

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES  
D. G. O. P.

DIRECCION  
DE  
RIEGO

---

JUNTA DE  
ADELANTO  
DE ARICA

ESTUDIO  
DEL  
VALLE  
DEL  
RIO  
LLUTA

1968

HANS NIEMEYER F.  
ING. CIVIL

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. De la ubicación de tranques

Elección de la angostura y de la capacidad

1. El sector más propicio para el emplazamiento de un tranque desde el punto de vista geológico es aquel en que en el valle de Lluta aflora un plutón de granodiorita, donde hay tres angosturas posibles de considerar.
2. Por condiciones topográficas y escasos riesgos de avalanchas se seleccionó la Tercera Angostura, o "Chironta", sin perjuicio que la elección definitiva se haga a la luz de los resultados de la prospección geológica en base a sondajes.
3. Se ha estimado que convendrá proyectar un embalse de 10 millones de capacidad útil, de tipo rockfill, para regular el río Lluta (sin Caquena). La capacidad total que tome en cuenta la revancha de 3 m y un volumen muerto de 2 mill. de  $m^3$  para sedimentos normales deberá ser de unos 13,5 mill. de  $m^3$ . Las características de dicho tranque rockfill son:

Altura máxima sobre el valle actual	:	63 m
Ancho de coronamiento	:	6 m
Longitud de coronamiento	:	170 m
Capacidad útil	:	10.000.000 $m^3$
Capacidad total	:	13.500.000 $m^3$
Revancha	:	3,0 m
Taludes: de aguas arriba	:	1,5:1
de aguas abajo	:	1,6:1
Volumen de muro	:	920.000 $m^3$
Superficie regada	:	3190 Há
Costo por hectárea regada	:	° 20.000
Costo por hectárea adicional	:	° 119.000

Debemos hacer hincapié que la capacidad se ha determinada exclusivamente por consideraciones hidrológicas y costos, y que no se toma prácticamente en cuenta el problema del gas ta sólido del río por falta absoluta de antecedentes. Este es a nuestro juicio el asunto que debe abordarse con mayor a premio al continuar con el proyecto.

4. Se descarta toda posibilidad de emplazamiento fuera del sector señalado. Asimismo se descarta toda posibilidad de construcción de un tranque lateral con canal alimentador para el valle del Lluta.
5. Se requiere prospección geológica detenida en la tercera y segunda angostura, en base a sondeos. Duración probable: 1 año
6. Se requiere de un estudio de evaluación del arrastre sólido normal del Lluta y en épocas de crecidas. Duración probable: 1 año.

## II. De la superficie regada

La superficie regada con el tranque dicho alcanza a 3190 Há con una seguridad de riego de 80%. La ubicación de la superficie nueva es materia de un estudio agronómico. Se sugiere aprovechar la llamada Pampa Jorrat donde pueden ubicarse unas 600 Há nuevas. El resto correspondería a pequeños trozos actualmente incultos en el valle mismo y en la pampa de Chacalluta.

La superficie actual sin embalse asciende a 1666 Há regadas con 100% de seguridad. Con esta misma seguridad de 100% podría regarse hasta unas 2000 Há.

El río sin embalse da para regar con 80% de seguridad una superficie de 2650 Há. De modo que las 540 Há adicionales deben en rigor pagar la obra con un costo por Há de  $\text{E}^{\circ}$  119 000.

## III. De la calidad del agua

No cabe dudas que la desviación del río Azufre y la paralización de las minas de "tierras raras" de Larancagua han sido factores decisivos para la prosperidad actual de la agricultura del valle del Lluta. Los índices de Conductividad, SAR y boro

### III

han descendido notoriamente respecto a los conocidos con anterioridad a 1962. Por otro lado el pH que se mantenía francamente ácido a lo menos hasta Rosario, empezando con valores extraordinariamente bajos en Humapalca, se conserva ahora muy parejo y próximo al neutro o ligeramente alcalino. El arsénico acusa valores no muy alarmantes, de 0,05 a 0,1. Por primera vez se le buscó en los ensayos de 1968 y es absolutamente insuficiente una sola corrida para formarse juicio cabal. Es indispensable disponer a lo menos de diez muestreos para llegar a una conclusión confiable.

La influencia de los drenes que desde Rosario a Condorillo pueblan el subsuelo del terreno agrícola es claramente manifiesta, pero no demasiado grande.

Al respecto, es aconsejable que las aguas del río Lluta se distribuyan a los predios agrícolas mediante un canal matriz que tendría su toma en Molinos o algo más abajo y su extremo final en el puente de Chacalluta, o donde se ubicaran los últimos nuevos terrenos regados. Así, el cauce natural se dejaría como desagüe de los drenes y para absorber las crecidas.

Respecto al río Azufre, es indispensable estudiar su completa desviación FUERA DE LA HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO LLUTA, para lo cual se requiere de un reconocimiento prolijo instrumental, o bien, de la restitución de un plano 1:50 000 de la fotografía aérea. Además, deben construirse las obras de arte del actual canal de desvío que impidan las roturas de éste. Debe construirse una compuerta en el lugar de desvío de modo que permita controlar la cantidad de agua que se quiere llevar al Lluta por el cauce natural por si los estudios agronómicos futuros confirmaran las sugerencias de Pourtauborde respecto a la conveniencia de mantener en las aguas del Lluta un pH inferior a 7, para contrarrestar el alto contenido de boro.

Es indispensable abocarse a un reconocimiento detenido de la Qda. de Allane y del río Colpitas, examinando sus lechos,

los tributarios, etc, y muestreando y analizando la calidad de las aguas de todas las vertientes que los alimentan.

Deberá impedirse que las minas de tierras raras de Larancaqua reanuden las faenas, a menos que se tomen medidas de seguridad.

A este respecto, creemos que es necesario practicar un reconocimiento para examinar si aún hoy, con las actividades paralizadas de la mina, las aguas de crecida del Lluta arrastran desmontes, y cuál sería el remedio para evitarlo en el futuro.

#### IV. Del acceso al tranque

Como primera medida, y a fin de continuar con los estudios del Proyecto Definitivo, es indispensable prolongar el camino por el fondo del valle desde Molinos hasta Chironta con longitud aproximada de 25 km. Se justifica su construcción inmediata como una ayuda al desarrollo agrícola de los predios interiores, que recién están resurgiendo. Tanto los estudios geológicos, topográficos y de sedimentología requerirán de dicho acceso, se construya o no el embalse.

#### V. De la captación del río Caquena

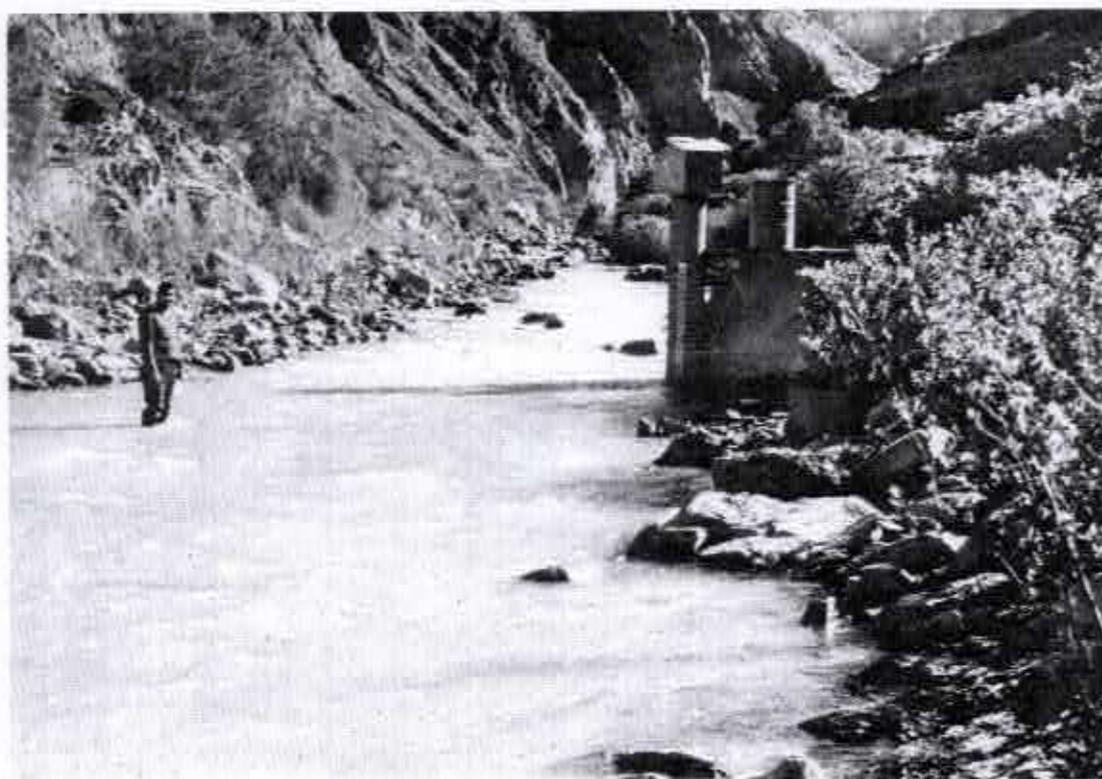
1. El monto de la inversión en las obras de captación del río Caquena a la fecha 31 de Diciembre de 1968 asciende a E° 50 000 000, cifra conseguida mediante una actualización del presupuesto del proyecto de 1962 aumentando en una partida que considera un canal entre la salida del túnel Caquena y Allane. El plazo mínimo de construcción sería de 4 años.
2. El estudio de regulación de las aguas reunidas del río Caquena y del Lluta en Tocontasi, permite concluir: Es recomendable captar el río Caquena y juntar sus aguas a las del Lluta, sin considerar embalse. La proporción de los aportes en el año 50% es de:  $Q_C : Q_{LL} = 1:2$ . Con seguridad de

riego de 80% se consigue regar una superficie de 4380 Há, a un costo por Há de E° 11 400. De todas las alternativas consideradas, en el presente informe, ésta es la de menor costo, menor riesgo y mayores tropiezos de índole internacional. Véase resumen de alternativas en Cuadro Nº 59.

3. Las aguas del Caquena introducen un leve mejoramiento en la calidad química actual de las aguas del Lluta (con río Azufre desviado y minas de Larancagua paralizadas), por ser mejores. Sobre todo mejora el índice boro de 10 PPM a 7,4 PPM.
4. El costo de la hectárea adicional respecto a la superficie actualmente regada en Lluta con seguridad de 80% es de E° 28 900 por Há. La superficie se incrementa de 2650 a 4380 Há, es decir, en 1730 Há.
5. La superficie total propuesta coincide aproximadamente con la disponibilidad de suelos agrícolas, punto no definido en este informe.
6. Un tranque de 15 millones de m<sup>3</sup> de capacidad útil para regular los ríos Lluta y Caquena en conjunto, tendría una altura de 73 m. Significa una inversión de E° 143 800 000 y riega con 80% de seguridad una superficie total de 4700 Há. La hectárea adicional respecto a la alternativa "Lluta más Caquena sin embalse" tiene un costo de E° 293 000; con respecto al área actual, sin obras, un costo de E° 71 900.
7. ENDESA puede generar con el río Lluta sin embalse una energía anual de 180 mill. de Kw - hr con potencia instalada de 30000 Kw. La introducción del río Caquena redundaría en un incremento de 90 millones de Kw - hr, lo que ayudaría a pagar las obras del Caquena disminuyendo el costo de la hectárea regada.

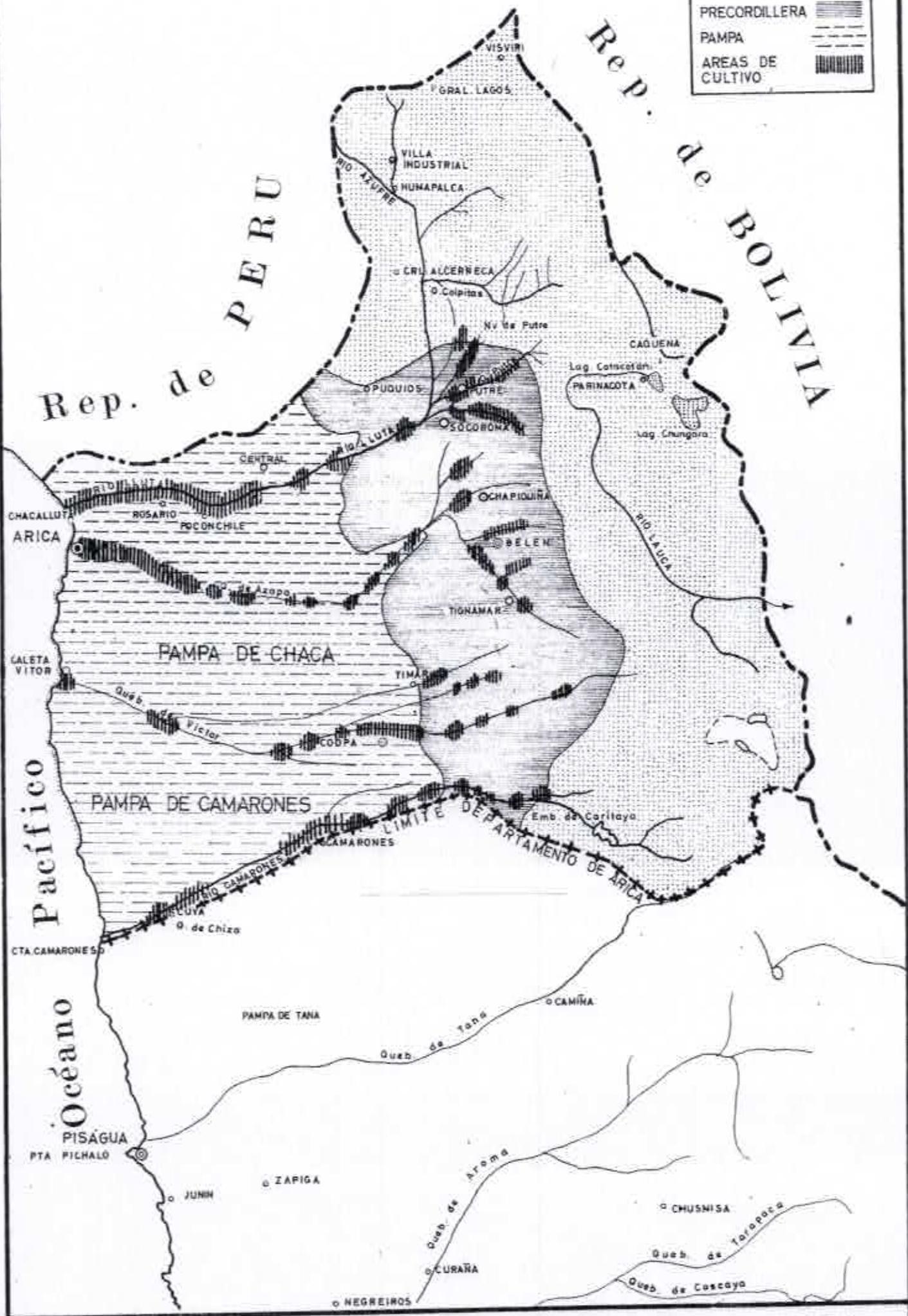


Río Caquena, en sección de aforo.



Río Lluta, en Jamiralla. Sección limnigráfica ENDESA.

REFERENCIAS	
ALTIPLANO	
PRECORDILLERA	
PAMPA	
AREAS DE CULTIVO	



**MAPA DEL DEPARTAMENTO DE ARICA**  
 QUE MUESTRA LAS TRES DIVISIONES FISIOGRAFICAS  
 ALTIPLANO, PRECORDILLERA Y PAMPA, Y LAS AREAS DE CULTIVO

## ESTUDIO DEL VALLE DEL RIO LLUTA

### I. INTRODUCCION

El valle del Lluta ha sido objeto en los últimos diez años de numerosos reconocimientos y estudios con diferentes enfoques, siempre en la esperanza de detener su deterioro agrícola y de incrementar en lo posible la producción agropecuaria.

A partir de la creación del puerto libre de Arica y de su consecuente acelerado crecimiento demográfico, se ha puesto de actualidad este objetivo. Si bien el valle de Azapa por sus privilegiadas condiciones naturales proporciona a la población ariqueña productos frescos de consumo diario especialmente hortalizas y frutas, los valles vecinos de Lluta y Camarones podrían abastecerla de los productos derivados de la crianza de ganado especialmente de la industria lechera, y Lluta, además, de productos de chacarería.

Incrementar el área regada y mejorar las condiciones de cultivo en Lluta, distante escasos kilómetros de Arica, es pues una legítima aspiración de la población y autoridades ariqueñas. Para cumplir con tales objetivos se ha apuntado hacia varios blancos. Uno de ellos, estudiar el mejoramiento de la calidad química de las aguas del Lluta, altamente contaminadas de sales y residuos de la actividad minera; mejoramiento de los suelos mediante la construcción de drenajes artificiales y aditivos químicos; regular las aguas del Lluta por medio de embalses estacionales; incrementar el caudal y mejorar las condiciones del agua con la adición de aguas de otras hoyas, como son las del río Caquena, tributario del río Mauri. Al mismo tiempo, el Ministerio de Agricultura se ha empeñado en mejorar la dotación ganadera del valle, ha experimentado cultivos resistentes a las condiciones adversas de suelo y agua, y en general, proporciona junto a CORA ayuda técnica al agricultor del Lluta.

#### 1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El poblamiento y explotación agrícola del valle del Lluta data de tiempos prehispánicos y su origen es difícil de pre-

cisar en el tiempo. Los yacimientos arqueológicos hallados en el Departamento de Arica, señalan la existencia en la costa de pueblos pescadores y recolectores sin cerámica cuyos conchales se han fechado hacia el 6000 años antes del presente. En el valle de Camarones hemos exhumado en las terrazas de Conanoxa una cultura preagroalfarera de recolectores y cazadores trashumantes que se fechó por C-14 aproximadamente hacia el 2000 AC, o sea 4000 años antes del presente. Sin negar su existencia, se puede decir que hasta la fecha en Lluta no se han detectado restos culturales tan antiguos como los señalados, pero sí culturas muy tempranas con cerámica incipiente que pueden fecharse dentro del primer milenio antes de C.

Los cementerios mejor conocidos en el valle datan del llamado período tardío del desarrollo cultural agroalfarero de Arica. El período medio, caracterizado por la influencia Tiahuanaco venida de la cuenca del Lago Titicaca, tan bien representado en Azapa por numerosos yacimientos, en Lluta sorprendentemente no ha sido detectado.

El período tardío comprende las fases que se denominan San Miguel, Pocoma y Gentilar, especialmente en atención a las diferencias estilísticas de la cerámica, y termina en el dominio incaico. En 1535 llega el español.

El principal poblado indígena del valle de este último período tardío parece haber sido Milluni, construido con recintos circulares pircados sobre el gran cono de la Quebrada de Milluni, a 62 km al interior del valle. Otros sitios detectados del mismo período se hallan en Chapisca; en el cono de la Qda. de Palmari; y, en un lugar de difícil acceso sobre un alto tablazo del flanco derecho del valle, frente a Chironta, llamado Verbabuenane. Los cultivos aquí se practicaban en andenes y se regaban con exiguas vertientes.

El arte rupestre tiene magníficos exponentes en el valle del Lluta. La técnica del GEOGLIFO, o sea, el diseño por acumulación de piedras oscuras de grandes mamíferos, hombres y signos sobre las laderas más claras de los cerros, es profuso en el sector inferior del Lluta, sobre los cerros del flanco sur. Por otra

parte, en cuevas y aleros del sector alto de la cuenca se hallan hermosas pinturas de varios colores superpuestos, con representación de auquénidos y otros animales de la fauna andina en el más puro estilo naturalista, mezclados con hombres más esquemáticamente diseñados. Tales son el alero de Vilacaurani y la cueva de INCA NI, cerca de Putre.

En tiempos coloniales el valle inferior fue explotado agrícolamente por españoles. Estos no se interesaron por los pequeños sectores agrícolas de precordillera donde permanecieron más bien los agricultores aborígenes conservándose hasta el día de hoy esta fisonomía.

El valle del Lluta fue ruta muy importante de tránsito de mulares durante el auge de los minerales de Potosí, en Bolivia. Las tropas llevaban desde Arica toda clase de abastecimientos, incluso el mercurio necesario para la extracción de los metales preciosos por amalgama y bajaban las pastas minerales al puerto.

En la Colonia y hasta la culminación de la guerra del Pacífico, la hoya del Lluta perteneció al Perú. Con el tratado de tregua que puso fin a ese evento, el valle se integró al territorio nacional.

De acuerdo con el tratado de paz firmado entre Chile y Bolivia en 1904, en 1906 se inició la construcción del ferrocarril de Arica a La Paz, el que quedó terminado en 1913 con una longitud total de 457 km. El intento original fue llevar todo el trazado por el fondo del valle. Se abandonó esta idea posteriormente y de ella quedan los recuerdos en forma de grandes cortes de puntillas rocosas y restos de terraplenes, desde Linderos hasta Jamiralla. En definitiva el trazado construido va por el fondo del valle del Lluta hasta su km 41 y de allí, en Linderos cambia su ruta para elevarse en pronunciada pendiente, con el auxilio de cremallera hasta la meseta norte de 4000 m s.m. En virtud del mismo tratado en 1928 se cedió a Bolivia gratuitamente los 239 km de vía férrea que corren en ese territorio.

Otro suceso de importancia en el valle fue la campaña de erradicación de la malaria, que era un mal endémico de graves con

secuencias para la población. Correspondió al Dr. Juan Noé en los años de 1937 al 1947 dirigir con éxito tal campaña que puso término en forma definitiva al mal, junto a otros colaboradores.

En 1936 (?) la Compañía Azufrera Nacional (más tarde Sociedad Azufrera, Agrícola y Comercial Tacora S.A., AZACOT) puso en marcha en Aguas Calientes, en el faldeo surponiente del Vn. Tacora sus instalaciones para procesar los minerales azufrosos del pie del Tacora por el procedimiento de lixiviación, cuyos reglaves iban a parar al río Lluta a través de su afluente el río Azufre. A partir de ese momento, comenzó un marcado deterioro de las aguas del río Lluta con sus funestas consecuencias en la explotación agrícola. Desde luego muchos de los terrenos utilizados aguas arriba de la localidad de Molinos fueron abandonados y sólo hoy, con las azufreras del Tacora paralizadas y el río Azufre desviado, se ha iniciado un florecimiento general de la agricultura en el valle.

Desde el punto de vista agrícola, es importante señalar la labor realizada por la Caja de Colonización Agrícola y continuado con énfasis por CORA, al seccionar en hijuelas dos sectores importantes del valle del Lluta para estructurar las colonias Puro Chile y Julio Fuenzalida, proveyendo a esta última de una eficiente red de drenaje artificial, indispensable para mejorar la calidad de los suelos contaminados.

## 1.2. RELACION SUSCINTA DEL TRABAJO DE CAMPO DE 1968

Las investigaciones de campo se desarrollaron en tres temporadas, una en Junio de 1968 con duración total de diez días en terreno; la siguiente en Julio de 1968, y la última en Noviembre de 1968.

En la salida de Junio, se visitó la sección de aforo del río Caquena ubicada a unos 6 km aguas abajo del pueblo del mismo nombre en el lugar en que se proyectó su bocatoma de captación, y se tomó una muestra de agua. Se llegó al pueblo de Putre desde donde bajamos río abajo a caballo con el arriero don Félix Carrasco hasta la confluencia de la Qda. de Putre con el río Lluta, en Jamiralla. Aquí tiene Endesa una estación fluviométrica muy bien

instalada, con limnógrafo desde 1966. Se aforaron los ríos Lluta después de la junta del Putre y el río Putre antes de su junta al Lluta. Se muestrearon ambas corrientes. Se analizó a ojo la posibilidad de establecer un tranque en la angostura ubicada inmediatamente aguas abajo de Jamiralla.

De regreso a Putre, desviamos el camino para observar un punto ubicado dos o tres kilómetros aguas arriba de Jamiralla, llamado Larancagua que es el vado del antiguo camino de herradura de Putre a Puquios. El río Lluta corre en este sector en un cajón muy estrecho y de gran pendiente.

Vuelto a Putre se salió a caballo para recorrer la Qda. de Socoroma, que es el último aporte visible que recibe el Lluta. En una hora desde el poblado de Socoroma se alcanzó el sector de Coca ubicado aguas abajo de los últimos cultivos. Sólo hasta aquí el pequeño valle es transitable a caballo. Se aforó el reducido gasto de la quebrada y se obtuvo una muestra de agua. Igualmente de paso se muestreó una quebrada afluente de la de Socoroma, llamada Aroma por el mal sabor de sus aguas (Aroma = Jaruma = agua amarga).

De Putre se regresó a Arica por el camino de Portezuelo de Chapiquiña. Desde esta ciudad, nos internamos en vehículo por el valle del Lluta alcanzando el caserío de Chapisca donde tomamos caballos para continuar hacia el interior. Acompañado del arriero don Teófilo Medina, remontamos el Lluta hasta la Qda. de Chironta en 4 horas, y aquí pechoctamos. Al día siguiente continuamos viaje hasta alcanzar en 1 1/2 hora más el campamento minero abandonado de Dos Hermanos. Sólo hasta aquí se puede llegar a caballo. Continuamos a pie un poco valle arriba. A partir de un kilómetro aguas arriba de Chironta, el valle se empieza a estrechar y la pendiente aumenta considerablemente, apareciendo el piso cubierto de gran cantidad de grandes bolones y bloques rodados. Se regresó para establecer un nuevo campamento en Vilacollo desde el cual se levantaron las angosturas llamadas Vilacollo-Chironta y Chironta, signadas con los números 2 y 3 en nuestros planos, y sus respectivas cubetas de inundación. Simultáneamente

se practicó un aforo con molinete en el Lluta frente a Chironta y se tomaron muestras de agua escalonadas desde Dos Hermanos hacia abajo. Con el regreso a Arica terminó la primera etapa.

La segunda fase de las actividades de campo consistió en lo siguiente: Se viajó al interior del Lluta para completar el levantamiento de la angostura Vilacollo-Chironta y levantar la Angostura Nº1, que denominamos Iquecta-Vilacollo, con su respectiva hoya de inundación. Un día dedicamos a reconocer unas vertientes y poblado indígena llamado Verbabuenane, ubicados a gran elevación sobre las cabeceras de la Q. Chironta. El sendero sin embargo, sube por la vecina Q. de Palmani y el viaje hasta arriba toma alrededor de tres horas.

Posteriormente volvimos al valle del Lluta para efectuar una corrida de muestreo de aguas desde Chapisca hasta Chacalluta.

Finalmente, en compañía del ingeniero de la Dirección de Riego don Carlos Díaz Vergara, emprendí un nuevo recorrido por la alta cordillera. Nos fuimos esta vez por el camino del oleoducto de Sica-Sica que sólo en vehículo muy bueno de doble tracción permite el tránsito. Establecimos campamento en Humapalca y de aquí alcanzamos hasta el establecimiento Aguas Calientes de las azufreras del Tacora, a la sazón paralizadas.

Recorrimos el canal de desviación del río Azufre y los estanques de evaporación en la Pampa Titire. Muestreamos y aforamos los ríos Azufre y Caracarane. En seguida, trasladamos campamento a Coronel Alcérreca y desde aquí aforamos y muestreamos los ríos Azufre, la Qda. Allane y el Lluta en la confluencia de ambos. En otro día hicimos el reconocimiento de la angostura ubicada sobre el Lluta inmediatamente aguas abajo del vado llamado Patapatane. Hubo que bajar de a pie por falta de animales.

Esta última fase culminó con un viaje inolvidable de doce horas desde Coronel Alcérreca a Tignamar, pasando por los Altos de Putre, río Lauca, Guallatire, Laguna Paquiza, Salar de Surire, Umirpa y Timalchaca. Desde el pueblo de Tignamar regresamos a Arica.

Los estudios del invierno se completaron con un reconocimiento aéreo desde Arica, con el ánimo de observar las quebradas

laterales del Lluta, especialmente las quebradas de Chaquire y de Boca Negra, en las que eventualmente pudiera pensarse para ubicar un tranque lateral, que se alimentaría desde el río Lluta.

En Noviembre del mismo año realizamos una nueva corrida de muestreos de agua en el sector agrícola del valle del Lluta, desde Chapisca a Chacalluta, poniendo énfasis en el comportamiento químico de las aguas de los drenes colectores de la Colonia Julio Fuenzalida. Además, volvimos a Putre y visitamos la Qda. de Ancolacaya.

### 1.3. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

Los antecedentes bibliográficos que hemos podido conseguir o consultar son relativamente escasos. Abordan los informes más bien algún aspecto específico careciéndose hasta ahora de un estudio global del valle del Lluta. Así, se cuenta con información geológica general; con alguna información sobre la agricultura del valle; sobre el problema de contaminación de las aguas, etc. Reseñamos a continuación los trabajos más importantes.

#### 1. "ESTUDIO DE SUELOS DE LA PARTE AGRICOLA DEL VALLE DEL LLUTA"

Es un informe dactilografiado de setenta y cinco páginas, fechado en Agosto de 1967, confeccionado por el Departamento de Conservación de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura, con sede en Arica. Resume y elabora los trabajos de campo realizados en Octubre y Noviembre de 1961.

Divide el valle agrícola del Lluta en tres sectores. Uno Bajo, una parte Media y una parte Alta. El área Baja corre de Rosario al mar, y en su mayor parte pertenece a la Corporación de la Reforma Agraria. Fue estudiada - dice el informe - detalladamente en el año 1955-56 por técnicos edafólogos del Departamento de Conservación y Asistencia Técnica del M. de Agricultura. En esta oportunidad sólo se revisó aquel trabajo. Respecto a las partes Media y Alta se hizo un mapeo en base a la ampliación de la fotografía aérea a escala 1:30.000. La superficie total del valle reconocida es de 6000 a 6500 há.

A modo de introducción el informe da varias opiniones sobre las causas de la formación de distintas clases de suelos.

Sobre todo analiza el problema de los suelos húmedos, que de acuerdo a su origen divide en: a) Suelos con napas de aguas, formados por infiltraciones o derrames del río, que requiere de drenaje y lavado, b) Suelos con napas de agua suspendidas, derivados de malas prácticas en el riego. No necesitan de drenaje y sólo corrección en la aplicación del riego, c) Suelos de pantanos que requieren sistemas especiales de drenaje.

El estudio describe siete agrupaciones de suelos cada uno con varios tipos, fases y subfases: Complejo de Suelos Tocontasi; series Chaquire, Chapisca, Huanta, Libanesa; y, asociaciones de Suelos Chojamanta y Chacabuco.

Finalmente y a manera de apéndice da 40 perfiles correspondientes a los suelos descritos.

2. BREVE INFORME DACTILOGRAFIADO SOBRE LA SITUACION ACTUAL DEL VALLE DEL LLUTA, del Ingeniero Marco Guiluicci, de la Dirección de Riego. Consta de seis páginas oficio, y en él el autor comenta brevemente los principales capítulos de la situación actual: recursos de agua; calidad del agua; superficie cultivada; forma de explotación, etc.

Establece que la inversión anual por Há asciende a \$1120. y la utilidad media anual es de \$300 por Há. En seguida hace una planificación de explotación futura para una superficie regada de 2900 Há, destinando la mayor superficie a alfalfa y no a maíz choclero como es en la actualidad. Para esta nueva forma de explotación calcula una inversión anual por Há de \$2000. por concepto de trabajos agrícolas; supone una utilidad de \$1050.

Se copia este informe en extenso en Anexo N°3.

3. CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIO LLUTA Y AFLUENTES

Boletín Técnico N°9 - Mayo de 1961. Autoras: Lidia Zambrano D. y Blanca Urrutia A. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Escuela de Agronomía. CHILE.

Informe impreso de diecinueve páginas. Incluye un pequeño mapa de la región del Lluta bastante confuso, un gráfico

de clasificación standard de U.S. Salinity Lab, y un histograma con la variación del boro de las muestras analizadas. Además, los resultados de los análisis de las muestras tomadas en Octubre de 1956, Julio de 1957, Nov. de 1957 y Julio de 1958 en diecinueve estaciones distribuidas a lo largo del río Lluta y en sus afluentes.

Hay que observar que en este informe, se designa como Lluta al río desde los orígenes del río Caracarane; el río Allane en su confluencia al Lluta es para las autoras el río Colpitas, y hay además, alguna confusión con el nombre del río Azufre.

De cualquier modo, es ésta una valiosa contribución al conocimiento del comportamiento de las aguas del río Lluta hace ya más de diez años atrás. Hemos aprovechado sus resultados para comparar las cifras significativas con las obtenidas en los análisis de nuestras propias corridas de muestreos de 1968.

#### 4. CONTAMINACION DEL VALLE DEL LLUTA

Informe de la Comisión Interministerial designada por Decreto Nº1493 del Ministerio del Interior, del 13 de Agosto de 1963. Comprende quince páginas a mimiógrafo, tamaño oficio, espacio seguido. Está fechado en Octubre de 1963.

Presenta primeramente en forma sucinta antecedentes que se relacionan con la ubicación del valle del Lluta, calidad de suelos, calidad de las aguas de riego, desarrollo agrícola, historia de la explotación minera, con énfasis en la gestación y explotación de las azufreras del Tacora, sindicadas como causante del deterioro agrícola del valle. Creemos de interés reproducir textualmente algunos párrafos pertinentes de este informe, para la historia.

3.5. "Explotación minera. El Volcán Tacora contiene en sus faldeos grandes depósitos de azufre los que han sido explotados desde el siglo XVII. La producción total de este elemento ha ido creciendo en el país durante el presente siglo desde 3123 toneladas anuales en 1900 hasta 58479 en 1961. Ese año la ex-Compañía Azufrera Nacional, actual Sociedad Azufrera, Agrícola y Comercial Tacora (AZACOT) S.A., que ex

plote las minas del Tacora, produjo 10327 toneladas, es decir el 17,7% de la producción total".

"Anteriormente la Compañía Azufrera Nacional tenía sus instalaciones en Villa Industrial, a 4060 metros de altura, en la ruta del Ferrocarril de Arica a La Paz. La explotación se hacía por el sistema de retortas en las que se introducía el caliche, con 50% o más de azufre, sometiéndolo a un calentamiento en seco. El azufre funde, se volatiliza y precipita en cámaras adyacentes separándose del material inerte o ripio, constituido por trozos gruesos, fáciles de almacenar."

"En 1948 la empresa trasladó sus labores industriales a la localidad de Aguas Calientes, siempre sobre la ruta del ferrocarril, pero más cerca de la faena minera, a 4800 metros de altura y a orillas del río Tacora. Modificó al mismo tiempo el procedimiento de extracción, reemplazando las retortas por autoclaves rotatorias, cilindros de hierro fundido que pueden girar sobre su eje horizontal, en los que se carga el caliche, se agrega igual cantidad de agua y se aplica vapor recalentado a 4 atmósferas de presión. El azufre fundido se separa y los ripios, mezclados con el agua, se transportan mediante canaletas a canchas de almacenaje. El rendimiento, aunque superior al de las retortas, es bastante bajo. El caliche entra con 50% de azufre y los ripios salen con 30 a 40%, por lo que constituyen todavía un material valioso que es almacenado con miras a su utilización posterior. Los 4 autoclaves instalados producen diariamente 20 toneladas de azufre y 80 de ripios".

"Con el objeto de aprovechar los ripios, que ya alcanzan a algunos centenares de miles de toneladas, y cuyo costo de explotación se reduce al carguío y traslado a los autoclaves, AZACOT decidió instalar, contigua a las canchas de almacenamiento, una planta de concentración por el sistema de flotación. Fundamentalmente ésta consiste en estanques en que se coloca el mineral molido aproximadamente a 60 mallas, se agrega una pequeña cantidad de reactivos (espumantes, acondicionadores y colectores), y en algunos casos se insufla aire. Por la parte superior se va separando una espuma que contiene 70 a 80% de azufre, la que se envía a los autoclaves para su purificación. De acuerdo a este esquema el mineral más rico pasa primero a los autoclaves. Los ripios, y el mineral pobre, se muelen y concentran en la planta de flotación, volviendo luego a los autoclaves. Queda como residuo, ya sin uso posterior, la ganga finalmente molida, denominada habitualmente relaves, que contiene alrededor de 10 a 15% de azufre y que sale de los estanques de flotación mezclada con 3,5 veces su peso en agua. Estos relaves deben ser almacenados o eliminados en alguna forma adecuada. La planta de flotación de AZACOT puede producir diariamente hasta 200 toneladas de relaves que con 3,5 veces su peso en agua pueden alcanzar a 900 toneladas de pulpa semi líquida.

"Problemas presentados. El almacenamiento de los rípios de los autoclaves de AZACOT nunca se hizo en forma segura. Las canchas están inmediatas al río Tacora y es probable que en forma esporádica caigan a su cauce cantidades apreciables de este material especialmente en la época de las lluvias de verano".

"No es fácil, sin un estudio largo y cuidadoso, determinar el daño que esto puede causar. Los rípios están constituidos en su mayor parte por material rocoso inerte, con 30% o más de azufre. El agua que sale de los autoclaves ha disuelto parte de las sales del caliche, proceso al que contribuye el ácido sulfúrico que se forma en pequeña cantidad por la interacción del azufre, el oxígeno y el agua bajo la influencia del calor y la presión. Según análisis practicados por el Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas en muestras del río Tacora, antes de la Planta, y del agua de los autoclaves, tomadas simultáneamente el día 4 de Julio de 1963, se tienen los siguientes valores:

	<u>Río Tacora</u>	<u>Agua de los autoclaves</u>
pH	2,3	1,55
Sólidos disueltos	4200 mgr/1	6080 mgr/1
Fierro	15,3 "	50,3 "
Calcio	280,0 "	12,0 "
Magnesio	21,9 "	17,1 "
Aluminio	235,0 "	327,0 "
Boro	8,2 "	0,4 "
Acidez mineral	585,0 "	2700,0 "
Sulfatos	2270,0 "	3978,0 "

"Los sólidos disueltos y el fierro, aluminio y sulfatos han aumentado y en cambio han disminuido las concentraciones de calcio, magnesio y boro. Esto sólo significa que el agregado de estas aguas al río producirá una variación en la composición de las sales disueltas, sin que pueda afirmarse que empeorará apreciablemente la calidad del agua, especialmente si consideramos que la cantidad de estos relaves es relativamente reducida".

"Pese a esto ha habido numerosos reclamos de los agricultores del valle, quienes insisten en que los relaves de AZACOT perjudican seriamente la calidad de las aguas de riego y afectan en forma notoria a sus siembras. Destacan el hecho de que las aguas suelen bajar turbias y que en estas condiciones no es posible regar porque se produce de inmediato la destrucción de los sembrados, especialmente de las plantas más nuevas. Esta turbiedad, que aunque irregular se produciría a menudo, afectaría también a la vegetación que crece en las már-

genes del río destruyendo las algas en forma repentina".

En seguida el informe pasa revista a los distintos estudios que se disponía a la fecha de su emisión, casi todos con siderados aquí por nosotros.

Lo más importante de las conclusiones del informe de la comisión es que se establece cuan inadecuadas son las instalaciones de AZACOT para retener los rípios y relaves de la explotación del azufre e impedir que estos residuos caigan al río. Acordó ordenar la supresión inmediata del factor de perturbación. A raíz de estos estudios y determinaciones se consiguió que el Servicio Nacional de Salud dictara una Resolución en base a las disposiciones del Código Sanitario, prohibiendo el funcionamiento de la Planta de Flotación. Exigía la presentación de un proyecto de obras que suprimiera en definitiva la contaminación de las aguas por residuos, a 90 días plazo; ejecución en plazo determinado de las obras proyectadas y aprobadas, etc.

En suma, la intervención de la comisión fue decisiva para que se pusiera remedio a la contaminación de las aguas del Lluta por residuos de azufre.

5. PLAN DE DESARROLLO INTEGRAL DEL VALLE DEL LLUTA. Autor: Jean Pourtauborde, Asesor de FAO. Mayo de 1962. Mimiografiado, 17 pág. de texto; 8 anexos; 1 mapa regional y 1 gráfico de cultivos.

Copiamos el comentario publicado por la comisión anterior, a mimiógrafo.

"En este informe se analiza la situación en el valle del Lluta y se estima que la cantidad de agua disponible (120 millones de m<sup>3</sup> anuales) es suficiente para regar 4000 hectáreas y que el problema reside en su calidad. Basándose en los estudios del señor Rodríguez y de las Srtas. Zambrano y Urrutia estima que estas aguas están muy cargadas de sales nocivas y destaca especialmente el alto contenido de boro. Dado que un contenido de este elemento superior a 10 partes por millón debería ser fatal a cualquier tipo de cultivo y que en la parte inferior del valle se están utilizando aguas con 17 y 25 ppm sin que se produzcan perjuicios serios, considera, de acuerdo con el Sr. Charles Wright, experto en Suelos de FAO, que los efectos del boro estarían neutralizados por la alta acidez del agua ocasionada por la influencia beneficiosa, en este aspecto, del río Azufre. Cabe señalar que esta es una teoría de los señores Pourtauborde y Wright que, como ellos mismos indican, debe intentarse comprobarse mediante estudios posteriores".

"En cuanto a los daños que se observan en los sembrados, se considera en este informe que ellos no se deben enteramente a los "relaves" de la "Azufrera" sino más bien a que se está regando con aguas mezcladas con el afluente de los drenes".

