



HIDROLOGIA DEL LOA
Y
EMBALSE CONCHI
PARA USO INDUSTRIAL



Absalón Monsalve M.

Ing. Civil
Insc. 2886

Santiago, 31 de Enero de 1967

INDICEDES.

A - MATERIA DEL ESTUDIO Y PLAN DE TRABAJO	1
B - RESUMEN DEL ANTEPROYECTO DE LA DIR. DE RIEGO	2
I - RIO LOA	2
1 - Estadísticas aceptadas	2
2-- Estadísticas ampliadas	2
3 - Corrección de las estadísticas por efecto de las Mercedes de Aguas existentes	3
II - RIO SALADO	4
C - RESUMEN DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CHILE EXPLORATION COMPANY	4
D - ANALISIS DEL ANTEPROYECTO DE LA DIR. DE RIEGO Y NUESTRAS DECISIONES SOBRE HIDROMETRIA E HIDROLOGIA	5
I - ESTADISTICAS ACEPTADAS EN CONCHI Y YALQUINCHA	5
1 - Estudios del Ing. Pablo Kleiman	5
2 - Anteproyecto de la Dir. de Riego	7
3 - Nuestras conclusiones	7
II - ESTADISTICAS AMPLIADAS EN CONCHI Y YALQUINCHA	8
1 - Yalquineha 1920-25	8
2 - Yalquineha 1950-56	8
3 - Conchi 1947-57	8
III - ESTADISTICA COMPLETA ACEPTADA Y AMPLIADA EN CONCHI Y YALQUINCHA	9
IV - CORRECCION POR EFECTO DE LAS MERCEDES DE AGUAS.- ESTADISTICA DEFINITIVA DE CONCHI Y YALQUINCHA	9
V - ESTADISTICA DE AYQUINA	10
1 - Métodos de edículo	10
2 - Aforos considerados	11
3 - Correlación Conchi-Ayquina	12
4 - Estadística Definitiva de Ayquina	14
5 - Crítica de la Estadística	14

E - ANALISIS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE CHILE EXPLORATION COMPANY	pag. 15
F - EMBALSE CONCHI.- SOLUCIONES PROPUESTAS	15
I - IDEA GENERAL	15
II - OBRAS ADICIONALES	16
1 - Posibilidad de embalse en Ayquina	16
2 - Salar Ojos de San Pedro	17
3 - Mejoramiento del Sistema de riego en Calama	18
4 - Recuperaciones del riego en Calama	18
5 - Drenaje de las Vegas de Calama	18
6 - Ojos de Opache	18
III - APORTES Y CONSUMOS	18
1 - En Conchi	18
2 - Aguas abajo de Conchi	18
IV - BASES DE CALCULO DE LA REGULACION DEL EMBALSE	19
1 - Aportes y consumos que se tomarán en cuenta	19
2 - Sistema de cálculo	200
V - CAPACIDADES DEL EMBALSE	20

R E S U M E N

Hidrometría e Hidrología.

Se adoptó la política de eliminar de las estadísticas algunos años que habían sido aceptados antes, a pesar de que merecieron reparos importantes. Tal aceptación se justificaba, en cierto modo, por la escasez de observaciones con que se contaba quince años atrás. Incorporados, hoy día, otros tantos años de buena estadística, por lo general, aquella eliminación significa que la estadística pierde incertidumbre por un extremo de la serie y gana exactitud por el otro extremo, lo que vale mucho más que el incremento maquinal del número de años de la serie.- Tal cosa ocurrió con los años 1920 al 25, en Conchi, y con el año 1947, en Yalquincha.

Otra circunstancia que ha hecho variar considerablemente las estadísticas existentes, en el sentido de la exactitud, es el haber tomado en cuenta, ahora, la nómina completa de las Mercedes concedidas en el Río San Pedro y en el Río Salado, y el haberse atendido a la fecha efectiva de iniciación de los saques, todo lo cual ha sido revisado con la prolijidad que tan decisivo aspecto exigía. Desde el momento que las mercedes constituyen una parte muy importante del caudal de los ríos, muy especialmente en el caso del Río Salado, la omisión de algunas de ellas puede desnaturalizar totalmente una estadística.

Respecto a la estadística del Río Salado se introdujeron, aparte de lo expuesto en el párrafo precedente, tres mejoras muy importantes, a saber: a) se calculó la línea de regresión lineal, aplicando el método normal de correlación, del cual no era razonable desentenderse porque habían observaciones en número suficiente; b) la corrección de las mercedes (aparte de que se computaron todas) se efectuó al final de los cálculos, y c) se reconstituyó la estadística sólo hasta el año 1950, hacia atrás, en atención a que, aun mejorada, la estadística descansa en la observación de años más o menos distanciados.

La nueva estadística del Río Salado coincide bastante bien con la del hidrógrafo del período 1961-65.- Ella demuestra que, considerando solamente las mercedes ya concedidas, en llegando años secos habrá déficit en todos los meses de años consecutivos. En otras palabras, se han concedido más mercedes de las que el río puede abastecer.

Queda, por lo tanto, descartada la posibilidad de captar, en forma permanente, estrujes del Río Salado en Ayquina, por supuesto que para cualquier uso, sea industrial o riego. Una vez que estén funcionando todas las mercedes actualmente concedidas (faltan 190 lt/s), van a llegar meses y aun años en los que no va a pasar agua por Ayquina.

Embalses

De lo recién expuesto respecto al Río Salado surge la lógica idea de que se podría aprovechar este río, en Ayquina, solamente por medio de una obra regularizadora. Desgraciadamente, la extrema escasez futura del caudal está indicando que se requeriría un embalse relativamente grande para captar un caudal permanente pequeño, lo que muy probablemente imposibilitaría la obra bajo el aspecto económico, sin contar los problemas de orden geológico que allí existen.

En Conchi la situación es distinta. Cabe allí una obra regularizadora.

Sobre la base de este Estudio, de que la situación actual de riego de Calama y Chiu-Chiu no experimentará modificación, sea en superficie cultivada como en seguridad, y de adoptar, como garantía, un margen de error de 60 lt/s en el gasto permanente suministrado por el embalse, se obtuvo la curva del Gráfico 2, la cual es la culminación del presente trabajo.

De esta curva se pueden sacar, como ejemplo, los siguientes valores:

Gasto útil m^3/s	Capacidad del embalse - Millones m^3 .
0,300	3,4
0,459	4,5
0,600	5,8
0,900	10,0

A - MATERIA DEL ESTUDIO
Y PLAN DE TRABAJO.

Transcrito textualmente, el temario del Estudio que se nos ha encomendado es el siguiente:

- " 1- Regulación del Tranque Conchi.
- 2- Estrujes del Río Salado, sin tranque. "

Lo que se persigue es llegar a establecer qué cantidades de agua podrían quedar sobrantes, respetada la situación actual de consumo en la hoya del Río Loa, sea en agricultura como en mercedes para uso industrial y doméstico.

Se contempla la posibilidad de un embalse, en Conchi.

Se desea comparar ese sobrante de agua con la Merced solicitada por Chile Exploration Company (Chilox) para uso industrial, ascendente a 459 lt/s., con motivo de la ampliación de sus plantas determinada por los Convenios del Cobre. No se considerará la posible demanda paulatina de la Merced, ni la fecha y forma del suministro del posible sobrante de agua.

Como cuestión previa, se nos ha pedido la revisión de los antecedentes que existen sobre el tema. Con este fin se ha puesto a nuestra disposición las siguientes Memorias:

- 1- Estudio Hidrológico del Embalse Loa, en la Isla. Octubre 1948. Ing. Pablo Kleiman. Dirección de Riego.
- 2- Anteproyecto de Regadío de Calama y Chiu-Chiu. Mayo 1962. Ing. Sergio Rivera. Dirección de Riego.
- 3- Embalse Conchi. Memoria de Título. Ing. Marco Antonio Giulivucci. Septiembre 1962. Universidad de Chile.
- 4- Estudio de factibilidad. Cañería Lequeña versus Represa y Cañería Ayquina. Chilox. Noviembre 1966.

Nuestro plan de trabajo constará de tres etapas principales, a saber:

- 1a.- Resumen de la Memoria 2, que en lo sucesivo llamaremos APR, y de la Memoria 4, que en lo sucesivo llamaremos EFC.
- 2a.- Análisis de esas dos Memorias.
- 3a.- Nuestro Estudio.

Se recomendó prestar especial atención a la hidrometría y a la hidrología. Por último, el programa de este trabajo nos fue entregado el día 4 de Enero, con la exigencia de que nuestra Memoria fuera presentada el día 31 del mismo mes, o unos dos o tres días más tarde.

B- RESUMEN DEL APR.

I- RIO LOA.

1- Estadísticas aceptadas.

