1600	2000	2200	1200						1000	900	1200	10.100
Ají	My-Se/Di	1600	2000	2000	1600				1000	1200	800	1200	1200	12.600
VIDES														
Espaldera	Permanente	800	1200	1600	2000	2200	1600		1000			800	800	12.000
Parrón	"	1000	1300	1700	2200	2400	1600		1000			800	1000	13.000
FRUTALES														
Hoja Caduca	"	800	1200	1600	2000	2200	1800	1200	600			800	600	12.800
Hoja Persistente	"	800	1000	1600	2000	2000	1600	1400	1200	1000		600	600	13.800
Huerto Casero	"	800	1000	1600	2000	2000	1600	1400	1200	1000		600	600	13.800
PRADERAS														
PERMANENTES														
Alfalfa	"	1600	1700	1800	2200	2400	1800	1600	1600	1500			1500	17.700
Trebol Rosado	"	1500	1600	1700	2000	2200	1700	1500	1500	1400			1400	16.500
PRADERAS														
ANUALES														
Cebada-Avena	Abr-Nov	1000						1000	1000	1000	1000	1000	1000	7.000
T. Alejandrino	Feb-Nov	1000	1000	1000		1000	1500	1000	1000	1000	800	1000	1000	11.300
BOSQUES														
Bosques	Permanente	1500		1500	1500	1500	1500		1500			1500		10.500

FUENTE : Dirección General de Aguas

T A B L A V.2 (b)

TASAS DE RIEGO PARA LOS CULTIVOS DE LA HOYA DEL LIMARI
AGUAS ABAJO DE EMBALSES RECOLETA Y PALOMA

(continuación)

CULTIVOS	PERIODO DE CULTIVO	DISTRIBUCION MENSUAL M3/HA./MES								TOTAL				
		SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.		MAY.	JUN.	JUL.	AGO.
HORTALIZAS B/P														
Tomates	Jn--Se/Nv	1600	2000	2200	1600					1000	1200	1200	1400	12.200
Pepinos	Jl--Se/Nv	1600	2000	2200	1200						1000	900	1200	10.100
Ají	My--Se/Di	1600	2000	2000	1600					1000	1200	800	1200	12.600
VIDES														
Espaldera	Permanente	800	1200	1600	2000	2200	1600			1000			800	11.200
Parrón	"	1000	1300	1700	2200	2400	1600			1000			1000	12.200
FRUTALES														
Hoja Caduca	"	800	1000	1600	2000	2200	1600	1000	600			800	600	12.200
Hoja Persis-	"	600	1000	1600	2000	2000	1600	1400	1200	800		600	600	13.400
tente	"	600	1000	1600	2000	2000	1600	1400	1200	800		600	600	13.400
Huerto Casero	"	600	1000	1600	2000	2000	1600	1400	1200	800		600	600	13.400
PRADERAS														
PERMANENTES														
Alfalfa	"	1600	1600	1600	2000	2200	1600	1600	1600	1500			1500	16.800
Trebol Rosado	"	1400	1500	1600	1900	2100	1600	1400	1400	1400			1400	15.700
PRADERAS ANUALES														
Cebada-Avena	Abr--Nov	1000								1000	1000	1000	1000	7.000
T. Alejandrino	Feb--Nov	1000	1000	1000		1000	1500	1000	1000	1000	600	800	1000	10.900
BOSQUES														
Bosques	Permanente	1500		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500		1500		10.500

FUENTE : Dirección General de Aguas

A N E X O VI

CUADROS DE FUNCIONAMIENTO
CANAL ALIMENTADOR RECOLETA
(Volúmenes en Bocatoma)

T A B L A VI.1

FUNCIONAMIENTO CANAL ALIMENTADOR DE RECOLETA (10⁶m³)
ALTERNATIVA 1 MODIFICADA (30013 hárs)

Año	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	4.71	6.94	3.39	1.10	2.15	1.21	4.05	23.55
48	7.36	8.12	0	0	15.77	0	1.29	0	0	0	0	0	32.54
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.59	0.20	0	3.79
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0.89	0	0.03	1.13	2.05
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.12	5.12
54	11.33	7.72	11.29	14.78	0	0	0	0	0	0	0	0	45.12
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	4.02	0.87	0.84	0.97	0.71	1.63	9.04
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	10.89	5.22	6.09	0	0	0	0	0	0	0	0	22.20
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	2.61	1.85	4.35	3.51	0.42	0	12.74
62	0	0	0	0	0	13.11	12.69	5.62	2.76	1.76	4.89	6.28	47.11
63	5.94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.94
64	0	0.16	14.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.75
65	0	0	0	0	15.09	0.08	0	0	0	0	0	0	15.17
66	6.51	0	0	11.51	0	4.15	15.77	11.63	0	0	0	0	49.57
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0.39	0.29	0.24	1.02
1970	3.00	4.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.86
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													Prom. 9.60