6. Memorándum: DESVIO DEL RIO AZUFRE, de los señores Charles Wright y Jean Pourtauborde, asesores de FAO al señor Chaparro, Coordinador del Ministerio de Agricultura de Arica. Son dos páginas escritas a máquina, Diciembre de 1961. El extracto publicado en el informe de la comisión interministerial es el siguiente:

"Los asesores estiman, una vez más, que el problema de la calidad de las aguas del Lluta es muy complejo y que no todos sus inconvenientes se pueden atribuir a los relaves de la Azufrera. Consideran que lo esencial del problema radica en el alto contenido de boro, aluminio y otras sales y en la contaminación con los afluentes de los drenes. Insisten en que es posible que la acidez de algunos de los cursos de agua que llegan al Lluta impida daños mayores a los cultivos y previenen contra la desviación de cualquiera de ellos, la que podría destruir el equilibrio logrado naturalmente. Recomiendan hacer ensayos cuidadosos e impedir que se utilice para el riego el agua proveniente de los drenes".

7. PRIMER INFORME SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO LLUTA, AFLUENTES Y RIO CAQUENA, por el Prof. Angel Rodríguez F. Es un informe escrito a máquina de dieciocho páginas a espacio seguido, que se refiere a la calidad química de las aguas del río Lluta y de sus afluentes en muestras tomadas en la primera quincena de Diciembre de 1960 y en la segunda quincena de Marzo de 1961. Conviene aclarar que aquí se llama Lluta al río desde los orígenes del Caracarane y que la denominación de Azufre para el río que viene del Tacora abarca sólo hasta Humapalca; el río principal sigue llamándose Lluta.

El río Lluta y sus afluentes se muestrearon en los lugares tradicionales coincidiendo las estaciones con las muestreadas por nosotros en 1968 lo que permite comparación. Agrega una muestra de Lluta en Playa Verde, próximo al mar. Además, el análisis de una muestra del río Caquena y de dos vertientes tributarias del Lluta, las de Boca Negra y Lopendía. Señala los métodos de análisis químico y discute los resultados obtenidos. Establece que existen diferencias bien marcadas entre las muestras

tomadas en Diciembre y Marzo, mes en que el caudal de los ríos era mayor. La concentración de las sales es mayor en Diciembre; el pH y la conductividad presentan menores fluctuaciones en Marzo. Además, deja en claro que en Diciembre se observaron abundantes sedimentos en las márgenes del río Azufre, Colpitas y Lluta que consistían principalmente en azufre libre, compuestos férricos y sales de aluminio. En Marzo no se observaron sedimentos.

-----0-----

Estudios geológicos que se refieren al Departamento de Arica, o a la hoya del río Lluta son relativamente abundantes y más profusos en los últimos diez años. El financiamiento de estas investigaciones por la Junta de Adelanto de Arica no cabe duda que han sido decisivo para esta intensificación. Por orden de antigüedad se comentan en los párrafos siguientes:

8. GROUND WATER STUDIES IN THE PROVINCE OF TARAPACA-CHILE  
George C. Taylor Jr. 1947

Se trata de un informe presentado a mimeógrafo a la Corporación de Fomento, 1947 de 259 pág. y 15 mapas regionales. Pone énfasis fundamentalmente en evaluar los escurrimientos subterráneos de las diferentes cuencas del Centro y Norte de Chile y sobre todo se preocupa de la calidad química de las aguas de los valles nortinos. Dedicó seis páginas al valle de Lluta.

9. INFORME SOBRE UNA VISITA AL VALLE DE LLUTA PARA EXAMINAR DOS ANGOSTURAS PARA EL PROYECTO DE PRESAS. Ing. Enrique Rowe, 1962

Fue presentado a máquina a la Dirección de Riego del M.O.P. en 1962. Comprende 10 páginas.

Se refiere el autor específicamente a la posibilidad de construir embalses en dos "Angosturas" del río Lluta. Después de hacer consideraciones generales sobre la historia geológica del curso inferior del río Lluta y la descripción de sus principales formaciones, analiza geológicamente las angosturas mismas

y las descalifica como lugares de emplazamientos de embalses.

Este informe se reproduce en extenso en nuestro Anexo N°1 y además, se resumen sus conclusiones al tratar sobre las angosturas en referencia. De él tomamos también la relación sucinta de la historia geológica que va en el correspondiente capítulo nuestro.

10. EL SISTEMA VOLCANICO DE LOS NEVADOS DE PAYACHATA, por Oscar González Ferrán. Revista Universitaria Año L-LI Fascículo II, Anales de la Academia Chilena de Ciencias Naturales N°28-29 - 1965-66; 12 pp. y 3 láminas.

El autor da a conocer en esta publicación, un tanto de carácter preliminar, las investigaciones realizadas en 1964 con el Dr. Yoshio Kaysui en la alta cordillera de Arica. El trabajo centra su interés en el desarrollo del volcanismo cenozoico en la región altiplánica de Arica, en especial en el sistema de los Nevados de Payachata. Un capítulo de índole general se refiere a la geomorfología regional andina y a la evolución geológica. Como producto neto de estas investigaciones se consigue el establecimiento de una secuencia cronológica para los diversos componentes del sistema volcánico de Payachata, y la caracterización morfológica y litológica de las diferentes fases.

11. GEOLOGIA Y RECURSOS MINERALES DEL DEPTO. DE ARICA Y PROV. DE TARAPACA. Raúl Salas O., René F. Kest, Francisco Montecinos e Iván Salas. Boletín N°21 del Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile - 1966 - 114 páginas de texto; 5 láminas de ilustraciones; 1 mapa geológico en colores del Depto. de Arica; 6 planos de minas.

Quizás sea este el informe más completo sobre la Geología del Departamento de Arica, fruto de numerosas excursiones y minuciosos trabajos de campo realizados en equipos durante casi una década por el Instituto de Investigaciones Geológicas. Uno de los mayores logros es un mapa geológico en colores que comprende todo el Departamento de Arica, e incluye un perfil geológico de rumbo NE por el centro del área. Hace la descripción estratigráfica e historia geológica del departamento para poner

énfasis en seguida en su geología económica con descripción de todas las minas de la región. Un último capítulo se destina a los recursos de aguas subterráneas.

12. RECONOCIMIENTO GEOLOGICO PRELIMINAR PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN EMBALSE EN EL VALLE DE LLUTA, DEPARTAMENTO DE ARICA.  
por Carlos Emparán, geólogo del Instituto de Investigaciones Geológicas, Arica, 1967.

Presentado a mimeógrafo a la Junta de Adelanto de Arica, en 38 páginas, acompañado de un pequeño mapa de ubicación. Como su nombre lo indica, se informa sobre una breve visita ocular al interior del valle del Lluta, aguas arriba de SORA. En esa ocasión fueron observadas cuatro angosturas distribuidas entre SORA y CHIRONTA, de las cuales deja en pie como posibles soluciones de emplazamientos de tranques las angosturas 2,3 y 4 labradas en el macizo de granodiorita del intrusivo batolítico, roca apta para fundar. El informe comprende un capítulo de mucha importancia en que se describen las formaciones que concurren al valle del Lluta. Identifica seis de las formaciones descritas por R. Salas et al. (1966), de las cuales dos son rocas estratificadas del mesozoico y un intrusivo del cretácico superior - terciario inferior; dos son del terciario, y la sexta del pleistoceno.

Por referirse específicamente al valle del Lluta en forma tan completa, a la vez que se publicó en un número muy limitado de ejemplares originalmente (12), hemos creído de conveniencia reproducir este informe en extenso en nuestro Anexo Nº2.

13. GEOLOGIA DEL AREA NEOVOLCANICA DE LOS NEVADOS DE PAYACHATA, DEPTO DE ARICA, PROV. DE TARAPACA.  
Yoshio Katsui y Oscar González Ferrán, 1968.

Constituye la publicación Nº29 del Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Comprende 61 páginas de texto con varias figuras intercaladas, 14 láminas de ilustraciones de fotografías y dos mapas a todo color. Uno abarca desde la Sierra de Huayllillas hasta los Nevados de Payachata, el otro es una ampliación del sector de Los Payachata.

El trabajo en esencia es una repetición del anteriormente comentado, ampliado y complementado con nuevos datos. Aparece en éste un capítulo sobre la Petrología de las rocas volcánicas de los Nevados de Payachata, y otro destinado a consideraciones petrológicas acerca del volcanismo cenozoico superior de los Andes chilenos.

14. ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA REGION DE ARICA, PROV. DE TARAPACA  
Ing. Juan Karzulovic, 1968. Impreso en tirada de 50 ejemplares; 135 páginas; 4 cuadros; 12 mapas y perfiles; 12 láminas de ilustraciones fotográficas.

Este informe - muy completo - fue pedido al autor por la Dirección de Obras Sanitarias del M.O.P. y trata de la geología y geografía física del Departamento de Arica, poniendo énfasis en los episodios del cuaternario en relación principalmente con los escurrimientos subterráneos. En su aspecto hidrogeológico evalúa los principales recursos subterráneos del departamento y analiza con gran acopio de antecedentes las condiciones químicas de todas las aguas. En buena parte es producto de sus propios numerosos informes en relación con los problemas geotécnicos de las obras de ENDESA y de la DIRECCION DE RIEGO en la Cordillera Central, realizados desde 1960 a 1965.

En varios de sus pasajes se refiere específicamente al valle del Lluta que es el que aquí más interesa.

-----0-----

Estudios de índole hidrográfico y de aprovechamientos de recursos de agua de cordillera fueron realizados por H. NIEMEYER en 1960-1962 en el sector altiplánico ariqueño.

15. PROYECTO DE CAPTACION DEL RIO CAQUENA  
Hans Niemeyer F. 1962

Memoria explicativa del proyecto de captación del río Caquena para llevarlo a la hoya del Lluta.

Fue presentado a la Dirección de Riego y a la Caja de Colnización Agrícola que era la institución mandante. Consta de 30

páginas de texto, tamaño oficio, a máquina, varios anexos que se refieren al reconocimiento geológico practicado por el Instituto de Investigaciones Geológicas de Arica; memoria de la triangulación del túnel para atravesar la Cordillera Central; antecedentes del camino de acceso al túnel; estudios de costos, etc.

La memoria acompañaba a los planos del proyecto, que se referían al trazado del canal, a las obras de arte del canal incluyendo bocatoma; al trazado del túnel; al trazado del camino desde el portezuelo de Putre, etc.

16. APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE CORDILLERA EN EL NORTE GRANDE  
I. PROYECTO DE CAPTACION DEL RIO CAQUENA

Hans Niemeyer F. Revista Chilena de Ingeniería N°301 - Oct. de 1963, 6 pág.

Después de hacer consideraciones generales sobre distintos reconocimientos practicados en el Norte de Chile por el autor, reseña en forma resumida el Proyecto de Captación del río Caquena para incrementar las aguas del río Lluta y mejorar sus aguas; dando informaciones sobre aspectos geográficos de la zona en que se desarrolla el proyecto, estudio hidrológico y descripción de las obras; costos y beneficios del proyecto.

17. II. AMPLIACION DE LOS RECURSOS DEL RIO LAUCA  
Hans Niemeyer F. Revista Chilena de Ingeniería N°303, Ene-Feb. 1964.

En 10 páginas de texto y acompañado de gráficos y fotografías el autor resume las observaciones que realizara en las fuentes de nacimiento del río Lauca y sus tributarios durante los años 1961 y 1962. Dichas observaciones se refieren a caudales, pluviometría, fluctuaciones del nivel de las lagunas de Chungará y Cotacotani, calidad química de las aguas. Se proponen y comparan cinco soluciones, dándose el costo de ellas y los beneficios. Se recomienda la 5<sup>ta</sup> como más conveniente.

18. AMPLIACION LAUCA 1<sup>er</sup> INFORME.  
Hans Niemeyer F., Julio de 1961

Informe presentado a la Dirección de Riego del M.O.P. a máquina con 127 páginas de texto (tamaño oficio). Reúne en detalle todos los antecedentes de terreno recogidos en el período que va de Noviembre de 1960 a Junio de 1961. Se refieren estas observaciones y estudios a: gastos de todos los afluentes del Lauca Superior, incluyendo las lagunas de Chungará y Cotacotani; análisis de las aguas del sistema; pluviometría y evaporación diaria; fluctuación del nivel de las lagunas; informe geológico sobre la factibilidad de un túnel en el interfluvio entre las dos lagunas; curvas de capacidad de las dos lagunas. Comprende además, un balance hidrológico de la laguna Chungará y el planteamiento de las distintas soluciones y costos.

19. AMPLIACION LAUCA 2<sup>do</sup> INFORME  
Hans Niemeyer F. 1962

Informe a máquina de 97 páginas de texto, para la Dirección de Riego del M.O.P. Se consignan las observaciones efectuadas en las nacientes del río Lauca en el período de Julio de 1961 a Junio de 1962, con las que se modifican levemente las soluciones propuestas en el informe anterior, habiendo correspondencia de capítulo a capítulo con él. Se demuestra que la solución más viable es llevar el río Chungará y otros tributarios de la laguna del mismo nombre directamente canalizados hacia el Lauca o hacia la laguna de Cotacotani, abandonando la idea original de un posible túnel entre ambas. Se recomienda, además, canalizar todas las aguas de las ciénagas de Parinacota mediante dos canales colectores.

20. HIDROGEOLOGIA DEL DEPARTAMENTO DE ARICA  
Corporación de Fomento de la Producción e Instituto de Investigaciones Geológicas. Nov. 1966, Octavio Castillo U., Fernando Alamos C. y Eduardo Falcon M.

Informe a mimeógrafo de 21 pág. de texto, tamaño oficio; 6 tablas; 10 gráficos. Describe sumariamente los principales sistemas de drenaje del Departamento de Arica para poner énfasis en la hidrogeología de ellos en sus dos aspectos de infiltración

y escurrimiento subterráneo. Analiza por separado la Región de la Concordia; el Valle Inferior de Lluta; el Valle de Azapa y la Qda. de Vitor. Sirven de antecedentes para este informe los resultados del plan de perforaciones realizado por la Sección Aguas Subterráneas de la CORFO en la región de la Concordia y en los valles de Lluta y Azapa, e investigaciones de terreno del I.I.G.

#### 1.4. BREVE RESEÑA GEOLOGICA DEL DEPARTAMENTO DE ARICA

De los acuciosos trabajos geológicos comentados entre los Antecedentes Bibliográficos, podemos resumir brevísimamente la geología del Departamento de Arica, a modo de ilustración.

Fisiografía. (Geomorfología). Pueden distinguirse tres grandes unidades fisiográficas de orientación Norte-Sur que se disponen en grandes escalones, resultado de una fuerte tectónica de bloques: la Cordillera de la Costa, la Pampa y el Macizo Andino.

La primera es una cadena montañosa de poca elevación que termina por el norte en el Morro de Arica; presenta un flanco occidental acantilado de altura de 500 a 700 m, en tanto que el flanco oriental engrana con la pampa. Más allá, al norte del Morro de Arica continúan planicies costeras que se prolongan por la costa sur del Perú.

La franja intermedia corresponde a una meseta de altura variable de 700 a 2000 m s.n.m., que ocupa la mayor parte de la superficie del departamento, con inclinación suave de Oriente a Occidente. Se extiende hacia el oriente hasta los pies de la Sierra de Huaylillas y es cortada en valles profundos por las cuatro principales arterias hidrográficas de la vertiente del Pacífico: Lluta, Azapa, Chaca y Camarones.

El Macizo Andino se extiende desde la Sierra de Huaylillas por el occidente hasta el elevado cordón limítrofe con Bolivia, que constituye la Cordillera Andina oriental, por el Este. Dentro de esta unidad es posible disociar rasgos fisiográficos.

ficos bien diferenciados que presentan una disposición escalonada de oeste a este. El primer peldaño es la Sierra de Huaylillas, que empieza por el norte en los cerros Lampallares, en la frontera chileno-peruana y se confunde hacia el sur con los lomajes más suaves de la Pampa de Oxaya. El curso medio-superior del río Lluta sigue en parte paralelo a esta sierra hasta que con un cambio de rumbo la corta en un profundo cañón en Laranagua y Jamiralla. La Sierra de Huaylillas se levanta bruscamente sobre las pampas de occidente con un peldaño de más de 1500 m, alcanzando cotas de 3500 m.

Inmediatamente al Este de la Sierra de Huaylillas los terrenos adquieren carácter de mesetas (Pampas de Oxaya, Pampa del Muerto y otros remanentes menores) que por obra de movimientos tectónicos presentan pendientes suaves hacia el oriente, apareciendo en parte como una flexura. Las cotas fluctúan alrededor de 3000 a 3200 m.

Este accidente se puede notar bien en el sector de Copaquilla y más al sur, en Lupica.

Algo más al oriente y coincidiendo con extensos afloramientos de rocas mesozoicas se interrumpen los niveles aterrazados para dar cabida a un paisaje de sierra áspera. Es la Precordillera que constituye el flanco occidental de la llamada Cordillera Central de Chapiquiña. Esta importante cadena montañosa se inicia al norte en los volcanes Tacora y Chupiquiña, comprende entre otros los Nevados de Putre, y cerros de Chapiquiña, Belén y Márquez hasta rematar por el sur en el cerro Orcutungo (5000). Presenta varias cumbres sobre 5000 m de elevación y deja algunos portezuelos que permiten la comunicación entre la región altiplánica que le sigue al oriente y la Precordillera (v. gr. Portezuelos de Chapiquiña, Laguna Blanca y Putre).

Al este de la cordillera citada se extiende el relieve suavemente aterrazado conocido como el Altiplano Ariqueño o Puna Ariqueña de unos 30 a 50 km de ancho, constituido por un gran plateau riolítico. Posee una elevación media de 4200 m s.m. En él se desarrollan los importantes sistemas hidrográficos hermanos de los ríos Caquena y Lauca, que han buscado su salida hacia

Bolivia, y la cuenca cerrada del Salar de Surire, hacia el sur. Se ubican además, las depresiones lacustres de Chungará, Cotacotani y otras formadas por la actividad volcánica del holoceno o por movimientos tectónicos recientes.

El altiplano queda limitado al oriente por la Cordillera Oriental, compuesta por una serie de altos aparatos volcánicos sobreimpuestos, de litología principalmente andesítica. Forman parte de ella la Sierra de Larancagua, los Nevados de Payachata (el Pomerape, que es el más antiguo con 6240 m, y el Parinacota con 6330 m); los restos del volcán Quisiquisini y la cadena de Quinsachata (constituida por los volcanes apagados Humarata, Acotango y Capurata), el volcán Guallatire (6060) que es el único actualmente activo, y otros que siguen hacia el S.

Litología. Aparte de pequeños afloramientos muy antiguos (Precámbrico ?) de muy escasa distribución, afloran en el Departamento de Arica en cierta extensión rocas de edad mesozoica y, sobre todo, formaciones terciarias y cuaternarias.

Las primeras se distribuyen en la Cordillera de la Costa al sur de Arica, compuesta de sedimentitas marinas e intercalaciones de lavas andesíticas, y en la precordillera, constituyendo la llamada Formación Chapiquiña con volcanitas andesíticas y sedimentitas de origen continental, fuertemente tectonizadas y erosionadas. Los cañones de los ríos Lluta y Azapa al cruzar la Sierra de Huaylillas y algo más abajo, permiten el afloramiento de rocas mesozoicas metamórficas interrumpidas por intrusivos de granodiorita.

Los relieves labrados en las formaciones mesozoicas son cubiertos en el Terciario y/o en el Cuaternario por enormes masas de efusivos y flujos piroclásticos riolíticos que los rellenan constituyendo con otros materiales sedimentarios la FORMACION RIOLITICA, así nominada por J. Brüggen. Se le atribuye edad Miocena a Pliocena y aún Pleistocena inferior. Sus estratos tienen posición horizontal a subhorizontal con algunas flexuras locales, y se apoyan con discordancia angular sobre el zócalo mesozoico. Su extensión es extraordinaria, alcanzando hasta la cordillera de Copiapó por el sur. En el Departamento de Arica se extiende

a ambos lados de la Cordillera Central. Hacia el oeste de este cordón la formación se prolonga en bloques escalonados que van descendiendo al poniente de la flexura de la Sierra de Huayllillas. Cubre la mayor parte del departamento exceptuando los sectores cubiertos por los conos andesíticos cuaternarios de la Cordillera Oriental; volcanitas y sedimentos cuaternarios de la puna; los macizos cretácicos y graníticos de la Cordillera Central; rocas preterciarias de la Cordillera de la Costa y, finalmente, los rellenos cuaternarios de los valles actuales o de sus antecesores igualmente cuaternarios.

La facie sedimentaria de la Formación Riolítica aparece preferentemente en los niveles inferiores de la secuencia sin excluir su existencia entre los miembros volcánicos superiores, y vice versa. Corresponden a gravas o rípios bien redondeados de origen fluvial, limos, arcillas y arenas que por consolidación incipiente han pasado a constituir conglomerados, limolitas, arcillolitas y areniscas. En el valle de Azapa se confunde con la Formación Azapa descrita por Sales et al. (1966). En la Cordillera Central las brechas gruesas son parte importante de la Formación Riolítica.

En el Cuaternario los materiales que contribuyen a la estructuración actual de la litósfera del Departamento de Arica son de origen volcánico y/o sedimentario. Las volcanitas incluyen materiales andesíticos y riolíticos (en menor escala) emitidos por un grupo numeroso de volcanes. Los volcánicos andesíticos corresponden principalmente a coladas de lava y piroclásticos normales. Los riolíticos consisten de flujos de piroclásticos que generaron tobas pobremente soldadas en comparación con los de la Formación Riolítica y flujos de ceniza, entre otros.

Las volcanitas más recientes - del Holoceno, - están compuestas por materiales andesíticos y predominantemente por coladas de "lava de bloque" y de tipo AA. Han construido los conos de los volcanes de la Cordillera Oriental: Guallatire, Parinacota, Humarata; además, los aparatos volcánicos de Tacora (5950 m), Caracarane (5190 m), Chuquiananta (5488 m), Lexone (5200 m), Taa paca (5815 m), etc.

Los sedimentos cuaternarios se desglosan por simplificación en dos secuencias, aunque se deja establecido que el proceso ha sido muy complejo motivado por frecuentes cambios del nivel del mar y la intervención de los glaciares (Karzulovic, 1968).

En la parte oriental del Departamento de Arica los sedimentos antiguos están representados por depósitos dejados por los sistemas hidrográficos de los ríos Caquena y Lauca, quebradas tributarias del Salar de Surire y el curso superior del río Lluta. Son materiales originados en la destrucción de la Formación Riolítica y en gran parte parecen relacionarse con ambientes semi-lacustres (existencia de bofedales o vegas y salares).

En las altas cumbres se encuentran sedimentos ligados a las glaciaciones pleistocénicas, relleno de valles de escaso desarrollo en forma de U. También son frecuentes los lahares o corrientes de barro volcánico (v. gr. interfluvio entre las lagunas Chungará y Cotacotani).

Al oeste de la Cordillera Central se ubican preferentemente depósitos fluviales, lacustres, de corrientes de barro y evaporitas. Hacia la zona costera, depósitos de playas marinas, puestos de manifiesto en los sondeos de la Concordia.

Han sido reconocidos en profundidad sedimentos fluviales en el curso inferior de los ríos y quebradas del departamento. Aparecen compuestos de gravas, arenas, limos y arcillas alternados a veces con capas de cenizas riolíticas recubiertas con 50 a 70 m de acarreo recientes. Se consideran estrechamente relacionados con los valles actuales.

La roca fundamental en el curso inferior de los valles septentrionales de Arica, Lluta y Azapa, se encuentra a profundidades de 300 a 400 m, según sondeos practicados por CORFO. En el informe de Karzulovic (1968) se reproducen con detalles los perfiles de los sondeos y se intenta una correlación e interpretación.

Los depósitos de carácter lacustre y de evaporitas corresponden a tierras de diatomeas o kieselguhr, de los cuales el más conocido es el de Neverman entre Arica y Chacalluta, y

a depósitos de sal común frecuentes en todo el departamento. Deben considerarse más antiguos que los sedimentos recientes en los cauces actuales y más nuevos que los sedimentos definidos como antiguos anteriormente.

Los acarreos por corrientes de barro del cuaternario antiguo se presentan especialmente en regiones altas de los interfluvios.

Los sedimentos recientes al oriente de la Cordillera Central, de escasa potencia, se reducen a los acarreos actuales de los cursos de agua, a depósitos finos en zonas de vegas; a escombros de falda y otros coluvios. Al W de dicha cadena montañosa, los sedimentos recientes que rellenan los cauces actuales alcanzan gradualmente mayor espesor y en gran parte son el resultado de aluviones o corrientes de barro. Junto a la costa alcanzan los mayores espesores de 50 a 70 m en los valles de mayor importancia. Los materiales se presentan en forma de lentes de distinta granulometría, no existiendo por lo tanto continuidad de estratos ni en sentido longitudinal ni transversal.

Estructura. Los movimientos tectónicos a que ha sido sometido el Departamento de Arica produjeron diversos tipos de fallas, pliegues, flexuras, diaclasas y discordancias. Es posible separar las disposiciones estructurales de las rocas mesozoicas de aquellas de las terciarias, que constituyen la Formación Riolfítica. Además, se encuentran accidentes estructurales que se asocian a las volcanitas cuaternarias responsables de los volcanes de la puna.

Las primeras, las más antiguas presentan hacia la costa una marcada posición monoclinal de rumbo aproximado N-S e inclinación hacia el E, de 15 a 30°. Un ejemplo muy visible se aprecia en la Angostura de Conanoxa en el valle de Camarones. Fueron afectadas por fallas antiguas de larga corrida, como el acantilado de la costa, con movimientos verticales de grandes bloques. Hacia la cordillera andina, las rocas mesozoicas se presentan con fallamiento de rumbos nornoroeste intenso y algunas veces

con plegamientos y fuertes dislocaciones.

Una de las principales fallas de dirección nornoroeste pasa por Sora, en el valle de Lluta. Es una falla inversa con un desplazamiento vertical de 800 m que ha producido una notable flexura en la formación terciaria, abarca muchos kilómetros de longitud a lo largo del Departamento de Arica y en el sur del Perú (Salas et al., 1966).

Las rocas terciarias presentan en el oriente del departamento una disposición en escalones, propia de una tectónica de bloques, relacionada probablemente a la actividad volcánica de fisuras del Terciario. Los materiales ignimbríticos de la Formación Riolítica de la precordillera han experimentado conspicuas flexuras, de las cuales la de la Sierra de Huaylillas es quizás la más notable.

Es común en los estratos riolíticos hallar sistemas de diaclasas regulares que han producido un reticulado de pequeños bloques.

En cuanto a discordancias, según SALAS et al. (1966) pueden observarse siete de ellas separando las diversas formaciones que afloran en el departamento.

La actividad tectónica del cuaternario se traduciría en la reactivación de tres antiguas fallas costeras, y en la Cordillera Central, en la presencia de una serie de fallas de larga corrida y rumbo N 40° E asociadas al volcanismo cuaternario andesítico. Seguiría alineamientos coincidentes con los de las estructuras volcánicas cuaternarias. Se cita como espectacular una falla que se desarrolla desde los Nevados de Payachata hacia el norte hasta los cerros de la Sierra de Larancagua, con un salto de 100 m (González, 1968).

Historia Geológica. (Tomada especialmente del informe del Ing. E. Rowe, 1962 por ser más suscita). Durante el Jurásico y Cretácico inferior el mar transgredió muy al interior de la costa actual, depositando calizas, pizarras y areniscas que con intercalaciones de lavas principalmente andesíticas de textura porfídica y tobas, constituyen las rocas sedimentarias y metamórficas del

mesozoico. Al conjunto de estas rocas de origen heterogéneo marino continental y volcánico se le da el nombre genérico de FORMACION PORFIRITICA.

Durante el Cretáceo Medio la Formación Porfirítica fue levantada y distorsionada fuertemente, produciéndose potentes intrusiones de granodiorita, una de las cuales es el macizo plutónico que corta el valle del Lluta entre Dos Hermanos e Iquecta.

Durante el Cretáceo Tardío, la región fue peneplanizada por erosión, y más tarde dislocada por fallas de rumbo principal N-S y también algunas de importancia de E-O (como la que se encuentra al pie norte del Morro de Arica). Entre estos sistemas de fallas se hundieron depresiones tectónicas que quedaron separadas del mar en ambiente desértico durante la mayor parte del Terciario, y fueron rellenadas por sedimentos acarreados por ríos efímeros que no fueron capaces de labrar salidas hacia el mar.

Probablemente durante el Mioceno y/o más tarde, la región andina del Norte de Chile fue el foco de una actividad volcánica muy intensa, y, aparentemente, las efusiones se produjeron a lo largo de extensas fisuras ubicadas en la frontera con Bolivia. Cantidades importantes de lavas riolíticas y dasíticas fluyeron hacia el occidente y oriente. Hubo emisión de grandes masas de flujos de cenizas y piroclastos riolíticos rellenando las antiguas depresiones tectónicas y las cicatrices de la erosión, conjuntamente con los sedimentos resultantes de su propia erosión y transporte. Este conjunto del Terciario corresponde a la FORMACION RIOLITICA. Fue creciendo ésta hasta alcanzar la cota de fondo de los portezuelos más bajos de la serranía costera, dando salida al mar y drenaje externo a los sistemas fluviales de Lluta, Azapa, Chaca y Camarones. La costa de entonces estaría retirada muchos kilómetros al poniente de la línea actual.

Durante el Plioceno, sobrevino un intenso diastrofismo regional que afectó a toda la provincia de Tarapacá. La Cordillera de Los Andes se levantó hasta aproximadamente su actual elevación produciéndose una flexura cuyo flanco occidental es la estructura monoclinial de la Formación Riolítica. Uno de los efectos

más importantes de este tectonismo fue el hundimiento de la antigua costa terciaria, originándose la gran pared de falla que es el acantilado poniente de la costa actual. Al mismo tiempo los sistemas fluviales del departamento cortaron sus profundos valles actuales, si bien el Lluta y el Azapa profundizaron sus cauces 30 a 45 m por debajo de sus cotas actuales. Durante el cuaternario, el Lluta comenzó a rellenar su valle inferior, por aumento relativo del nivel del mar. Este ciclo de sedimentación fluvial parece continuar hasta el presente.

En el Pleistoceno Tardío se renovó la actividad volcánica andina en el sector oriental del departamento, dando origen a los volcanes de la puna y a otras manifestaciones volcánicas, que aún perduran con escasa intensidad.

Actividad sísmica. La región que nos ocupa ha sido de gran actividad sísmica, aunque las estadísticas son muy imperfectas. De Arica a Iquique, se produjeron siete catástrofes sísmicas de proporciones en la segunda mitad del siglo pasado.

#### 1.5. CLIMA

De acuerdo con la altitud, en la hoya del río Lluta es posible diferenciar varios tipos de clima que condicionan la vegetación natural y artificial, y por lo tanto el ambiente ecológico de cada región.

La parte más alta de la hoya sobre 4000 m, que corresponde a sectores altiplánicos, goza de un clima frío estepario de altura, caracterizado por diferencias termales muy pronunciadas del día a la noche. En las noches se producen temperaturas extraordinariamente bajas de 10 a 20°C bajo cero. Las precipitaciones son relativamente abundantes en los meses del "invierno boliviano" (Diciembre a Marzo), con un promedio de 330 mm anuales. Estas precipitaciones suelen venir acompañadas de tempestades eléctricas. En los meses de pleno invierno suelen producirse algunas nevazones esporádicas de corta duración y escasa significación en la meseta, e importante para la recarga de las cubiertas de nieve de los volcanes y nevados.

Los registros disponibles para el sector más oriental y medio de la hoya del Lluta, en pleno altiplano, son muy escasos. Las precipitaciones han sido registradas en plazo breve en las estaciones pluviométricas de Visviri, Villa Industrial y Coronel Alcérreca, Puquios, Central y Putre. Todas fueron instaladas en 1962 y se controlan hasta hoy, excepto la segunda que dejó de observarse en 1964.

En el sector altiplánico ariqueño la estadística pluviométrica más completa y fidedigna es la de Parinacota, con 35 años de observaciones casi ininterrumpidas. Según ella el promedio anual en 35 años es de 330 mm; con máximo anual de 561 mm correspondiente al año 1934; el año de menor precipitaciones en el altiplano fue el de 1940 con un mínimo de 85 mm caídos.

La lluvia de mayor intensidad diaria se registra el año 1946 con 39,6 mm en 24 horas.

Los cielos en la puna son despejados en gran parte del año y la atmósfera extraordinariamente seca.

En la Precordillera, a altitudes oscilantes entre los 2500 a los 3600 m el clima es más benigno, lo que permite la práctica de ciertos cultivos resistentes a las heladas, principalmente alfalfa, maíz, papas y otros. Es el caso de los oasis de Putre y Socoroma. Aquí las precipitaciones de verano alcanzan siempre algún significado y permiten el crecimiento de pastos naturales en los cerros vecinos, los que contribuyen en cierta época a la mantención del ganado sin que haya que recurrir a los pastos artificiales. El promedio mensual de temperatura es de unos 14°C en los meses cálidos, y de menos de 9°C en los de frío más intenso (Junio, Julio, Agosto). La sequedad del ambiente sigue siendo un carácter distintivo.

La franja siguiente que se corresponde con la unidad fisiográfica llamada pampa, con altitudes de 1000 a 2000 m s.m., tienen carácter de clima de desierto. Las temperaturas son más benignas aunque siempre con oscilaciones bruscas diurnas y estacionales, con promedios térmicos mensuales inferiores a 18°C.

Aquí ya no se registran precipitaciones salvo en ocasiones excepcionales en que estas adquieren carácter de chubascos. La vegetación natural ciertamente abundante en la caja del río Lluta, a considerable menor cota que la pampa, debe su existencia al río mismo o a las vertientes laterales que a él confluyen. La atmósfera se muestra usualmente despejada y no alcanzan hasta ella, sino por excepción, las camanchacas o neblinas de la franja costera.

La franja costera se caracteriza por un clima desértico de tipo tropical y subtropical absoluto, sin precipitaciones. Las condiciones termales son muy benignas. El efecto moderador del océano es decisivo, permitiendo que las oscilaciones diurnas y estacionales de temperaturas sean muy pequeñas. Fenómeno de importancia regional son las neblinas costeras o camanchacas, de mayor intensidad en los meses de pleno invierno las que penetran al interior de los valles hasta unos 40 kilómetros. Con ellas la humedad relativa alcanza a 70% y 80%.

Para precisar las condiciones meteorológicas del sector bajo del valle del Lluta se dispone de un brevísimo registro establecido en la estación Chacabuco (o KM 25 del F.C.A.B.) en virtud de un convenio de la Dirección de Riego con la Universidad del Norte.

Originalmente en manos del Ministerio de Agricultura, registra temperaturas y evaporaciones desde Septiembre de 1966 a Abril de 1967, fecha en que se interrumpió la observación. Se reproducen en nuestro Cuadro N°1, aunque la Dirección de Riego no los considera confiables.

El registro meteorológico más prolongado se lleva en la ciudad de Arica (Lat.: 18°28'S; Long.; 70°22'W), con estadística de más de 30 años. Bien pueden tipificar los 20 km iniciales, vecinos a la costa, de los valles de Lluta y Azapa.

La temperatura en Arica se mantiene muy uniforme a lo largo del año. La media anual es de 19,9°C; la máxima media es de 22,2°C y la mínima media alrededor de 15,5°C. La máxima absoluta apenas sobrepasa los 30°C y la mínima por rara excepción

C U A D R O N O 1

REGISTROS METEOROLOGICOS EN LA ESTACION CHACABUCO, VALLE LLUTA

(Lat.: 18º 24' S; Long.: 70º 11' W)

T E M P E R A T U R A S (º C)

	Medias Mensuales		Extremas Mensuales		Evaporación (mm)
	Media	Máxima	Mínima	Máxima	
Sept. 1966	15,4	19,3	11,6	22,5	5,2
Oct.	17,5	22,0	12,9	24,8	6,2
Nov.	17,9	21,9	13,9	26,0	7,2
Dic.	20,4	25,2	15,6	26,7	8,4
Ene. 1967	22,1	27,4	16,8	33,2	8,5
Feb.	23,0	28,2	17,9	33,5	8,6
Mar.	21,8	27,0	16,6	29,5	7,6
Abr.	20,4	25,9	14,9	29,0	6,5

Observación: La estadística fue interrumpida por el Ministerio de Agricultura. La Dirección de Riego no considera muy fidedignas las observaciones anotadas.



desciende de 10°C. Hacia el interior del valle, y a 25 km de la costa, las oscilaciones térmicas son un poco más acentuadas según puede verse en el Cuadro Nº1. En Febrero y Marzo, según dicho registro, las máximas absolutas sobrepasaron los 33°C.

Las precipitaciones en el área de Arica son prácticamente nulas, sólo ocurren de vez en cuando con carácter de lloviznas o garúas. Así en 31 años transcurridos desde 1912 a 1942, hubo sólo ocho años en que cayó un poco de precipitación sin que alcanzara a totalizar en el año 10 mm de agua caída. Únicamente en un año de esa estadística la máxima fue de 10 mm (Keller, 1946).

#### 1.6. HIDROGRAFIA

Descripción del curso del río Lluta. La hoya del río Lluta se desarrolla en el extremo norte de Chile, en el sector más boreal del Departamento de Arica, próximo al límite con el Perú. Abarca una superficie total de 3437 km<sup>2</sup> y presenta escurrimiento permanente durante todo el año. Tiene longitud aproximada de 150 km desde el nacimiento del río Caracarane hasta su desembocadura en el O. Pacífico. Sus principales tributarios ubican sus cabeceras sobre los faldeos occidentales de las altas cumbres de la Cordillera Central, relieve de importancia en el macizo andino con elevaciones sobre los 5000 m.

Es el primero de los valles transversales chilenos de la Provincia de Tarapacá, tanto por su posición como por su caudal.

El tributario formativo principal es el río Caracarane que tiene su nacimiento en el flanco sur del Portezuelo de Laguna Blanca, casi en la frontera con el Perú, recibiendo sus principales aportes desde los faldeos orientales del Volcán Tacora (5950) y del Nevado de Chupiquiña (5787) que le sigue inmediatamente al norte, y del faldeo poniente del Cº Caracarane (5190 m).

---

☼ Medida en la carta fundamental de Chile Escala 1:250.000

nivel de la pampa altiplánica, se reúne frente a la estación de Humapalca con el río Azufre que cae desde el occidente. El río Azufre nace en vertientes termales - de las cuales el riachuelo Tacora es la principal - al pie sudponiente del volcán Tacora, junto al establecimiento azufrero de Aguas Calientes. Su cauce natural recorre aproximadamente 20 km en dirección SE. Hoy, como es sabido, el río se encuentra desviado por medio de un canal artificial hasta unos estanques de evaporación construidos sobre la Pampa Titire.

Reunidas las aguas del Caracarane, que es en las actuales condiciones el que aporta más gasto, con el río Azufre, se forma a nuestro juicio el río Lluta. Para otros, continúa con el nombre de río Azufre y así resulta que la Sección Hidrometría de Riego llama impropriamente "Azufre en Alcérreca" a la estación fluviométrica que tiene instalada frente a Alcérreca, antes de la junta de la Quebrada de Allane. Por otra parte, para la carta geográfica oficial escala 1:250.000, este tramo entre Humapalca y Allane conserva el nombre de Qda. de Caracarane.

En el Diccionario Geográfico de Risopatrón se dan informaciones muy vagas de estos ríos y en definitiva no se aclara esta cuestión.

De Humapalca a Allane, el recorrido es de unos 26 km en dirección al SE. Le caen aquí al Lluta desde el nororiente las quebradas de Chuquiananta y Guancarane, que nacen a los pies de los nevados de esos nombres; son de escasa significación.

Unos 10 km aguas arriba del punto llamado Allane en que confluye la quebrada de ese nombre, el río empieza a profundizar su cauce, que venía más arriba a nivel de la pampa, para constituir un grandioso cañón labrado en las tobas riolíticas y en otros sedimentos poco cohesivos que le siguen hacia abajo (el conjunto constituye la Formación Riolítica, del terciario medio a superior). Frente a la Estación Coronel Alcérreca puede apreciarse una altura de no menos de 300 m entre la ceja o borde de la meseta hasta el fondo del río. Aquí, en Allane, el cañón se ensancha y permite que se desarrolle por sus laderas y por el fondo un camino para vehículos (hoy muy destruido) que va desde

Alcérreca a los Altos de Putre.

La Quebrada de Allane le cae al Lluta desde el oriente. Se forma de la reunión de los ríos Allane y Colpitas. Este último nace al pie occidental del portezuelo de las Siete Vueltas si to entre los cerros Luxone y Pacocagua, y es el cauce al cual se vaciaría el río Caquena si se le desviara.

A partir de Allane, el río Lluta ya francamente formado continúa en un cañón cada vez más estrecho con rumbo norte-sur y a 1 km más abajo de Patapatane - un lugarejo de pastoreo donde el Lluta ofrece un vado para la huella tropera Puquios-Putre-, el río entra en una primera franca garganta labrada en la toba riolítica de la Formación Huaylas (Véase SALAS et al. 1966) y desde aquí su talweg se desarrolla en mayor pendiente, con rápidos y saltos.

El próximo ensanche del valle - siempre de proporciones reducidas - se tiene en Jamiralla, punto en el cual se le reúne desde el oriente la Qda. de Putre.

Entre Allane y Jamiralla el río no recibe tributarios de importancia: la quebrada de Huaylas prácticamente con ningún cau dal le cae por el poniente a mitad de camino entre Allane y Patapatane. La Quebrada de Ancolacaya le cae unos tres kilómetros aguas arriba de Jamiralla y le entrega al Lluta por su lado iz quierdo un pequeño caudal apreciado en 30 l.seg de aguas algo sa lobres, que vienen de una vertiente del faldeo NW de los Nevados de Putre.