<u>Río y Lugar</u>	<u>Período</u>	<u>Fuente</u>
Loa - Conchi	Ago/16 - Dic/25	P. Kleiman- D. Riego
" - "	May/58 - Dic/61	APR
" - Yalquíncha	Ene/16 - Dic/19	P. Kleiman- D. Riego
" - "	Jun/47 - Dic/48	" "
" - "	Ene/49 - Ago/50	APR
" - "	Ene/57 - Dic/61	"

2- Estadísticas ampliadas.

a) Loa en Yalquíncha, 1920-25.

Se basó en la relación Conchi-Yalquíncha, de los años 1917, 18 y 19, obtenida gráficamente con sólo dos puntos, uno dado por las medias aritméticas (se usó el C.G. de los tres puntos) y el otro fue el origen de las coordenadas. Así se obtuvo la recta $Q_{\text{Conc.}} = 0,64 Q_{\text{Yalquíncha}}$, y con ella la Estadística Yalquíncha 1920-25 (APR, pág. 28).

b) Loa en Yalquíncha, Sep/1950 - Dic/1956.

Empleando las dos estadísticas contiguas, 1947-50 y 1957-61, las cuales contienen las máximas, medias y mínimas mensuales, se determinó el porcentaje del error del mayor desvío absoluto, sea de la máxima o de la mínima, respecto a la media mensual. Estos porcentajes resultaron pequeños, por lo general, y se estimó que no son de importancia. Se concluyó que, si en el período sin estadística intermedio se acepta, en cada mes, el valor dado por un aforo como gasto medio mensual, el error cometido será menor que el calculado, y, por lo tanto, se puede adoptar ese valor. En los meses en que no hubo aforo, se interpoló, lo que se justificó con la regularidad de los gastos del río.

En los 7 años considerados, hay 36 aforos en Yalquíncha.

Así se obtuvo la Estadística Yalquíncha, 1950-56 (APR, pág. 35).

c) loa en Conchi, 1947-57.

Durante este período hay sólo 2 afluentes en Conchi. Por eso, se tuvo que aplicar el procedimiento de la relación, lo mismo que en a), utilizando la estadística de Conchi y de Yalquincha, en el período 1958-61.- Resultó la recta $Q_{\text{Conchi}} = 0,60 Q_{\text{Yalq}}$. Con ella se obtuvo la Estadística de Conchi, 1947-57 (APR, pag.37).

3- Corrección de las estadísticas por efecto de las Mercedes de Aguas existentes.

Con las ampliaciones hechas, la estadística quedó completa en los dos períodos siguientes: 1916-25 y 1947-61.-

Durante el lapso total 1916-61 se concedieron mercedes de aguas, en distintas fechas, ubicadas desde Yalquincha hacia aguas arriba, sea en el Río Loa o en sus afluentes, cuyos gastos han quedado de hecho sustraídos al computar las estadísticas, en el tiempo posterior a la vigencia efectiva de esos derechos. Entonces, cada merced tenía que ser restada de los valores estadísticos en el tiempo anterior a la fecha de vigencia. De esta manera, se obtendría la estadística real del agua exenta de compromiso legal actual, es decir, la estadística válida para nuevos proyectos.

Se tomaron en cuenta las Mercedes siguientes:

<u>Río</u>	<u>Gasto concedido.- lt/s</u>	<u>Fecha de captación</u>
San Pedro	87,5	Jun/25
"	10,0	Feb/56
Salado	35,0	Ene/20
"	15,0	" "
"	400,0	Jun/52
"	140,0	Abr/61
"	150,0	Reserva fiscal.

Las correcciones fueron las que siguen, en lt/s :

<u>Período</u>	<u>Restar en Conchi</u>	<u>Restar en Salado</u>	<u>Restar en Yalquincha</u>
Ene/16 - Dic/19	100	750	850
Ene/20 - May/25	100	700	800
Jun/25 - May/52	0	700	700
Jun/52 - May/61	0	300	300

Las estadísticas definitivas aparecen, las de Conchi en APR, pags. 43 y 44, y las de Yalquincha en APR, pags. 45 y 46.

II - RIO SALADO

Se establecieron las estadísticas del Río Loa sólo con el objeto de deducir, por medio de ellas, las del Río Salado en Ayquina, pues el fin preciso del APR es proyectar el regadío de Calama y Chiu-Chiu, sobre la base de un embalse en Ayquina.

Prácticamente no existía estadística del Río Salado en Ayquina, pues, a la fecha del APR, se contaba solamente con el período Feb/61 - Abr/62, cuyas observaciones eran limnigráficas.

Entre Sep/16 y Mar/62 hubieron 31 aforos en la desembocadura del Río Salado y otros tantos en Conchi, cada par de aforos en un mismo día. Se corrigieron todos estos aforos, restándoles las mercedes correspondientes, según sus fechas de captación. Estos aforos, así corregidos, fueron la base del cálculo de la estadística de Ayquina, cuyo procedimiento se expone a continuación.

Se dedujo la razón de las medias aritméticas del Salado (desembocadura) y Conchi, la que resultó ser 0,47 .-

Luego, se aplicó el mismo procedimiento a la pareja Salado (desemb.) - Ayquina, aprovechando 4 aforos hechos en Ayquina entre 1917 y 1959, y 8 aforos hechos entre Jun/61 y Mar./62.- la razón Ayquina/ Salado resultó de 0,75 .-

Combinando las dos anteriores, la razón Ayquina/Conchi vino a ser 0,35 .- Aplicando este factor a la estadística de Conchi corregida, se obtuvo una estadística de Ayquina, enteramente calculada, la cual aparece en APR, pags. 49 y 50 .-

C - RESUMEN DEL APR.

En la parte puramente hidrológica, este Estudio se basa en 9 aforos efectuados por la Chilex en Ayquina, desde el 17 de Sep. al 2 de Nov. de 1966, y también en los datos del limnigráfico de la Dirección de Riego, pero sólo en los meses de dicho año.

Reproduce los gastos del limnigráfico, desde Ago/61 a Nov/66, pero no hace cálculo alguno a base de ellos.

El cálculo hecho a base de los aforos se puede resumir así:

En el gasteraforado ya está sustraída la captación de la Chilex, a la fecha, que fué del orden de 500 lt/s.- Como falta por captar aproximadamente 40 lt/s, resta esta cantidad y, además, 50 lt/s, que es su estimación de la pérdida por evaporación en el embalse (lleno); y de esta manera, de los gastos

aforados (Sep. a Nov. 1966) queda un caudal neto de 270 lt/s, como promedio, con fluctuación de un 10 % .-

Advierte, en seguida, que las pérdidas por filtración y absorción determinarían la probabilidad de que gran parte del agua embalsada no estaría nunca disponible para las operaciones de la Chilex.

El segundo cálculo lo efectúa a base de la estadística del limnógrafo del año 1966, con dos variantes: la primera con los gastos efectivos del limnógrafo, y la segunda con éstos, disminuidos en 140 lt/s desde Enero a Junio, y en 40 lt/s desde Junio a Diciembre.

En ambos casos, supone que, en los meses de riego (Sep a Feb.), todo el gasto del río se usará en la agricultura, de modo que habría un déficit exactamente igual a la Merced Industrial solicitada de 459 lt/s, la que se sacaría de este embalse. En los demás meses, el déficit o el superavit lo da la comparación entre el gasto neto del río y la merced. Toma en cuenta la evaporación.

El resultado de sus cálculos es que el sobrante neto en el embalse sería:

en el 1^{er} caso : Abril 18.000 , Jul. 11.000 y Agosto 112.000 m³ .-
" 2^{do} " : Agosto 7.000 m³ .-

B - ANALISIS DEL APR Y NUESTRAS DECISIONES SOBRE HIDROMETRIA E HIDROLOGIA.

I - ESTADISTICAS ACEPTADAS, EN CONCHI Y YALQUINCHA

1- Estudios del Ing. Pablo Kleiman.-

a) Conchi, 1916 a 1925.

El Ing. Pablo Kleiman revisó la estadística, desde el año 1913 al 21, examinando no sólo la estadística misma, sino también las curvas de descarga y los aforos.

El período 1913-15, que había sido proporcionado por la Chilex, fue desechado por no disponer de antecedentes para juzgarlo.

El período 1916-22 apareció bien controlado. Hubieron 8 aforos, dos en 1917 y uno en cada año restante. Fue calculado con una curva dibujada con todos los aforos, los cuales muestran que no hubieron cambios importantes en la sección. Sin embargo, en el período 1919-22 hay diferencias entre las alturas de los aforos y las anotadas por el Observador, por lo que el

autor opina que los valores deben ser aceptados sin pretender en ellos gran precisión. El período 1923-25 fue calculado con la misma curva y no hubo aforos, y fue aceptado porque no se notó nada anormal. Desde el año 1926 adelante notó Kleiman serias irregularidades, aparte de que hubo cambio de la sección en una fecha no determinada, en 1926 o 1927, por lo que la curva dejó de ser aplicable.