T A B L A VI.3

FUNCIONAMIENTO CANAL ALIMENTADOR DE RECOLETA (10⁶m³)
ALTERNATIVA 3 DE PATRON DE CULTIVOS
(20190 hás)

Año	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	14.65	2.01	9.98	0	0	1.79	0	0	0	0	0	28.43
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	7.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.69
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	11.43	0	0	0	11.43
64	0	14.65	0	7.33	0	0	0	0	0	0	0	0	21.98
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.09	0.19	0.37
66	3.11	0	0	2.90	18.17	15.77	15.77	0	0	0	0	0	49.72
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0.37	0.26	0.63
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													Prom. 3.88

T A B L A VI.4

FUNCIONAMIENTO CANAL ALIMENTADOR RECOLETA (10⁶m³)
VOL. MAXIMO COGOTI = 195x10⁶m³ (31442 hás)

Año	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0.56	1.10	2.15	1.21	4.05	9.07
48	7.36	0.30	0	0	15.77	6.00	0	0	0	0	0	0	29.43
49	0	0	0	0	0	0.53	4.35	5.43	3.89	0.31	0	0	14.51
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	8.59	4.52	0.87	0.84	0.97	0.71	1.63	18.13
57	2.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.78
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	1.50	6.33	3.89	0.68	3.42	2.08	17.90
61	3.63	1.89	0	0	0	9.37	4.66	2.20	4.72	3.78	0.53	0	30.78
62	0	0	0	0	1.24	13.11	12.69	5.62	2.76	1.76	4.89	6.28	48.35
63	5.94	2.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.26
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	15.09	1.97	0	0	0	0	0	0	17.06
66	5.65	0	0	0	13.02	0.65	15.77	8.88	0	0	0	0	43.97
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0.55	0.45	0.26	0.11	1.37
69	2.86	6.07	3.98	0	0	0	0	0	0.45	0.39	0.29	0.24	14.28
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.58	0.37	0.26	1.69
72	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													Prom.
													8.31

T A B L A VI.5

FUNCIONAMIENTO CANAL ALIMENTADOR RECOLETA (10⁶m³)
VOL. MAXIMO RECOLETA = 120x10⁶m³ (31442 háas)

Año	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0.53	1.10	2.15	1.21	4.05	9.04	9.04
48	7.36	0.29	0	0	15.77	6.00	0	0	0	0	0	0	29.42
49	0	0	0	0	0	0.53	4.35	5.43	3.89	0.31	0	0	14.51
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0.89	0	0	1.11	2.00	2.00
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	9.59	15.77	15.77	15.77	0	0	0	0	0	0	0	0	56.90
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	7.68	4.52	0.87	0.84	0.97	0.71	1.63	17.22
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	11.28	13.18	0	0	0	0	0	0	0	0	24.46
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	1.24	3.89	0.68	3.42	2.08	11.31
61	3.63	0	0	0	0	7.02	4.67	2.20	4.72	3.78	0.53	0	26.55
62	0	0	0	0	1.24	13.11	12.69	5.62	2.76	1.76	4.89	6.28	48.35
63	5.94	2.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.39
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	15.77	15.77	0	0	0	0	0	0	31.54
66	5.70	0	0	13.07	0	15.77	15.77	10.40	0	0	0	0	60.71
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0.26	0.11	0.82
69	2.86	6.07	0	0	0	0	0	0.45	0.39	0.29	0.24	0	10.30
1970	3.00	5.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.27
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													11.61
											Prom.		

T A B L A VI.6

FUNCIONAMIENTO CANAL ALIMENTADOR DE RECOLETA (10⁶m³)
REVESTIMIENTO CANALES CAMARICO Y VILLALON (32872 hás)

Año	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Total
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	1.10	2.15	1.21	4.05	8.51	21.51
48	7.36	3.78	0	0	10.37	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1950	0	0	0	0	0	2.37	5.15	3.72	0.09	0	0	0	16.59
51	0	0	0	0	0	1.16	0	0	0	0	0	0	1.16
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	4.23	5.09	1.67	0	0	0	10.99
54	5.78	2.51	5.92	14.78	0	0	0	0	0	0	0	0	28.99
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0.97	1.63	0	0	0	3.31
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	4.50	0	0	0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	5.30
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	11.41	4.15	5.62	2.76	1.76	4.89	6.28	36.87
63	5.94	0	0	0	0	0	0	15.77	2.09	6.42	7.83	38.05	47.16
64	0	8.42	13.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.43
65	0	0	0	0	15.09	0	0	0	0	0	0	0	15.09
66	5.05	0	0	7.35	0	7.42	15.77	11.57	0	0	0	0	47.16
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	0	0	0	0	0	0	0	0.66	0.58	0	0	0	1.24
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													8.26

Prom. 8.26

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00001 3540