Casi al frente de la desembocadura de la Qda. de Ancolacaya, en el punto llamado Larancagua, en el flanco derecho del río se ubican unos yacimientos de sulfato de magnesio y aluminio de propiedad de un Sr. Solari. Actualmente está paralizada la ex plotación, pero según me dijo el guía, cuando trabajaba la mina botaba al Lluta las aguas del tratamiento con mucha borra, empe rándolas considerablemente.

En Jamiralla recibe el Lluta por su costado izquierdo u oriente, el importante aporte de la Quebrada de Putre, que nace

de la reunión de varias aguadas a los pies de los Nevados de Putre y riega el oasis de ese nombre.

De Jamiralla a Dos Hermanos, por espacio de unos 10 km el río Lluta desciende con dirección franca al oeste en un cañón de empinada pendiente, matizado con pequeños saltos en un lecho cubierto de grandes bolones que hacen impracticable el tránsito a caballo. En este tramo se le junta siempre por el flanco izquierdo la Qda. de Socoroma, último aporte de aguas superficiales que recibe el Lluta.

Desde Dos Hermanos paulatinamente el valle va disminuyendo la pendiente y ensanchándose, iniciándose en Chironta, a 73 km de Chacalluta, lo que podríamos llamar el curso inferior del río que corresponde al sector con "Agricultura de valle".

En Chironta recibe el Lluta por su lado norte la quebrada de erosión de ese nombre, que habitualmente no le aporta caudal. Por tener las cabeceras en la meseta alta, sólo escurre en época de intensas lluvias. En Vilacollo desciende por el mismo lado la Qda. de Palmani, de análogas características que la anterior. En Milluni, 4 o 5 km aguas abajo de la desembocadura de la Qda. Palmani avanza hacia el valle el gran cono de ese nombre, impresionando como un deslizamiento de grandes proporciones. El cono está cortado por un cauce seco, aunque parece que en sus cabeceras había antiguamente algunas vertientes que habrían aprovechado los indígenas que habitaron el pueblo antiguo de Milluni, sito sobre el cono.

Más abajo recibe el Lluta por su lado sur o izquierdo dos grandes quebradas secas que tienen sus orígenes en el flanco occidental de la Sierra de Huaylillas. En efecto, inmediatamente arriba de Chapisca llega la Qda. de Chaquire, y más abajo de Molinos, la de Boca Negra. Un camino internacional de primera clase actualmente en construcción precisamente subirá por esta quebrada hacia la sierra después de dejar atrás el valle del Lluta. Esta de Boca Negra, cuya desembocadura está en el fondo de ese nombre a 43 km del puente Chacalluta, es la última quebrada afluente del Lluta, y seguramente a ella están ligadas las vertientes laterales que aportan agua relativamente contaminadas al Lluta

en ese sector. Desde aquí al mar el río divaga describiendo meandros muy amplios en un valle cada vez más ancho, de pendiente general del 2%. En Chacalluta los sedimentos aluviales alcanzan gran extensión confundiendo con las arenas eólicas y otros sedimentos costeros de la pampa de Chacalluta.

El escurrimiento subterráneo. Varias vertientes incrementan las aguas del Lluta en su curso medio-inferior. Una de las más notables es la vinculada a la Q. de Chaquire con la que se riega el sector de Chapisca. Según nuestro guía don Teófilo Medina, agricultor del lugar, el agua de ella es de mucho mejor calidad que la del río Lluta.

Otras vertientes notables, que no hemos reconocido son las de los sectores Boca Negra y Lopendía. La primera aportará unos 30 l/seg al Lluta, pero se capta para los cultivos del Fundo Boca Negra. Las aguas fueron muestreadas por el Prof. Angel Rodríguez y su análisis revela una alta conductividad (sobre 2700 M Mohs); índice SAR 4,5; alto boro de 17 a 20 PPM.

Los análisis de la vertiente de Lopendía muestran condiciones parecidas aunque menos severas: Conductividad 2370 a 2500 M Mohs; SAR = 3,7 a 4,6; boro 14 a 19 PPM.

Según J. Karzulovic (1968) la explotación de aguas subterráneas mediante sondajes en el valle del Lluta no existe ni tampoco hay buenas expectativas para ello. Sin embargo, existen numerosas norias de profundidad promedio de 6 a 8 m, o drenes poco profundos que alimentan canales de regadío.

Características hidrológicas de los afluentes del sistema. Las características hidrológicas de los principales ríos de la hoya se describen a continuación.

Río Caracarane. Debido a la altitud en que se desarrolla su curso, el régimen de gastos se caracteriza por una gran variabilidad diurna. Así, en el invierno, sus aguas están congeladas hasta las 10 o las 11 de la mañana, hora en que empieza el deshielo en forma violenta, acentuando paulatinamente el gasto del río.

Algunos aforos practicados antes de su junta con el Azufre para formar el río Lluta, revelan gastos muy variables que van desde 255 l/seg a 641 l/seg. En nuestro viaje de Julio de 1968 a esta zona aforamos el Caracarane en esta estación el día 26 a las 10 AM, aforo que arrojó un gasto de 179 l/seg, al que correspondía una altura de agua de 0,20 en el limnómetro.

Por su calidad, las aguas del río Caracarane son tal vez las mejores del sistema hidrográfico. La muestra obtenida el 26 de Julio de 1968 a las 10 AM, puso de manifiesto una conductividad de 1190 M Mohs; un índice SAR = 2,0; contenido de boro de 1 PPM y arsénico de 0,05 PPM. El pH es ligeramente alcalino con un valor de 7,4.

Anteriores muestreos en las corridas de 1960 y 1961 señalaban características químicas similares aunque un poco más severas, correspondientes a una clasificación de  $C_3 - S_1$ .

Río Azufre. Una vez formado de la reunión de varias vertientes en el faldeo del Vn. Tacora, el río en la actualidad está canalizado en un cauce artificial y desviado hacia unos pretilos en la pampa de Titire. El gasto de este río antes de su junta con el Caracarane es bastante constante, de unos 30 a 50 l/seg.

Las condiciones químicas de las aguas del río Azufre, aún con las Azufreras de Tacora paralizadas, o sea, superado el problema de contaminación por relaves y otros, son y han sido las peores del sistema del Lluta.

El análisis de una muestra obtenida en el actual canal de desviación del río Azufre arrojó una elevada conductividad de 20000 M Mohs; un índice SAR de 4,4; contenido de boro de 44 PPM y de arsénico 3,05 PPM. El pH de 1,9 revela un agua extraordinariamente ácida. Los análisis anteriores acusan cifras tan desalentadoras como éstas.

---

☼ Todos los análisis químicos de las muestras colectadas por nosotros se detallan en planillas adjuntas.

☼ Hay aforos esporádicos de Agosto de 1966 a Julio de 1968; no se sabe bien si fueron hechos con el río desviado o no. Nos inclinamos a creer esto último.

En las condiciones actuales de río desviado, el cauce original logra reunir antes de la junta al Caracarane un gasto de 12 a 15 l/seg que se une a éste para formar el río Lluta. Este pequeño aporte es de mejor calidad en todos los índices, que el grueso del río Azufre.

Río Allane. Mal llamado Colpitas por la Dirección de Riego. De acuerdo a la breve estadística que hemos reconstituido en el capítulo dedicado a la Hidrología, aporta al río Lluta en el lugar de Allane un gasto de  $0,53 \text{ m}^3/\text{seg}$  en el año 50%, en tanto que en el mismo año tipo el gasto que tiene el Lluta (mal llamado Azufre) es de  $0,86 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

El gasto máximo que ha registrado la estadística en su breve período de seis años de observación, es de  $11 \text{ m}^3/\text{seg}$  sólo una vez en Febrero de 1963, indudablemente un valor extraordinariamente excepcional. El gasto mínimo se presentó en Enero de 1965 con  $0,100 \text{ m}^3/\text{seg}$ , cifra también excepcional.

El 26 de Julio a las 12:30 horas el gasto aforado por nosotros fue de  $0,410 \text{ m}^3/\text{seg}$  correspondiente a una altura limnométrica de 0,38 m.

El análisis de la muestra de agua simultánea al aforo reveló una conductividad de 2310 M Mohs; índice SAR de 7,4; contenido de boro de 15 PPM; arsénico de 0,30 PPM; pH = 7,3. Según el esquema de clasificación del U.S. Salinity Lab. se califica esta agua de C<sub>4</sub> - S<sub>2</sub>.

Estos resultados están de acuerdo con los resultados anteriores conocidos por los trabajos de L. Zambrano y B. Urrutia (1961) y del Prof. Angel Rodríguez. Todos los análisis revelan que las aguas de la Q. Allane son alcalinas y fuertemente contaminadas de boro.

Esta circunstancia nos movió a conseguir muestras de los ríos Colpitas antes de su junta a la Q. de Allane; y de esta última antes de su confluencia con aquélla, en un intento por dilucidar cual de ellas es la portante del ión boro en cantidad nociva. La muestra N96202 obtenida gracias a la gentileza del geólogo

C. Emparán el día 18.7.66 en la Q. de Allane antes de la confluencia al Colpitas demuestra que sus aguas son ligeramente alcalinas con pH 7,7; conductividad de 2930 M Mohs; SAR 9,3 y contenidos de boro 27 PPM y arsénico de 0,38 PPM.

La muestra N°6207 obtenida por el mismo intermedio el mismo día en el Colpitas propiamente tal, acusa una conductividad menor que aquella, de 1900 M Mohs; SAR 4,6; contenido de boro de 15 PPM y de arsénico de 0,17. Demuestran estos análisis que el agua de la Qda. Allane es la peor de entre los dos, pero ambas son malas por el boro.

Por otra parte, una muestra analizada del río Colpitas en las inmediaciones del poblado homónimo ordenada extraer a un habitante de ese sitio, arrojó conductividad de 2230 M Mohs; SAR de 7,7; boro de 13 PPM y As de 0,46 PPM. El sitio preciso de la extracción no lo conocemos.

Se comprueba una vez más a través de este muestreo último que es la Qda. Allane el que aporta al Lluta la mayor cantidad de boro, lo que impone la necesidad imperiosa de hacer un reconocimiento muy prolijo de este tributario, en busca de una solución que favorezca al Lluta.

Quebrada de Putre. Las aguas de Putre se originan en bofedales y vertientes en el flanco sur y suroeste de los Nevados de Putre. Solo la Q. de Ancachi, que tributa a la de Putre más abajo de los campos de cultivo viene del flanco oeste de ese cordón.

Las aguas son tomadas por canales que las distribuyen en los distintos sectores de cultivo de Putre (aproximadamente totaliza 600 Há). Los derrames y "filtros" de estos riegos descienden por las quebradas de Taipicagua, Chilcacagua, Asiruni, Parque lleque, Alguacifa y Ancachi para formar un solo cuerpo que baja finalmente por la Qda. de Putre. Casi al llegar al río Lluta, en Jamiralla, se riegan otros cultivos de alfalfa, de 1/2 Há de extensión.

El aforo que practicamos en la Q. de Putre en Jamiralla el día 17 de Junio de 1968 a las 10:30 hrs. dio un gasto de 324

l/seg. El análisis de la muestra de agua simultánea al aforo acusa una conductividad total de 2130 M Mohs; índice SAR de 4,3; pH de 6,9; contenido de boro de 13 PPM y de arsénico de 0,41 PPM, todo lo cual permite calificar estas aguas de la Q. de Putre como  $C_3 - S_1$  y de peligrosas por los iones de boro y arsénico.

El aforo en el río Lluta en Jamiralla, aguas abajo de la desembocadura de la Q. de Putre, realizado el 17.6.68 a las 9:15 hr. arrojó un gasto de 1937 l/seg. Las condiciones químicas del agua del Lluta en este punto se pueden sintetizar en los siguientes términos: conductividad 1570 M Mohs; SAR 3,5; pH 7,2 ; boro 9 PPM y As 0,08 PPM.

Quebrada de Socoroma. La quebrada de Socoroma nace en el cordón sin nieves, que separa por el sur la hoya del Lluta de la del río Seco, afluente formativo del San José o Azapa. Tiene un desarrollo de 30 km. Antiguamente los sembríos de Socoroma (2950 m s.n.m.) se alimentaban con aguas desde Putre, pero en un juicio los putreños cortaron esta arteria, limitando a un mínimo los recursos propios de este oasis de precordillera. Se riegan en Socoroma alrededor de 60 Há. En Coca, último lugar de cultivos a una hora de a caballo de Socoroma, el gasto excedente de derrames y "filtros" totaliza 25 l/seg, según el aforo que practicamos el día 18.6.68 a las 13:30 hr. El gasto de la quebrada de Socoroma ha sido ya en este punto incrementado con los excedentes de la Qda. de Aroma.

El agua en Coca, que es la que recibe por su izquierda en definitiva el Lluta como último aporte superficial, es de calidad  $C_3 - S_1$ , con una conductividad de 1480 M Mohs; índice SAR 0,7; contenido de boro de 2,0 y de arsénico 0,30. El pH es de 6,8. Dentro de las calidades de las aguas del Lluta, estas son de las mejores.

Las aguas de la Qda. de Aroma, que muestreamos en el cruce del sendero tropero Socoroma-Putre el 18.6.68 a las 16:20 hr. acusa una clasificación de  $C_3 - S_1$  con conductividad total de 1060 M Mohs; SAR 0,9; ión boro de 1,0 PPM y 0,0 de arsénico, con un pH de 4,3. Vale decir, estas aguas son ácidas y es el ión sulfa-

C U A D R O. N O 2

HOYA DEL RIO LLUTA

Aforos practicados por H. Niemeier en

Junio y Julio de 1968

Corriente	Estación	Día	Hora	Gasto (m <sup>3</sup> /seg)	Lect. limnómetro (m)
Río Caquena	Sección artificial de aforo (futura bocatoma)	15-VI -68	13:00	1,22	0,61
Qda. Putre	Jamiralla	17-VI -68	10:30	0,324	-
Río Lluta	Jamiralla	17-VI -68	9:15	1,940	0,42
Qda. Socoroma	Coca	18-VI -68	13:30	0,025	-
Río Lluta	Chironta	24-VI -68	14:30	1,700	-
Río Allane	"Colpitas en Alcérreca"	26-VII-68	12:30	0,410	0,38
Río Lluta	"Azufre en Alcérreca"	26-VII-68	13:30	0,629	0,27
Río Caracarane	Humepalca	26-VII-68	10:00	0,179	0,20

to el más sobresaliente, de ahí el gusto ácido-amargo que da el nombre a la quebrada.

Río Lluta. Tanto los caudales como la calidad del agua del río Lluta son variables en el curso de su recorrido. Así, el Lluta en Alcérreca ("Azufre" en Alcérreca según Riego), antes de la confluencia del Colpitas tiene un gasto anual en el año 50% de  $0,86 \text{ m}^3/\text{seg}$  y pasada la confluencia, de  $1,40 \text{ m}^3/\text{seg}$ . La precisión de estas cifras es muy escasa debido a la cortedad de la estadística.

El río "Azufre" contribuye en Allane con 61% del gasto, entre tanto que la Qda. de Allane aporta el 39%.

En la sección de aforo de Tocantasi, de importancia básica en este estudio, las cifras que caracterizan el régimen del río Lluta - obtenidas de la estadística de 18 años - son las siguientes para distintos tipos de años:

Mes	<u>Tipo de año</u>		
	10%	50%	85%
	G.M.M. ( $\text{m}^3/\text{seg}$ )		
Enero	4,70	2,55	1,57
Febrero	6,80	3,30	1,92
Marzo	6,60	3,10	1,63
Abril	2,90	1,95	1,39
Mayo	2,65	1,90	1,45
Junio	2,68	1,95	1,47
Julio	2,60	2,00	1,64
Agosto	2,18	1,75	1,50
Septiembre	2,04	1,65	1,42
Octubre	1,85	1,45	1,23
Noviembre	1,70	1,40	1,22
Diciembre	2,02	1,58	1,35
Año	3,23	2,05	1,48

Las visualizamos en el Gráfico N°1.

# RIO LLUJA EN TOCONTASI

GASTOS MEDIOS MENSUALES CORRESPONDIENTES A DISTINTOS TIPOS DE AÑO  
(m<sup>3</sup>/seg)

8 — Q<sub>mm</sub> (m<sup>3</sup>/seg)

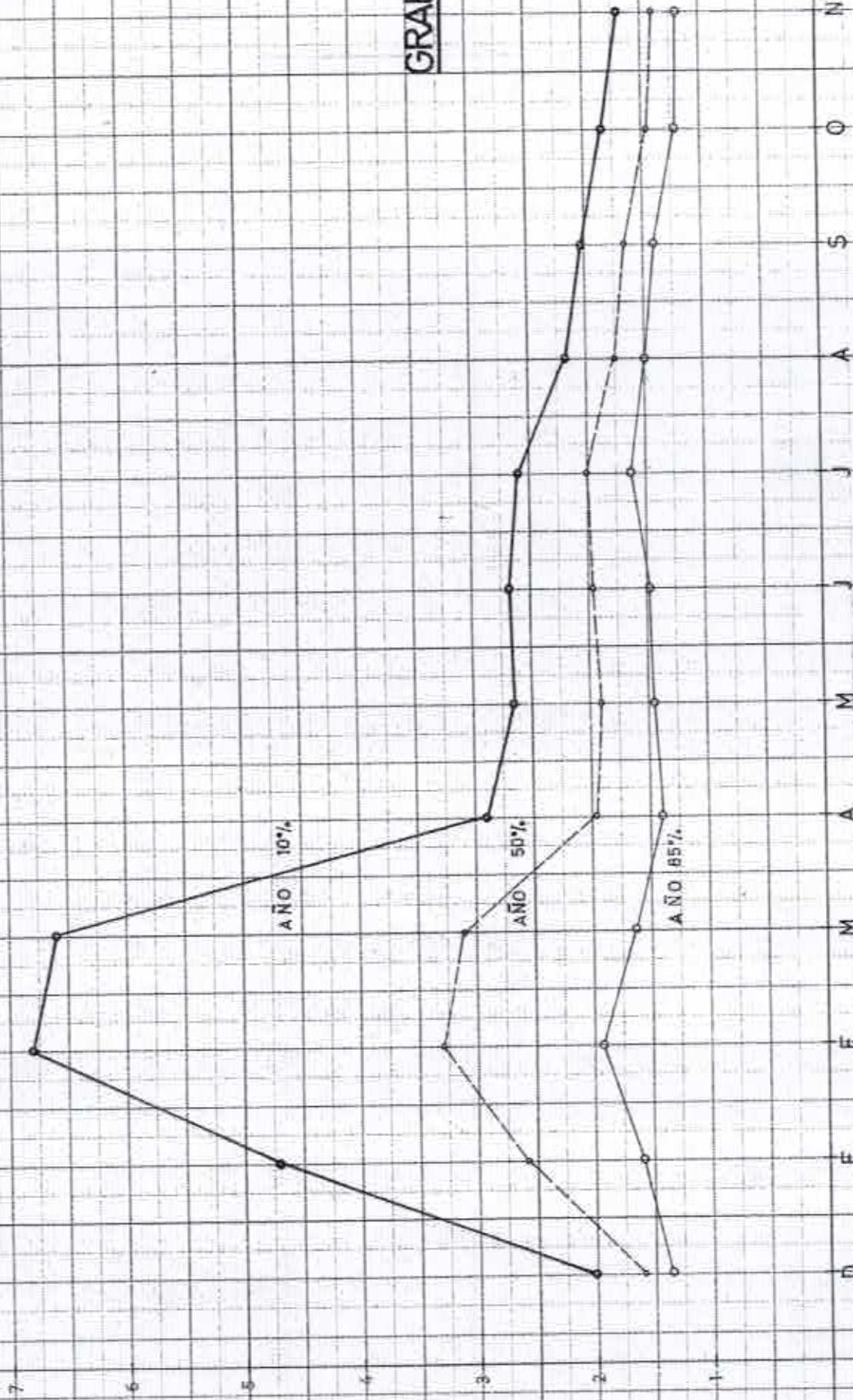


GRAFICO Nº1

# RIO LLUTA EN TOCONTASI

GASTOS MEDIOS MENSUALES CORRESPONDIENTES A DISTINTOS TIPOS DE AÑO

(m<sup>3</sup>/seg)

6  
5  
4  
3  
2  
1

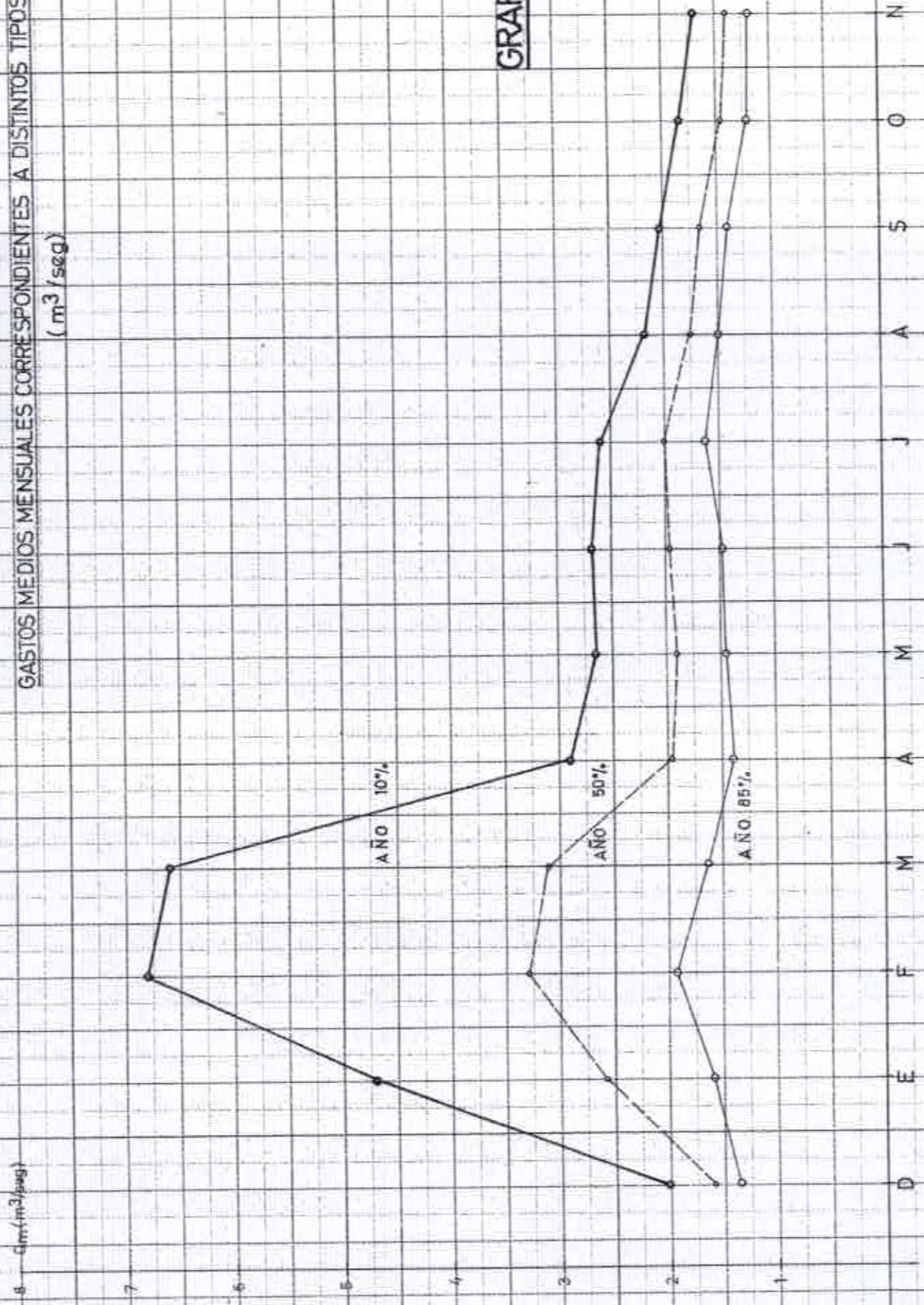


GRAFICO Nº1

Las crecidas controladas son escasas. En el registro limnigráfico de Tocantasi aparecen gastos máximos de 20 a 23 m<sup>3</sup>/seg con una y dos horas de duración registrados seis y cinco veces respectivamente.

La calidad química del agua del Lluta la comentamos en capítulos apartes.

En cuanto al arrastre sólido del Lluta, no se dispone de ningún dato al respecto, a pesar de que es imprescindible en el estudio del tranque.

### 1.7. LA VIDA SILVESTRE

Vegetación. En las estepas frías de la puna prosperan pastos duros llamados genéricamente pajonal, paja brava o guilla (*Ishus*, *Stipa* sp.) que contribuyen a la alimentación de los rebaños de llamas y alpacas y a la conservación de auquénidos silvestres (guanaco y vicuña). Sin embargo, estas especies consiguen su mejor alimento de las gramíneas que constituyen los hofedales o vegas, que como alfombras vegetales cubren las depresiones regadas y las cajas de los ríos. Importante como combustible es la yareta (*Lauretia acaulis*), formación compacta de umbelíferas resinosas que crecen en las faldas de los cerros altos, sobre los 3800 m s.m. junto a las piedras. La tola, voz de origen quechua con que se designa a arbustos resinosos y fragantes de gran profusión en las pampas y faldeos suaves de la puna de las provincias de Terapacá y Antofagasta y también de la precordillera. Corresponde a la familia de las compuestas y los géneros más abundantes son *Baccharis* y *Parastrephia*.

La única especie que en la altura se puede considerar arbórea es la queñua o queñoa (*Polylepis incana*). Crece en los faldeos más protegidos de los altos cerros de la puna, a los 4000 m y en las cabeceras altas de las quebradas de la precordillera. Su tronco se usa para construcción, para hacer carbón y la hojarasca que cubre los troncos, para infusiones en reemplazo del té.

En la franja más baja, correspondiente a la precordillera crecen innumerables especies de hierbas y arbustos en-

tre los cuales debe destacarse la Taj-taja (una compuesta); la Llaullinca (Diplostegium meyenii); la Yara (Dunalia lycioides); la Pupuña (Balbisia microphylla); una enredadera llamada viz-viza (Muchlenbeckia thamnifolia); la Chinchircoma (Mutisia friesiana); el tomatillo (Solanum chilense); y en los sectores más húmedos, la chilca (Baccharis sp.).

En las laderas ásperas de los cerros, a alturas algo más bajas, entre 2300 a 2700 m s.m. luce sus caprichosas ramificaciones el cardón, una cactácea de mucha significación económica en tiempos prehispánicos, coloniales y aún más recientes. Su madera proporcionaba buen combustible, tablas para las construcciones, y mangos para herramientas de labranza. Es el famoso (Cereus atacamensis Phil.)

Desde Jamiralla hacia río abajo, en el fondo del río crecen especies arbóreas de cierta importancia. Tales son el huacano (Myrica pavonis DC.); la chalcsa (Escallonia angustifolia Presl.) y el Chari (Myrica pavonis), que es el arbusto portador de las flores femeninas de la especie. Abundante en los cursos de agua es la cortadera (Cortadera speciosa).

Más abajo, tal vez desde el campamento Dos Hermanos, se hace presente en el valle de Lluta el pimiento boliviano (Schinus molle); el sauce amargo (Salix chilensis Mol.) y hierbas que crecen en lugares húmedos, como la totora (Ippa angustifolia); la yerba del platero (Equisetum xylochaetum), la brea (Thesaria absinthioides) y juncos.

En el valle de menor altura prospera la grama salada (Distichlis spicata Green) invadiendo los campos húmedos y salinos. Es el principal enemigo de los drenes cerrados de la Colonia Julio Fuenzalida.

Fauna. La fauna de mamíferos propia de las estepas frías de Los Andes en el sector altiplánico de Arica está bastante extinguida o relegada a rinconadas de poco tránsito. Particularmente es escasa en la hoya superior del Lluta debido al continuo pasar de los trenes del Ferrocarril Arica-La Paz y a la

frecuencia del hombre en esos parajes. Las especies silvestres de auquénidos, el guanaco (Lama huanacus Mol.) y la vicuña (Lama vicunna Mol.) son los de mayor importancia económica, ambos en vías de extinción. A esta disminución de las especies contribuyen en gran medida los propios encargados de resguardar la veda, es decir, los carabineros, y no pocos destrozos en la vida silvestre causan los miembros del ejército, especialmente los oficiales que aprovechan sus armas de largo alcance para cazar.

La vizcacha (Lagidium viscacia) es frecuente en los sectores pedregosos o en los riscos. La chinchilla (Chinchilla lanigera), un roedor de gran importancia económica buscado por su valiosa piel, otrora era abundante, según el decir de los antiguos. Hoy está prácticamente extinguida y la especie se la conserva y reproduce con bastante dificultad en cautividad. En Putre, la Junta de Adelanto de Arica mantiene un criadero.

En pampas arenosas del altiplano prospera la sarteneja o sarteneja (Ctenomys sp.).

La avifauna, sobre todo la de hábitos acuáticos, tiene rica representación en varias especies. La más grande de las aves es el suri o avestruz de Tarapacá (Pterocnemid penna-ta tarapacensis), también está bastante desaparecida de la hoya superior del Lluta. La perdiz de cordillera o kiula (Tinamotis pentlandi) es de gran tamaño y de carne muy preciada; la tortolita cordillerana (Zenaida boliviana); aves de rapiña como el cóndor, águila y aguiluchos. Esto, aparte del jilguero cordillerano o canario de la cordillera (Spinus uropygialis) y de una gran variedad de avecitas.

De las aves acuáticas, las más notables son la tagua gigante o ajoya (Fourlica gigantea) que construye sus nidos con ramas y pastos en el interior de las lagunas; el flamenco o parina, de vistosos matices rosados; el gaviotín de cabeza negra propio de las alturas (Larus serranus) que le disputa el nido a las ajoyas; el huairavo (Nycticorax nycticorax).

Siempre en parejas se ve en los bofedales del altiplano a la guallata o piuquén (Chloëphaga melanoptera) como un ganso silvestre. Varias especies de patos, entre las cuales uno pequeño que los naturales llaman ungalli.

En la precordillera de Arica la fauna de mamíferos se enriquece con el venado, que allí llaman JORONA (Hippocamelus chilensis antisimensis), y que causa bastante perjuicio en los sembríos de alfalfa a donde penetra al atardecer; con el puma (Concolor puma); con el gato montés "romano", llamado TITE por los naturales; el zorro (Pseudalopex culoeus); el hurón.

Merece destacarse en las proximidades de Putre, la presencia en los cerros de burros cimarrones o alzados que por largo tiempo han sido abandonados por sus dueños o incluso se han reproducido en libertad. Estos en las noches entran en los campos alfalfados produciendo un cuantioso daño.

En las aguas de la Qda. de Putre nadaba un pato de color grisáceo que el guía nombró Chillumpe.

#### 1.8. ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN LA CUENCA DEL LLUTA. VIALIDAD

Las actividades agropecuarias en la hoya del Lluta pueden dividirse en atención a su ubicación geográfica, que condiciona el clima, en tres sectores bien diferenciados. En la parte alta de la hoya con elevaciones cercanas a los 4000 y más m s.n.m., sobre las pampas altiplánicas, se practica la crianza de auquénidos, llama y alpaca. Los pequeños pueblos indígenas de Tacora y Colpitas viven de dicha actividad. Los pastos duros, especialmente la paja brava (ishus) y las gramíneas que forman los "bofedales" en las cajas de los ríos proveen el alimento para el ganado. El riego artificial sólo se practica para impregnar dichos bofedales. No conseguimos antecedentes frescos respecto al número de cabezas de auquénidos en la hoya alta del Lluta. El Censo Agropecuario de 1965 indica para el distrito de General Lagos un total de 11.168 cabezas de auquénidos y 3750 de ovinos.

En la zona de precordillera, donde florecen los pueblos de Putre (3660) y Socoroma (3500) se cultivan especialmente la alfalfa, el orégano, algún grano (especialmente el maíz). Se cría ganado vacuno y lanar, y animales de servicio.

El pueblo de Putre cuenta con una población cercana a 500 habitantes, y una superficie regada en sus alrededores que se estima actualmente en 600 Há. La comunidad está empeñada con ayuda del Plan Andino en reemplazar los corrales caseros, individuales, por corrales comunes ubicados estratégicamente de modo que el ganado recorra trayectos más breves para guardarse en la noche. En el distrito de Putre en 1965 había 704 vacunos; 6004 ovinos; 98 porcinos; 2146 auquénidos y 200 aves de corral.

Siete u ocho vertientes dan vida a Putre y sus nombres se confunden a veces con los respectivos sectores que ellas riegan. Por orden de importancia ellas son: CUBRIMANI que riega los sectores de Chuca, Marcapampa (sector principal bajo el pueblo) y Moro Cruz; el Pago de LLUSCUMA que riega parte de la pampa de Lluscuma; LLANCOMA riega el sector de Marcapata (sector alto del pueblo), ANCACHI, riega el sector agrícola del mismo nombre, que es el más bajo de Putre; pago de SAJATA, riega el rincón de Sajata; Pago de SURUNCHI, riega los sectores de Surunchi y Llacha; Pago de TOJONI, muy pobre de agua, riega los sectores de Tojoni y Aviñita; canal de VILACAUURANI (= lugar de llamas rojas), riega los campos de Asiruni (= lugar de culebras), Perquelleque y Vilacaurani.

Seis cruces o calvarios emplazados sobre las cumbres de los cordones de cerros que rodean a Putre velan para que los espíritus tutelares sean propicios a la comarca, especialmente a las cosechas. Se llaman: el Calvario, Tiviliri, Vilacollo, Surunche, Petacani y La Barranca.

En verdad en Putre no existe el agudo problema de agua que tienen otros pueblos precordilleranos y quizás si su expansión se vea más bien limitada por espacio que por recursos hidrológicos. La impermeabilización de canales y corrección de trazados puede aumentarlos considerablemente. Tampoco las aguas acusan grave contaminación de sales. Al final todos los derrames y

sobrantes se reúnen aguas abajo de los campos cultivados para constituir la Quebrada de Putre y vaciarse al Lluta en Jamirlla.

El acceso motorizado a Putre se consigue en la actualidad por un camino que baja del altiplano, el que conecta con el camino de tierra que de Arica conduce al Portezuelo de Chapiquiña. Hay otro camino en construcción, de carácter internacional, que aparta del anterior en Zapahuira, pasa por los Altos de Socoroma y por los Altos de Putre, para salir a la región altiplánica en las inmediaciones de Parinacota y Chungará, luego a territorio de Bolivia por el Paso de Tambo Quemado.

Un camino un tanto abandonado, sobre todo en el sector que atraviesa el valle del Lluta, es el que une la estación de Coronal Alcérreca con los Altos de Putre. Desciende unos 300 m en Allane para vadear el río Lluta, vuelve a ascender y toma los faldeos ponientes de los Nevados de Putre hasta empalmar en la vecindad de las Cuevas de Putre con el otro camino que viene de Portezuelo.

Varios caminos de herradura comunican Putre con los pueblos vecinos. Tal vez el de más importancia sea la senda Putre-Socoroma, que se recorre en tres horas. Otro sendero lleva de Putre a Jamirlla. De éste aparta un sendero que conduce a la estación de Puquios por el vado de Larancagua, sobre el Lluta. Cuando el río viene crecido y el vado de Larancagua no es practicable el camino para Puquios debe alargarse un tanto y vadearse el río por Patapatane.

Hacia el oriente y a los Nevados de Putre se dirigen varias sendas que coinciden en parte con los trazados camineros actuales.

Socoroma es un pueblo muy pintoresco a 2950 m s.m., de calles empedradas, que se levanta en la margen izquierda de la quebrada del mismo nombre, que es el último afluente superficial del Lluta. Los cultivos de alfalfa, orégano y maíz se disponen sobre las laderas de la quebrada en un recorrido a lo largo de ésta unos cinco kilómetros. El último punto accesible cultivado

es Coca, a una hora de a caballo más abajo que Socoroma.

La población de Socoroma es de unos 200 habitantes y su desarrollo se ve limitado especialmente por falta de agua. Antiguamente Socoroma recibía agua desde la Cuenca de Putre a través de un largo canal, pero los putreños le hicieron la guerra, a tal punto de privar a Socoroma de este importante recurso.

El Censo Agropecuario de 1965 señala para el distrito de Socoroma una cantidad de ganado distribuida así: 190 vacunos, 1131 ovinos, 56 porcinos, 75 auquénidos y 145 aves de corral.

Sus paños cultivados totalizan 284,6 Há según el Censo Agropecuario de 1965. Según informe de Eduardo Infante de 1960, sería de 50 Há. Nosotros la estimamos en 60 Há bajo cultivo.

La quebrada de Aroma (Jaruma = agua amarga) se junta a la de Socoroma aportando un pequeño caudal de agua acidulada y algo contaminada por sales.

Fenómeno de mucha importancia en Socoroma y que ha tenido repercusiones serias en su economía, es un colosal corrimiento de cerro entre las quebradas de Aroma y Socoroma, el que continúa hasta hoy con el resultado de producir un taco en el curso de la quebrada de Aroma. El corrimiento se genera de sur a norte y ha estrechado la Qda. de Aroma al chocar el macizo deslizante contra el cordón rocoso que sirve de flanco derecho a dicho cauce. El trastorno económico para Socoroma proviene de que uno de los canales fundamentales de riego descendió y se rompió, dejando en seco los campos de cultivo frente al pueblo, del lado opuesto de la quebrada.

Parece que este fenómeno se inició en 1934 (Infante, Edo., 1960).

La tercera región agrícola del Lluta, que es la de mayor significado económico, se extiende por unos 60 km por el fondo del valle desde Sora, en el interior, hasta Chacalluta en la costa. Antiguamente existían paños cultivados más al interior de Sora, en los sectores de Tiñare, Challallapo, Sausine, Milluni, Arancha, Buena Vista, Vinto, Iquecta, Vilacollo y Chironta, úl-

timo lugar de cultivos. Estos terrenos fueron abandonados a raíz del deterioro del agua. Hoy sus propietarios, en general de escasos recursos, hacen esfuerzos por explotar nuevamente algunos paños, debido al mejoramiento experimentado por la calidad de las aguas con la desviación del río Azufre y la paralización de la Azufrera del Tacora, y de la explotación del sulfato de aluminio y otras tierras minerales en Larancagua.

El sector más inferior del valle desde Rosario hacia el mar con unos 25 km de longitud y extensión de más de 2000 Há, es de menor valor agrícola debido a la mala calidad del suelo.

Aquí se ubica la Colonia Julio Fuenzalida que formó la Caja de Colonización Agrícola (hoy Corporación de la Reforma Agraria). Comprende una superficie aproximada de 1550 Há divididas en 31 parcelas, provistas de una eficiente red de drenaje artificial que ha mejorado notablemente las condiciones agrícolas de la Colonia.

Consisten los drenes en tubos de concreto de 0,50 m de diámetro, enterrados, dispuestos transversalmente al valle, espaciados cada 50 m. Desembocan en colectores longitudinales u oblicuos que finalmente caen al cauce del río. La crítica más seria que cabe hacer es que las aguas del drenaje, cargadas de sales se emplean en el riego de sectores inferiores, con el consiguiente deterioro agrícola. Además presentan la dificultad que la greda salada los obstruye, sobre todo en terrenos mal cultivados o abandonados temporalmente. El sector que le sigue, hasta la localidad de Molinos cuenta con terrenos de mucho mejor calidad que el anterior. Puede decirse que es ésta la parte agrícola más fecunda del valle del Lluta. Se ubican en ella la Colonia PURO CHILE, de CORA, Pocón Chile, Lependía, Lindero, Churiña, Boca Negra y Molinos.

La superficie arable del valle inferior del río Lluta totaliza unas 2500 a 3000 Há, de las cuales se hallan cultivadas 1660 Há. (Véase Guiliucci, M., 1967 - Anexo Nº3) con la siguiente distribución:

Alfalfa	250 Há
Maíz	1100 "
Trigo	70 "
Varios	240 "
	<hr/>
	1660 Há

El censo de 1942 (Keller, C., 1946) comprendió una superficie total de 4618 Há incluyendo 1215 Há de pantanos, terrenos salinos o estériles. Del total se consideraba arable o cultivada en los diez años antecesores, 2077 Há. El censo de 1965 dio 4707 Há como suma de la superficie territorial en manos de particulares y de Cora.

Las plantaciones forestales en hileras, a lo largo de alambrados y caminos son de importancia. Las especies forestales más comunes son el sauce amargo, el pimiento boliviano o molle, el ciprés (hay más de 1000) y el eucalipto. De los árboles frutales alguna significación alcanza el olivo.\*

En lo que se refiere a la ganadería, no obstante la importancia de los cultivos de alfalfa y otras empastadas, la dotación de ganado en el valle es muy baja. Se reparte entre vacunos, caballares y mulares, ovejas, cabríos y porcinos. La situación actual según el Censo Agropecuario de 1965 en el valle del Lluta es la siguiente:

Vacunos	:	319
Ovinos	:	2255
Porcinos	:	744
Caprinos	:	252
Animales de corral	:	10171

El acceso al valle del Lluta desde Arica se consigue por un excelente camino de primera clase pavimentado hasta el Puente Chacalluta, de 14 km de longitud. A lo largo del valle y a partir de dicho punto se encuentra en construcción un camino pavimentado también de primera clase que es parte del futuro camino internacional a Bolivia.

El tramo, cuyo movimiento de tierra está prácticamente ejecutado, y en parte con asfalto, va desde el Puente Chacalluta hasta la desembocadura en el valle de la Quebrada de Boca Negra. A partir de este punto, continúa remontando por el valle un camino de tierra que se mantiene en condiciones regulares hasta Mo-

\* C. Keller. "El Departamento de Arica" p. 122

linos, y francamente malo hasta Sora.