En suma, P. Kleiman aceptó el período 1916-25.

De la transcripción que hemos hecho de la discusión del Ing. Kleiman, que es sintomática de lo que ocurría en aquellos años, respecto a esta clase de mediciones, se desprende que en los períodos:

- 1916-19 Hubo aforos. Bien controlado. Fue aceptado.
- 1920-22 " " . Discrepancias en alturas. Fue aceptado, sin pretender gran precisión.
- 1923-25 No hubo aforos. Valores aproximados. Fue aceptado.

El Ing. Kleiman resume su crítica, y el APR la acepta, en la forma siguiente:

- 1916-22 Bien controlado. Se acepta.
- 1923-25 Valores aproximados. Se acepta.

En atención al detallado análisis que hace el autor, el período 1920-25 merece mucha desconfianza. Existe la comprobación de falta de aforos, de discordancia entre las alturas de aforos y las observadas, de cierta incertidumbre en la curva de descarga en algunos períodos y aun de malicia de parte del Observador, como lo comprobó el autor, por todo lo cual nos parece evidente que este período debe descartarse de manera definitiva.

Queremos dejar estampada aquí nuestra opinión sobre la validez de las estadísticas en general. Favorecidos por el hecho de que, en los tiempos actuales, se incorporan, año tras año, observaciones automáticas o bien controladas, es tiempo de eliminar en el extremo opuesto de la serie estadística los valores de dudosa validez. Así, el número de años observados podrá permanecer estagnado por un tiempo, pero el mayor índice de confianza de la estadística lo compensará con creces. Es lo que hemos hecho en la serie que estábamos analizando.

Entonces, resumiendo, nuestra opinión es:

- 1916-19 Bien controlado. Se acepta.
- 1920-25 Muchas fallas. Se desecha.

b) Yalquincha, 1916-19.

En los años 1916, 17 y 19 hubieron, por lo menos, 8

lecturas cada mes; 2 aforos en 1916. 9 en 1917 y 1 en 1919; coincidencia de aforos con curva de descarga y sólo errores de interpolación menores de 10 %. Por tanto, la estadística fue estimada buena. La del año 1918 es la que observó el Ing. Gustavo Lira (Régimen del Río Loa en el período 1916-18.- Gustavo Lira. Año 1921), por lo que fue aceptada sin revisión.

Nuestra opinión no puede menos de coincidir con lo arriba expuesto, o sea: 1916-19 Estadística buena.

b) Yalquincha, 1947-48.

En Junio de 1947 se instaló el limnómetro y se continuó su observación hasta la fecha de la Memoria Kleiman (Oct. 1948), con aforos todos los meses. Hay buena coincidencia de los gastos medios con los del período 1916-19. Sin embargo, las curvas de descarga no son bien regulares, el Observador leyó mal o inventó ciertos períodos (los que fueron eliminados por el autor), y los molinetes usados eran viejos y deficientes. Estima el autor que, en este corto período, no puede pretenderse gran precisión.

El APR expresa que Kleiman calificó como buena dicha estadística, lo que, como se acaba de ver, no es efectivo. Nuestra opinión es eliminar el año 1947, en el cual inciden la mayor parte de aquellas anomalías y al que le faltan 5 meses, y aceptar sólo el año 1948.

2- APR .-

a) Conchi, 1958-61.

Se incluyó en la estadística, sin explicaciones, por lo que se colige que se creyó innecesario declarar que este período fue bien observado. Sin duda que el mejoramiento del sistema de observaciones, en los últimos años, es lo que habrá permitido aceptar esta serie, sin comentarios.

b) Yalquincha, 1949-50 y 1957-61.

El APR aceptó como buenas estas dos series, después de examinarlas. La circunstancia anotada más arriba habrá influido, también, en la correcta estadística, especialmente en el período último.

3- Nuestras Conclusiones.

Nuestras conclusiones respecto a estadísticas aceptadas son las siguientes:

Conchi

1916-19	Bien controlada
1958-61	Buena

Yalquincha

1916-19	Buena
1948	Aproximada
1949-50	Buena
1957-61	"

II - ESTADISTICAS AMPLIADAS, EN CONCHI Y YALQUINCHA.

1- Yalquincha, 1929-25.

No debe considerarse esta ampliación hecha por el AFR, puesto que hemos eliminado la estadística Conchi en el mismo período, y el método de la relación que se usó no tendría donde operar.

2- Yalquincha, 1950-56.

Estimamos aceptable el procedimiento usado de tomar el aforo por la media, en razón del elevado número de aforos, de su buena distribución, de los resultados obtenidos en los errores y de que en la base del cálculo previo hay 7 años en 9 con estadística buena. Nótese, sin embargo, que en los meses de verano los errores son sensibles.

La ampliación queda aceptada.

3- Conchi, 1947-57.

Sobre el sistema de relación empleado hay que hacer notar que, a causa de la escasez de datos, es un procedimiento defectuoso. Que la línea de regresión sea una recta es lo más probable; pero, sólo el punto determinado por las medias es legítimo. El otro punto usado (el origen de coordenadas) implica una suposición que equivale a aceptar que los gastos nulos coinciden en Conchi y Yalquincha, lo que podría no ocurrir, especialmente si se considera la influencia del Río Salado. El gasto nulo (sequía absoluta) podría aceptarse que coincidiera; pero puede muy bien suceder que a un gasto muy pequeño de un río correspondiera uno no tan pequeño del otro. La conclusión práctica es que la pendiente de la recta puede contener cierto error, circunstancia que se anota aquí sólo con el objeto de calificar la exactitud del procedimiento, pues no hay otra manera de acometer el problema.

El APR deja constancia de que, por no haber sino dos afleros en Conchi durante el período, no se puede aplicar el método de tomar el aforo por la media, y hay que recurrir a ese tipo de relación, el que fue usado por el Ing. P. Kleiman en su Estudio Hidrológico.

De estas palabras del APR se desprende que estima de inferior grado de confianza el método de la relación respecto al de los afleros, opinión que compartimos.

Dejando constancia de que los resultados serán sólo aproximados, concordamos con el APR en que la ampliación así calculada debe ser admitida.

III - ESTADISTICA COMPLETA, ACEPTADA Y AMPLIADA, EN CONCHI Y YALQUINCHA.

La estadística del APR consta de 25 años, ubicados dentro del espacio cronológico 1916-61. Dentro del mismo espacio, nuestra estadística consta sólo de 18 años; pero, como se ha podido agregar 4 años desde la fecha del APR, en definitiva nuestra estadística consta de 22 años, dentro del lapso cronológico 1916-65.-

La Estadística de Conchi aparece en el Cuadro 1 y la de Yalquincha en el Cuadro 2 (en las cifras en caracteres finos, en donde hay dos valores en cada mes).

IV - CORRECCION POR EFECTO DE LAS MERCEDES DE AGUAS.- ESTADISTICA DEFINITIVA DE CONCHI Y YALQUINCHA.

Las Mercedes de Aguas que entran en esta corrección son las del Río San Pedro y las del Río Salado.

El cómputo hecho por el APR adolece de importantes omisiones, que modifican substancialmente los resultados netos.

En el Cuadro 3 aparece un detalle completo de estas Mercedes, de las cuales se ha averiguado con especial atención el importante dato de la fecha en que se iniciaron los saques de agua.

Las cantidades que hay que restar, en lt/s, son:

Río San Pedro			
Antes	Dic/55	87,5 y 31,5 =	119,0
"	Feb/56		10,0
"	Jun/56		87,5
"	Ene/16	87,5 y 124,0 =	211,5
Entres:			
	Ene/16-Jun/25		216,5
	Jun/25-Feb/56		129,0
	Feb/56-Dic/55		119,0

Catadística de Conchi - m/s

(Ver page 9)

	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Ene.	295	408	257	200	331	184	192	192	240	340	258	204		156		518	182	244	191	191
	273	386	235	182	316	171	179	179	222	247	245	194	386							
Feb.	201	286	261	235	171	186	218	198	306	422	251	204								
	195	264	239	222	118	173	215	185	292	425	245	191	192	190		209	185	262	202	186
Mar.	102	282	247	250	309	173	212	202	362	422	332	252								
	189	260	243	257	202	182	202	194	259	413	365	210	198	260	104	136	193	251	245	150
	203	234	162	258	249	204	204	210	218	410	365	210	198	260	104	136	193	251	245	150
Ab.	181	232	202	242	216	198	191	227	318	342	231	224	204	190	182	190	189	189	203	189
	220	186	241	259	210	182	210	202	318	342	231	224	204	190	182	190	189	189	203	189
May.	198	224	251	261	201	145	192	213	269	342	261	228	210	220	200	184	192	190	220	209
	222	269	210	280	222	202	216	269	342	312	264	240								
Jun.	195	242	259	269	245	187	202	251	392	305	281	218	240	220	210	210	192	192	215	189
	204	224	231	242	242	232	242	304	352	312	244	204								
Jul.	219	257	242	251	279	264	209	261	304	249	281	222	244	200	200	172	184	183	215	189
	199	257	242	251	279	264	209	261	304	249	281	222	244	200	200	172	184	183	215	189
Ag.	163	232	254	245	234	255	173	251	364	259	245	220	244	204	210	174	192	192	210	210
	190	234	269	244	222	212	216	234	360	300	245	204								
Sep.	164	232	255	244	201	212	209	202	242	282	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	193	242	244	204	210	216	198	204	320	310	204	186								
Oct.	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
Nov.	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
Dic.	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202	182	185	213	191	186	210	215	190	175	190	202	169	186
	171	240	256	249	192	204	202													

Estadística de Yalquincha - m³/s

CUADRO 2

(Véase pag. 3)

	1516	17	18	19	1948	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Enc.	330	410	370	420	332	352	306	320	320	400	600	430	340	319	340	300	460	721	234	287	180	
	200	280	240	290	216	436	190	204	204	294	514	334	264	342	272	231	431	692	205	262	151	
Feb.	390	620	400	430		552	309	380	330	510	730	430	340	320		310		421	255	277	207	
	260	490	270	300		436	193	264	234	404	644	354	264	257		281		392	226	248	178	
Mar.	330	380	380	430	449	545	321	360	340	470	710	630	370	330			245	346	368		261	
	200	250	250	300	333	399	205	244	244	364	624	534	295	267			216	317	229		232	
Abr.	370	360	340	430	425	415	343	740	400	430	600	440	410	340		310	242	304	297	302	217	
	200	230	210	300	309	299	231	224	284	324	514	364	335	277		281	243	275	288	278	254	
May.	400	750	350	440	579	357	297	350	410	470	550	440	400	350	310	370	297	320	321		316	
	270	260	220	310	343	241	181	234	294	364	464	364	328	287	247	341	268	291	292		287	
Jun.	370	400	380	450	467		387	760	440	510	530	440	400	410	330	380	316	342	358	340	323	
	240	270	250	320	351		267	254	324	404	444	364	325	347	267	351	287	317	329	311	294	
Jul.	400	440	420	460	439	402	462	370	440	540	620	440	390	410	340	390	337	340	361	347	299	
	270	310	290	330	323	286	346	264	329	444	444	364	315	347	277	361	304	221	332	319	270	
Ago.	410	440	420	460	431	407	447	310	440	620	520	430	370	410	370	390	330	314	352	326		
	280	310	290	330	307	291	331	194	329	524	444	354	298	347	307	361	301	295	323	292		
Sep.	410	350	430	440	357	374	370	360	390	600	500	430	340	380	310	340	288	318	335	291	259	
	280	220	300	310	241	258	254	244	279	504	424	354	265	327	247	311	259	299	306	262	230	
Oct.	410	340	420	420	343	365	360	330	330	550	500	340	330	350	300	290	280	325	336	265	275	
	280	210	290	290	227	249	244	214	219	454	424	264	255	287	271	261	251	306	307	236	246	
Nov.	410	740	450	410	340	364	390	310	300	500	500	340	330	330	300	330	265	318	319	297	295	
	280	210	320	280	224	248	274	194	289	404	424	264	255	267	271	301	236	299	300	218	266	
Dic.	410	360	430	410	332	353	350	310	270	500	430	340	310	330	300	260	246	316	314	257	287	
	280	230	300	280	216	237	234	194	159	404	354	264	235	267	271	231	219	207	285	238	258	

Río Salado

Antes de:			Entre:	
Ult. mes Estad.	150,0		Ene/16-1920	1080,0
	40,0	190,0	1920-1927	1045,0
Jun/66		100,0	1927-Jun/52	1030,0
Sep/58		340,0	Jun/52-Dic/52	980,0
Jun/54		100,0	Dic/52-Jun/53	930,0
Dic/53		100,0	Jun/53-Dic/53	830,0
Jun/53		100,0	Dic/53-Jun/54	730,0
Dic/52		30,0	Jun/54-Sep/58	630,0
Jun/52		30,0	Sep/58-Jun/55	230,0
1927		15,0	Jun/55-Ult. mes est.	190,0
1920		35,0		

Las cantidades que hay que restar de las estadísticas de Conchi y Yalquincha, entre las fechas que se indican, son:

de la Estadística de Conchi:

Ene/16 - Jun/25	215,0
Jun/25 - Feb/56	125,0
Feb/56 - Dic/56	119,0

de la estadística de Yalquincha:

Ene/16 - 1920	1290,0
1920 - Jun/25	1755,0
Jun/25 - 1927	117,0
1927 - Jun/52	1185,0
Jun/52 - Dic/52	115,0
Dic/52 - Jun/53	149,0
Jun/53 - Dic/53	519,0
Dic/53 - Jun/54	625,0
Jun/54 - Feb/56	525,0
Feb/56 - Dic/56	520,0
Dic/56 - Sep/58	150,0
Sep/58 - Jun/55	125,0
Jun/55 - Ult. mes est.	125,0

Restadas las cantidades de las estadísticas aceptadas o ampliadas, se obtienen las estadísticas definitivas, que aparecen en el Cuadro 1 y 2 de Yalquincha en el Cuadro 3 y en sus respectivos anexos, en donde hay los valores en columnas 1).

V - ESTADÍSTICA Y ANEXOS

1- Métodos de cálculo

El método usado en el AFR merece dos objeciones. Una es el haber empleado la relación de aforos resultante de la resta determinada por sólo dos puntos, siendo que, en este caso, se disponía de 12 en una de las relaciones y de 31 en la otra, lo que era suficiente para desarrollar el cálculo normal de correlación. La otra es el haber hecho la corrección de las mercedes en los aforos, operando después con la estadística Conchi corregida, con lo cual, dado que los aforos de Ayquina están muy distorsionados, puede quedar omitido el efecto de mercedes importantes.

Además, aquí, lo mismo que en la corrección de las estadísticas de Conchi y de Iquique, contribuye a alterar los resultados la inclusión de mercedes, de la que ya se dejó constancia.

Habría que hacer, por lo tanto, el cálculo normal de correlación, sin corregir los aforos; se calculará, en seguida, la estadística Ayquina, operando con la de Conchi sin corregir, y, por último, en la de Ayquina se harán las sustracciones de las Mercedes.

En el momento actual, no dispone de nuevos aforos, desde el año 1950 al 55, a razón de uno por mes, como mínimo, tanto en Conchi como en Ayquina, circunstancia que autoriza para que se trabaje con la relación directa Conchi-Ayquina, en vez de hacerlo en las dos etapas Conchi-Salado y Salado-Ayquina.

No debe perderse de vista que, aun con tales mejoramientos, la "estadística" de Ayquina no dejará de ser el resultado de una combinación de cálculos. En efecto, la estadística de Conchi es, en gran parte, el resultado de una relación aproximada, operando sobre la estadística de Iquique que, a su vez, fue calculada en gran parte, y a todo eso se agrega la correlación de aforos entre Conchi y Ayquina. Así, el resultado que se obtenga tendrá que ser calificado en su justo valor.

Hay ahora, felizmente, un medio de comprobación, que, a la fecha del AFR no existía. Se trata de la estadística limnigráfica de Ayquina, desde Ago/61 a Nov/66. - Hay, entonces, una serie de 44 meses, que permitirá comparar nuestro cálculo con la realidad.

2- Aforos considerados.

Consecuentes con lo expresado más arriba, estimamos que sería inútil pretensión rehacer la estadística desde 1916. Apenas será tolerable hacerlo desde el año 1950 adelante. Tal decisión no es arbitraria, pues los aforos frecuentes empiezan desde 1960, y sería exagerado aplicar su influencia a más de

10 años atrás; pero, la razón principal que se ha tenido en vista es la conveniencia de eliminar las estadísticas antiguas, por lo general dudosas, con mayor razón en este caso, en que, como se ha dicho, se operará con no pocos cálculos.

Se usarán, por lo tanto, los aforos desde Ago/60 hasta Dic/65.- A fin de simplificar el cálculo de correlación, hemos usado promedios bimestrales en la mayoría de los cálculos.

En el Cuadro 4 se muestran los aforos de Conchi y Ayquina.