Sora es el extremo práctico del camino para vehículo motorizado. Desde dicho punto hasta el campamento Dos Hermanos es susceptible de transitarse solo a caballo por un sendero que sigue el fondo del valle cruzando varias veces el río. Más arriba no hay acceso.

### 1.9. DEMOGRAFIA

El valle del Lluta nunca ha sido muy intensamente habitado ni se levanta en él una ciudad de importancia. Según el Censo Agropecuario de 1965, en el valle del Lluta vivían 610 habitantes de los cuales la mayoría son hombres. Esta población se ha mantenido más o menos estable desde entonces a la fecha. Según catastro de Cora, citado por Guiliucci, M., 1967, existen en el valle del Lluta 85 agricultores, de los cuales 29 son colonos de CORA y 56 en el resto del valle.

La población obrera está integrada por 85% de bolivianos, 10% de chilenos y 5% de otra nacionalidad.

En el pasado la población del valle del Lluta y también la de Putre era un poco mayor que la actual según se desprende de los estudios de C. Keller (1946). De acuerdo con esta fuente se tenía:

<u>Valle del Lluta</u>	Años				
	<u>1876</u>	<u>1885</u>	<u>1920</u>	<u>1930</u>	<u>1943</u>
Población agrícola	1466	1074	1386	823	956
Población del Ferrocarril	--	--	820	577	692
Putre	993	1108	1295	1470	1110

El crecimiento demográfico de la ciudad de Arica ha seguido un ritmo vertiginoso desde la creación del puerto libre. Según el censo de 1943 (C. Keller, 1946) la población de la ciudad de Arica era de 12.939 habitantes. El censo de 1960 arrojó la cifra de 43.344 habitantes y a Junio de 1968 la Dirección General de Estadísticas y Censos estimaba la población en poco más de 70.000 habitantes.

## II. ANALISIS TOPOGRAFICO Y GEOLOGICO DE LAS ANGOSTURAS

De las angosturas examinadas como posibles ubicaciones de tranque sobre el río Lluta mismo, haremos a continuación un comentario, ordenándolas desde aguas arriba hacia valle abajo. Se acompaña el plano general de levantamientos de las tres angosturas seleccionadas por nosotros, y de sus respectivas cubetas, en escala 1:1000. En él van las curvas de capacidad y volumen de muro vs. cota. Además, se acompañan aquí como Graficos 2 y 3.

### 2.1. ANGOSTURA DE PATAPATANE ( 3350 m s.n.m.)

Aguas arriba de Patapatane no existe sobre el río Lluta o sus afluentes punto alguno en el cual se pueda pensar como de ubicación de un tranque.

La ANGOSTURA DE PATAPATANE se ubica 1000 m más abajo del vado de ese nombre. Aquí una huella tropera atraviesa el Lluta para unir la estación de Puquios a Putre. Corresponde a un lugarejo de pastoreo situado a unos 15 km aguas abajo de Allene, a 3350 m de elevación. En el sector de Patapatane el valle del Lluta tiene algo de anchura (30 a 50 m de base) si se compara con el estrecho cañón que le sigue río abajo, y una pendiente de 2 a 3%. Más abajo de la garganta el río aumenta la pendiente y avanza a saltos.

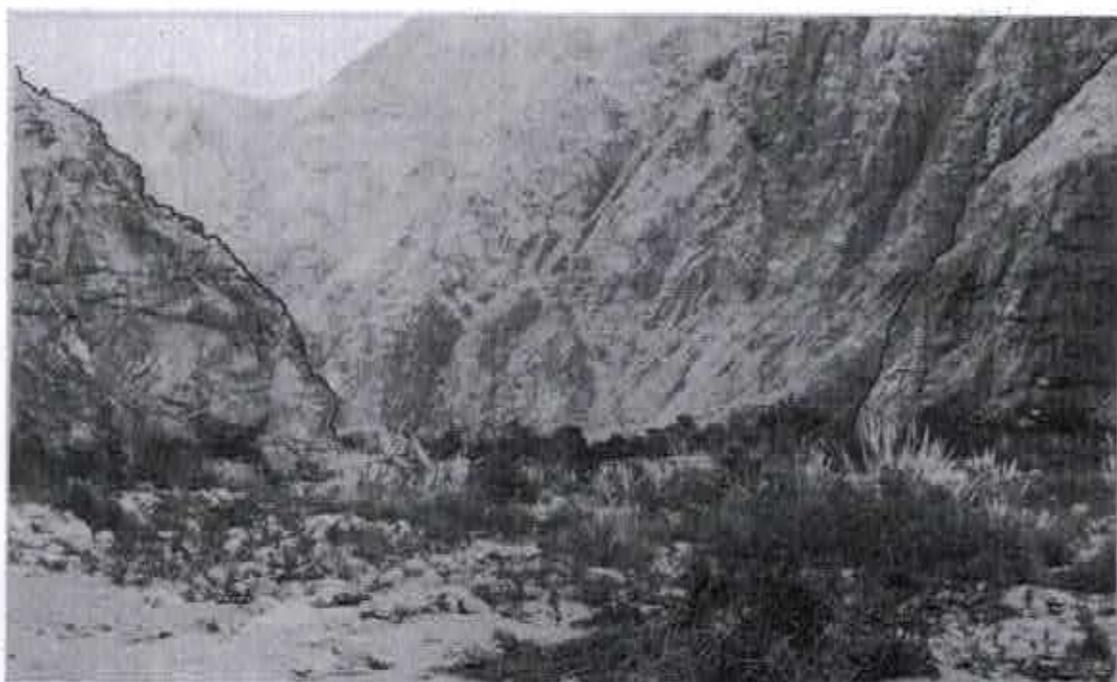
La angostura está labrada en roca liparítica, en el contacto de las formaciones Oxaya y Huaylas. La roca es blanda y cohesiva. (Véase C. Emparán, 1967, informe reproducido en Anexo NQ2).

Desde el punto de vista topográfico la garganta es muy favorable para un tranque rockfill, o uno de hormigón en arco. Tiene en la base unos 12 m de ancho, paredes de 70º con la horizontal, y 40 m de boca a una altura de 45 m sobre el fondo.

Sin embargo, una cubicación a ojo de la cubeta, suponiendo una pendiente muy favorable del 2%, un exagerado ancho medio de 100 m y una altura útil de tranque de 50 m, da:

$$V = \frac{1}{2} \cdot 50 \times 2500 \times 100 = 6.250.000 \text{ m}^3$$

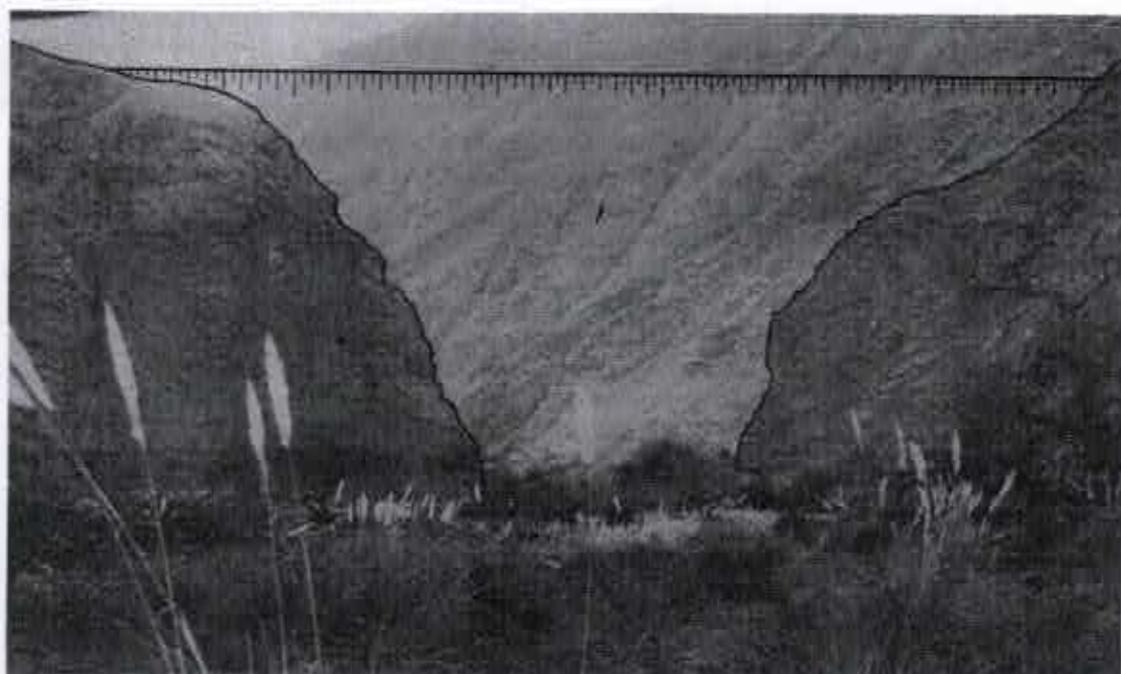
170.



DER.

**1** VALLE DEL RIO LLUTA  
PRIMERA ANGOSTURA: "IQUECTA-VILACOLLO"

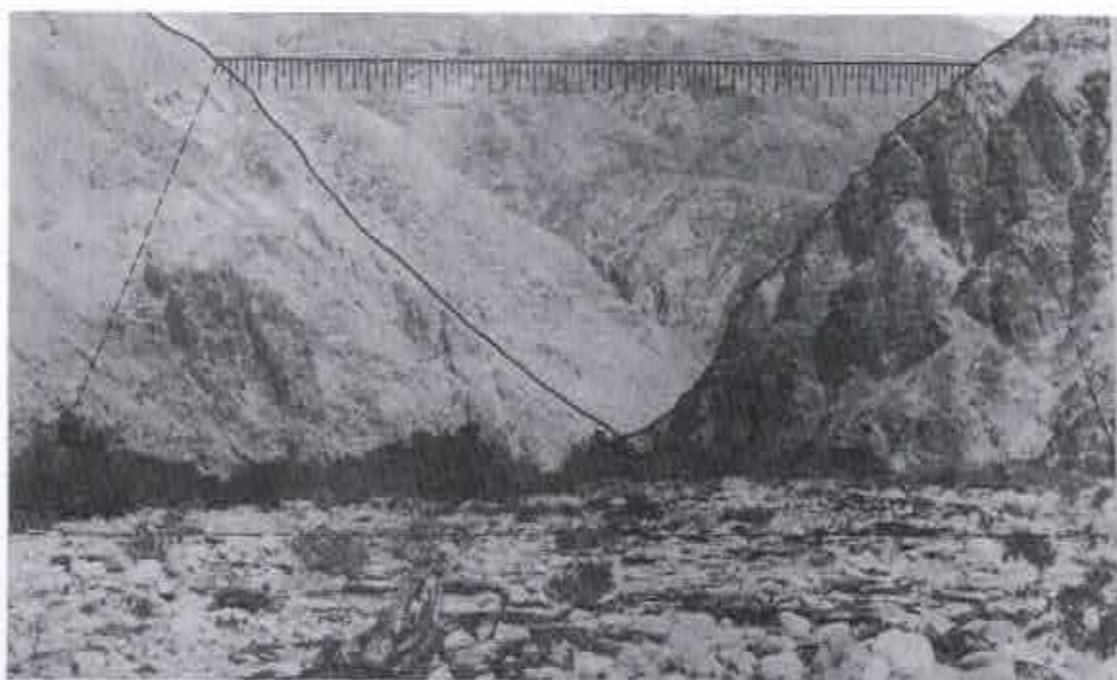
171.



DER.

**2** VALLE DEL RIO LLUTA  
SEGUNDA ANGOSTURA: "CHIRONTA-VILACOLLO"

IZO.



DER.

**3** VALLE DEL RIO LLUTA  
TERCERA ANGOSTURA: "CHIRONTA"



**4** VALLE DEL RIO LLUTA. SISTEMA DE DIACLASAS DE  
LA PARED NORTE DEL PLUTON GRANODIORITICO  
SEGUNDA ANGOSTURA

Se ve que la escasa capacidad de la cubeta descarta esta angostura como solución a la regulación del río Lluta. Por otra parte, la roca liparítica de la angostura se considera alterable por el agua debido al contenido de sales solubles. Está además, muy expuesta a los deslizamientos como lo demuestran sectores vecinos en las fotografías aéreas.

## 2.2. ANGOSTURA DE JAMIRALLA (2450 m s.n.m.)

Se ubica a 500 m aguas abajo de la confluencia al Lluta de la Qda. de Putre, a 2450 m s.n.m.

Está labrada en roca de una serie sedimentaria metamórfica, probablemente de edad mesozoica. Tiene la angostura un sector inferior trapecial de 20 m de base con altura de unos 15 a 20 m; hacia arriba se expande con paredes a 30 y 350.

La cubeta, con pendiente de 3% (optimista), ancho medio de 100 m y altura de muro de 50 m, cubicaría menos que el tranque anterior, siendo por lo tanto descartable sin mayor análisis.

## 2.3. ANGOSTURA DE CHIRONTA (3<sup>ra</sup> Angostura levantada) (1650 m s.n.m.)

Del sector inferior del valle del Lluta, ésta es la primera angostura que podía considerarse aceptable para una posible solución de tranque. Queda comprendida en el sector del valle del Lluta ocupado por el gran batolito de granodiorita, "roca maciza, dura, impermeable, en general poco fracturada y en algunas partes medianamente fracturada; no presente alteración por meteorización ni tampoco hidrotermal; en sus afloramientos está sana y fresca. Posee sistemas de diaclasas bien definidas y persistentes". (Véase C. Emparán, 1967).

Se ubica en un punto intermedio entre la desembocadura de la Qda. de Chironta en el río Lluta y la angostura (2<sup>da</sup>) que separa los sectores agrícolas de Chironta y Vilacollo, a unos 70 km del mar. No fue considerada por C. Emparán en su informe.

Se hizo aquí un levantamiento taquimétrico, tanto de la zona de muro como de la cubeta. Desgraciadamente las pare-

des de la angostura son tan escarpadas que con mucha dificultad se consiguieron algunos puntos de relleno en la zona de muro. Hubo que recurrir a tomar puntos por triangulación.

Características topográficas se sintetizan como sigue:

Ancho basal	:	75 m
Taludes de paredes	:	1:1 y 3:5
Ancho a la altura 70 m sobre el piso	:	185 m

Se caracteriza geológicamente por la presencia en las paredes de granodiorita de una doble red de diaclasas: una se orienta en el sentido del valle, buceando hacia el poniente. La otra familia es casi perpendicular a ésta. La opinión del Ing. Juan Karzulovic, respondiendo una consulta nuestra, es que en ningún caso sería ésta un impedimento para la construcción de un tranque, pues se espera que las diaclasas estén soldadas hacia el interior o rellenas con materiales que produzcan la impermeabilidad necesaria. Según él, todos los macizos plutónicos presentan características semejantes, y fue muy notorio en el Tranque Rapel subsanándose el inconveniente sin gran costo.

Pensamos que la solución más viable en cuanto a tipo de tranque sería el rockfill con taludes aguas abajo de 1,6: 1 y aguas arriba de 1,5:1; ancho de coronamiento de 6,0 m.

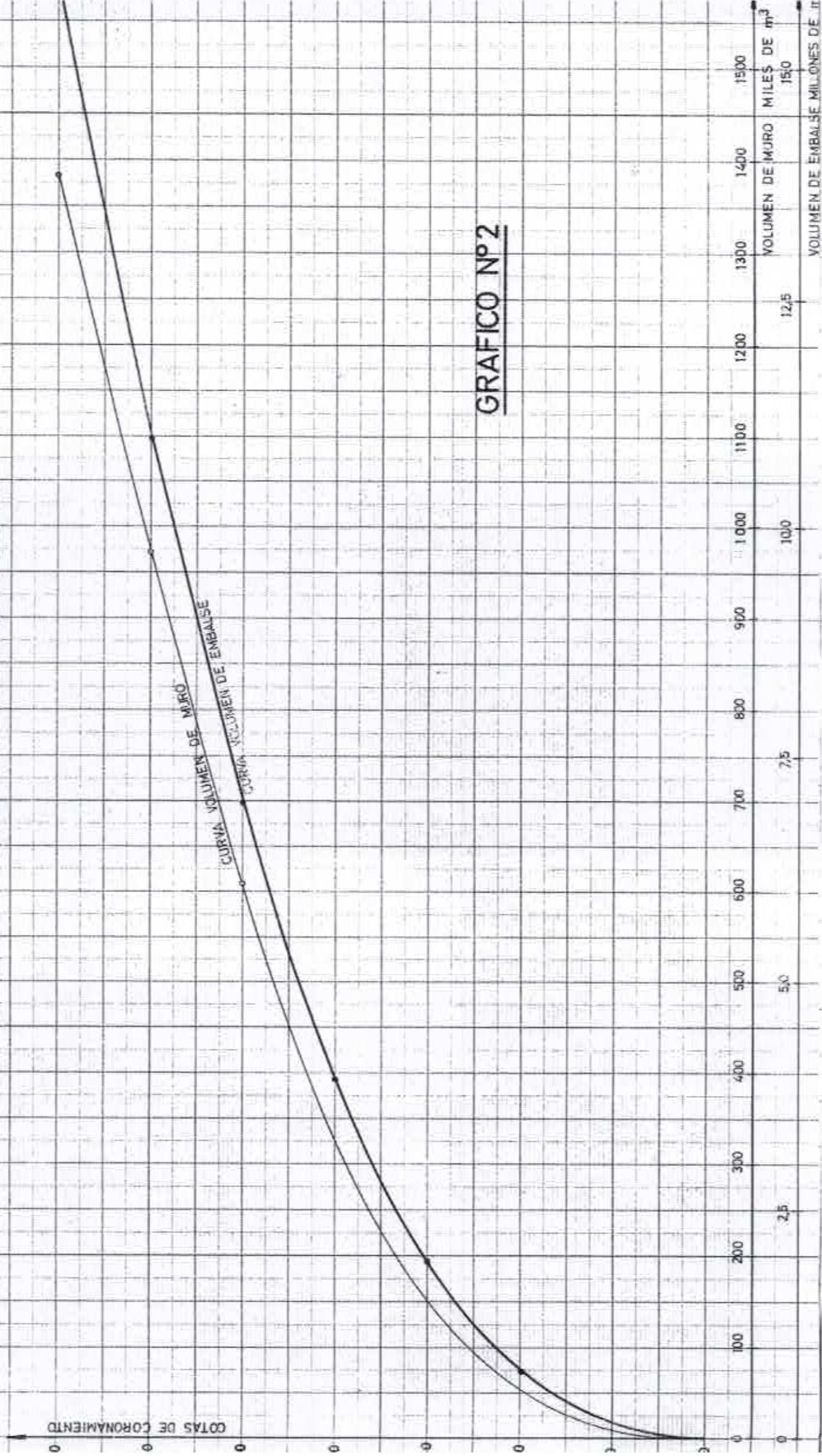
No se excluye sin embargo, la posibilidad de un tranque de tierra.

De las curvas de capacidad y de volumen de muro y considerando una revancha de 3,0 m, resultan relaciones agua:muro de 12,3:1 , 13,2:1 y 13,2:1 para alturas de muro de 50, 60 y 70 m respectivamente (Véase cuadro general aquí adjunto de datos obtenidos de las curvas que acompañan los levantamientos), con capacidades útiles 7, 11 y 16 millones de m<sup>3</sup>.

#### 2.4. ANGOSTURA VILACOLLO-CHIRONTA (2<sup>da</sup> Angostura) (1600 m s.n.m.)

Separa las dos expansiones del valle, la de Vilacollo que es la de aguas abajo y la de Chironta, de aguas arriba.

**ESTUDIO DEL VALLE DEL RIO LLUITA**  
**CURVAS DE VOLUMEN DE MURO Y CAPACIDAD-PANGOSTURA**



**GRAFICO Nº 2**

# ESTUDIO DEL VALLE DEL RIO LLUITA

CURVAS DE VOLUMEN DE MURO Y CAPACIDAD

2º Y 3º ANGOSTURAS

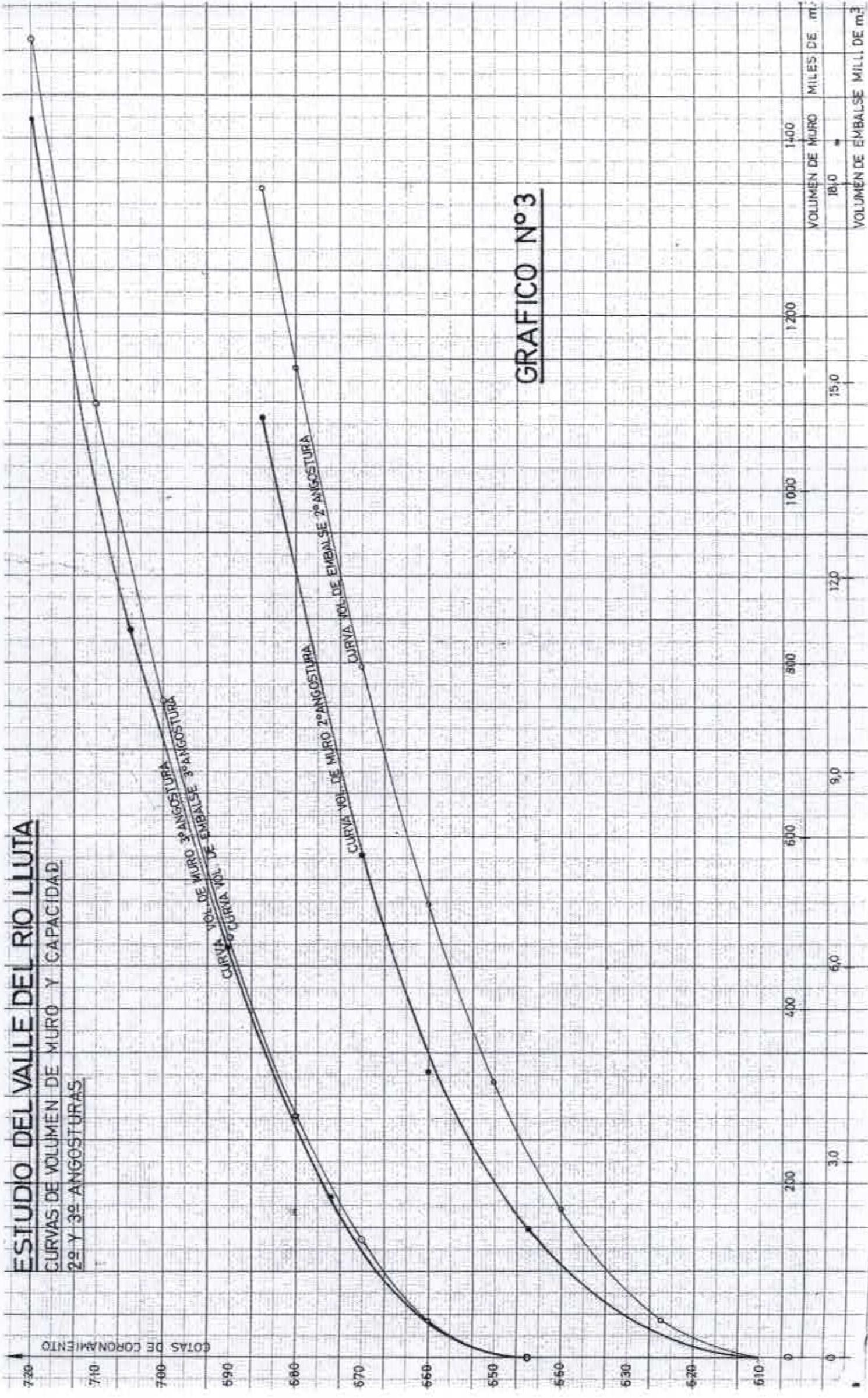


GRAFICO Nº 3

VOLUMEN DE MURO  
MILES DE m³  
18,0

VOLUMEN DE EMBALSE  
MILLI. DE m³  
1400

C U A D R O N°3

COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS DE TRANQUES ROCKFILL EN RIO LLUTA

(Revancha de 3,0 m)

Capacidad

Angostura	Altura Muro (m)	Total mill. de m <sup>3</sup>	Util mill. de m <sup>3</sup>	Volumen Muro (miles de m <sup>3</sup> )	Relación Agua:muro
-----------	--------------------	----------------------------------	---------------------------------	--	-----------------------

a) Altura fija de tranque

1 <sup>ra</sup>	50	6,98	6,00	609	9,9: 1
2 <sup>da</sup>	50	6,97	6,00	328	18,3: 1
3 <sup>ra</sup>	50	8,16	7,08	575	12,3: 1
1 <sup>ra</sup>	60	10,99	9,70	973	10,1: 1
2 <sup>da</sup>	60	10,61	9,24	577	16,0: 1
3 <sup>ra</sup>	60	12,36	11,04	839	13,2: 1
1 <sup>ra</sup>	70	15,95	14,25	1.380	10,3: 1
2 <sup>da</sup>	70	14,76	13,50	900	15,1: 1
3 <sup>ra</sup>	70	17,04	15,60	1.180	13,2: 1

b) Capacidad fija de tranque

1 <sup>ra</sup>	60,5	11,10	10,00	1.100	9,1: 1
2 <sup>da</sup>	60,0	10,50	10,00	575	17,4: 1
3 <sup>ra</sup>	56,0	10,50	10,00	725	13,8: 1
1 <sup>ra</sup>	65,0	13,30	12,00	1.125	10,7: 1
2 <sup>da</sup>	66,0	13,28	12,00	800	15,0: 1
3 <sup>ra</sup>	62,0	13,20	12,00	900	13,3: 1
1 <sup>ra</sup>	70,5	16,40	15,00	1.375	10,9: 1
2 <sup>da</sup>	73,0	16,26	15,00	1.000	15,0: 1
3 <sup>ra</sup>	69,0	17,10	15,00	1.125	13,3: 1
2 <sup>da</sup>	83,5	22,00	20,00	1.360	14,7: 1
3 <sup>ra</sup>	77,5	21,60	20,00	1.532	13,0: 1

Corresponden a antiguos sectores agrícolas que desde muchos años atrás fueron abandonados. Se identificaría con el N° 3 del informe geológico del I.I.G.

Queda 900 m aguas abajo de la 3<sup>ra</sup> Angostura (Chironta).

La garganta que nos ocupa tiene un ancho basal de 40 m de pie a pie del cerro; taludes de 4:3 m en ambas laderas; 250 m de ancho a la altura de un muro de 70 m.

También se halla en el macizo de granodiorita, y presenta como la anterior un bien desarrollado sistema de diaclasas, del cual como se dijo, no habría que preocuparse mayormente. En este caso las diaclasas son más abiertas y profundas que en la anterior angostura.

La profundidad de la zirca fundamental, o sea, el espesor del relleno fluvial del valle, es imposible de predecir. Se estima en 30 a 40 m.

Un inconveniente presenta esta angostura. Inmediatamente aguas arriba de ella, en la ladera sur o izquierda existe un macizo depósito de barro, producto de una avalancha descendida por una quebradita lateral sumamente empinada. Si el fenómeno se produjera con el tranque construido pondría a nuestro juicio en peligro la obra. La repetición del fenómeno es sin embargo, muy poco probable.

De acuerdo con las curvas de capacidad y volumen de muro, y considerando como antes el proyecto de un tranque rock-fill de análoga geometría, la relación agua:muro resulta ser la más favorable. En efecto, a igualdad de alturas de muros se cumplen las relaciones 18,3:1, 16:1 y 15:1.

## 2.5. ANGOSTURA IQUECTA-VILACOLLO (1<sup>ra</sup> Angostura)(1500 m s.n.m.)

Dos kilómetros aguas abajo de la 2<sup>da</sup> angostura se estrecha nuevamente el valle en un afloramiento de la granodiorita, para separar los sectores agrícolas de Vilacollo e Iquecta. Se identifica con la N°2 del informe geológico de Emparán.

Las condiciones geológicas son las mismas que las de las anteriores angosturas, no existiendo el peligro de la quebradilla que amenaza a la 2<sup>da</sup> angostura.

Las condiciones topográficas son las siguientes: ancho basal, de pie a pie del cerro: 70 m; taludes de las paredes: 1/1 y 12/7; ancho a la altura del coronamiento correspondiente a un muro de 70 m: 260 m.

La relación agua a volumen de muro es muy baja debido quizás al avance en el valle del cono de deyección de la quebrada de Palmari. Por esta causa topográfica esta angostura tendría que ser descartada frente a las otras dos, que compiten en relación agua:muro. Para las alturas de muro consideradas de 50, 60 y 70 m se obtienen relaciones 9,9:1, 10:1 y 10,3:1, respectivamente.

#### 2.6. ANGOSTURA DE SAUSINE O MILLUNI

Esta angostura parece corresponder con la que el geólogo C. Emparán llamó "uno". Está constituida por rocas de la llamada formación Sausine. No presenta ventajas topográficas respecto a las de más arriba y sí, muchos inconvenientes de orden geológico que el autor ha analizado: su proximidad a la falla que produjo la flexura de la Formación Oxaya y el hecho de que en esta área haya numerosas otras fallas que podrían eventualmente reactivarse. Además, escombros de faldas y el enorme cono de deyección de Milluni podrían deslizar al remojarse con el embalse.

En resumen es poco aconsejable la construcción en ella de una presa.

#### 2.7. ANGOSTURA DE BOCA NEGRA ( 850 m s.n.m.)

Sobre esta angostura, que se halla situada aguas arriba de la hacienda Boca Negra, a unos 44 km al interior del valle del Lluta, existe un informe desfavorable del ingeniero E. Rowe. Es producto de una visita al terreno efectuada por dicho autor en 1962 a quien acompañamos en esa ocasión. En

Anexo N°1 se copia dicho informe.

La angostura tiene alrededor de 100 m de ancho al nivel del fluvial moderno y se extiende entre el faldeo norte del valle y una puntilla que avanza hacia el Norte desde el faldeo sur. En pocos kilómetros aguas arriba y aguas abajo de la garganta, los taludes exhiben una estratigrafía dividida en dos miembros claramente diferenciados. El miembro inferior termina hacia arriba a unos 10 m por encima del relleno fluvial reciente y se compone de rocas sedimentarias bien consolidadas, mayormente argiscas y limolitas que podrían corresponder a la facie sedimentaria inicial de la formación liparítica. El miembro superior es claramente volcánico y corresponde a la Formación Liparítica, incluyendo una facie inferior de conglomerados basales que sobreyacen a las areniscas del miembro inferior.

Por otra parte, estima el autor del informe citado que la puntilla sur es el escombro de un gran deslizamiento del miembro superior, que avanzó hacia el sur cerrando el valle por completo y sepultando probablemente un antiguo cauce del Lluta. Da las varias razones que le asisten para afirmar este origen.

En cuanto a los suelos de fundación, el Ing. Rowe señala la presencia en las angosturas de un piso constituido por ripios arenosos recientes dispuestos en lentejas más o menos permeables que rellenan una hondura probable de 10 a 15 m excavada por el Lluta posterior al deslizamiento en las rocas sedimentarias. Los estribos de la presa, sobre el nivel de esas rocas se apoyarían en suelos volcánicos cuya estabilidad, después de saturados, frecuentemente es muy baja. Un ensaye de desintegración (slaking test) le reveló que son muy sensibles a la saturación desintegrándose violentamente.

En resumen, descalifica la angostura por motivos de orden geológico.

## 2.8. ANGOSTURA SUPERIOR

En esa misma oportunidad el Ing. Rowe visitó otro posible sitio ubicado entre Tocontasi y Chapisca, aguas abajo de

la desembocadura de la Qda. de Chaquire. La llama "Angostura Superior". Dice respecto a ella que "no presenta ninguna ventaja topográfica, porque las laderas del valle no conforman ninguna angostura". Además, teme a las avalanchas de la Qda. de Chaquire. Respecto al aspecto geológico, dice que "el piso del valle principal tiene unos 250 m de ancho, y, sus escarpas laterales exponen los conglomerados fluviales de la Formación Liparítica, fuertemente disectados por fallas de rumbo Norte-Sur, rellenas de material brechoso permeable". Queda, pues, descartado todo intento de tranque en este punto.

## 2.9. TRANQUES LATERALES

En la esperanza de hallar ubicaciones de tranques laterales, se recorrieron a caballo las quebradas de Putre, Socoroma, Huayla, etc. y se divisaron otras como la de Ancolacaya que es paralela a la de Putre y baja unos pocos kilómetros aguas arriba de ella en el curso superior del río Lluta. Todas presentan fuerte pendiente, cajones estrechos y ninguna condición para tranque.

En el curso medio se remontó la Qda. de Palmani con esa misma intención.

Finalmente se hizo un reconocimiento aéreo de las quebradas de Chaquire y Boca Negra, que son las que en el curso medio tienen mayor desarrollo. Estas quebradas tienen sus cabeceras en los faldeos occidentales de la Sierra de Huaylillas y se desarrollan con gran pendiente en la formación Oxaya (tobas ignimbríticas, brechas y areniscas volcánicas, de carácter riolítico) y más abajo en la Formación Azapa (Secuencia de origen continental, correspondiente a conglomerados, limolitas y arcillolitas). Ninguna de las dos formaciones es atractiva para construir un tranque, ni hay condiciones adecuadas para una cubeta. Además, un canal alimentador resultaría extraordinariamente caro por lo escarpado de la ladera izquierda o sur del valle, por donde iría su trazado.

### III. ESTUDIO HIDROLOGICO

#### 3.1. ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

La Dirección de Riego del M.O.P. controla en la actualidad las siguientes estaciones fluviométricas en la hoya del río Lluta, numeradas desde valle arriba. Sólo la de Jamiralla controla ENDESA.

- 1) "Colpitas en Alcérreca". (18900' L.S.; 69943' L.W.; 3251 m s.m.). Ubicada sobre la Quebrada de Allane inmediatamente aguas arriba de su confluencia al Lluta en el sitio llamado Allane. El nombre de la estación es erróneo, pero para no introducir confusiones lo seguimos respetando. Dispone de instalación de limnógrafo. La sección natural del río es bastante variable y poco confiable.
- 2) "Azufre en Alcérreca". (18900' L.S.; 69943' L.W.; 3251 m s.m.). Ubicada sobre el río Lluta antes de la junta de la Qda. de Allane. Erróneamente a nuestro juicio, se le da el nombre de Azufre a este sector del río Lluta. En todo caso, como antes, conservamos el nombre con que se le conoce en la Sección Hidrometría de Riego. Dispone de limnógrafo y es una sección natural del río.
- 3) "Lluta en Alcérreca". (18900' L.S.; 69943' L.W.; 3251 m s.m.). Sección de aforo premunida sólo de limnómetro, situada inmediatamente después de la confluencia de la Qda. de Allane en el Lluta. Sección natural.
- 4) "Lluta en Jamiralla". (18915' L.S.; 69939' L.W.; 2380 m s.m.). Es una excelente instalación a base de carro de aforo, limnómetro y limnógrafo controlada por Endesa desde 1966; la sección es natural, un poco explayada y lleno su fondo de bolones. Sería deseable construir aquí una sección artificial aprovechando los elementos ya instalados, aunque queda bastante a trasmano de las rutas habituales.

- 5) "Lluta en Tocontasi". (18023' L.S.; 69055' L.W.; 1000 m s.m.) Se trata de una sección artificial construida por la Dirección de Riego, preparada con canalización doble desde Diciembre de 1962: un canal central para gastos normales, y uno más grande que incluye al anterior para gastos de crecidas. A su costado derecho se encuentra un limnógrafo que parece que se embanca con cierta frecuencia.

Antes de la fecha indicada y desde 1946, los gastos se medían mediante un limnómetro en una sección natural bastante variable. En los años 1958 a 1960, la estación no funcionó porque el río escurrió por un brazo antiguo no controlado.

-----0-----

Otras secciones de control esporádico mediante afloros aislados son las de los ríos Azufre y Caracarane en base a vertederos y limnómetros frente a Humapalca; y la del río Lluta en Chacalluta, de poca utilidad en este estudio.

### 3.2. ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

Las estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la hoya del río Lluta son de reciente creación, por lo que sus registros ayudan poco en el estudio hidrológico. Ellas son:

- 1) Visviri (17037' L.S.; 69030' L.W.; 4067 m s.m.) Mide precipitaciones diarias desde 1962, controlada por la Oficina Meteorológica de Chile.
- 2) Villa Industrial (17047' L.S.; 69045' L.W.; 4059 m s.m.) Mide precipitaciones diarias desde Enero de 1962 hasta Diciembre de 1964.
- 3) Coronel Alcérreca (17059' L.S.; 69050' L.W.; 3870 m s.m.) Precipitaciones diarias desde Enero de 1962 hasta hoy. La controla la Oficina Meteorológica de Chile.

- 4) Puquios (18013' L.S.; 69050' L.W.; 3728 m s.m.) Controlada por la Oficina Meteorológica de Chile. Corre desde Enero de 1962 hasta hoy.
- 5) Central (18022' L.S.; 69058' L.W.; 1481 m s.m.) Se ubica en sector de pampa desértica, donde no hay precipitaciones.
- 6) Chacabuco (18024' L.S.; 70011' L.W.; 310 m s.m.) Es una estación meteorológica montada por la Dirección de Riego en 1966 y entregada al Ministerio de Agricultura en Arica para su manejo. Esta institución la abandonó en Mayo de 1967 y sólo en fecha reciente se continuarán en ella las observaciones en virtud de un convenio con la Universidad del Norte.
- 7) Putre (18012' L.S.; 69035' L.W.; 3530 m s.m.) Montada el año 1962 en el pueblo de Putre. Está en funcionamiento hasta la fecha.

-----0-----

Fuera de la hoya del Lluta, está montada la estación pluviométrica más antigua del altiplano de Arica. Nos referimos a la estación de:

- 8) Parinacota (18012' L.S.; 69020' L.W.; 2360 m s.m.) Instalado un pluviómetro en 1933 en el pueblo de Parinacota, cercano a las nacientes del río Lauca, permaneció allí hasta 1960. La lectura la practicaba el personal de carabineros. En Septiembre de 1960 dicho pluviómetro fue trasladado por la Dirección de Riego al campamento de Chucullo, donde fue instalado en Noviembre de ese año. En 1961 fue restituido a Parinacota donde sigue hasta la fecha.

### 3.3. ESTADISTICAS FLUVIOMETRICAS

De acuerdo con las estaciones fluviométricas citadas anteriormente, se dispone de las respectivas estadísticas que a continuación comentamos y transcribimos:

- 1) "Lluta en Alcérreca". La estadística de gastos medios mensuales data de 1962 y se dispone de gastos calculados hasta 1966. El año 1962 está completo; el año 1963 carece de observaciones en cuatro meses; 1964 sólo tiene observaciones en sus cuatro primeros meses; en cambio 1965 carece de observaciones en los cuatro primeros meses y está completo sólo de Mayo a Diciembre. El año 1966 carece de observaciones en Agosto y Septiembre. Los dos últimos años, 1967 y 1968, no se han calculado de los rollos limnigráficos. Véase Cuadro N°4.
  
- 2) "Azufre en Alcérreca". El "río Azufre en Alcérreca" cuenta con estadística parecida a la anterior, desde 1962 a 1966. Así, el año 1962 está completo; 1963 tiene cuatro meses en blanco; 1964 sólo lleva observaciones en los dos primeros meses y en los dos últimos meses; 1965 se presenta completo y el año 1966 tiene observaciones sólo en el primer semestre. Véase Cuadro N°5.
  
- 3) "Colpitas en Alcérreca". La estadística del "río Colpitas en Alcérreca", viene desde Diciembre de 1961 hasta Septiembre de 1967, con serias interrupciones intermedias. El año 1962 está completo; el 1963 tiene interrupciones de cuatro meses; el año 1964 tiene cuatro meses seguidos sin observaciones; el 1965, tres meses saltados sin lecturas; el año 1966 tiene lecturas completas. El año 1967 tiene gastos medios calculados hasta Septiembre con dos meses de interrupciones. Véase Cuadro N°6.
  
- 4) "Lluta en Jamiralla". Data de Noviembre de 1966, calculada por ENDESA hasta 1967. El año 1968 aún no ha sido procesado. La curva de descarga está basada en ocho aforos, desde Diciembre 1966 a Agosto de 1968. Véase Cuadro N°7.
  
- 5) "Lluta en Tocontasi". La estadística más antigua del río Lluta es la de Tocontasi, punto ubicado a 52 km del puente Chacalluta, al interior del valle. Es ésta la de mayor conveniencia para nuestro estudio dada la proximidad

a las posibles ubicaciones de tranques, y su prolongado registro. Este tiene sin embargo serias interrupciones, la más prolongada de las cuales abarca los años 1959, 60 y 61 en que el río escurrió por un brazo dejando en seco la sección original.

Las observaciones a base de limnómetro en lecho natural datan de 1946 a Diciembre de 1962, fecha en que se construyó la sección artificial con registro limnigráfico.

Se transcribe en nuestro Cuadro Nº8 de los archivos de la Dirección de Riego, correspondiéndoles las cifras sin observaciones. Las cifras con llamados en el mismo cuadro han sido restituidas por algunos de los métodos que se indican más adelante.

-----0-----

Además de las anotadas, se dispone de secciones de aforo en base a vertederos en los ríos Caracarane y Azufre, frente a Humapalca y antes de la confluencia. En la fecha de nuestra visita en Julio de 1968, el limnómetro del río Azufre había desaparecido por corrosión.

#### 3.4. ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS

En la hoya del Lluta. Las estadísticas pluviométricas en la hoya alta del Lluta son muy cortas. Datan prácticamente de Diciembre de 1961. Corresponden a las estaciones de Visviri (un tanto fuera de la hoya del Lluta), Villa Industrial (sólo de Dic. 1961 a Nov. 1964), Alcérreca, Puquios y Putre. Se reproducen en el Cuadro Nº9, considerando el año hidrológico que comienza en el mes de Diciembre. Se han calculado la suma anual y en algunos casos los promedios mensuales.

Se advierte a través de estas estadísticas como decrece la precipitación a medida que se avanza de oriente a poniente, de mayor a menor elevación. Las estaciones Visviri y

Villa Industrial acusan los más altos promedios de agua caída. La estación de Alcérreca, situada en posición intermedia, con igual número de años (6) de observación que Visviri, acusa un promedio anual 159 mm en oposición al promedio de aquella que es de 241 mm. La de Puquios tiene en igual período un promedio de sólo 95,9 mm anuales.

La estadística de Putre, estación situada a 3550 m s. m. acusa en su breve estadística de cinco años un promedio de 238 mm.

De acuerdo a estas breves observaciones de seis años en tres de las estaciones pluviométricas y con la estadística más fidedigna reconstituida en Tocontasi con 13 años, se puede establecer el coeficiente de escorrentía de la hoya del Lluta que tributa en Tocontasi. En efecto, el promedio de lluvias es:

$$P = \frac{241 + 159 + 95,9}{3} = 165,3 \text{ mm}$$

que en la hoya de 2672 km<sup>2</sup> aguas arriba de Tocontasi, da un volumen de precipitaciones de 442 millones de m<sup>3</sup>.

El escurrimiento medio en Tocontasi es cercano a 70 millones de m<sup>3</sup>, de modo que el coeficiente de escorrentía resulta:

$$C = \frac{70}{442} = 0,166$$

Estadística de Parinacota. Según la opinión del Ingeniero Andrés Benítez, de ENDESA, la estadística pluviométrica de Parinacota es excelente, lo que ha podido establecer por comparación con otras estaciones de situación parecida. La transcribimos completa en nuestro Cuadro Nº 10 por la utilidad que puede presentar para la restitución de estadísticas del río Lluta y del río Caquena.

C U A D R O N O 4.

RIO LLUTA EN AL CERRECA

ESTADISTICA DE G.M.M. OBSERVADOS ( m<sup>3</sup>/seg)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	G.M. Anual
1962	2,54	2,85	1,17	1,27	0,95	0,99	1,09	1,03	1,29	1,54	1,53	1,58	1,72
1963	1,75	--	--	--	1,52	1,54	1,55	--	1,77	1,28	1,43	1,52	
1964	1,49	1,68	1,66	1,54	--	--	--	--	--	--	--	--	
1965	--	--	--	--	1,17	1,33	1,16	1,05	1,35	1,09	1,03	0,96	
1966	1,03	1,32	1,77	1,13	1,14	1,01	1,09	--	--	1,22	1,32	--	

- Sin observación

C U A I D R O N O 5

RIO AZUFRE EN ALDERRECA

ESTADISTICA DE G.M.M. OBSERVADOS (m<sup>3</sup>/seg)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	G.M. Anual
1962	1,55	1,86	0,82	1,51	0,68	0,89	0,84	0,71	0,72	0,63	0,63	0,88	0,98
1963	2,04 <sup>+</sup>	--	--	--	1,91 <sup>+</sup>	--	1,47 <sup>+</sup>	1,41 <sup>+</sup>	1,14	1,08	0,97 <sup>+</sup>	1,10	--
1964	1,03	1,01	--	--	--	--	--	--	--	--	0,90 <sup>+</sup>	1,56 <sup>+</sup>	--
1965	1,09	2,36	0,86	0,81 <sup>++</sup>	0,55	0,72	0,76	0,84	0,72	0,78	0,76	0,75	0,91
1966	0,69	0,82	0,59	0,64	0,73	0,62 <sup>+</sup>	--	--	--	--	--	--	--

- Sin observación

+ Promedio en más de 15 días y menos de 30 de observación

++ Promedio de 12 días

C U A D R O N O 6

RIO DOLPITAS EN ALGERRECA

ESTADISTICA DE G.M.M. OBSERVADOS (m<sup>3</sup>/seg)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	G.M. Anual
1961												0,65 <sup>+</sup>	--
1962	0,65	0,86	0,57	0,58	0,49	0,52	0,49	0,45	0,44	0,44	0,47	0,57	0,54
1963	1,74 <sup>+</sup>	--	--	--	0,72	--	0,36	0,49	0,51	0,47	0,45	0,46	
1964	0,41	0,47	0,55	0,48	0,49	0,67 <sup>+</sup>	--	--	--	--	0,41	0,61 <sup>+</sup>	
1965	0,39 <sup>+</sup>	--	0,53	0,47	0,45	--	--	0,44 <sup>+</sup>	0,47	0,42	0,42	0,44	
1966	0,43	0,48	0,50	0,46	0,46	0,42	0,46	0,33	0,31	0,47	0,56	0,61	0,46
1967	0,56	--	--	0,53	0,56	0,49	0,54	0,45	0,40				

-- Sin observación

+ Promedio en más de 15 días y menos de 30 de observación

C U A D R O N O 7

RIO LLUTA EN JAMIRALLA

ESTADISTICA DE G.M.M. OBSERVADOS (m<sup>3</sup>/seg)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,06	1,10
1967	1,07	2,50#	3,00#	1,50#	-	1,37	1,40	1,32	1,27	1,14	1,09	1,23
1968												

No procesados los limnigramas

L I S T A D E A F O R O S

Fecha	Altura limnimétrica	Gasto (m <sup>3</sup> /seg)
2 - IX -65	--	2,14
10 - XII -66	0,300	1,42
8 - III -67	0,515	4,64
7 - VI -67	0,365	1,58
6 - IX -67	0,345	1,37
23 - XII -67	0,310	1,08
23 - II -68	0,430	2,09
10 - V -68	0,450	1,94
8 - VIII -68	0,440	1,86

-- Sin observación # Promedio en menos de 30 días

C U A D R O N O 8

RIO LLUTA EN TOCANTASI

Estadística reconstruida de G.M.M.

(m<sup>3</sup>/seg)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1946 - 47	1,53	2,11	1,64	1,40	1,58	1,65	1,58	1,74	1,49	1,43	1,40	1,28
47 - 48	1,88	1,94	2,88	3,33	2,02	2,05	1,87	1,92	1,72	1,39	1,26	1,20
48 - 49	1,69	6,46	10,10	9,13	4,23	2,89	3,04	2,68	1,94	1,75	1,53	1,31
49 - 50	1,45	1,78	1,89	2,61	1,91	2,02	2,03	2,72	1,91	1,73	1,52	1,28
50 - 51	1,57	2,50	3,27	3,05	1,72	1,77	1,79	1,90	1,88	1,75	1,42	1,40
51 - 52	1,34	6,91	7,40	4,20	1,75	1,54	1,71	2,60	1,70	1,62	1,24	1,11
52 - 53	1,24	3,37	11,40	10,00	3,00##	2,00++	2,20+	2,25##	2,20##	2,57	2,53	2,63
53 - 54	2,73	2,86	3,44	3,00	2,00++	1,95++	1,90+	1,95##	1,80+	1,75++	1,70++	1,70+
54 - 55	1,85+	3,00##	3,30++	2,06++	1,79	1,49	1,54	1,52	1,47	1,43	1,38	1,36
55 - 56	1,53	1,59	2,07	1,54	1,46	1,40++	1,50++	1,59	1,49	1,45	1,39	1,36
56 - 57	1,28	1,29	1,78	1,50	1,45	1,42	1,54	1,47	1,49	1,40	1,31	1,33
57 - 58	1,67	1,87	4,50	3,80++	2,90+	2,80	3,00	3,00	2,50	1,90	1,30	1,00

C U A D R O N O. 6 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agg.	Sat.	Oct.	Nov.
1958 - 59	1,70	2,10	2,58	1,85	1,34	1,53	1,60	1,60	1,75	1,96	1,70	1,40
59 - 60	2,00	2,87	3,13	4,91	2,74	0,99	1,13	1,55	1,81	1,79	1,88	1,93
60 - 61	1,79	1,82	1,86	1,49	1,24	2,49	2,64	2,23	1,70	1,61	1,48	1,43
61 - 62	1,60 <sup>##</sup>	3,32	3,17	2,08 <sup>#</sup>	2,00 <sup>#</sup>	2,03	2,11	1,98	1,70	1,52	1,07	1,37
62 - 63	1,50	4,33	11,50	8,28	2,31	2,91	2,60	2,64	2,26	2,01	1,37	1,30
63 - 64	1,70 <sup>#</sup>	2,10 <sup>#</sup>	2,56 <sup>#</sup>	1,85	1,34	1,53	1,60 <sup>#</sup>	1,60	1,75	1,96 <sup>#</sup>	1,70	1,40
64 - 65	2,00	2,87	3,13	4,91	2,74	0,99	1,13	1,55	1,81	1,79	1,88	1,93
65 - 66	1,79	1,82	1,86	1,49	1,24	2,49	2,64	2,23	1,70	1,60	1,48	1,43 <sup>#</sup>
66 - 67	1,45	1,36	3,56	4,50	1,52 <sup>#</sup>	1,96	1,75 <sup>#</sup>	1,83	1,55	1,50	1,45	1,40

# Correlación con Lluta en Alcérreca

## Valor estimado en base a observaciones limnimétricas aisladas

+ Valor estimado en base a aforos dentro del mes

++ Interpolación mediante hidrograma medio

Período 58 - 59 al 60 - 61: "Inventado" en base al paralelismo de hidrógrafo y pluviogramas. Igual al período 63 - 64 al 65 - 66

C U A D R O N O 9

ESTADISTICAS PLUVIOMETRICAS EN LA HOYA DEL RIO LLUTA

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Suma Anual
	1) <u>ESTACION VISVIRI</u> (170 37' L.S.; 690 30' L.W.; 4067 m)												
1961 - 62	50,0 <sup>+</sup>	129,3	112,6	46,8	15,5	0	0	0	0	2,4	0	7,2	363,8
62 - 63	47,7	58,4	110,7	79,6	16,0	16,6	0	0	11,0	12,2	3,9	11,1	367,2
63 - 64	53,2	54,0	59,4	31,0	5,5	0	0	0	N 3 cm	0	0	9,5	213,6
64 - 65	40,4	48,7	43,7	4,3	2,3	0	0	0	0	13,1	0	0	152,5
65 - 66	18,7	0	53,2	26,2	0	23,7	0	0	0	0	8,4	22,0	152,2
66 - 67	14,3	45,9	46,9	87,7	0	N 3,7 cm	0	0	0	0	0	0	196,5
Prom.	37,4	56,1	71,1	46,0	6,6	6,8	0	0	1,9	4,6	2,1	8,3	241,0

+ Valor estimado

C U A D R O N O 9 (Continuación)

Año Hidrologico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Suma Anual
2) <u>ESTACION VILLA INDUSTRIAL</u> ( 170 47' L.S.; 690 45' L.W.; 4059 m)													
1961 - 62	100,0 <sup>+</sup>	193,0	13,2	77,0	88,0	0	0	0	0	0	0	0	471,2
62 - 63	53,5	102,5	178,5	111,5	14,0	8,5	N 10 cm	0	0	13,5	2,0	4,0	489,0
63 - 64	31,0	32,0	82,5	40,0	10,0	0	0	0	N 10 cm	0	0	0	205,5
Prom.	61,5	109,2	91,4	76,2	37,3	2,8	0,3	0	0,3	4,5	0,7	1,3	
3) <u>ESTACION AL CERRECA</u> (170 59' L.S.; 690 45' L.W.; 3870 m)													
1961 - 62	10,0 <sup>+</sup>	17,9	80,0	66,0	33,0	0	22,0	0	0	0	0	0	228,9
62 - 63	0	131,8	80,0	122,0	12,0	3,0	9,3	N 1 cm	0	6,0	0	4,1	370,2
63 - 64	11,5	17,0	38,0	43,2	2,0	0	0	0	0	0	0	0	108,7
64 - 65	27,2	22,0	0	56,0	0	0	0	0	0	0	0	0	105,0
65 - 66	0	12,4	28,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,4
66 - 67	17,0	12,2	47,0	25,0	0	0	0	0	0	0	0	0	101,2
Prom.	10,9	35,6	45,0	52,0	7,8	0,5	5,2	0,2	0	1,0	0	0,7	159,0

+ Valor estimado

C U A D R O N O 9 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	Suma Anual
4) <u>ESTACION PUTRE</u> ( 180 12' L.S.; 690 35' L.W.; 3530 m)													
1962 - 63	75,0	121	350	148	0	0	0	0	0	0	0	0	694
63 - 64	0	s/c	48	111	8	0	0	0	8,2	0	0	0	200
64 - 65	25,5	52	46	0	0	0	0	0	0	4,3	0	0	127,8
65 - 66	--	--	5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0
5) <u>ESTACION PUQUIOS</u> ( 180 13' L.S.; 690 50' L.W.; 3728 m)													
1961 - 62	20,0 <sup>+</sup>	38,0	20,5	23,0	0	0	0	0	0	0	0	4,0	105,5
62 - 63	48,1	137,0	68,8	19,0	0	0	4,0	0	0	8,5	0	0	285,4
63 - 64	0,3	9,2	5,5	6,4	2,0	0	0	0	N 10 cm	0	0	0	30,4
64 - 65	15,4	5,5	32,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79,2
65 - 66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,0
66 - 67	11,0	0	35,0	23,0	0	2,0	0	0	0	0	0	0	69,0
Prom.	15,8	31,6	27,0	11,9	0,3	0,3	0,7	0	0,2	5,8	0	0,7	95,9

+ Valor estimado

C U A D R O N O 10

ESTACION PLUVIOMETRICA DE PARINACOTA

ESTADISTICA DE LLUVIAS EN mm

Long. : 69° 20' W  
 Lat. : 18° 12' S  
 Alt. : 4360 m s.m.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	Máx. diaria
1933	93,0	213,0	116,0	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	423,6	21,5
1934	100,4	165,4	184,6	75,9	-	-	-	-	-	1,4	4,6	28,9	561,2	18,7
1935	119,1	93,5	88,1	2,3	-	-	10,5	-	-	-	4,2	57,9	375,6	30,0
1936	99,6	46,8	23,4	9,5	-	-	-	-	-	-	4,3	43,8	227,4	25,2
1937	147,4	104,7	25,4	-	-	-	-	-	-	-	1,6	20,3	299,4	20,3
1938	24,9	92,8	67,8	-	-	-	-	-	-	-	9,7	1,5	196,7	20,5
1939	227,4	118,0	59,9	1,2	-	-	0,5	2,0	-	-	0,9	13,2	423,1	25,6
1940	39,6	-	-	11,9	-	-	-	-	-	2,9	-	30,5	84,9	19,5
1941	107,0	30,9	-	5,6	-	-	2,7	-	2,6	-	-	62,6	211,4	26,3
1942	112,3	8,6	6,0	3,1	-	23,7	-	4	4,7	8,3	-	66,8	233,5	21,3
1943	71,8	174,8	99,5	2,3	-	-	-	15,7	-	0,5	-	36,9	401,5	30,7
1944	80,9	167,4	35,6	-	-	-	-	-	-	-	-	116,0	349,9	33,5
1945	178,5	95,9	-	13,5	-	-	-	-	22,0	-	-	6,4	316,3	38,6
1946	66,6	92,2	69,1	25,0	-	7,7	-	-	-	-	34,4	218,6	513,6	39,4
1947	148,8	55,8	-	14,6	-	-	-	-	8,9	-	18,4	66,1	312,6	30,1

C U A D R O N O 10 (Continuación)

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual	Máx. diaria
1948	60,9	140,9	75,9	-	33,2	25,4	-	-	-	2,5	-	87,0	425,8	30,4
1949	212,6	207,0	74,0	-	-	6,5	-	-	18,5	6,7	4,5	27,6	557,4	-
1950	29,4	27,6	48,5	18,3	15,6	-	67,8	-	-	-	-	29,4	236,6	-
1951	52,6	80,2	12,1	-	-	-	-	18,5	-	2,5	36,0	37,7	239,6	-
1952	175,4	38,0	21,9	-	-	21,0	22,5	30,6	50,7	-	-	33,0	392,9	35,4
1953	46,7	100,5	97,8	-	-	-	-	-	-	5,6	46,8	40,2	337,6	25,4
1954	124,0	216,5	106,0	4,5	-	-	-	-	-	-	47,6	54,4	553,7	22,5
1955	92,5	117,1	139,2	-	2,4	-	-	-	-	-	23,4	102,7	474,9	30,1
1956	55,8	88,8	-	-	-	-	-	7,5	-	-	-	21,1	173,2	39,6
1957	83,1	51,8	39,5	-	-	4,6	-	-	-	-	-	20,0	199,0	20,5
1958	135,1	73,6	66,9	-	-	-	-	-	-	-	-	27,1	302,7	30,0
1959	11,1	102,5	109,3	12,1	-	-	-	-	-	-	-	76,6	311,6	17,2
1960	101,8	30,0	6,9	24,9	-	-	-	-	-	-	41,7	18,8	224,1	-
1961	69,3	132,4	44,2	3,0	16,0	-	-	-	5,5	13,5	36,8	-	-	-
1962	117,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,7	67,5	-	-
1963	111,5	163,5	118,5	26,2	9,0	-	2,5	-	10,5	-	20,0	26,5	487,7	-
1964	3,5	126,0	75,5	17,0	-	-	-	13,3	0,5	-	10,5	76,5	355,5	-
1965	59,5	34,0	22,0	6,0	-	-	-	3,5	18,0	-	-	22,4	165,9	15,0
1966	-	93,0	15,0	0,5	13,0	-	-	-	-	7,5	21,6	39,3	189,9	27,2
1967	32,4	115,3	93,1	16,9	-	1,0	0,4	-	9,9	-	10,0	36,5	315,5	26,5
1968	144,9	166,1	73,8	2,7	1,3	-	-	-	0,6	15,8	-	-	-	-

Promedio de 33 años : 330 mm  
Máxima diaria en 27 años: 39,6 mm

### 3.5. ANÁLISIS Y RECONSTITUCIÓN DE ESTADÍSTICAS DE RÉGIMENES NATURALES

La imperfección de las estadísticas disponibles, sobre todo la más utilizable que es la de Tocontasi, nos lleva a buscar la manera de restituir las en base a correlaciones, comprobaciones, hidrogramas, etc.

#### Reconstrucción de la estadística del río Lluta en Alcérreca

La bondad de la estadística que se lleva del Lluta en Alcérreca es susceptible de comprobar, ya que los gastos después de la confluencia de los ríos Azufre (Lluta) y Colpitas (Allane) deben corresponder a la suma de los gastos anotados para los dos afluentes que concurren en ese punto, el río Azufre (Lluta) y Colpitas (Allane). El Cuadro N°11 permite visualizar el no cumplimiento de la ecuación:

$$Q_{az} + Q_{colp.} = Q_{ll}$$

Obsérvese que en algunos meses por ejemplo, el gasto medio del río Lluta es inferior al menor de los afluentes, y en general resulta siempre significativa la diferencia. En vista de estas anomalías se procedió a revisar los datos originales de las estaciones "Azufre" y "Colpitas" en Alcérreca, ya que son las estaciones más confiables debido a que poseen registros limnigráficos y limnimétricos. Así, se revisaron los aforos y se dibujaron las respectivas curvas de descarga. Con ayuda de los rollos limnigráficos originales y/o de las lecturas limnimétricas se consiguió disponer desde 1962 a 1967 de una estadística corregida para los dos afluentes. La suma de gastos permite tener la estadística del Lluta en Allane, para el mismo período, la que servirá para rellenar por correlación los vacíos de la estadística de Tocontasi.

#### Reconstrucción de la estadística del río Lluta en Tocontasi

La correlación de los meses comunes de estadísticas, la reconstituida en Lluta en Alcérreca del Cuadro N°11 y la ob-

C U A D R O N O 11

ESTADISTICAS DE GASTOS MEDIOS OBSERVADOS Y CORREGIDOS EN LAS ESTACIONES DE "AZUFRE", "COLPITAS" Y "LLUTA" EN AL CERRECA

G.M.M. (m<sup>3</sup>/seg)

		Estad. Observada			Estad. Corregidas		
		Azufre	Colpitas	Lluta	Azufre	Colpitas	Lluta
1961	Dic.	1,28					
	Ene.	1,55	0,65	2,54	1,07	0,62	1,69
	Feb.	1,86	0,86	2,85	1,20	0,79	1,99
	Mar.	0,82	0,57	1,17	0,85	0,55	1,40
	Abr.	1,51	0,58	1,27	1,04	0,57	1,61
	May.	0,68	0,49	0,95	0,70	0,45	1,15
1962	Jun.	0,89	0,52	0,99	0,90	0,53	1,43
	Jul.	0,84	0,49	1,09	0,88	0,49	1,37
	Ago.	0,71	0,45	1,03	0,81	0,45	1,26
	Set.	0,72	0,44	1,29	0,74	0,43	1,17
	Oct.	0,63	0,44	1,54	0,62	0,43	1,05
	Nov.	0,63	0,47	1,53	0,61	0,47	1,08
	Dic.	0,88	0,57	1,58	0,76	0,55	1,31
	Ene.	2,04	1,74	1,75	1,10	1,73	2,83
	Feb.	-	-	-	-	-	-
	Mar.	-	-	-	-	-	-
	Abr.	-	-	-	-	-	-
	May.	1,91	0,72	1,52	1,25	0,48	1,73
1963	Jun.	-	-	1,54	1,10	0,40	1,50
	Jul.	1,47	0,36	1,55	1,14	0,36	1,50
	Ago.	1,41	0,49	-	1,12	0,50	1,62
	Set.	1,14	0,51	1,77	1,02	0,51	1,53
	Oct.	1,08	0,47	1,28	1,02	0,47	1,49
	Nov.	0,97	0,45	1,43	0,98	0,45	1,43
	Dic.	1,10	0,46	1,52	0,96	0,46	1,42

C U A D R O N°11 (Continuación)

	Estad. Observada			Estad. Corregidas			
	Azufre	Colpitas	Lluta	Azufre	Colpitas	Lluta	
1964	Ene.	1,03	0,41	1,49	0,94	0,41	1,35
	Feb.	1,01	0,47	1,68	0,96	0,48	1,44
	Mar.	-	0,55	1,66	0,87	0,56	1,43
	Abr.	-	0,48	1,54	0,71	0,49	1,20
	May.	-	0,49	-	-	0,51	-
	Jun.	-	0,67	-	-	0,71	-
	Jul.	-	-	-	-	-	-
	Ago.	-	-	-	-	-	-
	Set.	-	-	-	-	-	-
	Oct.	-	-	-	-	-	-
	Nov.	0,90	0,41	-	0,93	0,44	1,37
	Dic.	1,56	0,61	-	1,09	0,61	1,70
1965	Ene.	1,09	0,39	-	0,95	0,43	1,38
	Feb.	2,36	-	-	1,28	-	-
	Mar.	0,86	0,53	-	0,70	0,45	1,15
	Abr.	0,81	0,47	-	0,66	0,40	1,06
	May.	0,55	0,45	1,17	0,57	0,38	0,95
	Jun.	0,72	-	1,33	0,84	0,41	1,25
	Jul.	0,76	-	1,16	0,90	0,35	1,25
	Ago.	0,84	0,44	1,05	0,98	0,37	1,35
	Set.	0,72	0,47	1,35	0,77	0,40	1,17
	Oct.	0,78	0,42	1,09	0,92	0,35	1,27
	Nov.	0,76	0,42	1,03	0,90	0,35	1,25
	Dic.	0,75	0,44	0,96	0,88	0,37	1,25

C U A D R O N 011 (Continuación)

	Estad. Observada			Estad. Corregidas			
	Azufre	Colpitas	Lluta	Azufre	Colpitas	Lluta	
1966	Ene.	0,69	0,43	1,03	0,80	0,35	1,15
	Feb.	0,82	0,48	1,32	0,86	0,40	1,26
	Mar.	0,59	0,50	1,77	0,58	0,43	1,01
	Abr.	0,64	0,46	1,13	0,63	0,39	1,02
	May.	0,73	0,46	1,14	0,73	0,39	1,12
	Jun.	0,62	0,42	1,01	0,75	0,36	1,12
	Jul.	-	0,46	1,09	0,77	0,37	1,14
	Ago.	-	0,33	-	0,70	0,33	1,03
	Set.	-	0,31	-	0,83	0,31	1,14
	Oct.	-	0,47	1,22	0,76	0,42	1,18
	Nov.	-	0,56	1,32	0,82	0,46	1,28
	Dic.	-	0,61	-	0,82	0,52	1,34
1967	Ene.	-	0,56	-	0,79	0,54	1,33
	Feb.	-	-	-	1,06	1,11	2,17
	Mar.	-	-	-	0,67	0,93	1,60
	Abr.	-	0,53	-	0,58	0,66	1,24
	May.	-	0,56	-	0,62	0,52	1,14
	Jun.	-	0,49	-	0,66	0,49	1,15
	Jul.	-	0,54	-	0,65	0,54	1,19
	Ago.	-	0,45	-	-	-	-
	Set.	-	0,40	-	-	-	-

servada en Tocontasi para el período 1962 a 1967, nos permite establecer la correlación en los gráficos que se acompañan N<sup>os</sup> 5,6 y 7 y así rellenar la estadística de Tocontasi en 10 meses sin observaciones.

En el período 1952 a 1955, la estadística de Tocontasi presenta diecisiete meses sin observaciones. Para encontrar valores representativos ha habido que recurrir a distintos arbitrios.

En primer lugar las observaciones limnimétricas aisladas permitieron reconstituir cuatro de estos meses.

En seguida se recurrió a aforos aislados, lo que permitió restituir cinco meses sin observaciones. Los siete meses restantes de dicho período se rellenaron mediante el método de un hidrograma medio, por interpolación de valores.

El hidrograma medio es el promedio mes a mes de los valores observados durante un determinado período, que en nuestro caso es de 13 años. Sus valores son los que a continuación se presentan y se visualizan en Grafico N<sup>o</sup>4.

HIDROGRAMA MEDIO DE 13 AÑOS  
LLUTA EN TOCONTASI

<u>MES</u>	<u>GASTO MEDIO (m<sup>3</sup>/seg)</u>
Diciembre	1,60
Enero	2,98
Febrero	4,20
Marzo	3,72
Abril	1,98
Mayo	1,94
Junio	1,95
Julio	2,06
Agosto	1,76
Septiembre	1,65
Octubre	1,44
Noviembre	1,36

Este hidrograma medio anual se comparó con el hidrograma incompleto del año que se quería rellenar suponiendo que am bo son semejantes. Los rellenos en el período de crecida pue

# RIO LLUTA EN TOCONTASI

HIDROGRAMA MEDIO CON 13 AÑOS DE ESTADISTICA

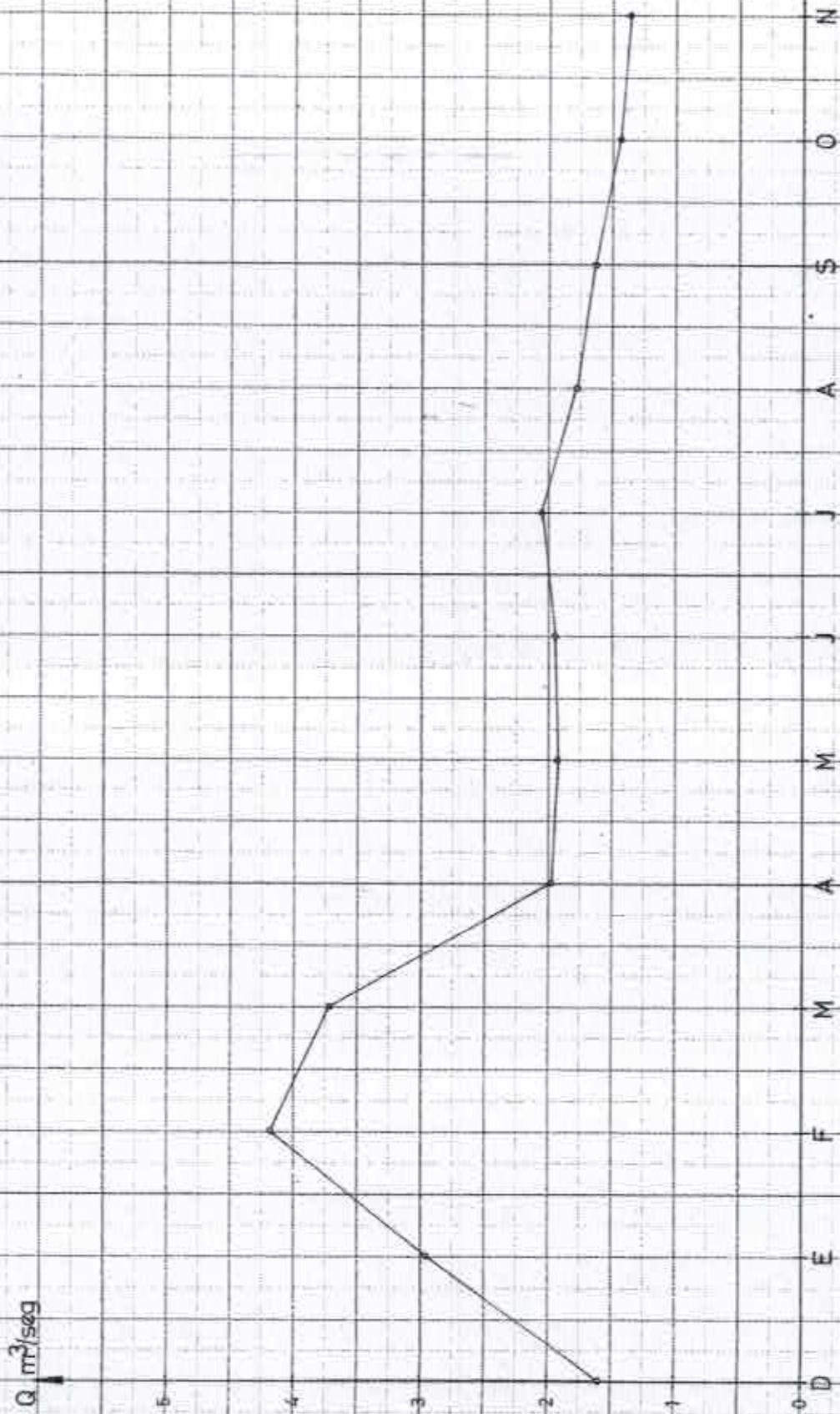


GRAFICO Nº 4

LLUTA  
ALCERRECA  
5 m<sup>3</sup>/seg

## CORRELACION DE ESTADISTICAS

### DE LLUTA EN ALCERRECA-LLUTA EN TOCONTASI

PERIODO ENERO A ABRIL EN LOS AÑOS 1962-1967

#### Referencias

- ⊙ ENERO
- ▲ FEBRERO
- MARZO
- × ABRIL

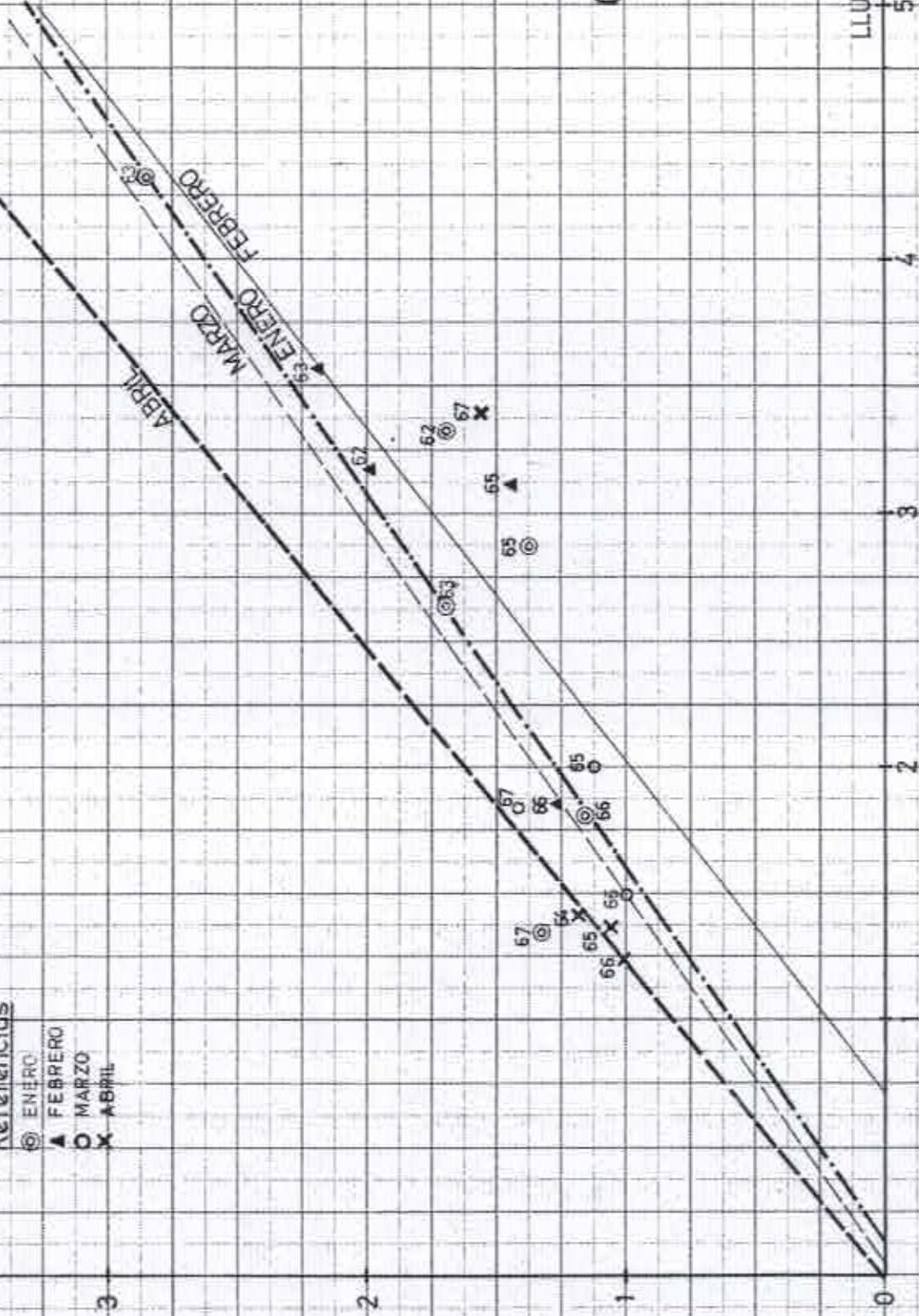


GRAFICO N° 5

LLUTA TOCONTASI  
5 m<sup>3</sup>/seg

# CORRELACION DE ESTADISTICAS DE LLUTA EN ALCERRECA LLUTA EN TOCONTASI

PERIODO MAYO-AGOSTO EN LOS AÑOS 1962-1966

- Referencias**
- ⊙ MAYO
  - ▲ JUNIO
  - JULIO
  - × AGOSTO

LLUTA  
ALCERRECA  
m<sup>3</sup>/seg

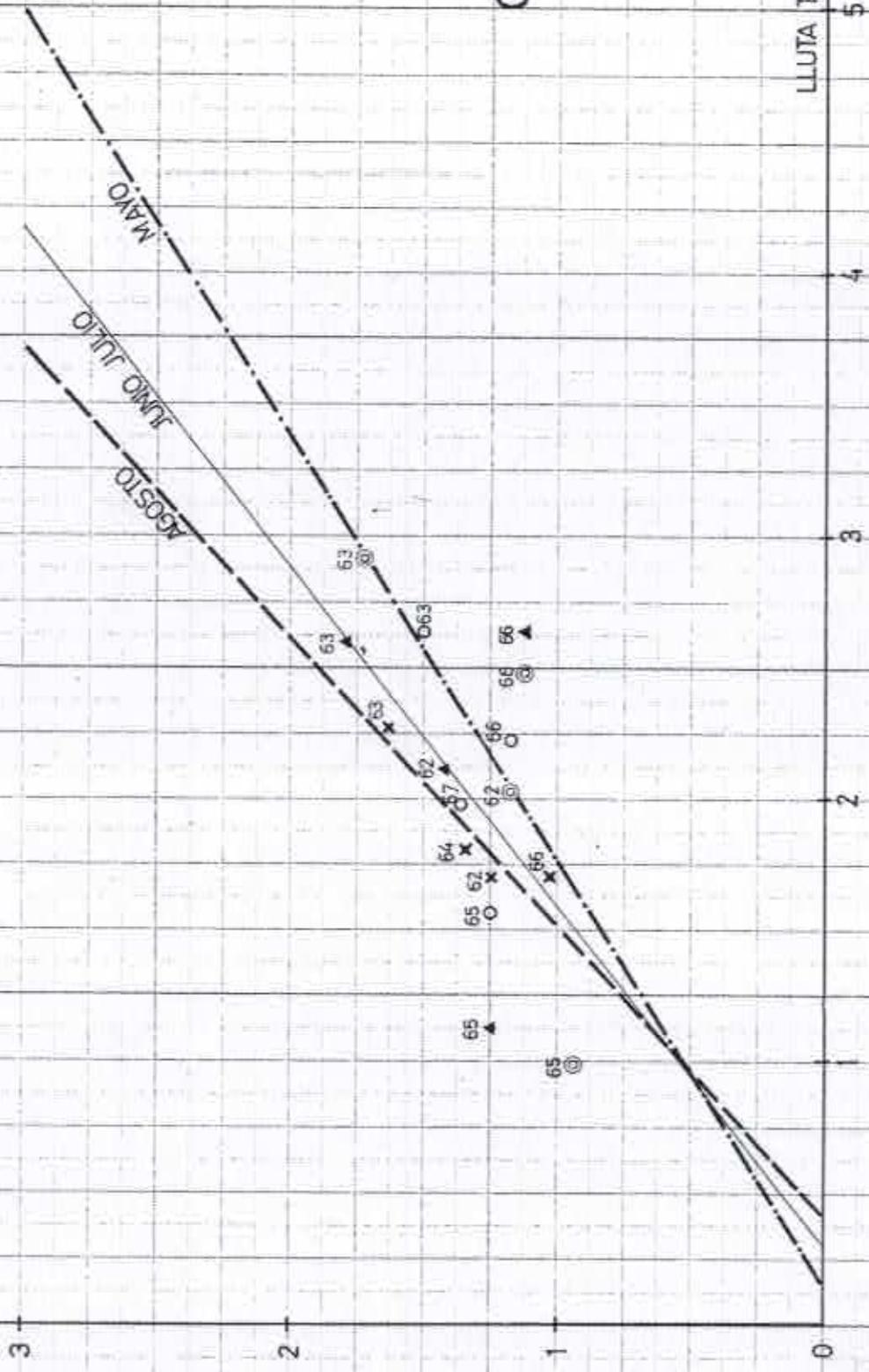


GRAFICO Nº 6

LLUTA TOCONTASI  
5 m<sup>3</sup> seg

# CORRELACION DE ESTADISTICAS DE LLUTA EN ALCERRECA - LLUTA EN TOCONTASI

PERIODO SEPTIEMBRE A DICIEMBRE EN LOS AÑOS 1962 - 1966.

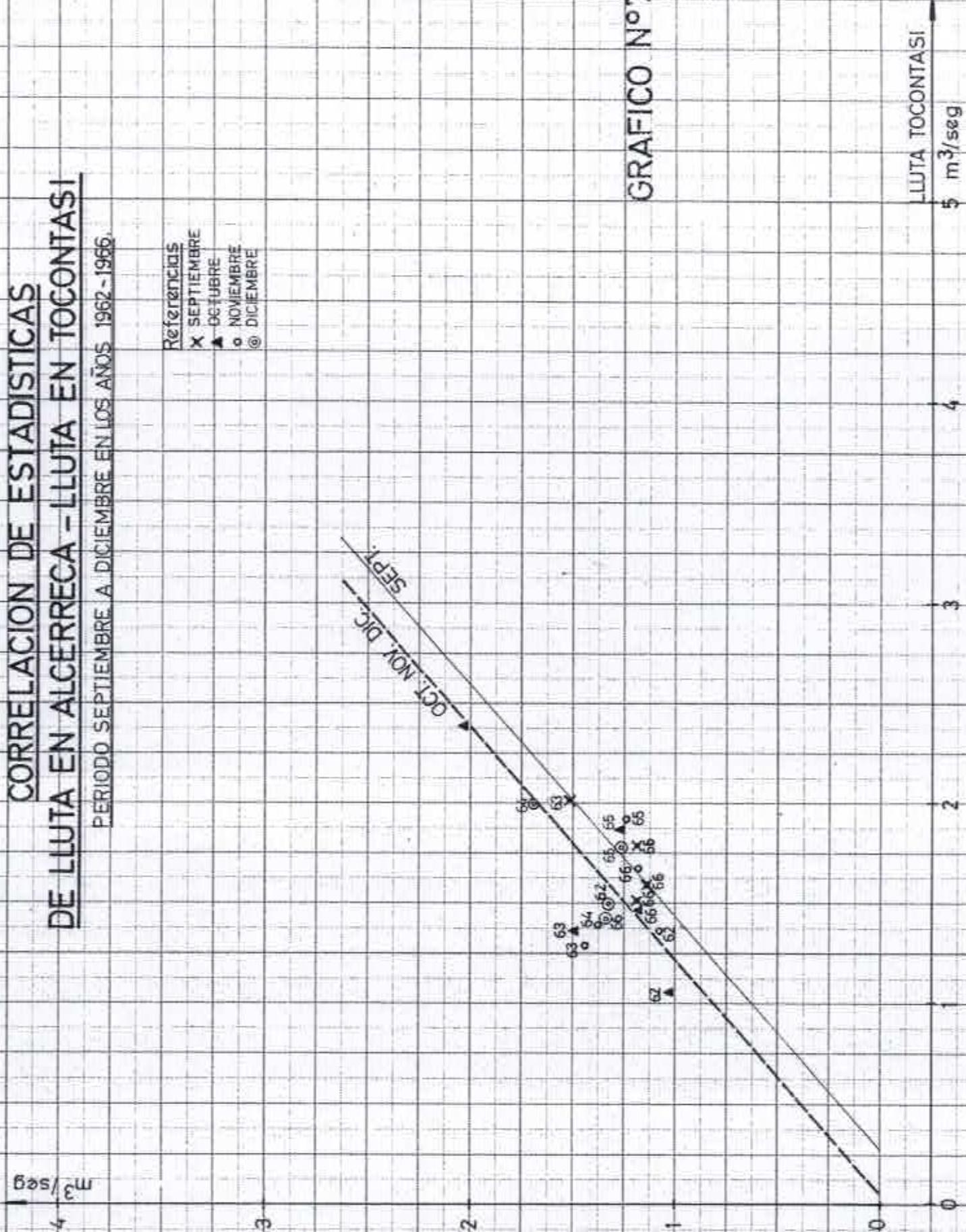
LLUTA  
ALCERRECA  
m<sup>3</sup>/seg

Referencias  
 X SEPTIEMBRE  
 ▲ OCTUBRE  
 ○ NOVIEMBRE  
 ⊙ DICIEMBRE

OCT. NOV. DIC.  
 SEPT.