Cuadro 4 - Aforos de Conchi y Ayquina - m³/s

Fecha	Conchi	Ayquina	Fecha	Conchi	Ayquina
1960			1963		
Ago	1,71	0,72	Sep-Oct	1,85	0,53
1961			Nov-Dic	1,61	0,48
Jun	1,82	0,87	1964		
Ago y Oct	1,89	0,75	Ene-Feb	1,60	0,46
Nov-Dic	1,91	0,61	Mar-Abr	1,87	0,48
1962			May-Jun	2,03	0,57
Ene-Feb	1,98	0,72	Sep-Oct	1,92	0,54
Mar	1,87	0,59	Nov-Dic	1,62	0,43
Jun	2,06	0,85	1965		
Ago-Sep	1,86	0,75	Ene-Feb	1,76	0,48
Nov-Dic	1,74	0,73	Mar-Abr	1,79	0,51
1963			May-Jun	1,95	0,59
Ene-Feb	2,68	0,63	Jul-Ago	1,97	0,50
Mar y May	1,80	0,60	Sep-Oct	2,24	0,67
Jul-Ago	1,82	0,58	Nov-Dic	1,72	0,51
			Est. los	45,13	16,72

3- Correlación Conchi-Ayquina.-

En el Cuadro 5 se muestran los cálculos previos.

Usando los valores del Cuadro, se tiene:

$$\Sigma xy = \frac{\Sigma (x + y)^2 - \Sigma y^2 - \Sigma x^2}{2} = 0,253$$

$$\text{Pendiente de la recta: } \frac{\Sigma xy}{\Sigma x} = 0,23$$

La ecuación de la recta de regresión es:

$$Y - 0,61 = 0,23 (X - 1,85)$$

$$Y = 0,23 X + 0,18$$

Cuadro 5 - Correlación aforos Conchi y Ayquina.-

$$Q_{\text{Con.}} = X ; Q_{\text{Ayq.}} = Y ; Y - \bar{Y} = y ; X - \bar{X} = x$$

X	Y	x	y	x + y	x ²	y ²	(x + y) ²
1,71	0,72	0,14	0,11	0,25	0,019	0,012	0,062
1,82	0,87	0,03	0,26	0,29	0,001	0,068	0,084
1,89	0,75	0,04	0,14	0,18	0,002	0,019	0,032
1,91	0,61	0,06	0,00	0,06	0,004	0,000	0,004
1,88	0,72	0,03	0,11	0,14	0,001	0,012	0,019
1,87	0,59	0,02	0,02	0,04	0,000	0,000	0,002
2,06	0,85	0,21	0,24	0,45	0,044	0,058	0,200
1,86	0,75	0,01	0,14	0,15	0,000	0,019	0,022
1,74	0,73	0,11	0,12	0,23	0,012	0,014	0,053
2,68	0,63	0,83	0,02	0,85	0,690	0,000	0,720
1,80	0,60	0,05	0,01	0,06	0,002	0,000	0,004
1,83	0,58	0,02	0,03	0,05	0,000	0,001	0,002
1,85	0,53	0,00	0,08	0,08	0,000	0,006	0,006
1,81	0,45	0,04	0,16	0,20	0,002	0,026	0,040
1,60	0,46	0,25	0,15	0,40	0,062	0,022	0,160
1,87	0,48	0,02	0,13	0,15	0,000	0,017	0,022
2,03	0,57	0,18	0,04	0,22	0,032	0,002	0,056
1,92	0,54	0,07	0,07	0,14	0,005	0,005	0,019
1,68	0,43	0,17	0,18	0,35	0,029	0,032	0,122
1,78	0,58	0,07	0,03	0,10	0,005	0,001	0,010
1,79	0,51	0,06	0,10	0,16	0,004	0,010	0,026
1,92	0,59	0,07	0,02	0,09	0,005	0,000	0,008
1,97	0,60	0,12	0,01	0,13	0,014	0,000	0,017
2,24	0,67	0,39	0,06	0,45	0,152	0,004	0,202
1,72	0,51	0,13	0,10	0,23	0,017	0,010	0,053
46,23	15,32				1,128	0,287	1,945
N = 25		$\bar{X} = 1,85$		$\bar{Y} = 0,61$			

El coeficiente de correlación es:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}} = 0,41$$

Según las Tablas de Fisher, hay 95 % de probabilidad de que el verdadero valor de "r" esté comprendido entre 0 y 0,68; es decir, es prácticamente seguro que existe correlación entre los gastos de Conchi y Ayquina, y, en consecuencia, la fórmula hallada es aplicable.

La recta encontrada y la del APR se intersectan cuando el gasto Conchi es $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, y si éste es mayor la recta APR da mayores valores que la nuestra. Esto sucede en todos los casos, ya que todos los gastos de Conchi son mayores que $1,5$. - Si a esto se agrega el efecto de la discrepancia en el rol de las mercedes, puede deducirse, por anticipado, que nuestros gastos van a ser considerablemente más bajos que los del APR.

4- Estadística Definitiva de Aymará.

Aplicando la ecuación:

$$Q_{\text{Ayg.}} = 0,23 Q_{\text{Con.}} + 0,13$$

a los gastos no corregidos de Conchi (Cuadro 1), se obtienen los gastos no corregidos de Aymará, los cuales aparecen en el Cuadro 6 (caracteres finos, en línea superior de cada mes).

A éstos se les restan las mercedes del Salado, y así se obtienen los gastos definitivos, los que se muestran en el mismo Cuadro 6 (caracteres gruesos, en línea inferior de cada mes).

5- Crítica de la Estadística.

Con los gastos definitivos se ha trazado la curva correspondiente al período Ago/61 - Nov/66, en el Gráfico 1. - En este mismo Gráfico aparece un cuadro con los gastos limnigráficos existentes, Ago/61 - Nov/66, en caracteres finos los gastos observados y en caracteres gruesos los remanentes después de restar a aquellos las mercedes correspondientes al río Salado, también, la curva de estos últimos. - Asimismo, se ha trazado la curva de los gastos APR, los que se han obtenido multiplicando el gasto corregido de Conchi por $0,23$. -

Puede notarse que nuestra curva coincide con la del limnógrafo con buena aproximación, casi perfecta, al punto que la del APR prácticamente duplica el valor de las observaciones.

Ahora, si en el lapso continuo de 5 años la curva es aceptable, no habría motivo para rechazarla en los 12 años precedentes, y, por lo tanto, deberían aceptarse los gastos del Cuadro 6.

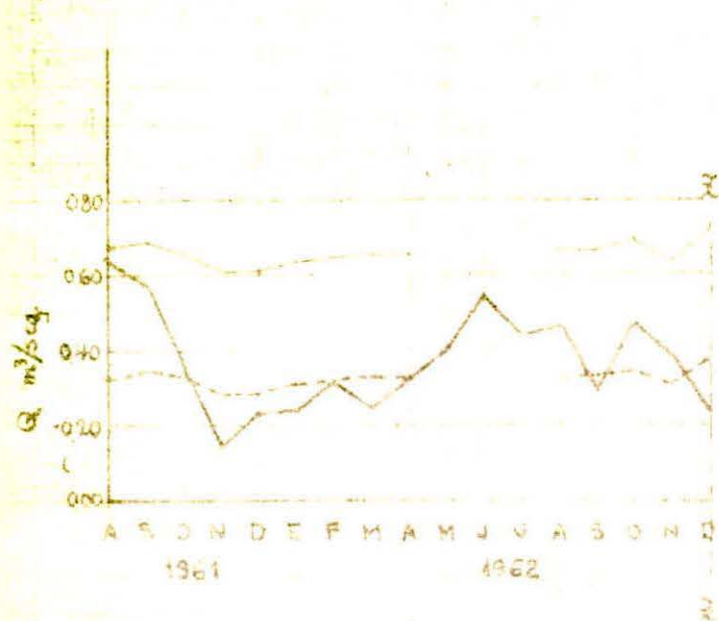
Nótese en dicho Cuadro que hay 8 años consecutivos con déficit en todos los meses, 1 año con déficit en 6 meses consecutivos, 1 año con déficit en 2 meses y 1 año con déficit en 1 mes. También nótese en la curva limnográfica del Gráfico 1 que, en el año 1966, hay dos meses casi con saldo cero. Pues bien, esto conduce a una especie de descubrimiento de extraordinaria importancia: considerando solamente las mercedes ya concedidas, el Río Salado está, por decirlo así, "sobregirado", es decir, se han concedido mercedes por una cantidad superior a la que el río puede soportar.