GRAFICO N°7

LLUTA TOCONTASI  
 m<sup>3</sup>/seg



den tener un mayor error que los de estiaje.

En el año 1956 dos meses se rellenaron con este mismo método y en 1957, se recurrió a este medio un mes, y a sforos aislados otro mes.

Quedaba en pie el problema de restituir la estadística durante los años 1958 al 1960 para los cuales se carecía en absoluto de observaciones directas, en ninguna de las estaciones fluviométricas ni tampoco en las pluviométricas dentro de la hoya del Lluta.

Si ploteamos la estadística de Parínacota en papel milimetrado desde 1946, y en el mismo gráfico anotamos las estadísticas pluviométricas de Vieviri, Alcérreca y Puquios para años comunes, el mismo tiempo que ploteamos la estadística fluviométrica de Tocontasi en los años 1946 a 1958 y 1961 a 1967 podemos observar que los fenómenos señalados guardan claro paralelismo o similitud de formas. Los pluviogramas en los cortos años de estadística común disponible son semejantes entre sí, y también hay semejanza entre el hidrógrafo del Lluta en Tocontasi y el pluviograma de Parínacota entre los años 1947 y 1958 y en el período común de 1961 en adelante. A nuestro juicio, dicha correspondencia nos autoriza a "inventar" la estadística del Lluta en Tocontasi en el período sin observaciones 1958-60 en que sólo disponemos de registros de lluvias en Parínacota, asimilándolo al período más semejante de estadística común visualizado en nuestro gráfico. Así, concluimos que el período 1958-60 es semejante o muy parecido al período 1963-66, permitiéndonos llenar la estadística de aquél con los valores de éste. Este proceso no pretende tener precisión, pero sí es de alta conveniencia para contar con la necesaria continuidad en el proceso de regulación de tranques, en que se aprovechan 21 años de estadística en vez de 18 años con una discontinuidad intermedia.

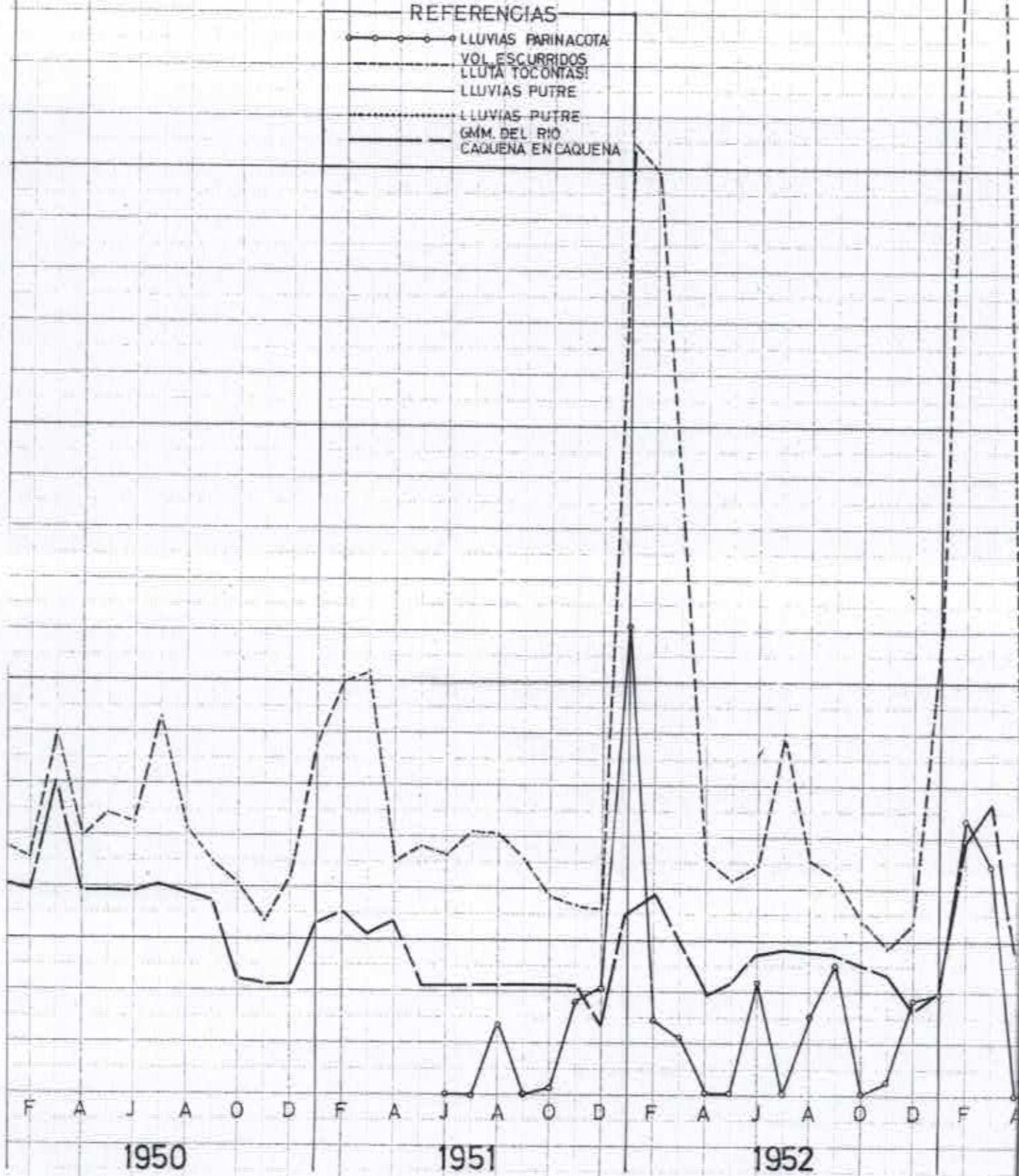
Para otros análisis hidrológicos, como la caracterización de los escurrimientos en años tipos, no se ha tomado en cuenta el período "inventado" 1958-60.

# ESTUDIO DEL VALLE DEL RIO LLUTA COMPARACION DE PLUVIOGRAMAS E HIDROGRAMAS

1968

## REFERENCIAS

- Lluvias Parinacota
- - - - - Vol. Escurridos
- - - - - Lluvia Tocontas!
- — — — — Lluvias Putre
- ..... Lluvias Putre
- — — — — G.M. del Rio
- - - - - Caquena en Caquena



El Cuadro Nº8 muestra la estadística completa del Lluta en Tocontasi en gastos medios mensuales, y el Cuadro Nº15 expresa dicha estadística en volúmenes escurridos que emplearemos en el estudio de regulación.

### 3.6. TASA DE RIEGO

La tasa de riego para el valle del Lluta la calcularemos en base a la fórmula de Blaney y Criddle que determina la evapotranspiración de cada cultivo, en función de la temperatura media mensual y de un coeficiente que toma en cuenta las horas de luz solar, dependiente de la latitud del lugar:

$$E_T = K \cdot p \cdot f$$

en que:

$E_T$  = Evapotranspiración

$K$  = Coeficiente que depende del tipo de cultivo

$f = 0,457 t_m + 8,13$

$t$  = Temperatura media mensual en  $^{\circ}C$

$p$  = Factor dependiente de la latitud del lugar

A su vez el valor de  $K$  que consideraremos aquí para alfalfa y hortalizas será el producto del coeficiente de Blaney y Criddle multiplicado por el llamado Coeficiente de Castilla, que depende también de la temperatura media. Así:

$$K = K_B \cdot K_C$$

en que:

$K_B$  = Coeficiente de Blaney y Criddle

$K_C = 0,24 + 0,0312 t_m$  = Coef. de Castilla

Mediante esta fórmula, resumimos a continuación el cálculo de los valores de  $K$  que utilizaremos en la determinación de la tasa de riego.

NECESIDADES MENSUALES DE AGUA PARA DIVERSOS CULTIVOS EN EL VALLE DEL LLUTA

SEGUN FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE

$$E_T = K \times p \times f = K \times p \times (0,457 t^0 + 8,13)$$

Mes	t °C	p	f	Alfalfa K	E = 0,70	Maiz K	E = 0,80	Hortalizas K	E = 0,80
Enero	22,2	9,17	167,63	0,93	2229	0,94	1970	0,76	1593
Febrero	22,3	8,05	147,48	0,94	1982	0,95	1751	0,78	1438
Marzo	21,3	8,56	152,88	0,73	1596	0,91	1739	0,72	1376
Abril	19,6	7,94	135,69	0,74	1436	0,83	1408	0,63	1096
Mayo	18,0	7,91	129,41	0,73	1352	0,77	1245	0,58	939
Junio	16,8	7,52	118,89	0,58	987	0,72	1070	0,48	714
Julio	15,9	7,82	120,43	0,53	912	0,67	1009	0,44	662
Agosto	15,9	8,07	124,28	0,53	942	0,67	1041	0,44	684
Septiembre	16,6	8,14	127,96	0,57	1042	0,71	1136	0,47	751
Octubre	17,6	8,77	141,81	0,62	1257	0,74	1311	0,51	904
Noviembre	19,1	8,80	148,37	0,72	1529	0,80	1484	0,60	1112
Diciembre	20,7	9,25	162,71	0,84	1955	0,88	1790	0,69	1404

Tasa anual por cultivo:

17219

16954

12646 m<sup>3</sup>/Há/año

Los datos de temperatura y del coeficiente p fueron tomados de la Sección Agrología de la Dirección de Riego.

CALCULO DE LOS VALORES DE K

Mes	Alfalfa		Hortalizas		Maíz
	$K_B$	K	$K_B$	K	K (no se modifica)
Ene.	1	0,93	0,82	0,76	0,94
Feb.	1	0,94	0,83	0,78	0,95
Mar.	0,97	0,73	0,80	0,72	0,91
Abr.	0,87	0,74	0,73	0,63	0,83
May.	0,81	0,73	0,67	0,58	0,77
Jun.	0,76	0,58	0,63	0,48	0,72
Jul.	0,72	0,53	0,59	0,44	0,67
Ago.	0,72	0,53	0,59	0,44	0,67
Set.	0,75	0,57	0,62	0,47	0,71
Oct.	0,79	0,62	0,65	0,51	0,74
Nov.	0,86	0,72	0,71	0,60	0,80
Dic.	0,94	0,84	0,77	0,69	0,88

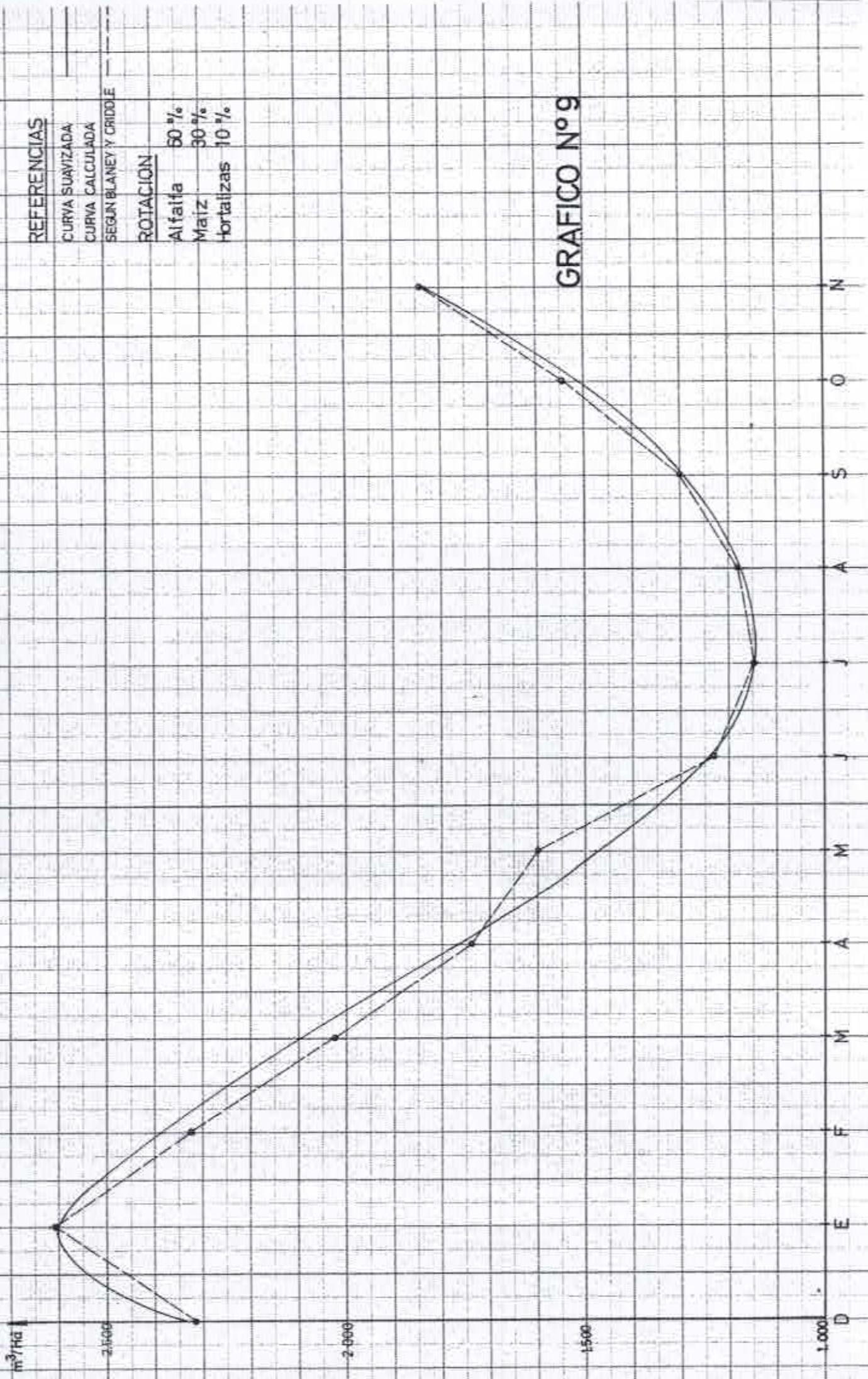
Con los valores de K así determinados; con los valores de la temperatura media mensual de Arica ( $t_{QC}$ ), dato proporcionado por la Sección Agrología de la Dirección de Riego; con los valores de p propios de esa latitud obtenidos de la misma fuente, y suponiendo una cierta eficiencia E en el riego de cada cultivo, hemos confeccionado el Cuadro N°12 que nos proporciona el consumo anual de cada cultivo y su distribución en los meses del año.

Rotación de cultivo. Como queda dicho en la INTRODUCCION la tendencia actual en el valle del Lluta es la de un monocultivo, el del maíz. El mejoramiento de la agricultura del valle requiere una remodelación de la rotación de cultivo compatible con un mejor rendimiento económico. Así, hemos adoptado para la explotación agrícola futura la siguiente rotación, que cuenta con la venia de los agrónomos de la Dirección de Riego:

Alfalfa : 60%  
 Maíz : 30%  
 Hortalizas : 10%

# IASA DE RIEGO VALLE DEL LLUTA

DEMANDAS MENSUALES (m<sup>3</sup>/Há)



## REFERENCIAS

- CURVA SUAVIZADA
- CURVA CALCULADA
- SEGUN BLANEY Y CRIDDLE

## ROTACION

- Alfalfa 60%
- Maiz 30%
- Hortalizas 10%

GRAFICO N° 9

La tasa anual ponderada con el porcentaje de cultivo elegido es:

$$17.219 \times 0,6 + 16954 \times 0,3 + 12646 \times 0,1 = 16.682 \text{ m}^3/\text{Há/año}$$

Agregamos 20% por concepto de pérdidas, exceso de agua de lavado, evaporación en el tranque, etc, con lo que llegamos a una tasa anual en el predio de:

$$\frac{16682}{0,80} = 20.850 \text{ m}^3/\text{Há/año}$$

En el Cuadro Nº13 siguiente se hace la distribución mensual de la tasa calculada; la distribución relativa tomando el valor 1,0 para el mes de máximo consumo que es Enero y en la última columna se suaviza la curva calculada. Esto se visualiza bien en el Gráfico Nº que acompañamos. Según la curva de demanda suavizada, la tasa anual definitiva asciende a 20.900 m<sup>3</sup>/Há/año, equivalente a un gasto continuo de 0,66 l/seg/Há. El gasto continuo del mes de máximo consumo es de 0,97 l/seg/Há.

CUADRO Nº13

TASA DE RIEGO PARA EL VALLE DEL LLUTA (m<sup>3</sup>/Há)

Mes	Calculada	Relativa	Suavizada
Enero	2609	1,00	2600
Febrero	2323	0,89	2390
Marzo	2022	0,77	2100
Abril	1739	0,67	1770
Mayo	1599	0,61	1480
Junio	1231	0,47	1240
Julio	1145	0,44	1140
Agosto	1182	0,45	1170
Septiembre	1301	0,50	1300
Octubre	1546	0,59	1550
Noviembre	1841	0,71	1830
Diciembre	2312	0,89	2320
	<hr/> 20.850	<hr/> 7,99	<hr/> 20.890

El Gráfico Nº9 reproduce el Cuadro Nº13.

### 3.7. REGULACION

La superficie actualmente regada asciende, como se dijo, a unas 1700 Há. Con la tasa de riego adoptada y la estadística reconstituida del Lluta en Tocontasi, la seguridad de riego de dicha superficie es de 100%. Por otra parte, si nos conformamos con una seguridad de 80%, se podría regar con el río en sus condiciones actuales sin embalse hasta 2650 Há.

En rigor, la estadística de Tocontasi debió modificarse en los años anteriores a 1963 en la magnitud de los gastos medios mensuales del río Azufre desviado. Esto es difícil por cuanto no se conoce el régimen del río Azufre en el punto de desvío. Se carece absolutamente de datos hidrométricos. Por otra parte, existen en el sector regado recuperaciones y aportes de vertientes laterales que en globo compensan con creces y signo positivo los gastos restados del Azufre. El estudio de las recuperaciones más abajo de Tocontasi nunca se ha hecho y sería altamente conveniente evaluarlas.

En el presente acápite se harán los cálculos necesarios de regulación para obtener una familia de curvas tal que relacione el número de hectáreas regadas, la seguridad de riego y la capacidad útil del embalse regulador.

Seguridad de riego o probabilidad de ocurrencia. Es el cociente expresado en porcentaje, entre los años "no fallados" y el número de años de estadística. Considerar año fallado toda vez que no se cumpla la demanda, por pequeña que ella sea, es a nuestro juicio demasiado riguroso, ya que una falla pequeña en un mes no significa una catástrofe agrícola para ese año. No se ha establecido, que sepamos, hasta la fecha un criterio racional o científico para considerar fallado o no un año de acuerdo con la magnitud de la falla y la época del año en que ocurre. El método científico involucraría el conocimiento para cada zona agrícola del país de la merma de rendimiento económico de las cosechas para todas las combinaciones posibles de distintos porcentajes de falla en cada mes, proceso engorroso y caro de conseguir.

Para los efectos de este estudio definimos como año fallado si se cumple que la demanda total se satisface en menos del 85% en el año.

Alternativas consideradas y Demandas. Escalonamos la superficie regada, para el efecto de la regulación en seis alternativas: 2000, 2500, 2800, 3000, 3200 y 3500 hectáreas.

El Cuadro Nº14 siguiente establece las demandas para dichas superficies, de acuerdo con la tasa establecida.

Los Cuadros numerados del 16 al 21 contabilizan los déficit y sobrantes sin embalse para las distintas alternativas de superficie regada y permitan determinar seguridades en esas condiciones.

C U A D R O N O 14

DEMANDA DE AGUA PARA DIFERENTES SUPERFICIES, EN MILLONES DE  
m<sup>3</sup> MENSUALES

Mes	2000	2500	2800	3000	3200	3500
Dic.	4,64	5,80	6,50	6,96	7,42	8,12
Ene.	5,22	6,53	7,28	7,83	8,32	9,14
Feb.	4,78	5,98	6,69	7,14	7,85	8,37
Mar.	4,20	5,25	5,88	6,30	6,72	7,35
Abr.	3,54	4,43	4,96	5,31	5,66	6,20
May.	2,96	3,70	4,14	4,44	4,74	5,18
Jun.	2,48	3,10	3,47	3,72	3,97	4,34
Jul.	2,28	2,85	3,19	3,42	3,65	3,99
Ago.	2,34	2,93	3,28	3,51	3,74	4,10
Set.	2,60	3,25	3,64	3,90	4,16	4,55
Oct.	3,10	3,88	4,34	4,65	4,97	5,43
Nov.	3,66	4,58	5,12	5,49	5,86	6,41
Suma:	41,80	52,28	58,49	62,67	67,06	73,18

C U A D R O N O 15

RIO LLUTA EN TOONTASI

Volúmenes escurridos

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Suma
1946 - 47	4,10	5,65	3,97	3,75	4,09	4,42	4,09	4,66	3,99	3,70	3,75	3,32	49,49
47 - 48	5,04	5,20	6,97	8,92	5,23	5,49	4,84	5,15	4,61	3,60	3,38	3,11	61,54
48 - 49	4,53	17,31	24,44	24,47	10,96	7,75	7,87	7,18	5,20	4,53	4,10	3,39	121,73
49 - 50	3,89	4,77	4,57	7,00	4,95	5,41	5,26	7,29	5,12	4,48	4,07	3,32	60,13
50 - 51	4,21	6,70	7,91	8,17	4,45	4,74	4,64	5,09	5,04	4,53	3,80	3,63	52,83
51 - 52	3,59	18,52	17,91	11,26	4,53	4,13	4,43	7,00	4,56	4,20	3,32	2,87	86,32
52 - 53	3,32	9,03	27,59	26,80	7,77	5,36	5,70	6,03	5,90	6,66	6,78	6,81	117,75
53 - 54	7,32	7,66	8,32	8,00	5,18	5,22	4,92	5,23	4,82	4,53	4,56	4,40	70,16
54 - 55	4,96	8,04	7,99	5,52	4,64	3,99	3,99	4,07	3,94	3,70	3,70	3,52	58,06
55 - 56	4,10	4,26	5,00	4,13	3,78	3,75	3,89	4,26	3,99	3,76	3,73	3,52	48,17

C U A D R O N O 15 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	Suma
1956 - 57	3,43	3,46	4,31	4,02	3,76	3,81	3,99	3,94	3,99	3,63	3,51	3,44	45,29
57 - 58	4,48	5,01	10,89	10,18	7,51	7,05	7,77	8,04	6,70	4,92	3,48	2,59	78,62
58 - 59	4,56	5,63	6,24	4,96	3,47	4,10	4,14	4,29	4,69	5,08	4,56	3,63	55,35
59 - 60	5,36	7,69	7,57	5,36	3,57	2,65	2,93	4,15	4,85	4,64	5,04	5,00	58,81
60 - 61	4,80	4,88	4,50	3,99	3,21	6,67	6,84	5,98	4,56	4,14	3,97	3,70	57,24
61 - 62	4,29	8,90	7,67	5,57	5,18	5,44	5,46	5,31	4,56	3,94	2,87	3,55	62,74
62 - 63	4,02	11,60	27,83	22,19	5,98	7,80	6,73	7,08	6,06	5,20	3,67	3,37	111,53
63 - 64	4,56	5,63	6,24	4,96	3,47	4,10	4,14	4,29	4,69	5,08	4,56	3,63	55,35
64 - 65	5,36	7,69	7,57	5,36	3,57	2,65	2,93	4,15	4,85	4,64	5,04	5,00	58,81
65 - 66	4,80	4,88	4,50	3,99	3,21	6,67	6,84	5,98	4,56	4,14	3,97	3,70	57,24
66 - 67	3,89	3,65	8,61	12,06	3,94	5,25	4,53	4,90	4,15	3,89	3,89	3,63	62,39

Evaporación. Por otra parte, la curva de evaporación que hemos tomado en cuenta como pérdida anual del embalse toda vez que éste no esté vertiendo, es en parte "inventada", porque no hay observaciones fidedignas en el área en estudio. A este respecto es de conveniencia y aconsejable instalar un evaporímetro en el sector de emplazamiento del futuro tranque.

Nuestro Cuadro N°1 consigna un corto período de registros de evaporación en Chacabuco, en el valle bajo de Lluta, lugar de condiciones un tanto diferentes a las del sitio de emplazamiento del posible tranque, porque queda un poco influido por las camanchacas costeras. Se cuenta también con observaciones de evaporación en el altiplano, en Parinacota, pero otra vez corresponde a un sector de clima y elevación diferentes.

Para ponernos en situación de cautela hemos preferido adoptar la curva de evaporación del sector inferior, inventando los meses sin observaciones de Mayo a Agosto.

CURVA DE EVAPORACION EN CHACABUCO

Valores medios diarios (mm)

Ene.	8,5	Jul.	5,0 <sup>+</sup>
Feb.	8,6	Ago.	5,0 <sup>+</sup>
Mar.	7,6	Set.	5,2
Abr.	6,5	Oct.	6,2
May.	5,0 <sup>+</sup>	Nov.	7,2
Jun.	5,0 <sup>+</sup>	Dic.	8,4

+ Valor inventado

Resulta un promedio anual aproximado de 2,35 m de pérdida unitaria por evaporación. Para considerarla en el proceso de regulación tomamos una superficie inundada media equivalente a una cota de agua igual a 2/3 de la altura del coronamiento considerado. Esta es para los dos mejores tranques, de 400 000 m<sup>2</sup>, que con el valor anotado para la evaporación da en cifras redondas una pérdida de 1,0 millón de m<sup>3</sup> a descontar anualmente.

C U A D R O N O 16

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrantes para: S = 2000 Há sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 0,51	+0,45	- 0,81	- 0,18	+ 0,57	+ 1,50	+ 1,63	+ 2,42	+1,68	+ 1,12	+ 0,68	- 0,33	1,83	10,04
47 - 48	+ 0,44	+0,02	+ 2,19	+ 4,79	+ 1,71	+ 2,58	+ 2,38	+ 2,90	+2,30	+ 1,01	+ 0,30	- 0,54	0,54	20,61
48 - 49	- 0,08	+12,11	+19,66	+20,45	+ 7,46	+ 4,84	+ 5,42	+ 4,96	+2,90	+ 1,95	+ 1,03	- 0,15	0,23	80,78
49 - 50	- 0,72	-0,45	- 0,21	+ 2,85	+ 1,43	+ 2,49	+ 2,80	+ 5,06	+2,82	+ 1,90	+ 1,00	- 0,33	1,71	20,35
50 - 51	- 0,40	+1,48	+ 3,13	+ 4,04	+ 0,93	+ 1,82	+ 2,17	+ 2,85	+2,74	+ 1,95	+ 0,73	- 0,02	0,42	21,84
51 - 52	- 1,02	+13,44	+13,13	+ 7,14	+ 1,01	+ 1,20	+ 1,97	+ 4,74	+2,25	+ 1,61	+ 0,25	- 0,77	1,79	46,74
52 - 53	- 1,29	+3,88	+14,58	+ 3,36	+ 2,18	+ 2,44	+ 3,24	+ 3,80	+3,60	+ 2,91	+ 2,84	+ 2,32	1,29	45,15
53 - 54	+ 1,68	+2,50	+ 3,54	+ 3,90	+ 1,66	+ 2,44	+ 2,46	+ 2,99	+2,52	+ 1,95	+ 1,49	+ 0,81	-	28,94
54 - 55	+ 0,36	+2,88	+ 1,27	+ 1,36	+ 1,11	+ 1,06	+ 1,52	+ 1,82	+1,63	+ 1,12	+ 0,63	- 0,12	0,12	14,76
55 - 56	- 0,51	-0,93	+ 0,22	- 0,04	+ 0,26	+ 0,82	+ 1,50	+ 2,01	+1,68	+ 1,17	+ 0,65	- 0,12	1,60	8,31

C U A D R O N O 16 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 1,18	- 1,74	- 0,47	- 0,15	+ 0,23	+ 0,87	+ 1,52	+ 1,69	+ 1,68	+ 1,04	+ 0,44	- 0,20	3,74	7,47
57 - 58	- 0,13	- 0,17	+ 6,11	+ 5,25	+ 4,00	+ 4,60	+ 5,32	+ 5,82	+ 4,41	+ 2,34	+ 0,41	- 0,02	0,32	38,26
58 - 59	- 0,32	+ 0,45	+ 1,46	+ 0,80	- 0,06	+ 1,17	+ 1,68	+ 1,96	+ 2,39	+ 2,50	+ 1,49	- 0,02	0,40	13,90
59 - 60	+ 0,76	+ 2,53	+ 2,79	+ 1,20	+ 0,05	- 0,29	+ 0,46	+ 1,91	+ 2,55	+ 2,05	+ 1,98	+ 1,36	0,29	17,64
60 - 61	+ 0,19	- 0,31	- 0,28	- 0,18	- 0,32	+ 3,76	+ 4,38	+ 3,74	+ 2,25	+ 1,56	+ 0,90	+ 0,06	1,09	16,84
61 - 62	- 0,72	+ 1,75	+ 3,25	+ 1,42	+ 1,66	+ 2,52	+ 3,01	+ 3,07	+ 2,25	+ 1,35	- 0,21	- 0,10	1,03	20,28
62 - 63	- 0,59	+ 6,47	+ 23,05	+ 18,16	+ 2,46	+ 4,90	+ 4,28	+ 4,85	+ 3,76	+ 2,63	+ 0,44	- 0,28	0,87	71,00
63 - 64	- 0,05	+ 0,45	+ 1,46	+ 0,80	- 0,06	+ 1,17	+ 1,68	+ 1,96	+ 2,39	+ 2,50	+ 1,49	- 0,02	0,13	13,90
64 - 65	+ 0,76	+ 2,53	+ 2,79	+ 1,20	+ 0,05	- 0,29	+ 0,46	+ 1,91	+ 2,55	+ 2,05	+ 1,98	+ 1,36	0,29	17,64
65 - 66	+ 0,19	- 0,31	- 0,28	- 0,18	- 0,32	+ 3,76	+ 4,38	+ 3,74	+ 2,25	+ 1,56	+ 0,90	+ 0,06	1,09	16,84
66 - 67	- 0,72	- 1,55	+ 3,83	+ 4,98	+ 0,41	+ 2,33	+ 2,07	+ 2,66	+ 1,85	+ 1,30	+ 0,82	+ 0,02	2,27	20,27

C U A D R O N O 17

RIO LLUTA EN TOCENTASI

Déficit y sobranes para: S = 2500 Há sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

AÑO Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobranes Anual
1946 - 47	- 1,70	- 0,88	- 2,01	- 1,50	- 0,34	+ 0,72	+ 0,99	+ 1,81	+ 1,06	+ 0,45	- 0,13	- 1,26	- 7,82	+ 5,03
47 - 48	- 0,76	- 1,03	+ 0,99	+ 3,67	+ 0,80	+ 1,79	+ 1,74	+ 2,30	+ 1,68	+ 0,35	- 0,50	- 1,47	+ 3,76	+ 13,32
48 - 49	- 1,27	+10,78	+18,46	- 2,80	+ 6,53	+ 4,05	+ 3,77	+ 4,33	+ 2,27	+ 1,28	+ 0,22	- 1,19	+ 5,26	+ 51,69
49 - 50	- 1,91	- 1,76	- 1,41	+ 1,75	+ 0,52	+ 1,71	+ 2,16	+ 4,44	+ 2,19	+ 1,23	+ 0,19	- 1,26	+ 6,34	+ 14,19
50 - 51	- 1,59	+ 0,17	+ 1,93	+ 2,92	+ 0,02	+ 1,04	+ 1,54	+ 2,24	+ 2,11	+ 1,28	+ 0,08	- 0,95	+ 2,62	+ 13,25
51 - 52	- 2,21	+11,99	+11,93	+ 6,01	+ 0,10	+ 0,43	+ 1,33	+ 4,15	+ 1,63	+ 0,95	- 0,56	- 1,71	+ 4,48	+ 38,52
52 - 53	- 2,48	+ 2,50	+13,38	+21,55	+ 3,34	+ 1,66	+ 2,60	+ 3,18	+ 2,97	+ 3,41	+ 2,90	+ 2,23	+ 2,48	+ 59,72
53 - 54	+ 1,52	+ 1,13	+ 2,34	+ 2,75	+ 0,75	+ 1,66	+ 1,82	+ 2,38	+ 1,89	+ 1,28	+ 0,68	- 0,18	+ 0,18	+ 18,20
54 - 55	- 0,84	+ 1,51	+ 0,07	+ 0,27	+ 0,21	+ 0,29	+ 0,89	+ 1,22	+ 1,01	+ 0,45	+ 0,18	- 1,06	+ 2,08	+ 5,92
55 - 56	- 1,70	- 2,27	- 0,98	- 1,12	- 0,65	+ 0,05	+ 0,76	+ 1,41	+ 1,06	+ 0,51	+ 0,15	- 1,06	+ 7,93	+ 3,79

C U A D R O N º 17 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 2,37	- 3,07	- 1,67	- 1,23	- 0,67	+ 0,11	+ 0,89	+ 0,09	+ 1,06	+ 0,36	- 0,37	- 1,14	10,52	2,53
57 - 58	- 1,32	- 1,52	+ 4,91	+ 4,13	+ 3,08	+ 3,35	+ 4,67	+ 5,19	+ 3,77	+ 1,67	- 0,40	- 1,99	5,23	30,77
58 - 59	- 1,24	- 0,90	+ 0,26	- 0,29	- 0,96	+ 0,40	+ 1,04	+ 1,44	+ 1,76	+ 1,83	+ 0,68	- 0,95	4,34	7,41
59 - 60	- 0,44	+ 1,16	+ 1,59	+ 0,11	- 0,86	- 1,05	- 0,17	+ 1,30	+ 1,92	+ 1,39	+ 1,16	+ 0,42	2,52	9,05
60 - 61	- 1,00	- 1,65	- 1,48	- 1,26	- 1,22	+ 2,97	+ 3,74	+ 3,13	+ 1,63	+ 0,89	+ 0,09	- 0,08	7,49	12,45
61 - 62	- 1,51	+ 2,37	+ 1,69	+ 0,32	+ 0,75	+ 1,74	+ 2,36	+ 2,46	+ 1,63	+ 0,69	- 1,01	- 1,03	3,55	14,01
62 - 63	- 1,78	+ 5,07	+ 21,85	+ 16,94	+ 1,55	+ 4,10	+ 3,63	+ 4,23	+ 3,13	+ 1,95	- 0,21	- 1,21	3,20	62,45
63 - 64	- 1,24	- 0,90	+ 0,26	- 0,29	- 0,96	+ 0,40	+ 1,04	+ 1,44	+ 1,76	+ 1,83	+ 0,68	- 0,95	4,34	7,41
64 - 65	- 0,44	+ 1,16	+ 1,59	+ 0,11	- 0,86	- 1,05	- 0,17	+ 1,30	+ 1,92	+ 1,39	+ 1,16	+ 0,42	2,52	9,05
65 - 66	- 1,00	- 1,65	- 1,48	- 1,26	- 1,22	+ 2,97	+ 3,74	+ 3,13	+ 1,63	+ 0,89	+ 0,09	- 0,88	7,49	12,45
66 - 67	- 1,91	- 2,88	+ 2,63	+ 6,81	+ 0,49	+ 1,55	+ 1,43	+ 2,05	+ 1,22	+ 0,64	+ 0,01	- 0,95	6,23	16,34

C U A D R O N O 16

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrentes para: S = 2800 Há sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrentes Anual
1946 - 47	- 2,40	- 1,63	- 2,72	- 2,13	- 0,88	+ 0,28	+ 0,62	+ 1,47	+ 0,71	+ 0,06	- 0,59	- 1,80	- 12,15	+ 3,14
47 - 48	- 1,46	- 2,08	+ 2,08	+ 3,04	+ 0,27	+ 1,35	+ 1,37	+ 1,96	+ 1,33	- 0,04	- 0,96	- 2,01	6,55	9,60
48 - 49	- 1,97	+10,03	+17,75	- 3,43	+ 6,00	+ 3,61	+ 4,40	+ 3,99	+ 1,92	+ 0,89	- 0,24	- 1,73	7,37	48,59
49 - 50	- 1,61	- 2,51	- 2,12	+ 1,12	- 0,01	+ 1,27	+ 1,79	+ 4,10	+ 1,84	+ 0,84	- 0,27	- 1,80	8,32	10,96
50 - 51	- 2,29	- 0,58	+ 1,22	+ 2,29	- 0,51	+ 0,60	+ 1,17	+ 1,90	+ 1,76	+ 0,89	- 0,54	- 1,49	5,41	9,83
51 - 52	- 2,91	+11,24	+11,22	+ 5,38	- 0,43	- 0,01	+ 0,96	+ 3,81	+ 1,28	+ 0,56	- 1,02	- 2,25	6,62	34,45
52 - 53	- 3,18	+ 1,75	+12,67	+20,92	+ 2,81	+ 1,22	+ 2,23	+ 2,84	+ 2,62	+ 3,02	+ 2,44	+ 1,69	3,18	54,21
53 - 54	- 0,82	+ 0,38	+ 1,63	+ 2,12	+ 0,22	+ 1,22	+ 1,45	+ 2,04	+ 1,54	+ 0,89	+ 0,22	- 0,72	1,54	11,71
54 - 55	- 1,54	+ 0,76	- 0,64	- 0,36	- 0,32	- 0,15	+ 0,52	+ 0,88	+ 0,66	+ 0,06	- 0,64	- 1,60	5,25	2,88
55 - 56	- 2,40	- 3,02	- 1,69	- 1,75	- 1,18	- 0,39	+ 0,49	+ 1,07	+ 0,71	+ 0,18	- 0,61	- 1,60	12,64	2,39

C U A D R O N O 1 B

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrantes para: S = 2800 Há sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 2,40	- 1,63	- 2,72	- 2,13	- 0,88	+ 0,28	+ 0,62	+ 1,47	+ 0,71	+ 0,06	- 0,59	- 1,80	- 12,15	+ 3,14
47 - 48	- 1,46	- 2,08	+ 2,08	+ 3,04	+ 0,27	+ 1,35	+ 1,37	+ 1,96	+ 1,33	- 0,04	- 0,96	- 2,01	6,55	9,60
48 - 49	- 1,97	+10,03	+17,75	- 3,43	+ 6,00	+ 3,61	+ 4,40	+ 3,99	+ 1,92	+ 0,89	- 0,24	- 1,73	7,37	48,59
49 - 50	- 1,61	- 2,51	- 2,12	+ 1,12	- 0,01	+ 1,27	+ 1,79	+ 4,10	+ 1,84	+ 0,84	- 0,27	- 1,80	8,32	10,96
50 - 51	- 2,29	- 0,58	+ 1,22	+ 2,29	- 0,51	+ 0,60	+ 1,17	+ 1,90	+ 1,76	+ 0,89	- 0,54	- 1,49	5,41	9,83
51 - 52	- 2,91	+11,24	+11,22	+ 5,38	- 0,43	- 0,01	+ 0,96	+ 3,81	+ 1,28	+ 0,56	- 1,02	- 2,25	6,62	34,45
52 - 53	- 3,18	+ 1,75	+12,67	+20,92	+ 2,81	+ 1,22	+ 2,23	+ 2,84	+ 2,62	+ 3,02	+ 2,44	+ 1,69	3,18	54,21
53 - 54	- 0,82	+ 0,38	+ 1,63	+ 2,12	+ 0,22	+ 1,22	+ 1,45	+ 2,04	+ 1,54	+ 0,89	+ 0,22	- 0,72	1,54	11,71
54 - 55	- 1,54	+ 0,76	- 0,64	- 0,36	- 0,32	- 0,15	+ 0,52	+ 0,88	+ 0,66	+ 0,06	- 0,64	- 1,60	5,25	2,88
55 - 56	- 2,40	- 3,02	- 1,69	- 1,75	- 1,18	- 0,39	+ 0,49	+ 1,07	+ 0,71	+ 0,18	- 0,61	- 1,60	12,64	2,39

C U A D R O N O 1 B (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 3,07	- 3,82	- 2,38	- 1,86	- 1,20	- 0,33	+ 0,52	+ 0,75	+ 0,71	- 0,01	- 0,83	- 1,68	15,18	1,98
57 - 58	- 2,02	- 2,27	+ 4,20	+ 3,50	+ 2,55	+ 2,91	+ 4,30	+ 4,85	+ 3,42	+ 1,28	- 0,86	- 2,53	7,68	27,01
58 - 59	- 1,94	- 1,65	- 0,45	- 0,92	- 1,49	- 0,04	+ 0,67	+ 1,10	+ 1,41	+ 1,44	+ 0,22	- 1,49	7,98	4,84
59 - 60	- 1,14	+ 0,41	+ 0,88	- 0,52	- 1,39	- 1,49	- 0,54	+ 0,96	+ 1,57	+ 1,00	+ 0,70	- 0,12	59,60	5,52
60 - 61	- 1,70	- 2,40	- 2,19	- 1,89	- 1,75	+ 2,53	+ 3,37	+ 2,79	+ 1,28	+ 0,50	- 0,37	- 1,42	11,72	10,47
61 - 62	- 2,21	+ 1,62	+ 0,98	- 0,31	+ 0,22	+ 1,30	+ 1,99	+ 2,12	+ 1,28	+ 0,30	- 1,47	- 1,57	5,56	9,81
62 - 63	- 2,48	+ 4,32	+21,14	+16,31	+ 1,02	+ 3,66	+ 3,26	+ 3,89	+ 2,78	+ 1,56	- 0,67	- 1,75	4,90	57,94
63 - 64	- 1,94	- 1,65	- 0,45	- 0,92	- 1,49	- 0,04	+ 0,67	+ 1,10	+ 1,41	+ 1,44	+ 0,22	- 1,49	7,98	4,84
64 - 65	- 1,14	+ 0,41	+ 0,88	- 0,52	- 1,39	- 1,49	- 0,54	+ 0,96	+ 1,57	+ 1,00	+ 0,70	- 0,12	5,20	5,52
65 - 66	- 1,70	- 2,40	- 2,19	- 1,89	- 1,75	+ 2,53	+ 3,37	+ 2,79	+ 1,28	+ 0,50	- 0,37	- 1,42	11,72	10,47
66 - 67	- 2,61	- 3,63	+ 1,92	+ 6,18	- 1,02	+ 1,11	+ 1,06	+ 1,71	+ 0,87	+ 0,25	- 0,45	- 1,49	9,20	13,10

C U A D R O N O 19

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrantes para: S = 3000 H<sup>3</sup> sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 2,86	- 2,18	- 3,17	- 2,55	- 1,22	- 0,02	+ 0,37	+ 0,24	+ 0,48	- 0,20	- 0,90	- 2,17	15,27	1,09
47 - 48	- 1,92	- 2,63	- 0,17	+ 2,62	- 0,08	+ 1,05	+ 1,12	+ 1,73	+ 1,10	- 0,30	- 1,27	- 2,38	8,75	7,62
48 - 49	- 2,43	+ 9,48	+17,30	- 3,85	+ 5,65	+ 3,31	+ 4,15	+ 3,76	+ 1,69	+ 0,63	- 0,55	- 2,10	8,93	45,97
49 - 50	- 3,07	- 3,06	- 2,57	+ 0,70	- 0,36	+ 0,97	+ 1,54	+ 3,87	+ 1,61	+ 0,58	- 0,58	- 2,17	11,81	9,27
50 - 51	- 2,75	- 1,03	+ 0,77	+ 1,87	- 0,86	+ 0,30	+ 0,92	+ 1,67	+ 1,53	+ 0,63	- 0,85	- 1,86	7,45	7,69
51 - 52	- 3,37	+10,69	+10,77	+ 4,96	- 0,78	- 0,31	+ 0,71	+ 3,58	+ 1,05	+ 0,30	- 1,33	- 2,62	8,41	32,06
52 - 53	- 3,64	+ 1,20	+12,22	+20,50	+ 2,46	+ 0,92	+ 1,98	+ 2,61	+ 2,39	+ 2,76	+ 2,13	+ 1,32	3,64	50,49
53 - 54	+ 0,36	- 0,17	+ 1,18	+ 1,70	- 0,13	+ 0,92	+ 1,20	+ 1,81	+ 1,31	+ 0,63	- 0,09	- 1,09	1,48	9,11
54 - 55	- 2,00	+ 0,21	- 1,09	- 0,78	- 0,67	- 0,45	+ 0,27	+ 0,65	+ 0,43	- 0,20	- 0,95	- 1,97	8,11	1,56
55 - 56	- 2,86	- 3,57	- 2,14	- 2,17	- 1,53	- 0,69	+ 0,24	+ 0,84	+ 0,48	- 0,14	- 0,92	- 1,97	15,99	1,56

C U A D R O N O 19 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 3,53	- 4,37	- 2,83	- 2,28	- 1,55	- 0,63	+ 0,27	+ 0,52	+ 0,48	- 0,27	- 1,14	- 0,05	-	+
57 - 58	- 2,48	- 2,82	+ 3,75	+ 3,08	+ 2,20	+ 2,61	+ 4,05	+ 4,62	+ 3,19	+ 1,02	- 1,17	- 2,90	9,37	24,52
58 - 59	- 2,40	- 2,20	- 0,90	- 1,34	- 1,84	- 0,34	+ 0,42	+ 0,87	+ 1,18	+ 1,18	- 0,09	- 1,86	10,97	3,65
59 - 60	- 1,60	- 0,14	+ 0,43	- 0,94	- 1,74	- 1,79	- 0,79	+ 0,73	+ 1,34	+ 0,74	+ 0,35	- 0,48	3,49	3,63
60 - 61	- 2,16	- 2,95	- 2,64	- 2,31	- 2,10	+ 2,33	+ 3,12	+ 2,56	+ 1,05	+ 0,24	- 0,68	- 1,79	14,63	9,20
61 - 62	- 2,67	+ 1,07	+ 0,53	- 0,73	- 0,13	+ 1,00	+ 1,74	+ 1,89	+ 1,05	+ 0,04	- 1,78	- 1,94	7,25	7,32
62 - 63	- 2,94	+ 3,77	+20,69	+15,89	+ 0,67	+ 3,36	+ 3,01	+ 3,66	+ 2,55	+ 1,30	- 0,98	- 2,12	6,04	54,90
63 - 64	- 2,40	- 2,20	- 0,90	- 1,34	- 1,84	- 0,34	+ 0,42	+ 0,87	+ 1,18	+ 1,18	- 0,09	- 1,86	10,97	3,65
64 - 65	- 1,60	- 0,14	+ 0,43	- 0,94	- 1,74	- 1,79	- 0,79	+ 0,73	+ 1,34	+ 0,74	+ 0,39	- 0,49	7,49	3,63
65 - 66	- 2,16	- 2,95	- 2,64	- 2,31	- 2,10	+ 2,23	+ 3,12	+ 2,56	+ 1,05	+ 0,24	- 0,68	- 1,79	14,63	9,20
66 - 67	- 3,07	- 4,18	+ 1,47	+ 5,76	- 1,37	+ 0,81	+ 0,81	+ 1,48	+ 0,64	- 0,01	- 0,76	- 1,86	11,25	10,97

C U A D R O N O 20

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrantes para: S = 3200 Há sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 3,32	- 2,67	- 3,88	- 2,97	- 1,57	- 0,32	+ 0,12	+ 1,01	+ 0,25	- 0,46	- 1,22	- 2,54	-	1,38
47 - 48	- 2,38	- 3,12	- 0,88	+ 2,20	- 0,43	+ 0,75	+ 0,87	+ 1,50	+ 0,87	- 0,56	- 1,59	- 2,75	11,71	6,19
48 - 49	- 2,89	+ 8,99	+16,59	- 4,27	+ 5,30	+ 3,01	+ 3,90	+ 3,53	+ 1,46	+ 0,37	- 0,87	- 2,47	10,50	43,15
49 - 50	- 3,53	- 3,55	- 3,28	+ 0,28	- 0,71	+ 0,67	+ 1,29	+ 3,64	+ 1,38	+ 0,32	- 1,90	- 2,54	14,51	7,58
50 - 51	- 3,21	- 1,62	+ 0,06	+ 1,45	- 1,21	00	+ 0,67	+ 1,44	+ 1,30	+ 0,37	- 1,17	- 2,23	9,44	5,29
51 - 52	- 3,83	+10,20	+10,06	+ 4,54	- 1,13	- 0,61	+ 0,46	+ 3,35	+ 0,82	+ 0,04	- 1,65	- 2,99	10,21	29,47
52 - 53	- 4,10	+ 0,71	+11,51	+20,08	+ 2,11	+ 0,62	+ 1,73	+ 2,38	+ 2,16	+ 2,50	+ 1,81	+ 0,95	4,10	46,56
53 - 54	- 0,10	- 0,66	+ 0,47	+ 1,28	- 0,48	+ 0,62	+ 0,95	+ 1,58	+ 1,08	+ 0,37	- 0,41	- 1,86	3,51	6,35
54 - 55	- 2,46	- 0,28	- 1,80	- 1,20	- 1,02	- 0,75	+ 0,02	+ 0,42	+ 0,20	- 0,46	- 1,27	- 2,34	11,58	0,64
55 - 56	- 3,32	- 4,06	- 2,85	- 2,59	- 1,88	- 0,99	- 0,01	+ 0,61	+ 0,25	- 0,40	- 1,24	- 2,34	19,68	0,86

C. U. A. D. R. O. N.º 20 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 3,99	- 4,86	- 3,54	- 2,70	- 1,90	- 0,93	+ 0,02	+ 0,29	+ 0,25	- 1,13	- 1,46	- 2,42	-	0,56
57 - 58	- 2,94	- 3,31	+ 3,04	+ 2,66	+ 1,85	+ 2,31	+ 3,80	+ 4,39	+ 2,96	+ 0,76	- 1,49	- 3,27	11,01	21,77
58 - 59	- 2,86	- 2,69	- 1,61	- 1,76	- 2,19	- 0,64	+ 0,17	+ 0,64	+ 0,95	+ 0,92	- 0,41	- 2,23	14,39	2,68
59 - 60	- 2,06	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	- 1,04	+ 0,50	+ 1,11	+ 0,48	+ 0,07	- 0,86	10,41	2,16
60 - 61	- 2,62	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	+ 1,93	+ 2,87	+ 2,33	+ 0,82	- 0,02	- 1,00	- 2,16	17,77	7,95
61 - 62	- 3,13	- 3,31	+ 3,04	- 1,15	- 0,48	+ 0,70	+ 1,49	+ 1,66	+ 0,82	- 0,22	- 2,10	- 2,31	12,70	7,71
62 - 63	- 3,40	+ 3,28	+ 19,98	+ 15,47	+ 0,32	+ 3,06	+ 2,76	+ 3,43	+ 2,32	+ 1,04	- 1,30	- 2,49	7,19	51,66
63 - 64	- 2,86	- 2,69	- 1,61	- 1,76	- 2,19	- 0,64	+ 0,17	+ 0,64	+ 0,95	+ 0,92	- 0,41	- 2,23	14,39	2,68
64 - 65	- 2,06	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	- 1,04	+ 0,50	+ 1,11	+ 0,48	+ 0,07	- 0,86	10,41	2,16
65 - 66	- 2,62	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	+ 1,93	+ 2,87	+ 2,33	+ 0,82	- 0,02	- 1,00	- 2,16	17,77	7,95
66 - 67	- 3,53	- 4,67	+ 0,76	+ 5,34	- 1,72	+ 0,51	+ 0,56	+ 1,25	+ 0,41	- 0,27	- 1,08	- 2,23	13,50	8,83

C U A D R O N O 21

RIO LLUTA EN TOCONTASI

Déficit y sobrantes para: S = 3500 Há sin embalse  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 4,02	- 3,49	- 4,40	- 3,60	- 2,11	- 0,76	- 0,25	+ 0,67	- 0,11	- 0,85	- 1,68	- 3,09	- 24,36	0,67
47 - 48	- 3,08	- 3,94	- 1,40	+ 1,57	- 0,97	+ 0,31	+ 0,50	+ 1,16	+ 0,51	- 0,95	- 2,05	- 3,30	- 15,69	4,05
48 - 49	- 3,59	+ 8,17	+ 16,07	- 4,90	+ 4,76	+ 2,57	+ 3,53	+ 3,19	+ 1,10	- 0,02	- 1,33	- 3,02	- 12,86	39,39
49 - 50	- 4,23	- 4,37	- 3,80	- 0,35	- 1,25	+ 0,23	+ 0,92	+ 3,30	+ 1,02	- 0,07	- 1,36	- 3,09	- 18,52	5,47
50 - 51	- 3,91	- 2,44	- 0,46	+ 0,82	- 1,75	- 0,44	+ 0,30	+ 1,10	+ 0,94	- 0,02	- 1,63	- 2,78	- 13,43	3,16
51 - 52	- 4,53	+ 9,38	+ 9,54	+ 3,91	- 1,67	- 1,05	+ 0,09	+ 3,01	+ 0,46	- 0,35	- 2,11	- 3,54	- 13,25	26,39
52 - 53	- 4,80	- 0,11	+ 10,99	+ 19,45	+ 1,57	+ 0,18	+ 1,36	+ 2,04	+ 1,80	+ 2,11	+ 1,35	+ 0,40	- 4,91	41,25
53 - 54	- 0,80	- 1,48	- 0,05	+ 0,65	- 1,02	+ 0,18	+ 0,58	+ 1,24	+ 0,72	- 0,02	- 0,87	- 2,01	- 6,25	3,37
54 - 55	- 3,16	- 1,10	- 2,32	- 1,83	- 1,56	- 1,19	- 0,35	+ 0,08	- 1,16	- 0,85	- 1,73	- 2,89	- 17,14	0,08
55 - 56	- 4,02	- 4,88	- 3,37	- 3,22	- 2,42	- 1,43	- 0,38	+ 0,27	- 0,11	- 0,79	- 1,70	- 2,89	- 25,21	0,27

C U A D R O N O 21 (Continuación)

Año Hidrologico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 4,69	- 5,68	- 4,06	- 3,33	- 2,44	- 1,37	- 0,35	- 0,05	- 0,11	- 0,92	- 1,92	- 2,97	27,89	-
57 - 58	- 3,64	- 4,13	+ 2,52	+ 2,03	+ 1,31	+ 1,87	+ 3,43	+ 4,05	+ 2,60	+ 0,37	- 1,95	- 3,82	13,54	18,18
58 - 59	- 3,56	- 3,51	- 2,13	- 2,39	- 2,73	- 1,08	- 0,20	+ 0,30	+ 0,59	+ 0,53	- 0,87	- 2,78	19,25	1,42
59 - 60	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	+ 0,16	+ 0,75	+ 0,09	- 0,39	- 1,41	15,37	1,00
60 - 61	- 3,32	- 2,46	- 3,87	- 3,36	- 2,99	+ 1,49	+ 2,50	+ 1,99	+ 0,46	- 0,41	- 1,46	- 2,71	22,38	6,44
61 - 62	- 3,83	- 0,24	- 0,70	- 1,78	- 1,02	+ 0,26	+ 1,12	+ 1,32	+ 0,46	- 0,61	- 2,56	- 2,86	13,60	3,16
62 - 63	- 4,10	+ 2,46	+ 19,46	+ 14,84	- 0,22	+ 2,62	+ 2,39	+ 3,09	+ 1,96	+ 0,65	- 1,76	- 3,04	9,12	47,47
63 - 64	- 3,56	- 3,51	- 2,13	- 2,39	- 2,73	- 1,08	- 0,20	+ 0,30	+ 0,59	+ 0,53	- 0,87	- 2,78	19,25	1,42
64 - 65	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	+ 0,16	+ 0,75	+ 0,09	- 0,39	- 1,41	15,37	1,00
65 - 66	- 3,32	- 4,26	- 3,87	- 3,36	- 2,99	+ 1,49	+ 2,50	+ 1,99	+ 0,46	- 0,41	- 1,46	- 2,71	22,38	6,44
66 - 67	- 4,23	- 5,49	+ 0,24	+ 4,71	- 2,26	+ 0,07	+ 0,19	+ 0,91	+ 0,05	- 0,66	- 1,54	- 2,78	16,96	6,17

C U A D R O N O 22

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 10 mill. m<sup>3</sup>. Superf. reg.: 2500 Há

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	10,00	9,12	7,11	5,61	5,27	5,99	6,98	8,79	9,85	10,00	9,81	8,61	0,30	
47 - 48	7,85	6,82	7,81	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,50	8,03	10,14	
48 - 49	6,76	10,00	10,00	7,20	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,81	45,65	
49 - 50	6,90	5,14	3,73	5,48	6,00	7,71	9,87	10,00	10,00	10,00	10,00	8,74	7,92	
50 - 51	7,15	7,32	9,25	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,92	8,97	10,40	
51 - 52	6,76	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,44	7,73	35,28	
52 - 53	5,25	7,75	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	54,97	
53 - 54	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,82	18,20	
54 - 55	8,98	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,82	8,76	4,90	
55 - 56	7,06	4,79	3,81	2,69	2,04	2,09	2,85	4,26	5,32	5,83	5,68	4,62		

C U A D R O N O 22 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	2,25	- 0,82	- 1,67	- 1,23	- 0,67	0,11	1,00	1,09	2,15	2,53	2,16	1,02		4,39
57 - 58	- 0,30	- 1,52	4,91	9,04	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,60	7,61	20,77	1,82
58 - 59	6,37	5,47	5,73	5,44	4,48	4,88	5,92	7,46	9,22	10,00	10,00	9,05	1,73	
59 - 60	8,51	9,67	10,00	10,00	9,12	8,07	7,90	9,20	10,00	10,00	10,00	10,00	4,02	
60 - 61	9,00	7,35	5,87	3,61	2,39	5,36	9,10	10,00	10,00	10,00	10,00	9,12	4,84	
61 - 62	7,61	5,24	6,93	7,25	8,00	9,74	10,00	10,00	10,00	10,00	8,99	7,96	6,88	
62 - 63	6,18	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,79	8,58	56,63	
63 - 64	7,34	6,44	6,70	6,41	5,45	5,85	6,89	8,33	10,00	10,00	10,00	9,05	2,60	
64 - 65	8,61	9,77	10,00	10,00	9,14	8,09	7,92	9,22	10,00	10,00	10,00	10,00	5,58	
65 - 66	9,00	7,35	5,87	4,61	3,39	6,36	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,12	5,84	
66 - 67	7,21	4,33	6,96	10,00	9,51	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,05	10,18	

C U A D R O N O 23

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 10 mill. m<sup>3</sup>. Superf. reg.: 2800 H<sup>2</sup>  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agp.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	10,00	7,60	5,97	3,84	2,96	3,24	3,86	5,33	6,04	6,10	5,51	3,71		
47 - 48	2,25	0,17	0,45	3,49	3,76	5,11	6,48	8,44	9,77	9,73	8,77	6,76		
48 - 49	4,79	10,00	10,00	6,57	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,76	8,03	17,38	
49 - 50	6,42	3,91	1,79	2,91	2,90	4,17	5,96	10,00	10,00	10,00	9,73	5,93	2,74	
50 - 51	3,64	3,06	4,28	6,57	6,06	6,66	7,83	9,73	10,00	10,00	9,46	7,97	2,38	
51 - 52	5,06	10,00	10,00	10,00	9,57	9,56	10,00	10,00	10,00	10,00	8,98	6,73	29,07	
52 - 53	3,55	5,30	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	47,76	
53 - 54	9,18	9,56	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,28	10,89	
54 - 55	7,74	8,50	7,86	7,50	7,18	7,03	7,55	8,43	9,09	9,15	8,51	6,91		
55 - 56	4,51	1,48	0,21	- 1,75	- 1,18	- 0,39	0,49	1,56	2,27	2,39	1,78	0,18		3,53

C U A D R O N O 23 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 2,89	- 3,82	- 2,38	- 1,86	- 1,20	- 0,33	0,52	1,27	1,98	1,97	1,14	- 0,54		13,02
57 - 58	- 2,02	- 2,27	4,20	7,70	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,14	6,61	17,01	4,29
58 - 59	4,67	3,02	2,57	1,65	0,16	0,12	0,79	1,89	3,30	4,74	4,96	3,47		
59 - 60	2,33	2,74	3,62	3,10	1,71	0,22	- 0,32	0,96	2,53	3,53	5,23	5,11		0,32
60 - 61	3,41	1,01	- 1,18	- 1,89	- 1,75	2,53	5,90	8,69	9,97	10,00	9,63	8,21		4,82
61 - 62	6,00	7,62	8,60	8,29	8,51	9,81	10,00	10,00	10,00	10,00	8,53	6,96	5,50	
62 - 63	4,48	8,80	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,33	7,58	52,42	
63 - 64	5,64	3,99	3,54	2,62	1,13	1,09	1,76	2,86	4,27	5,71	5,93	4,44		
64 - 65	3,30	3,71	4,59	4,07	2,68	1,19	0,65	1,61	3,18	4,18	4,88	4,76		
65 - 66	3,06	0,66	- 1,53	- 1,89	- 1,75	2,53	5,90	8,69	9,97	10,00	9,63	8,21		5,17
66 - 67	5,60	1,97	3,89	10,00	8,98	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,55	8,06	3,98	

C U A D R O N O 24

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 10 mill. m<sup>3</sup>. Superf. reg.: 3000 Há.  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	10,00	7,82	4,65	2,10	0,88	0,86	1,23	1,47	1,95	1,75	0,85	1,32	-	1,32
47 - 48	-	1,92 - 2,63	0,17	2,62	2,54	3,59	4,71	6,44	7,54	7,24	5,97	3,59	33,28	4,72
48 - 49	1,16	10,00	10,00	6,15	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,45	7,35		
49 - 50	4,28	1,22 - 1,35	3,05	0,70	0,34	1,31	2,85	6,72	8,33	8,91	8,33	6,16		1,35
50 - 51	3,41	2,28	3,05	4,92	4,06	4,36	5,28	6,95	8,48	9,11	8,26	6,40		
51 - 52	3,03	10,00	10,00	10,00	9,22	8,91	9,62	10,00	10,00	10,00	8,67	6,05	24,00	
52 - 53	2,41	3,61	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	42,90	
53 - 54	10,00	9,83	10,00	10,00	9,87	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,91	8,82	8,45	
54 - 55	6,82	7,03	5,94	5,16	4,49	4,04	4,31	4,96	5,39	5,19	4,24	2,27		
55 - 56	-	0,59 - 3,57	2,14 -	2,17 -	1,53 -	0,69	0,24	1,08	1,56	1,42	0,50	-	1,47	12,16

C U A D R O N O 24 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 3,53	- 4,37	- 2,83	- 2,28	- 1,55	- 0,63	0,27	0,79	1,27	1,00	- 0,14	- 2,05		17,38
57 - 58	- 2,48	- 2,82	3,75	6,83	9,03	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,33	5,93	14,52	5,30
58 - 59	3,53	1,33	0,43	- 0,91	- 1,84	- 0,34	0,42	1,29	2,47	3,65	3,56	1,70		3,09
59 - 60	0,10	- 0,04	0,43	- 0,51	- 1,74	- 1,79	- 0,79	0,73	2,07	2,81	3,20	2,71		4,87
60 - 61	0,55	- 2,40	- 2,64	- 2,31	- 2,10	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		9,45
61 - 62	4,06	5,13	5,66	4,93	4,80	5,80	7,54	9,43	10,00	10,00	8,22	6,28	0,52	
62 - 63	3,34	7,11	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,02	6,90	48,24	
63 - 64	4,50	2,30	1,20	0,14	- 1,84	- 0,34	0,42	1,29	2,47	3,65	3,56	1,70		2,32
64 - 65	0,10	- 0,04	0,43	- 0,51	- 1,74	- 1,79	- 0,79	0,73	2,07	2,81	3,20	2,71		4,87
65 - 66	0,55	- 2,40	- 2,64	- 2,31	- 2,10	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		9,45
66 - 67	3,66	- 0,52	1,47	7,23	5,86	6,67	7,48	8,96	9,60	9,59	8,33	6,97		0,52

C U A D R O N O 25

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 10 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3200 Há  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	10,00	7,33	3,45	0,48	- 1,09	- 0,32	0,12	1,13	1,38	0,92	- 0,30	- 2,54		4,25
47 - 48	- 2,38	- 3,12	- 0,88	2,20	1,77	2,52	3,39	4,89	5,76	5,20	3,61	0,86		6,38
48 - 49	- 2,03	8,99	10,00	5,73	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	2,13	6,66	28,88	2,03
49 - 50	3,13	- 0,42	- 3,28	0,28	- 0,43	0,67	1,96	5,60	6,98	7,30	6,40	3,86		4,13
50 - 51	0,65	- 0,97	0,06	1,51	0,30	0,30	0,97	2,41	3,71	4,08	3,91	1,68		0,97
51 - 52	- 2,15	10,00	10,00	10,00	8,87	8,26	8,72	10,00	10,00	10,00	8,35	5,36	17,73	2,15
52 - 53	1,26	1,97	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	37,82	
53 - 54	9,90	9,24	9,71	10,00	9,52	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,59	7,73	5,11	
54 - 55	5,27	4,99	3,19	1,99	0,97	0,22	0,24	0,66	0,86	0,40	- 0,87	- 2,34		1,21
55 - 56	- 3,32	- 4,06	- 2,85	- 2,59	- 1,88	- 0,99	- 0,01	0,61	0,86	0,46	- 0,78	- 2,34		18,82

C U A D R O N O 25 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 3,99	- 4,86	- 3,54	- 2,70	- 1,90	- 0,93	0,02	0,31	0,56	- 0,57	- 1,46	- 2,42		22,37
57 - 58	- 2,94	- 3,31	3,04	5,70	7,55	9,86	10,00	10,00	10,00	10,00	8,51	5,24	11,77	6,25
58 - 59	2,38	- 0,31	- 1,61	- 1,76	- 2,19	- 0,64	0,17	0,81	1,76	2,68	2,27	0,04		6,51
59 - 60	- 2,02	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		9,51
60 - 61	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
61 - 62	1,64	- 1,67	3,04	1,89	1,41	2,11	3,60	5,26	6,08	5,86	3,76	1,45		1,67
62 - 63	- 1,95	3,28	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,70	6,21	41,66	1,95
63 - 64	3,35	0,66	- 0,95	- 1,76	- 2,19	- 0,64	0,17	0,81	1,76	2,68	2,27	0,04		5,54
64 - 65	- 2,02	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		9,51
65 - 66	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
66 - 67	1,24	- 3,43	0,76	6,10	4,38	4,89	5,45	6,70	7,11	6,84	5,76	3,53		3,43

C U A D R O. N° 26

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 10 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg: 3500 Há  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	10,00	6,51	2,11	- 1,49	- 2,11	- 0,76	- 0,25	0,67	0,56	- 0,29	- 1,68	- 3,09	-	9,67
47 - 48	- 3,08	- 3,94	- 1,40	1,57	0,60	0,91	1,41	2,57	3,08	2,13	0,08	- 3,22		11,64
48 - 49	- 3,59	8,17	10,00	5,10	9,66	10,00	10,00	10,00	10,00	9,98	8,85	5,83	24,29	3,59
49 - 50	- 1,60	- 2,77	- 3,80	- 0,35	- 1,25	0,23	1,15	4,45	5,47	5,40	4,04	0,95		8,17
50 - 51	- 2,96	- 2,44	- 0,46	0,82	- 0,93	- 0,44	0,30	1,40	2,34	2,32	0,69	- 2,09		9,32
51 - 52	- 4,53	9,38	10,00	10,00	8,33	7,28	7,37	10,00	10,00	9,65	7,54	4,00	13,67	4,53
52 - 53	- 0,80	- 0,11	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	31,25	0,91
53 - 54	9,20	7,72	7,67	8,32	7,30	7,48	8,06	9,30	10,00	9,98	9,11	7,10	0,02	
54 - 55	3,94	2,84	0,52	- 1,31	- 1,56	- 1,19	- 0,35	0,08	- 0,08	- 0,85	- 1,73	- 2,89		9,96
55 - 56	- 4,02	- 4,88	- 3,37	- 3,22	- 2,42	- 1,43	- 0,38	0,27	0,16	- 0,63	- 1,70	- 2,89		24,94

C U A D R O N º 26 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 4,69	- 5,68	- 4,06	- 3,33	- 2,44	- 1,37	- 0,35	- 0,05	- 0,11	- 0,92	- 1,92	- 2,97		27,89
57 - 58	- 3,64	- 4,13	2,52	4,55	5,86	7,73	10,00	10,00	10,00	10,00	8,05	4,23	8,18	7,77
58 - 59	0,67	- 2,84	- 2,13	- 2,39	- 2,73	- 1,08	- 0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	- 2,23		13,60
59 - 60	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	0,16	0,91	0,99	0,61	- 0,80		14,37
60 - 61	- 3,32	- 4,26	- 3,87	- 3,36	- 2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,76		17,80
61 - 62	- 2,07	- 0,24	- 0,70	- 1,78	- 1,02	0,26	1,38	2,70	3,16	2,55	- 0,01	- 2,86		8,68
62 - 63	- 4,10	2,46	10,00	10,00	9,78	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,24	5,20	37,25	4,10
63 - 64	1,64	- 1,87	- 2,13	- 2,39	- 2,73	- 1,08	- 0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	- 2,23		12,63
64 - 65	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	0,16	0,91	1,00	0,61	- 0,80		14,37
65 - 66	- 3,32	- 4,26	- 3,87	- 3,36	- 2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,86		17,80
66 - 67	- 2,37	- 5,49	0,24	4,95	2,69	2,76	2,95	3,86	3,91	3,25	1,71	- 1,07		8,93

C U A D R O N º 27 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	7,25	4,18	2,51	1,28	0,61	0,72	1,61	1,70	2,76	3,14	2,77	1,63		
57 - 58	0,31	- 1,21	4,91	9,04	12,12	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,60	12,61	15,77	1,21
58 - 59	11,37	10,47	10,73	10,44	9,48	10,92	10,92	12,36	14,12	15,00	15,00	14,05	1,63	
59 - 60	13,61	14,77	15,00	15,00	14,14	13,09	12,92	14,22	15,00	15,00	15,00	15,00	5,56	
60 - 61	14,00	12,35	10,87	9,61	8,39	11,36	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,12	5,84	
61 - 62	12,61	14,98	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,99	12,96	11,62	
62 - 63	11,18	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,97	13,58	58,63	
63 - 64	12,34	11,44	11,70	11,41	10,45	10,85	11,89	13,33	15,00	15,00	15,00	14,05	2,60	
64 - 65	13,61	14,77	15,00	15,00	14,14	13,09	12,92	14,22	15,00	15,00	15,00	15,00	5,58	
65 - 66	14,00	12,35	10,87	9,61	8,39	11,36	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,12	5,84	
66 - 67	12,21	9,33	11,96	15,00	14,51	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,05	10,18	

C U A D R O N O 28

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 2800 Há  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	12,60	10,97	8,84	7,96	8,24	8,86	10,33	11,04	11,10	10,51	8,71		
47 - 48	7,25	5,17	5,45	8,49	8,76	10,11	11,48	13,44	14,77	14,73	13,77	11,76		
48 - 49	9,79	15,00	15,00	11,57	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,76	13,03	39,95	
49 - 50	11,42	8,91	6,79	7,91	9,50	9,17	10,96	15,00	15,00	15,00	14,73	10,93	2,74	
50 - 51	8,64	8,06	9,28	11,57	11,06	11,66	12,83	14,73	15,00	15,00	14,46	12,97	2,38	
51 - 52	10,06	15,00	15,00	15,00	14,57	14,56	15,00	15,00	15,00	15,00	13,98	11,73	29,07	
52 - 53	8,55	8,30	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	45,76	
53 - 54	14,18	14,56	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,28	10,89	
54 - 55	12,74	13,50	12,86	12,50	12,18	12,03	12,55	13,43	14,09	14,15	13,51	11,91		
55 - 56	9,51	6,48	4,79	3,04	1,86	1,47	1,96	3,03	3,74	3,86	3,25	1,65		

C U A D R O N O 28 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 1,42	- 3,82	- 2,38	- 1,86	- 1,20	0,33	0,52	1,27	1,98	1,97	1,14	- 0,54		11,55
57 - 58	- 2,02	- 2,27	4,20	7,70	10,25	13,16	15,00	15,00	15,00	15,00	14,14	11,61	12,01	4,29
58 - 59	9,67	8,02	7,57	6,65	5,16	5,12	5,79	6,89	8,30	9,74	9,96	8,47		
59 - 60	7,33	7,74	8,62	8,10	6,71	5,22	4,68	5,64	7,21	8,21	8,91	8,79		
60 - 61	7,09	4,69	2,50	0,61	- 1,14	2,53	5,90	8,69	9,97	10,47	10,10	8,68		
61 - 62	6,47	8,09	9,07	8,76	8,98	10,28	12,27	14,39	15,00	15,00	13,53	11,96	0,97	
62 - 63	9,48	13,80	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,33	12,58	52,42	
63 - 64	10,64	8,99	8,54	7,62	6,13	6,09	6,76	7,86	9,27	10,71	10,93	9,44		
64 - 65	8,30	8,71	9,59	9,07	7,68	6,19	5,65	6,61	8,18	9,18	9,88	9,76		
65 - 66	8,06	5,66	3,47	1,58	- 0,17	2,53	5,90	8,69	9,97	10,47	10,00	8,69		
66 - 67	6,07	2,44	4,36	10,54	9,52	10,63	11,69	13,40	14,27	14,52	14,07	12,58		

C U A D R O N O 29

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para :

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3000 Há  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	12,82	9,65	7,10	5,88	5,86	6,23	6,47	6,95	6,75	5,85	3,68		
47 - 48	1,76 -	0,87 -	0,17	2,62	2,54	3,59	4,71	6,44	7,54	7,24	5,97	3,59		1,04
48 - 49	1,16	10,64	15,00	11,15	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,45	12,35	28,28	
49 - 50	9,28	6,22	3,65	4,35	3,99	4,96	6,50	10,37	11,98	12,56	11,98	9,81		
50 - 51	7,06	5,93	6,70	8,57	7,71	8,01	8,93	10,60	12,13	12,76	11,91	10,05		
51 - 52	6,68	15,00	15,00	15,00	14,22	13,91	14,62	15,00	15,00	15,00	13,67	11,05	22,65	
52 - 53	7,41	8,61	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	42,90	
53 - 54	15,00	14,83	15,00	15,00	14,87	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,91	13,82	8,45	
54 - 55	11,82	12,03	10,94	10,16	9,49	9,04	9,31	9,96	10,39	10,19	9,24	7,27		
55 - 56	4,41	0,84 -	2,14 -	2,17 -	1,53 -	0,69	0,24	1,08	1,56	1,42	0,50 -	1,47		8,00

C U A D R O N O 29 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 3,53	- 4,37	- 2,83	- 2,28	- 1,55	- 0,63	0,27	0,79	1,27	1,00	- 0,14	- 2,05		17,38
57 - 58	- 2,48	- 2,82	3,75	6,83	9,03	11,64	15,00	15,00	15,00	15,00	13,83	10,93	9,52	5,30
58 - 59	8,53	6,33	5,43	4,09	2,25	1,91	2,33	3,20	4,38	5,56	5,47	3,61		
59 - 60	2,01	1,87	2,30	1,36	- 0,38	- 1,79	1,79	0,73	2,07	2,81	3,20	2,71		2,96
60 - 61	0,55	- 2,40	- 2,64	- 2,31	- 2,31	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		9,66
61 - 62	4,06	5,13	5,66	4,93	4,80	5,80	7,54	9,43	10,48	10,52	8,74	6,80		
62 - 63	3,86	7,63	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,02	11,90	43,76	
63 - 64	9,50	7,30	6,20	4,86	3,02	2,68	3,10	3,97	5,15	6,33	6,24	4,38		
64 - 65	2,78	2,64	3,07	2,13	0,39	- 1,40	- 0,79	0,73	2,07	2,81	3,20	2,71		2,19
65 - 66	0,55	- 2,40	- 2,64	- 2,31	- 2,10	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		9,45
66 - 67	3,66	- 0,52	1,47	7,23	5,86	6,67	7,48	8,96	9,60	9,59	8,83	6,97		0,52

C U A D R O N O 30

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3200 Há

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	12,33	8,45	5,48	3,91	3,59	3,71	4,72	4,97	4,31	3,09	0,55		
47 - 48	1,83 -	3,12 -	0,88	2,20	1,77	2,52	3,39	4,89	5,76	5,22	3,61	0,86		5,83
48 - 49	2,03	8,99	15,00	10,73	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,13	11,66	23,88	2,03
49 - 50	8,13	4,58	1,30	1,58	0,87	1,54	2,83	6,47	7,85	8,17	7,27	4,73		
50 - 51	1,52 -	0,10	0,06	1,51	0,30	0,30	0,97	2,41	3,71	4,08	3,91	1,60		0,10
51 - 52	2,15	10,20	15,00	15,00	13,87	13,26	13,72	15,00	15,00	15,00	13,35	10,36	12,73	2,15
52 - 53	6,26	6,97	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	37,82	
53 - 54	14,90	14,24	14,71	15,00	14,52	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,59	12,73	5,11	
54 - 55	10,27	9,99	8,19	6,93	5,97	5,22	5,24	5,66	5,86	5,40	4,13	1,79		
55 - 56	1,43 -	4,06 -	2,85 -	2,59 -	1,88 -	0,99 -	0,01	0,61	0,86	0,46	0,78 -	2,34		16,93

C U A D R O N O 30 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 3,99	- 4,86	- 3,54	- 2,70	- 1,90	- 0,93	0,02	0,31	0,56	- 0,57	- 1,46	- 2,42		22,37
57 - 58	- 2,94	- 3,31	3,04	5,70	7,55	9,86	13,66	15,00	15,00	15,00	13,51	10,24	6,77	6,25
58 - 59	7,38	4,69	3,08	1,32	- 0,87	- 0,64	0,17	0,81	1,76	2,68	2,27	0,04		1,51
59 - 60	- 2,02	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	- 1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		9,51
60 - 61	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
61 - 62	1,64	- 1,67	3,04	1,89	1,41	2,11	3,60	5,26	6,08	5,86	3,76	1,45		1,67
62 - 63	- 1,95	3,28	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,70	11,21	36,66	1,95
63 - 64	8,35	5,66	4,05	2,29	0,10	- 0,54	0,17	0,81	1,76	2,68	2,27	0,04		0,54
64 - 65	- 2,02	- 0,63	- 0,28	- 1,36	- 2,09	- 2,09	- 1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		9,51
65 - 66	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
66 - 67	1,24	- 3,43	0,76	6,10	4,38	4,89	5,45	6,70	7,11	6,84	5,76	3,53		3,43

C U A D R O N O 31

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3500 Há

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	11,51	7,11	3,51	1,40	0,64	0,39	1,06	0,95	0,10	- 1,58	- 3,09		4,67
47 - 48	- 3,08	- 3,94	- 1,40	1,57	0,60	0,91	1,41	2,57	3,08	2,13	0,08	- 3,22		11,64
48 - 49	- 3,59	8,17	15,00	10,10	14,66	15,00	15,00	15,00	15,00	14,98	13,85	10,83	19,29	3,59
49 - 50	6,60	2,23	- 1,57	- 0,35	- 1,25	0,23	1,15	4,45	5,47	5,40	4,04	0,95		3,17
50 - 51	- 2,96	- 2,44	- 0,46	0,82	- 0,93	- 0,44	0,30	1,40	2,34	2,32	0,69	- 2,09		9,32
51 - 52	- 4,53	9,38	15,00	15,00	13,33	12,28	12,37	15,00	15,00	14,65	12,54	9,00	8,67	4,53
52 - 53	- 0,80	- 0,11	10,99	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	26,25	0,91
53 - 54	14,20	12,72	12,67	13,32	12,30	12,48	13,06	14,30	15,00	14,98	14,11	12,10	0,02	
54 - 55	8,94	7,84	5,52	3,69	2,13	0,94	0,59	0,67	0,51	- 0,34	- 1,73	- 2,89		4,96
55 - 56	- 4,02	- 4,88	- 3,37	- 3,22	- 2,42	- 1,43	- 0,38	0,27	0,16	- 0,63	- 1,70	- 2,89		24,94

C U A D R O N O 31 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 4,69	- 5,58	- 4,06	- 3,33	- 2,44	- 1,37	- 0,35	- 0,05	- 0,11	- 0,92	- 1,92	- 2,97		27,89
57 - 58	- 3,64	- 4,13	2,52	4,55	5,86	7,73	11,16	15,00	15,00	15,00	13,05	9,23	3,18	7,77
58 - 59	5,67	2,16	0,03	- 2,36	- 2,73	- 1,08	- 0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	- 2,23		8,60
59 - 60	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	0,16	0,91	1,00	0,61	- 0,80		14,37
60 - 61	- 3,32	- 4,26	- 3,87	- 3,36	- 2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,86		17,80
61 - 62	- 1,97	- 0,24	- 0,70	- 1,78	- 1,02	0,26	1,38	2,70	3,16	2,55	- 0,01	- 2,86		8,58
62 - 63	- 4,10	2,46	15,00	15,00	14,78	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,24	10,20	32,25	4,10
63 - 64	6,64	3,13	1,00	- 1,39	- 2,73	- 1,08	- 0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	- 2,23		7,63
64 - 65	- 2,76	- 1,45	- 0,80	- 1,99	- 2,63	- 2,53	- 1,41	0,16	0,91	1,00	0,61	- 0,80		14,37
65 - 66	- 3,32	- 4,26	- 3,87	- 3,36	- 2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,86		17,80
66 - 67	- 2,37	- 5,49	0,24	4,95	2,69	2,76	2,95	3,86	3,91	3,25	1,71	- 1,07		8,93

C. U. A. D. R. O. N. O. 32

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para :