Estadística de Ayquina - m³/s

CUADRO 6

(Ver pag. 14)

	1950	31	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Ene.	0.60 - 0.43	0.62 - 0.41	0.62 - 0.41	0.73 - 0.20	1.01 0.28	0.77 0.14	0.65 0.02	0.61 - 0.02		0.58 0.20		1.14 0.85	0.60 0.31	0.67 0.30	0.62 0.33	0.62 0.33
Feb.	0.61 - 0.42	0.70 - 0.33	0.63 - 0.40	0.89 - 0.06	1.19 0.46	0.77 0.14	0.65 0.02	0.62 - 0.01		0.62 0.33		0.66 0.37	0.61 0.32	0.72 0.49	0.65 0.36	0.61 0.32
Mar.	0.62 - 0.41	0.68 - 0.33	0.65 - 0.38	0.83 - 0.10	1.16 0.43	1.05 0.12	0.69 0.06	0.63 0.00		0.76 0.47	0.59 0.30	0.57 0.28	0.62 0.33	0.62 0.43	0.65 0.36	0.59 0.30
Abr.	0.61 - 0.37	0.65 - 0.33	0.73 - 0.30	0.77 - 0.16	1.01 0.28	0.79 0.16	0.75 0.12	0.65 0.02		0.62 0.33	0.60 0.31	0.62 0.33	0.62 0.33	0.61 0.32	0.65 0.36	0.60 0.31
May.	0.59 - 0.44	0.66 - 0.37	0.70 - 0.29	0.83 - 0.10	0.94 0.21	0.79 0.15	0.77 0.10	0.66 0.03	0.68 0.05	0.64 0.35	0.60 0.31	1.32 1.03		0.62 0.33	0.69 0.40	0.66 0.32
Jun.	0.64 - 0.39	0.68 - 0.35	0.78 - 0.25	0.88 - 0.05	0.91 0.18	0.79 0.16	0.73 0.10	0.75 0.12	0.68 0.05	0.66 0.33		0.64 0.35		0.62 0.33	0.70 0.41	
Jul.	0.82 - 0.21	0.69 - 0.34	0.78 - 0.20	0.92 0.09	0.98 0.17	0.79 0.16	0.72 0.09	0.75 0.12	0.64 0.01	0.64 0.35	0.58 0.29	0.61 0.32		0.61 0.32	0.68 0.39	0.61 0.32
Ago.	0.80 - 0.23	0.61 - 0.42	0.78 - 0.20	1.03 0.20	0.90 0.27	0.77 0.18	0.67 0.06	0.75 0.12	0.65 0.02	0.66 0.33	0.58 0.29	0.62 0.33	0.62 0.33	0.61 0.32	0.71 0.42	
Sep.	0.69 - 0.34	0.68 - 0.35	0.72 - 0.26	1.01 0.18	0.87 0.17	0.77 0.18	0.65 0.02	0.70 0.07	0.66 0.03	0.66 0.33	0.56 0.27	0.64 0.35	0.62 0.33	0.59 0.30	0.76 0.27	0.61 0.32
Oct.	0.69 - 0.0	0.63 - 0.40	0.63 - 0.36	0.94 0.11	0.87 0.17	0.65 0.02	0.63 0.00	0.66 0.03	0.67 0.33	0.62 0.33	0.58 0.29	0.62 0.33	0.64 0.36	0.59 0.30	0.82 0.27	
Nov.	0.72 - 0.31	0.61 - 0.42	0.59 - 0.39	0.87 0.04	0.87 0.17	0.65 0.02	0.63 0.00	0.63 0.00	0.63 0.30	0.59 0.30	0.58 0.29	0.58 0.31	0.60 0.29	0.58 0.29	0.67 0.29	0.62 0.28
Dic.	0.67 - 0.35	0.61 - 0.42	0.51 - 0.43	0.87 0.04	0.82 0.15	0.63 0.02	0.61 - 0.02	0.63 0.00	0.71 0.42	0.62 0.33	0.62 0.33	0.58 0.29	0.67 0.38	0.59 0.30	0.59 0.28	

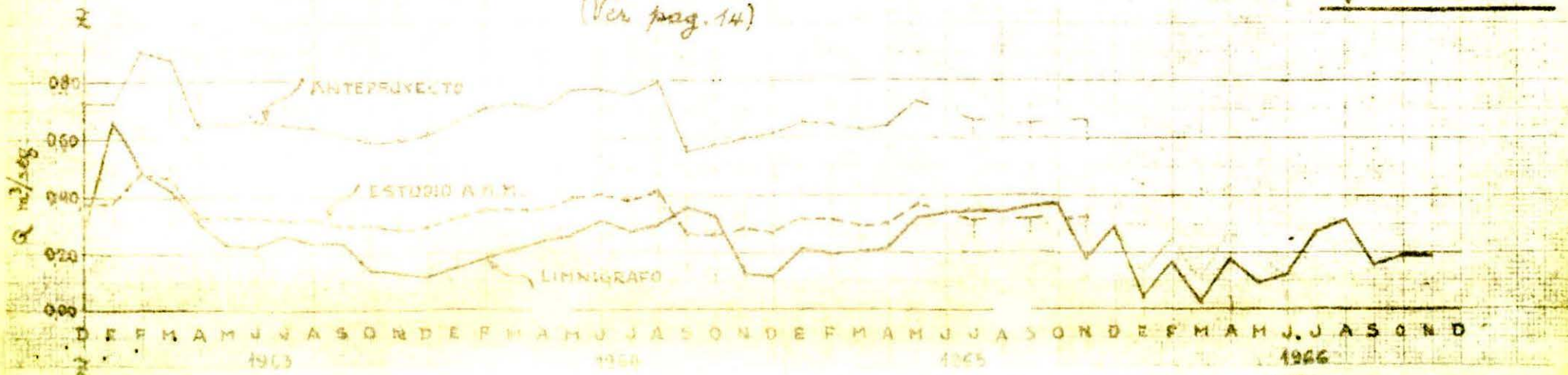


	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961									0.93	0.87	0.64	0.43 0.52
									0.64	0.38	0.35	0.14 0.23
	0.53	0.61	0.54	0.61	0.64	0.84	0.73	0.76	0.58	0.76	0.67	0.53
62	0.24	0.32	0.25	0.32	0.40	0.55	0.44	0.47	0.29	0.47	0.38	0.24
	0.95	0.44	0.71	0.60	0.52	0.52	0.56	0.53	0.53	0.43	0.42	0.44
63	0.66	0.50	0.42	0.31	0.23	0.23	0.27	0.24	0.24	0.14	0.13	0.12
	0.44	0.48	0.55	0.53	0.55	0.60	0.55	0.59	0.65	0.62	0.42	0.41
64	0.15	0.19	0.21	0.24	0.26	0.31	0.27	0.30	0.36	0.33	0.13	0.12
	0.51	0.49	0.50	0.51	0.62	0.64	0.64	0.64	0.66	0.67	0.47	0.54
65	0.22	0.20	0.21	0.22	0.33	0.35	0.35	0.35	0.37	0.38	0.18	0.25
	0.27	0.48	0.30	0.47	0.39	0.32	0.44	0.50	0.35	0.38	0.38	
66	0.04	0.15	0.01	0.18	0.10	0.13	0.27	0.31	0.16	0.19	0.19	

Estadística limnigráfica de Ayquina - m³/s
(Ver pag. 14)

Grupos comparados de Ayquina, 1961-65, según 3 estadísticas
(Ver pag. 14)

GRAFICO 1



Dicha conclusión faculta para hacer una razonable predicción: cuando se agreguen a las mercedes en actual funcionamiento los 40 lt/s de la Chilex en el R. Hojalar y los 150 lt/s del Fisco, también en el R. Hojalar, y sobrevengan años más o menos secos, no va a pasar agua por Ayquina.

E - ANALISIS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CHILEX.

El estudio hecho de los sobrantes en Ayquina, en el transcurso del año 1966, a base de la estadística del limnógrafo, no puede menos de ser correcto, concedida la hipótesis de que en los meses de riego todo el gasto entrante sea destinado a la agricultura, y aceptada también la hipótesis de que el embalse estaría constantemente lleno (se supuso constante la evaporación " máxima").

Dicho estudio es, en realidad, una buena " muestra" de las condiciones que pueden prevalecer en un río de caudal escaso y sometido ya a estracciones excesivas. Constituye, en consecuencia, un indicio de la suerte que podría correr un proyecto de embalse en Ayquina.

Sin embargo, tal estudio es insuficiente, porque un año no puede indicar nada decisivo, aun considerando la regularidad de los ríos de la región.

Además, el caudal medio mensual futuro (Tabla N° 7) lo obtuvo restando solamente las mercedes pendientes de la Chilex (140 y 40 lt/s), omitiendo la Reserva Fiscal de 150 lt/s.- Bajo este punto de vista el resultado verdadero es aun más desfavorable de lo que indica este estudio.

No sabemos por qué razón no se extendió el estudio a los 6 años con estadística limnográfica. Sin lagítimo el año de gastos mínimos, como lo fué el 66, si se hubiese tratado del río sin tranque; pero, como se trató el caso de un embalse, habría sido menos deficiente tomar en cuenta los 6 años, en vez de uno solo. Posiblemente se vió que la diferencia no era sensible.

F - EMBALSE CONCEPCIÓN. CONCLUSIONES PROPUESTAS.

I - IDEA GENERAL.

El estudio de la "regularización del embalse Concepción", incluido en el temario, tiene por finalidad, como se dijo al prin-

cipio, determinar qué cantidad de agua quedaría sobrante para uso industrial, o, con más precisión, qué capacidad de embalse sería necesaria para disponer de 459 lt/s permanentes, sin afectar la situación actual de riego en cuanto a seguridad y superficie regada.

El resultado del estudio indicaría, como cosa adicional, las perspectivas que pudieran haber para ampliar la capacidad del embalse, a fin de ampliar la seguridad y la superficie de riego o disponer de alguna cantidad de agua para uso doméstico.

En lo que toca a recursos de agua, no debe considerarse la situación actual, sino la futura, suponiendo realizadas algunas obras menores, que han sido propuestas o se proponen ahora, que aumentan esos recursos o se traducen en economía de agua, y que sean razonablemente factibles.

Si, como se ha establecido, rige la condición de que la superficie regada y la seguridad de riego permanecen inalteradas, es obvio que los nuevos recursos deberán computarse a favor del embalse y, por lo tanto, el costo de las obras correspondientes tendría que cargarse a la merced industrial solicitada. Se exceptuarían de esta política aquellas obras que se realizaran directamente en los terrenos regados y que signifiquen disminución de demanda de agua: sería inaceptable quitar a los agricultores la posibilidad de extender sus cultivos, derivada de obras construídas en sus propios terrenos, aunque no tuvieran que pagar su costo.

Será, pues, necesario estudiar previamente o simplemente reseñar las obras adicionales a que nos hemos referido y considerar los aportes y los consumos, a fin de poder estudiar, finalmente, la regularización del embalse en Conchi.

II - OBRAS ADICIONALES.

1- Posibilidad de embalse en Ayquina.

De todo lo expuesto acerca de gastos en Ayquina fluye la inmediata conclusión de que no ha lugar a la idea de que el río sólo podría suministrar un caudal móvil, con un mínimo de 140 lt/s, para completar la merced permanente solicitada de 459 lt/s. (Informe del Constr. Civil Sr. Julio Sandoval). Tal idea era correcta, pues se basaba en una estadística que se consideraba buena.

En cambio, esa misma condición precaria del Río Salado indica que, al menos teóricamente, sólo una obra regularizadora permitiría captar cierto gasto permanente. Es, pues, posible dimensionar cierto embalse que suministre cierta fracción de la merced.

Fácil es darse cuenta de que los resultados tendrán que ser muy pobres, a causa de los déficit ya mencionados y de la pequeñez de los gastos.

Un cálculo grosso modo sería el siguiente.

Observando que la estadística señala déficit en 42 meses consecutivos, el embalse deberá ser capaz de soportar la exigencia de entregar el caudal captado durante ese tiempo. En rigor, el embalse debería ser capaz, también, de cubrir esos déficit, que son fallas de las mercedes ya concedidas; pero, preferimos desentendernos de esta circunstancia, ante el temor de caer en un pesimismo extremo. Nos imaginaremos, pues, que el embalse atendería solamente parte de la nueva merced, eliminando, también, el uso agrícola de estas aguas. El informe antes mencionado del Sr. J. Sandoval contempla esta eliminación, de la cual se derivarían importantes beneficios para el regadío de Calama. Se supone que el embalse estaría lleno al comienzo del período de déficit.

Con captaciones de 50, 75 y 100 lt/s se tendría:

Captación -	m ³ /s	0,050	0,075	0,100
Evaporación -	"	0,015	0,020	0,025
Salida total -	"	0,065	0,095	0,125
Capacidad embalse -	Millones m ³	6,8	10,0	13,1

Conocidas las deficientes condiciones geológicas del lugar, un tranque debería ser lo más bajo posible. Por esto, habría pensar solamente en un embalse de 7 millones, cuyo muro tendría unos 35 m. de altura. La captación de 50 lt/s exigiría una cañería más o menos de 14".

Esta solución sería cara y es, además, arriesgada, de manera que la hemos expuesto aquí sólo como una eventualidad.

En nuestro estudio la desecharemos.

2- Salar Ojos de San Pedro.

Diversos estudios ya hechos, inclusive informes geológicos, han llegado a la conclusión de que el drenaje de este Salar rendiría 100 lt/s.

Este caudal reforzaría los aportes del Río Loa a Conchi.

La Chilox ha ofrecido financiar esta obra.

3- Mejoramiento del Sistema de riego en Calama.

Las obras de mejoramiento proyectadas por la Dirección de Riego permitirán recuperar un caudal del orden de 300 lt/s (Informe Sr. J. Sandoval), el que, conforme a nuestro plan, no se disminuirá del consumo normal a considerar.

4- Recuperaciones del riego en Calama.

Basándonos en experiencias realizadas en el invierno de 1961 (AFR. pag. 53) y en que las recuperaciones van a disminuir a causa del mejoramiento de los canales, se estimarán las recuperaciones en 200 lt/s.- Esta agua servirá para atender la demanda aguas abajo de Calama.

5- Drenaje de las Vegas de Calama.

Se ha estimado (Inf. J. Sandoval) que rendirá 130 lt/s y servirá, igual que las recuperaciones, en atender la demanda de aguas abajo.

6- Ojos de Opache.

No se hará aquí ninguna obra nueva, pero se menciona porque esta fuente provee 590 lt/s, que caen al Río Salvador.

III - APORTES Y CONSUMOS.

1- En Conchi.

Prescindiendo de la situación de aguas abajo, los aportes son los gastos de la Estación, aumentada, en 100 lt/s provenientes del drenaje de Ojos de San Pedro, y el consumo es el de la Merced solicitada de 459 lt/s.-

2- Aguas abajo de Conchi.

a) Aportes

Río Salado, estimado en	100 lt/s
Recuperaciones Calama	200 "
Drenaje Vegas Calama	130 "
Ojos de Opache	590 "
Total aportes	1020 lt/s

b) Consumos (exceptuado Calama y Chiu-Chiu)

Merced Dupont	6 lt/s
" Anglo Lautaro	13,1 "

Riego Quillagua	200,0 lt/s
Anglo Lautaro	10,4 lt/s
"	34,0 "
"	280,0 "
"	69,0 "
Mina Quetena	50,0 "
Lautaro Nitrate	50,0 "
Total consumos	722,5 lt/s

Excepuando el consumo de Calama y Chiu-Chiu, hay, por lo tanto, un sobrante de 297 lt/s .-

IV - BASES DE CALCULO DE LA REGULACION DEL EMPLUSE.

1- Aportes y consumos que se tomarán en cuenta.

En esta materia, intencionalmente se aplicará un moderado pesimismo, conducta que, por una parte, tiene un rasgo de ser en que muchas de las cifras de los aportes, a son utilidades o carecen de la exactitud de observaciones bien comprobadas, y por otra parte, tiende a que los resultados finales que se obtengan sean prácticamente inobjectionables. Por lo demás, una obra construida que ha quedado técnicamente fallada, nunca le estará de hecho, dadas las condiciones materiales de agua de la región.

Se supondrá, por lo tanto, que el aporte en el embalse de Conchi será absorbido por pérdidas en el río, en el aporte de Conchi-Calama, y por mejoramientos de canal en Quillagua que han sido solicitados por los vecinos de esta zona.

También el consumo en el embalse mismo, causado por la Marced, la evaporación y filtraciones, se lo atribuirá a cierta cantidad (que se indicará más abajo) a título de compensación del error inevitable de las estadísticas a que se ha hecho referido poco antes.

Los elementos que entran en juego se refieren, finalmente, a tres, a saber:

- El aporte (A 1), formado por la explotación de Conchi más 1,400 m³ de aprovechamiento de agua de San Pedro.
- El consumo en el embalse (B 1), formado por 417 lt/s de la Marced, 50 lt/s de la evaporación en el embalse de Quillagua, 30 lt/s por filtraciones y 60 lt/s por compensación de errores, para un total de 5,600 m³/s.

- b) El Consumo de Calama y Chiu-Chiu (C), el que, con 1200 Has y a base de la tasa de riego del AFR, pag's 65 y 66, se detalla, mes a mes, a continuación. Para facilitar el cálculo posterior se ha agregado aquí la suma $C + M$.-

Mes	Tasa lit/s/Has	Cons. Calam. Chiu-CH. (C) m ³ /s.	C + M m ³ /s
Ene.	0,75	0,9	1,5
Feb.	0,65	0,8	1,4
Mar.	0,60	0,7	1,3
Abr.	0,60	0,7	1,3
May.	0,15	0,2	0,8
Jun.	0,15	0,2	0,8
Jul.	0,15	0,2	0,8
Ago.	1,05	1,3	1,9
Sep.	1,10	1,3	1,9
Oct.	1,65	2,0	2,6
Nov.	1,70	2,0	2,6
Dic.	1,30	1,6	2,2

2.- Sistema de cálculo.

Lo mismo que en todo cálculo detallado de regulación de un embalse, se determinará el residuo almacenado, en cada mes, ya sea superavit o déficit; pero, el procedimiento a seguir es, ahora, distinto a lo normal, porque, conforme a las bases de este Estudio, los déficit del riego no se cubrirán con las acumulaciones en el embalse.

Entonces, si ocurre que el aporte sea menor que el consumo de Calama y Chiu-Chiu ($A < C$), habrá déficit en el embalse y será solamente M.

Si el aporte es mayor que C: ($A > C$), se pueden presentar dos casos: si $A > (C + M)$, habrá superavit y será igual a $A - (C + M)$; y si $A < (C + M)$, habrá déficit, que será igual a $(C + M) - A$.-

Ejecutadas estas operaciones con los datos numéricos ya dados y la estadística Conchi, se obtuvieron los superavit y déficit, los que aparecen en el Cuadro 7.-

Y - CAPACIDADES DEL EMBALSE.

En dicho Cuadro se puede ver que los mayores déficit anuales, de mayor a menor, expresados en la unidad de volumen m³/s-mes, son los siguientes:

Superavit y Deficit del Rio Loa en Concha m³/s

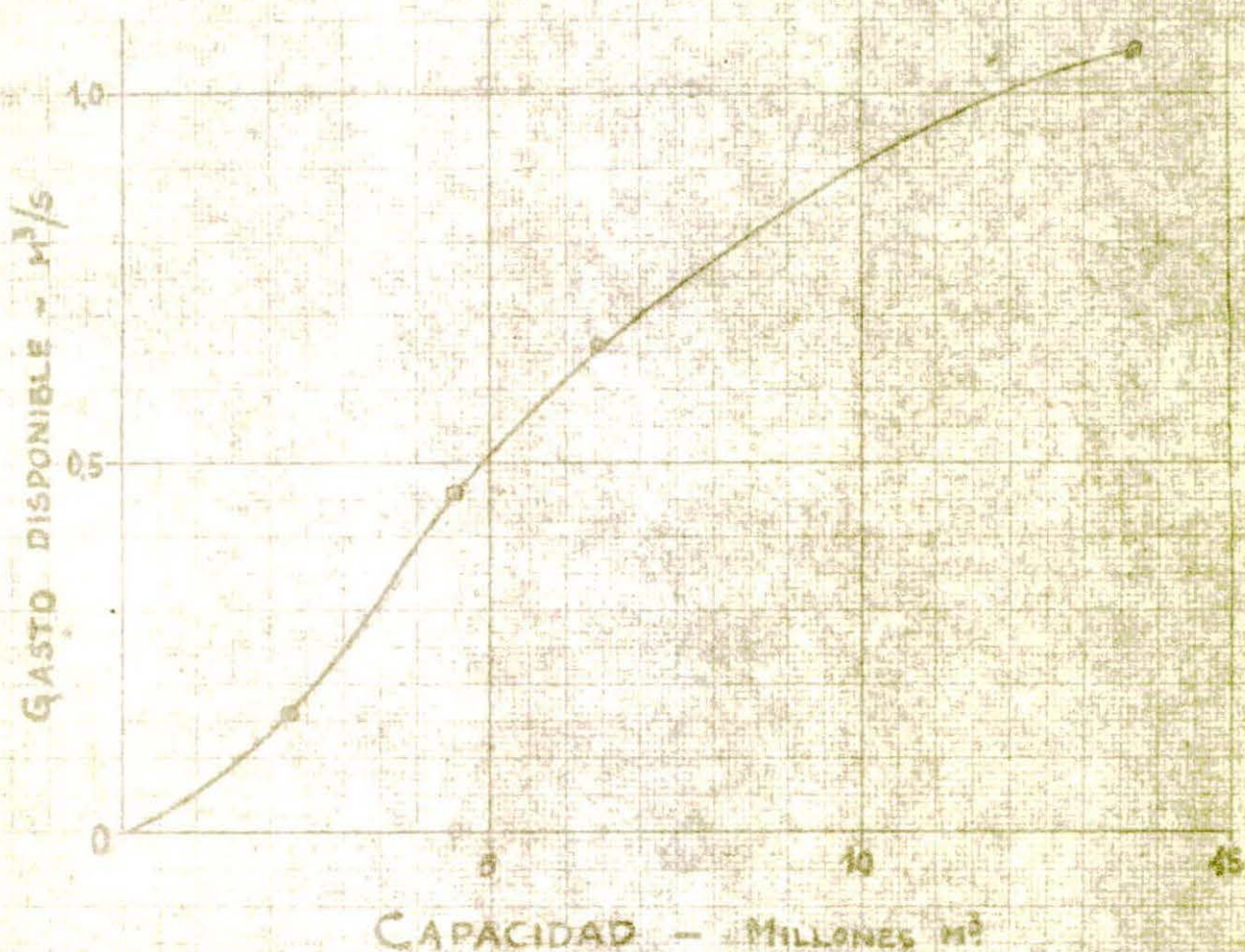
CUADRO I

(Ver pag. 20)

	1916	17	18	19	1940	40	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Ene.	—	133	216	045	043	176	041	039	039	087	107	105	051	046	—	046	—	22	042	061	061	051
Feb.	—	065	134	109	091	132	043	085	055	163	298	115	061	062	—	060	—	077	056	132	073	052
Mar.	—	060	140	123	137	147	060	083	071	149	293	248	090	078	—	140	060	060	070	131	085	060
Abr.	—	061	112	123	102	096	075	071	107	125	217	131	114	084	—	070	062	070	069	069	083	061
May.	—	178	156	144	191	131	095	127	163	199	287	181	158	140	150	130	114	127	—	120	150	139
Jun.	—	125	177	188	197	145	117	133	181	223	235	181	158	176	156	140	—	128	—	122	154	—
Jul.	—	149	182	179	189	159	194	139	181	241	239	181	152	176	130	130	102	139	—	117	145	119
Ago.	0.12	052	076	065	065	051	075	—	071	179	119	065	040	066	024	020	006	013	013	005	050	—
Sep.	0.12	052	076	067	027	032	029	023	041	167	107	065	012	048	027	020	013	048	012	001	017	006
Oct.	0.60	031	006	010	057	043	047	060	060	067	037	059	060	040	042	060	060	060	048	060	060	—
Nov.	0.60	010	009	013	059	043	029	050	060	037	037	059	060	052	020	060	069	060	060	060	060	059
Dic.	0.38	016	034	033	023	011	013	033	060	077	035	049	036	012	020	020	029	036	003	032	042	—

Superavit en caracteres finos
Deficit " " gruesos.

GRAFICO 2



Embalse Bonchi - Regulación para
uso industrial o doméstico, sin alterar
la situación actual de riego. (Enero 1967).



Año	1916	1952	1964	1960	1956
Deficit:	1,82	1,80	1,79	1,77	1,56 m ³ /s-mes

El año 1916 no tuvo observaciones en los meses anteriores Agosto, de modo que no se sabe, en rigor, cuales serían los superavit precedentes. En los dos años siguientes, anotados arriba, los superavit anteriores a los deficit cubren a estos, con excedente, de manera que la capacidad del embalse, necesaria y suficiente, es de: 1,8 m³/s - mes, en decir:

Capacidad del embalse 4.500.000 m³

Y así es, ahora, efectuar el cálculo de los maldos, con distintos valores de M, pues, hasta con M=1 en los dos años críticos, 1952 y 1964. - Nos limitamos a mostrar los resultados:

M	Máx. def.	Año	Def. anual	Cap. emb.
m ³ /s	m ³ /s	crítico	m ³ /s-mes	Mill. m ³
0,200	0,160	1952	0,30	2,200
0,800	0,640	1964	2,08	6,475
1,200	1,063	1962	3,50	13,750

Los 4 valores encontrados se han llevado al Gráfico 2.-

La curva permite conocer la capacidad del embalse para cualquier caudal útil, bajo la condición que conviene respetar, una vez más: el riago de Calama y Chiu-Chiu no recibe ningún mejoramiento, respecto a su situación actual, sea en seguridad de riego como en superficie cultivada.

Éstese que los 4 valores han sido calculados con una misma pérdida por evaporación (embalse de 7 millones), lo que significa un error en menos para la capacidad de los embalses grandes y un error en más para los embalses chicos; pero, en la zona intermedia (4 a 10 millones) prácticamente no habrá error. Aun en los extremos el error no puede ser de consideración, de manera que la curva es válida en toda su extensión.

Respecto a sedimentación, se ha estimado que los coeficientes de seguridad generales que se han adoptado bastan para absorberla.

La altura del muro para el embalse de 4,5 millones es de 44 m.-

Santiago, 31 de Enero de 1967

Abdalón Monsalve M.