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3000 H<sub>6</sub>

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	20,00	17,82	14,65	12,10	10,88	10,86	11,23	11,47	11,95	11,75	10,85	8,68		
47 - 48	6,76	4,13	3,96	6,58	6,50	7,55	8,67	10,40	11,50	11,20	9,93	7,55		
48 - 49	5,12	14,60	20,00	16,15	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,45	17,35	32,24	
49 - 50	14,28	11,22	8,65	9,35	8,99	9,96	11,50	15,37	16,98	17,56	16,98	14,81		
50 - 51	12,06	10,93	11,70	13,57	12,71	13,01	13,93	15,60	17,13	17,76	16,91	15,05		
51 - 52	11,68	20,00	20,00	20,00	19,22	18,91	19,62	20,00	20,00	20,00	18,67	16,05	22,65	
52 - 53	12,41	13,61	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	42,90	
53 - 54	20,00	19,83	20,00	20,00	19,87	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,91	18,82	8,81	
54 - 55	16,82	17,03	15,94	15,16	14,49	14,04	14,31	14,96	15,39	15,19	14,24	12,27		
55 - 56	9,41	5,84	3,70	1,53	0	- 0,69	0,24	1,08	1,56	1,42	0,50	- 1,47		2,16

C U A D R O N O 32 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	3,53	4,37	2,83	2,80	1,55	0,63	0,27	0,79	1,27	1,00	0,14	- 2,05		17,38
57 - 58	2,48	2,82	3,75	6,83	9,03	11,64	15,69	20,00	20,00	20,00	18,83	15,93	4,52	5,30
58 - 59	13,53	11,33	10,43	9,09	7,25	6,91	7,33	8,20	9,38	10,56	10,47	8,61		
59 - 60	7,01	6,87	7,30	6,36	4,62	2,83	2,04	2,77	4,11	4,85	5,24	4,75		
60 - 61	2,59	0,36	2,64	2,31	2,10	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		7,41
61 - 62	4,06	5,13	5,66	4,93	4,80	5,80	7,54	9,43	10,48	10,52	8,74	6,80		
62 - 63	3,86	7,63	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,02	16,90	38,76	
63 - 64	14,50	12,30	11,20	9,86	8,02	7,68	8,10	8,97	10,15	11,33	11,24	9,38		
64 - 65	7,78	7,64	8,07	7,13	5,39	3,60	2,81	3,54	4,88	5,62	6,01	5,52		
65 - 66	3,36	0,41	2,23	2,31	2,10	2,23	5,35	7,91	8,96	9,20	8,52	6,73		6,64
66 - 67	3,66	0,52	1,47	7,23	5,86	6,67	7,48	8,96	9,60	9,59	8,83	6,97		0,52

C U A D R O N O 33

REGULACION LLUTA EN TOCONTASI, para :

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3200 Há  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	20,00	17,33	13,45	10,48	8,91	8,59	8,71	9,72	9,97	9,31	8,09	5,55		
47 - 48	3,17	0,05 -	0,83	2,20	1,77	2,52	3,39	4,89	5,76	5,22	3,61	0,86		0,83
48 - 49	2,97	11,96	20,00	15,73	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,13	16,66	21,85	
49 - 50	13,13	9,58	6,30	6,58	5,87	6,54	7,83	11,47	12,85	13,17	12,27	9,73		
50 - 51	6,52	4,90	4,96	6,41	5,20	5,20	5,87	7,31	8,61	8,98	7,81	5,58		
51 - 52	1,75	11,95	20,00	20,00	18,87	18,26	18,72	20,00	20,00	20,00	18,35	15,36	9,48	
52 - 53	11,26	11,97	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	37,82	
53 - 54	19,90	19,24	19,71	20,00	19,52	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,59	17,73	5,11	
54 - 55	15,27	14,99	13,19	11,99	10,97	10,22	10,24	10,66	10,86	10,40	9,13	6,79		
55 - 56	3,57 -	0,49 -	2,85 -	2,59 -	1,88 -	0,99 -	0,01	0,61	0,86	0,46 -	0,78 -	2,34		11,93

C. U. A. D. R. D. N.º 33 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 3,99	- 4,86	- 3,54	- 2,70	- 1,90	- 0,93	0,02	0,31	0,56	- 0,57	- 1,46	- 2,42		22,37
57 - 58	- 2,94	- 3,31	3,04	5,70	7,55	9,86	13,66	18,05	20,00	20,00	18,51	15,24	1,77	6,25
58 - 59	12,38	9,69	8,08	6,32	4,13	3,49	3,66	4,30	5,25	6,17	5,76	3,53		
59 - 60	1,47	0,84	0,56	- 0,80	- 2,09	- 2,09	- 1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		6,02
60 - 61	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
61 - 62	1,64	- 1,67	3,04	1,89	1,41	2,11	3,60	5,26	6,08	5,86	3,76	1,45		1,67
62 - 63	- 1,95	3,28	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,70	16,21	31,66	1,95
63 - 64	13,35	10,66	9,05	7,29	5,10	4,46	4,63	5,37	6,32	7,24	6,83	4,60		
64 - 65	2,54	1,91	1,63	0,27	- 1,82	- 2,09	- 1,04	0,50	1,61	2,09	2,16	1,30		4,95
65 - 66	- 1,32	- 3,44	- 3,35	- 2,73	- 2,45	1,93	4,80	7,13	7,95	7,93	6,93	4,77		13,29
66 - 67	1,24	- 3,43	0,76	6,10	4,38	4,89	5,45	6,70	7,11	6,84	5,76	3,53		3,43

REGULACION LLUTA EN TOONTASI, para:

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3500 Hé  
(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	20,00	16,51	12,11	8,51	6,40	5,64	5,39	6,06	5,95	5,10	3,42	0,33		
47 - 48	- 2,75	- 3,94	1,40	1,57	0,60	0,91	1,41	2,57	3,08	2,13	0,08	- 3,22		11,31
48 - 49	- 3,59	8,17	20,00	15,10	19,66	20,00	20,00	20,00	20,00	19,98	18,85	15,83	14,29	3,59
49 - 50	11,60	7,23	3,43	3,08	1,83	2,06	2,98	6,28	7,30	7,23	5,87	2,78		
50 - 51	- 1,13	- 2,44	- 0,46	0,82	- 0,93	- 0,44	0,30	1,40	2,34	2,32	0,69	- 2,09		7,49
51 - 52	- 4,53	9,38	18,92	20,00	18,33	17,28	17,37	20,00	20,00	19,65	17,54	14,00	3,67	4,53
52 - 53	9,20	9,09	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	30,34	
53 - 54	19,20	17,72	17,67	18,32	17,30	17,48	18,06	19,30	20,00	19,98	19,11	17,10	0,02	
54 - 55	13,94	12,84	10,52	8,69	7,13	5,94	5,59	5,67	5,51	4,66	2,93	0,04		
55 - 56	- 3,98	- 4,88	- 3,37	- 3,32	- 2,42	- 1,43	- 0,38	0,27	0,16	- 0,63	- 1,70	- 2,89		24,90

C U A D R O N O 34 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	4,69	5,68	4,06	3,33	2,44	1,37	0,35	0,05	0,11	0,92	1,92	2,97		27,89
57 - 58	3,64	4,13	2,52	4,55	5,86	7,73	11,16	15,21	17,81	18,18	16,23	12,41		7,77
58 - 59	8,85	5,34	3,21	0,82	1,91	1,08	0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	2,23		5,42
59 - 60	2,76	1,45	0,80	1,99	2,63	2,53	1,41	0,16	0,91	1,00	0,65	0,76		14,33
60 - 61	3,32	4,26	3,87	3,36	2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,86		17,80
61 - 62	1,97	0,24	0,70	1,78	1,02	0,26	1,38	2,70	3,16	2,55	0,01	2,86		8,58
62 - 63	4,10	2,46	20,00	20,00	19,78	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,24	15,20	27,25	4,10
63 - 64	11,64	8,13	6,00	3,61	0,88	0,20	0,20	0,30	0,89	1,42	0,55	2,23		2,63
64 - 65	2,76	1,45	0,80	1,99	2,63	2,53	1,41	0,16	0,91	1,00	0,61	0,80		14,37
65 - 66	3,32	4,26	3,87	3,36	2,99	1,49	3,99	5,98	6,44	6,03	4,57	1,86		17,80
66 - 67	2,37	5,49	0,24	4,95	2,69	2,76	2,95	3,86	3,91	3,25	1,71	1,07		8,93

C U A D R O N O 35

DETERMINACION DE LA SEGURIDAD DE RIEGO PARA  
DISTINTAS CAPACIDADES DE EMBALSE Y SUPERFICIES REGADAS

Volumen entregado / % de la demanda

Volumen Embalse (mill. m3)	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m3)	A Ñ O S												Seguridad (%)
			1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57		
0	2000	41,80	39,97	41,26	41,57	40,09	41,38	40,01	40,51	41,80	41,68	40,20	38,06	100	
			95	98,6	99,5	96	99	96	97	100	99,5	96	91		
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67			
0	2500	52,28	41,48	41,40	41,51	40,71	40,77	40,93	41,67	41,51	40,71	39,53	85		
			99	99	99	97,2	97,2	97,8	99,6	99,2	97,2	95			
			44,46	48,52	47,02	45,94	49,66	47,80	49,80	52,10	50,20	44,35		41,76	
			85	93	89,6	87,8	95	91,2	95	99,6	96	84,7	80		
0	2500	52,28	47,05	47,94	49,76	44,79	48,73	49,08	47,94	49,76	44,79	46,05	85		
			90	91,5	95	85,4	93	94	91,6	95	85,7	88			
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67			

C. U. A. D. R. D. N.º 35 (Continuación)

Volumen Embalse (mill. m3)	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m3)	1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	Seguridad (%)
0	2800	58,49	46,34	51,94	51,12	50,17	53,08	51,81	55,31	56,95	53,24	45,85	43,31	71,5
			79	88,7	88	86	91	88,4	94,8	97,2	91	78,2	74	
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67		
0	3000	62,67	50,81	50,51	53,29	46,77	52,93	53,59	50,51	53,29	46,77	49,29		57
			86,7	86,2	91,2	80	90,2	91,3	86,2	91	80	84		
			47,40	53,92	53,74	50,86	55,22	54,26	59,03	61,19	54,56	46,69	44,02	
0	3200	67,06	75,6	86,2	85,7	81	88,3	87	94,6	97,8	87,1	74,8	70,2	19
			53,30	51,70	55,18	48,04	55,42	56,63	51,70	55,18	48,04	51,42		
			85,2	82,3	88,1	77	88,7	90,6	82,3	88,5	76,9	82,2		
0	3200	67,06	48,11	55,35	56,56	52,55	57,62	56,85	62,96	63,55	55,48	47,38	44,13	19
			71,8	82,8	84,2	78,1	86	84,2	93,2	95	82,8	70,2	65,9	
			56,05	52,67	56,65	49,29	54,36	59,87	52,67	56,65	49,29	53,56		
			83,5	78,3	84,3	73,2	81	89	78,5	84,5	73,4	79,8		

C U A D R O N º 35 (Continuación)

Volumen Embalse (mill. m <sup>3</sup> )	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m <sup>3</sup> )	1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	Seguridad (%)
10	2500	52,28	1946-47	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	100
				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
			57-58	58,49	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67		
10	2800	58,49	50,46	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	52,28	94
			96,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
			58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	54,96	
10	3000	62,67	54,20	58,49	58,17	53,67	58,49	58,49	58,49	58,49	53,32	58,49	58,49	90
			92	100	100	92	100	100	100	100	100	91,5	100	
			61,35	57,95	62,67	61,32	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	50,51	
			98	92,5	100	98	100	100	100	100	100	80,5	72	
			57,37	59,58	57,80	53,22	62,67	62,67	60,35	57,80	52,22	62,15	62,15	99,5
			92	95	92	85	100	97	92	85	99,5	99,5		



C U A D R O N O 35 (Continuación)

Volumen Embeise (mill. m3)	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m3)	1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	Seguridad (%)
15	2800	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	46,94	95
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67		
			54,20	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	58,49	
			92	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
15	3000	62,67	62,67	61,63	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	45,29	92
			100	98,6	100	100	100	100	100	100	100	100	87,2	
			57,37	62,67	59,71	53,01	62,67	62,67	62,67	60,48	53,22	62,15		
			92	100	95,2	84,6	100	100	100	97	85,3	99,2		
			67,06	61,23	65,03	67,06	66,96	64,91	67,06	67,06	67,06	50,13	82	
			100	91,4	97	100	99,9	97	100	100	100	75		
			60,81	65,55	57,55	53,77	65,39	65,11	66,52	57,55	53,77	63,63		
			90,7	97,8	86	80	97,6	97	99	86	80	95		

C U A D R O N O 35 (Continuación)

Volumen Embalse (mill. m3)	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m3)	1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	Seguridad (%)	
15	3500	73,18	68,51	61,54	69,59	70,01	63,86	68,65	72,27	73,18	68,22	48,24	45,29	67	
			93,5	84	95	95	87	93,5	98,7	100	93	66	62		
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67			
20	3000	62,67	65,41	64,58	58,81	55,38	64,60	69,08	65,55	58,81	55,38	64,25		95	
			89,2	88,2	80	76	88,2	94	89,3	80	76	88			
			62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	60,51		45,29
20	3200	67,06	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	72	85	
			57,37	62,67	62,67	55,26	62,67	62,67	62,67	62,67	62,67	56,03	62,15		
			92	100	100	88,2	100	100	100	100	100	89,6	99,5		
20	3200	67,06	67,06	66,23	67,06	67,06	67,06	67,06	67,06	67,06	67,06	55,13	44,69	85	
			100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	82,5		67
			60,81	67,06	61,04	53,67	65,39	65,11	67,06	62,11	53,77	63,63			
			90,7	100	91	80,5	97,5	97	100	93	80	95			

C U A D R O N O 35 (Continuación)

Volumen Embalse (mill. m3)	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m3)	1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57	Seguridad (%)
20	3500	73,18	73,18	61,87	69,59	73,18	65,69	68,65	73,18	73,18	73,18	48,28	45,29	67
			100	84,5	95	100	89,8	93,9	100	100	100	100	66	
			57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62,63	63,64	64,65	65,66	66,67		
			65,41	67,76	58,85	55,38	64,60	69,08	70,55	58,85	55,38	64,25		
			89,4	92,6	80,5	75,7	88,4	94,5	96,5	80,5	75,7	87,8		

Sin embargo, si comparamos este volumen de evaporación con la demanda anual (Véase Cuadro Nº 14) vemos que es un porcentaje ínfimo de la misma y podemos considerar en beneficio de la simplificación de la operatoria como incluido en el 20% de pérdidas que tomamos al calcular la tasa de riego.

Con los déficits y sobrantes y partiendo de una determinada capacidad útil de embalse (10, 15 y 20 mill. de m<sup>3</sup>) hemos calculado los cuadros de regulación Nº22 al 34. En ellos se anotan los déficits totales anuales que comparados con la demanda anual permite conocer la magnitud de la falla, el número de años "fallados" y por lo tanto la seguridad de riego, de acuerdo a nuestro criterio previo. Ver Cuadro Nº35.

Los resultados obtenidos han permitido llegar al Gráfico Nº10 que relaciona todas las variables en juego. En él se puede hacer la elección que más convenga.

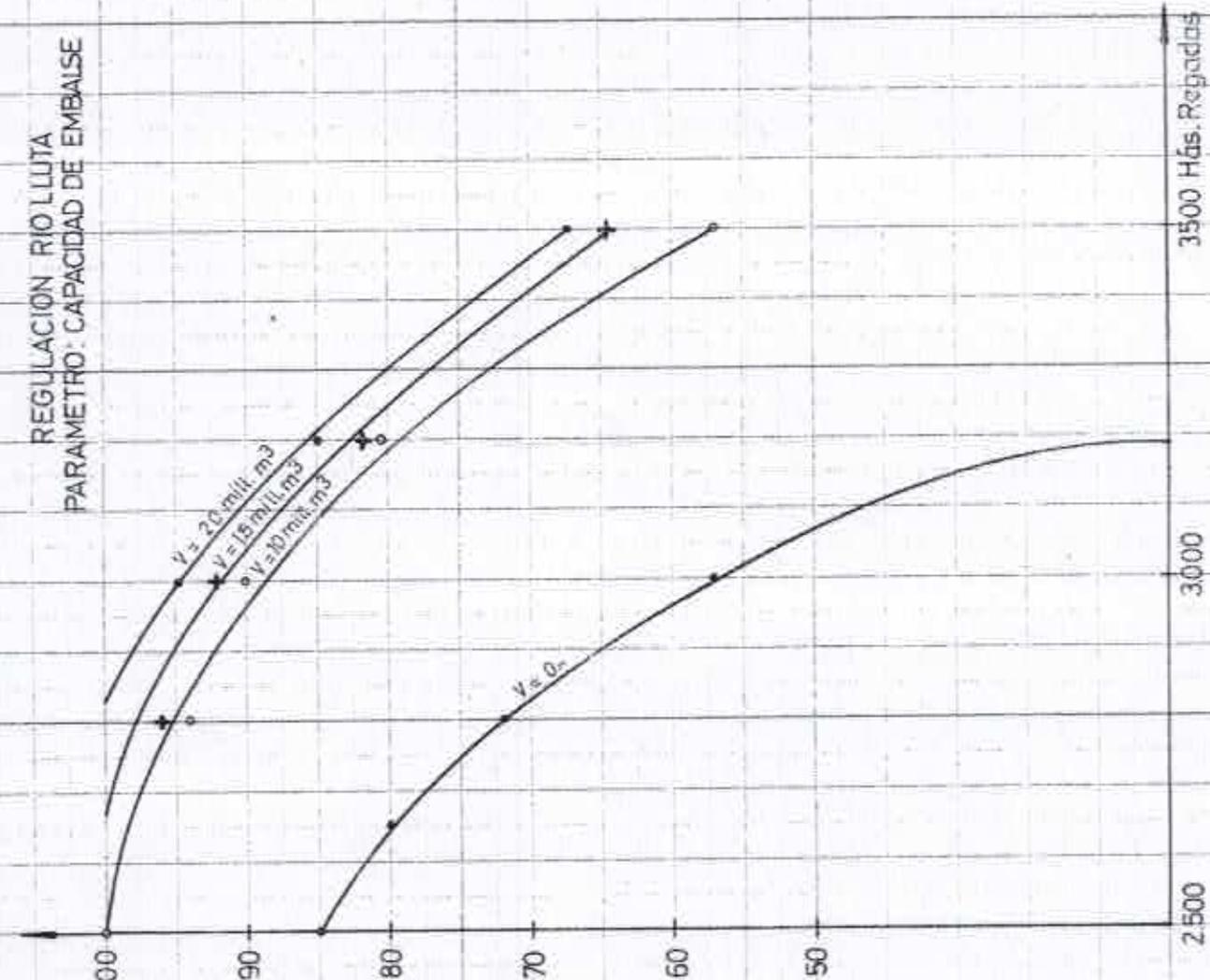
### 3.8. GASTO SOLIDO DEL RIO LLUTA

No hay hasta la fecha ninguna determinación de la cantidad de sedimentos que normalmente llevan las aguas del Lluta ni tampoco en las crecidas. En el lugar de emplazamiento del futuro tranque, en Chironta o en Vilacollo-Chironta, existe en el piso del valle gruesos sedimentos constituidos principalmente de grandes bolones y grava y en menor cantidad, arena gruesa. La determinación de una distribución de tamaños permitiría quizás formular una hipótesis sobre el volumen del arrastre de fondo del río Lluta en ese sector, pero nada nos diría sobre la cantidad de sólidos en suspensión que llevan las aguas.

Este es, a nuestro juicio, el escollo más serio que se opone a la construcción de un embalse en el río Lluta, pues en una crecida de importancia, 1 en 20 años por ejemplo, podría colmatarse buena parte de la capacidad del tranque, y aún llenarse completamente de sedimentos. El proyectista tendrá que idear algún dispositivo que permita dejar pasar los

REGULACION RIO LLUTA  
PARAMETRO: CAPACIDAD DE EMBALSE

Seguridad (%)



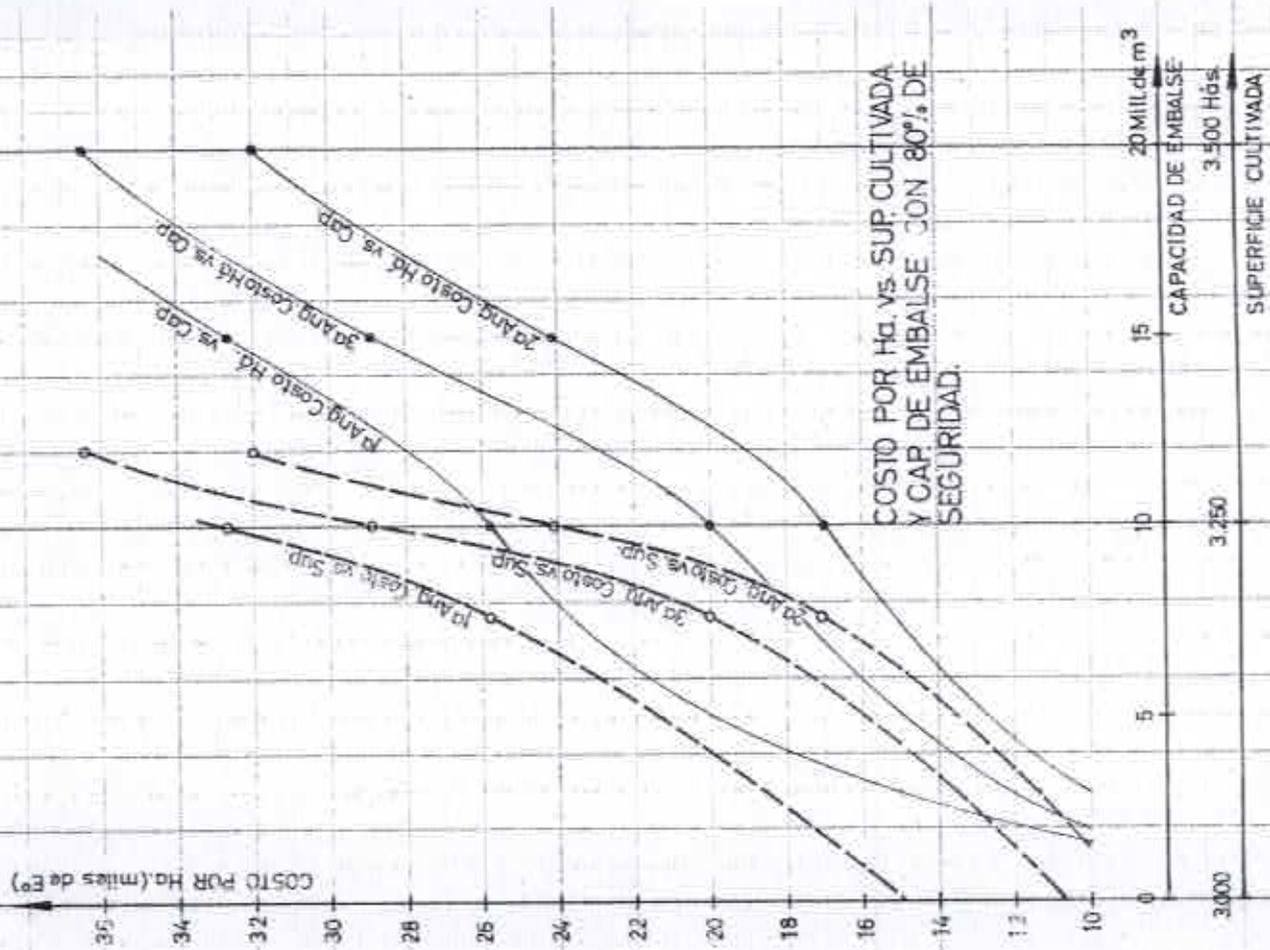
2500

3000

3500 Hás. Regadas

GRAFICO Nº10

COSTO POR Ha. (miles de Eo)



3000

3250

3500 Hás.

20 MIL de m<sup>3</sup>

COSTO POR Ha. vs. SUP. CULTIVADA  
Y CAP. DE EMBALSE CON 80% DE  
SEGURIDAD.

GRAFICO Nº11

sedimentos durante la crecida, o bien, que permita limpiar el tranque en base a arrastre hidráulico, lo que es difícil de concebir.

Nosotros dejaremos un volumen muerto arbitrariamente elegido de 2 millones de  $m^3$ , por decir que se ha tenido presente el problema. Cualquiera estimación que se haga por comparación con el gasto sólido de otros ríos como el Aconagua, donde ya se dispone de cierta experiencia, conduce a duplicar la capacidad del tranque para otorgarle una vida útil de todos modos muy corta.

Es de la mayor urgencia encarar la experimentación sobre el gasto sólido del Lluta, especialmente en época de crecidas.

### 3.9. ELECCION DE LA SOLUCION

El Cuadro Nº35' que sigue permite visualizar las características esenciales de los tranques que en las tres distintas angosturas se pueden construir con tres diferentes capacidades. Para cada alternativa se ha anotado la altura de muro, el volumen de muro y el costo del embalse, tomando en cuenta un precio de E<sup>70</sup> para el  $m^3$  de tranque rockfill. Además, las hectáreas totales a regar con una seguridad de riego de 80%, que nos ha parecido justo elegir. Debe destacarse que la capacidad total se obtuvo considerando una revancha de 3,0 m y un volumen de aguas muertas de 2,0 millones de  $m^3$ .

En las últimas columnas se ha calculado el costo por hectárea regada, repartiendo el costo total en el total de la superficie, y el costo de la hectárea adicional. El Gráfico Nº 11 visualiza estos resultados.

El costo de la hectárea adicional para el primer caso se calcula repartiendo el costo de la obra entre la diferencia de superficie regada con 80% de seguridad, con y sin embalse.

Así, según nuestro Gráfico Nº10, se puede regar en el valle del Lluta con 80% de seguridad y sin embalse una

CUADRO Nº 35'

SELECCION DE TRANQUES

Revancha: 3 m; Seguridad de 80 % y Vol. muerto de 2 mill. m<sup>3</sup>

Angostura	Util. (mill. de m <sup>3</sup> )	Total (mill. de m <sup>3</sup> )	Altura Muro (m)	Vol. Muro (miles de m <sup>3</sup> )	Costo Embalse (mill. de ₡)	Superf. Regada Hás	Costo por Há.	
							Total (miles de ₡)	Adicional (miles de ₡)
1ª	10	13,5	65,0	1.175	82,25	3190	25,8	152
2ª	10	13,5	66,0	775	54,25	3190	17,0	100
3ª	10	13,5	63,0	920	64,40	3190	20,0	119
1ª	15	18,5	74,5	1.520	106,40	3250	32,7	400
2ª	15	18,7	76,5	1.125	78,75	3250	24,1	400
3ª	15	19,0	73,0	1.340	93,80	3250	28,9	490
2ª	20	23,3	87,0	1.510	105,70	3300	32,0	540
3ª	20	23,6	81,0	1.720	120,40	3300	36,4	750
s/embalse	-	-	-	-	-	2650	-	-

superficie de 2650 hectáreas. Con embalse de 10 millones de capacidad útil la superficie regada asciende a 3190 hectáreas. La obra deberá en consecuencia ser pagada por las 540 hectáreas adicionales.

Para las alternativas siguientes la superficie adicional es el incremento de superficie que se riega con el incremento de la capacidad del tranque, conservando la seguridad de 80%.

Del cuadro y de los gráficos se desprende que la solución más económica es la de un tranque de 10 millones de  $m^3$  de capacidad útil construido en la 2<sup>da</sup> angostura, ya que presenta el menor costo de la hectárea regada, al mismo tiempo que el menor costo de la hectárea adicional.

Sin embargo, el peligro de una avalancha que descendiera por una quebradita lateral que cee justamente en la zona de la 2<sup>da</sup> Angostura por el lado sur del valle, como se explicó en el Capítulo II al tratar sobre las angosturas, nos ha movido a darle preferencia a la 3<sup>ra</sup> Angostura, aunque el costo de la hectárea regada es mayor, como se puede ver en el cuadro que acompañamos.

No es una resolución definitiva. La última palabra la tendrá la prospección geológica en base a un programa de sondeo. Deberá sondearse en la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> angosturas, a fin de tomar la decisión final.

Las características del tranque elegido son las siguientes:

Altura máxima sobre el valle actual:	63 m
Ancho de coronamiento	: 6 m
Longitud de coronamiento	: 170 m
Capacidad útil	: 10.000.000 $m^3$
Capacidad total	: 13.500.000 $m^3$
Revancha	: 3,0 m
Taludes: de aguas arriba	: 1,5:1
de aguas abajo	: 1,6:1
Volumen de muro	: 920.000 $m^3$
Costo por hectárea regada	: E <sup>o</sup> 20.000
Costo por hectárea adicional	: E <sup>o</sup> 119.000

La contradicción con las cifras que se dieron en el informe preliminar, cuando aún no estaba el proceso de regulación íntegramente terminado, surge principalmente del hecho de haber consultado esa vez un volumen de aguas muertas de 2 millones de  $m^3$  y de que cambiamos el precio del  $m^3$  de tran que rockfill de  $\text{E}^{\circ}$  60 a  $\text{E}^{\circ}$  70 por consejo del Ingeniero Jefe del Departamento de Estudios de la Dirección de Riego.

-----0-----

#### IV. CALIDAD DEL AGUA DEL RIO LLUTA

##### 4.1. MATERIAL DE ESTUDIO

Numerosos son los ensayos químicos que se han practicado de las aguas del río Lluta en diferentes épocas y lugares. Sin embargo, los muestreos sistemáticos con los datos completos de fecha, hora y lugar precisos son escasos. De otros trabajos químicos que sabemos son completos, no ha sido posible hallar los antecedentes por más que los hemos buscado en las instituciones pertinentes como el Ministerio de Agricultura, en su Departamento de Conservación de Aguas y Suelos, o en la Dirección de Riego.

Por otra parte, el tema se aborda más bien en carácter informativo ya que no somos especialistas en asunto tan delicado, que requiere de un ingeniero agrónomo experto en la química del suelo y en el estudio de los rendimientos agrícolas en relación con la química de las aguas de riego.

Hemos tenido presente el estudio que realizaron Lidia Zambrano y Blanca Urrutia (1961) en muestras de agua del río Lluta y sus tributarios formativos, en fechas de Octubre 1956, Julio de 1957, Noviembre de 1957 y Julio de 1958. El Boletín N°1 emitido por el Prof. Angel Rodríguez (1961) en muestras tomadas casi en las mismas estaciones anteriores<sup>#</sup> en Diciembre de 1960 y Marzo de 1961. Ambos muestreos se practicaron en la época que estaba candente el grave problema de la contaminación por el río Azufre, en pleno funcionamiento de la planta de las Azufreras de Tacora (AZACOT) y probablemente estando en explotación las minas de "tierras raras" de Larancagua. Además, hemos aprovechado algunos análisis sobre muestras con procedencia conocida de la Dirección de Riego, Sección Agrología.

Por otra parte, disponemos de los análisis de nuestras propias corridas de muestreo, cuyas estaciones son más o menos coincidentes con las de los estudios anteriores.

En el mes de Junio/68 se muestrearon, aparte del río Caquena en la futura bocatoma, las siguientes estaciones en el Lluta o sus tributarios.

---

<sup>#</sup> Nota: en todos los casos muestreaba el Sr. Rodríguez.



Río Colpitas en el pueblo de Colpitas  
Río Colpitas antes junta Qda. de Allane  
Qda. Allane antes junta Colpitas

Los resultados de los análisis practicados en el Laboratorio de Hidrometría de la Dirección de Riego, se consignan en los Cuadros N<sup>os</sup> 36 y 37 adjuntos. En Anexo N<sup>o</sup> 4 se indica la metodología de los análisis y un glosario de términos.

En Noviembre del mismo año 1968 se hizo una tercera corrida de muestreo en el curso inferior del valle del Lluta en sitios análogos a los de la anterior corrida, pero además en esta oportunidad se muestrearon las aguas de los drenes principales colectores de la Colonia Julio Fuenzalida y el Lluta aguas abajo de la desembocadura de dichos colectores, esto en la medida que el acceso lo permitía. El Cuadro N<sup>o</sup> 37 muestra los resultados de los respectivos análisis, practicados en el mismo laboratorio.

Los muestreos de Nov. 1968 corresponden a las estaciones siguientes:

Río Lluta entre Chapisca y Sora (cruce camino con el río)  
Río Lluta en Molinos (se perdió la muestra en el viaje)  
Río Lluta en Mal Paso  
Río Lluta en Puente Poconchile (2<sup>o</sup> puente)  
Río Lluta en Rosario, aguas abajo del dren principal  
Dren colector principal antes de la desembocadura al Lluta  
Dren N<sup>o</sup> 42 en Parcela 11  
Río Lluta aguas abajo desembocadura Dren 42 (en el cruce del oleoducto de Sica Sica)  
Dren colector del Sur, en el cruce oleoducto Sica Sica  
Río Lluta en el 1<sup>er</sup> puente ( Colonia Julio Fuenzalida)  
Río Lluta en Condorillo (Parcela 31), después de la salida del último dren  
Río Lluta en Puente Chacalluta

ANALISIS QUIMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RIOS LLUTA Y CAQUENA

Junio y Julio de 1968

	R. Azufre en Estableci- miento Aguas Calientes	R. Azufre en S.T. Canal Derivado	R. Azufre en Confluen- cia con Caracaras	R. Caracaras antes Con- fluencia con R. Azufre
No Muestra	10	6208	6215	6221
Fecha del muestreo	25.7.68	25.7.68	26.7.68	26.7.68
Hora del muestreo	15:00	16:00	17:00	10:00
Conduct. (M Mohs)	5270	20000	4000	1190
pH	2.4	1.9	3.0	7.4
% Na	38	33	35	32
Boro	7	44	8	1
SAR	4.9	4.4	2.6	2.0
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-
Cl (meq/l)	15.00	66.00	17.50	3.40
SO <sub>4</sub> (meq/l)	53.64	83.20	23.44	4.00
Σ (-) (meq/l)	47.00	48.10	23.30	4.40
Ca (meq/l)	11.00	16.50	10.50	12.49
Mg (meq/l)	16.00	10.50	3.50	3.60
K (meq/l)	2.00	5.10	1.30	4.51
Na (meq/l)	18.00	16.00	8.00	0.38
Σ (+) (meq/l)	68.64	149.20	40.94	4.00
As P P M	1.80	3.05	0.17	11.80
Clasif. USSLS	C5-S2	s/c	C4-S1	0.05

Aniones

Cationes

C U A D R O N O 36 (Continuación)

ANALISIS QUIMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RIOS LLUTA Y CAQUEMA

R. Azufre y Caracarani R. Colpitas en Allane<sup>+</sup> R. Lluta en Allane an- R. Lluta en Allane Ag. Ab.  
(Junta Colpitas y Lluta) tes Junta en Colpitas Junta Colpitas--Azufre ++

Nº Muestra	6218	6216	6211	6219
Fecha del muestreo	26.7.68	26.7.68	26.7.68	26.7.68
Hora del muestreo	10:30	12:30	13:00	13:30
Conduct. (M Mohs)	1510	2310	1030	1480
pH	7.3	6.9	7.7	7.5
% Na	34	64	40	43
Boro	2	15	2	7
SAR	2.3	7.4	2.4	2.9
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.90	1.81	1.37	1.60
Cl (meq/l)	5.50	14.00	4.50	7.50
SO <sub>4</sub> (meq/l)	7.09	4.25	3.90	3.90
Σ (-) (meq/l)	14.87	20.11	9.94	11.70
Ca (meq/l)	4.32	3.46	2.75	2.87
Mg (meq/l)	5.08	2.52	2.83	3.13
K (meq/l)	0.47	1.33	0.36	0.70
Na (meq/l)	5.00	12.80	4.00	5.00
Σ (+) (meq/l)	14.49	20.06	9.77	13.00
As P P M	0.17	0.30	0.08	0.12
Clasif. USSLS	C3-S1	C4-S2	C3-S1	C3-S1

Antones

Cattones

+ En realidad: Qda. Allane antes Junta al Lluta

++ En realidad: R. Lluta después de la junta Qda. Allane

C U A D R O N O 36 (Continuación)

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RÍOS LLUTA Y CAQUEÑA

	R. Lluta en Patapatane	Allane antes Junta Colpitas	Colpitas antes Junta Allane	Colpitas en Junta R. Putre	R. Putre en Jamiralla
NO Muestra	6212	6202	6207	6200	5322
Fecha del muestreo	27.7.68	18.7.68	18.7.68	28.7.68	17.6.68
Hora del muestreo	13:00	17:30	18:00	10:00	10:30
Conduct. (M Mohs)	1670	2930	1900	2230	2130
pH	7.9	7.7	7.0	7.3	6.9
% Na	52	67	51	65	49
Boro	9	27	15	13	13
SAR	4.4	9.3	4.6	7.7	4.3
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.60	2.07	2.07	1.40	3.50
Cl (meq/l)	9.50	20.50	11.00	15.20	9.50
SO <sub>4</sub> (meq/l)	4.11	8.48	4.70	7.20	5.86
Σ (-) (meq/l)	15.29	29.29	18.90	21.84	18.52
Ca (meq/l)	3.57	3.84	2.38	4.35	6.21
Mg (meq/l)	3.00	5.01	5.52	2.55	2.62
K (meq/l)	0.72	0.94	1.40	0.74	0.69
Na (meq/l)	8.00	19.50	9.60	14.20	9.00
Σ (+) (meq/l)	15.21	31.05	17.77	23.80	18.86
As P P M	0.05	0.38	0.17	0.46	0.46
Clasif. USSLS	C3-S1	C4-S3	C3-S2	C3-S2	C3-S2

Aniones

Cationes

C U A D R O N O 36 (Continuación)

ANALISIS QUIMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RIOS LLUTA Y CAQUENA

	R. Lluta después Junta R. Putre	R. Lluta en Dos Hermanas	R. Lluta en Chironta	R. Lluta en Angostura Iquecta - Vilacollo	R. Lluta en Angostura Iquecta - Vilacollo
NO Muestra	6227	6225	6205	6204	6201
Fecha del muestreo	17.6.68	22.6.68	25.6.68	25.6.68	18.6.68
Hora del muestreo	9:30	12:00	14:00	14:00	18:00
Conduct. (M Mohs)	1570	1620	1460	1770	1540
pH	7.2	7.8	7.1	6.9	7.2
% Na	45	51	17	51	45
Boro	9	10		10	8
SAR	3.3	4.4	1.5	4.5	1.8
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.60	1.56	4.85	0.59	1.38
Cl (meq/l)	9.00	9.50	5.00	11.00	8.00
SO <sub>4</sub> (meq/l)	4.17	5.11	4.75	4.75	4.57
Σ (-) (meq/l)	13.31	17.40	17.01	17.64	13.34
Ca (meq/l)	4.16	4.25	9.70	4.59	3.94
Mg (meq/l)	2.48	3.70	2.82	3.25	2.71
K (meq/l)	0.67	0.65	0.69	0.80	0.69
Na (meq/l)	6.00	8.80	3.80	9.00	6.00
Σ (+) (meq/l)	14.77	16.17	14.60	16.34	13.95
As P P M	0.08	0.17	0.00	0.08	0.05
Clasif. USSLS	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1

Aniones

Cationes

C U A D R O N° 36 (Continuación)

ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RÍOS LLUTA Y CAQUENA

	R. Lluta en Sora	R. Lluta en Tocontasi	R. Lluta en Mal Paso km 842,2	R. Lluta en Puente 3º Pocon Chile	R. Lluta en Rosario
Nº Muestra	6228	6214	6229	6209	6224
Fecha del muestreo	19.7.68	23.7.68	23.7.68	23.7.68	23.7.68
Hora del muestreo	14:30	11:20	12:30	14:00	14:30
Conduct. (M Mohs)	1750	1640	1830	2030	2600
pH	6.9	7.9	7.0	7.5	7.4
% Na	42	47	37	48	48
Boro	11	8	10	10	13
SAR	3.1	3.9	2.7	4.4	5.1
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.69	1.56	1.76	0.62	1.25
Cl (meq/l)	9.00	8.50	9.50	14.00	14.00
SO <sub>4</sub> (meq/l)	5.20	5.26	4.46	6.47	9.40
Σ (-) (meq/l)	14.29	16.95	16.27	19.84	25.18
Ca (meq/l)	4.80	4.20	6.10	5.70	7.70
Mg (meq/l)	2.82	4.08	3.50	3.78	4.30
K (meq/l)	0.67	0.67	0.67	0.76	0.78
Na (meq/l)	6.00	8.00	6.00	9.60	12.40
Σ (+) (meq/l)	15.89	15.32	15.72	21.09	24.65
As P P M	0.17	0.21	0.08	0.08	0.05
Classif. USLS	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S2	C4-S2 S <sup>A</sup>

Aniones

Cationes

C U A D R O N O 36 (Continuación)

ANALISIS QUIMICO DE AGUAS DE LAS HOYAS DE LOS RIOS LLUTA Y CAQUENA

	R. Lluta en primer puente	R. Lluta en Puente Chacalluta	Quebrada Aroma(Camino Putre-Socoroma)	Quebrada Socoroma en Coca	R. Caquena en Secc. Aforo futura B.T.
NO Muestra	6210	6213	6220	6223	6206
Fecha del muestreo	23.7.68	23.7.68	18.6.68	18.6.68	15.6.68
Hora del muestreo	15:00	15:15	16:20	13:30	11:30
Conduct. (M Mohs)	3070	3360	1060	1480	1110
pH	7.4	7.5	4.3	6.8	1.8
% Na	42	43	16	11	35
Boro	14	15	1	2	2
SAR	4.4	5.1	0.9	0.7	2.1
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.12	1.16	0.94	0.75	4.10
Cl (meq/l)	15.50	20.00	0.50	1.00	4.00
SO <sub>4</sub> (meq/l)	12.55	15.58	10.65	14.35	2.72
Σ (-) (meq/l)	31.37	37.20	12.18	17.83	11.57
Ca (meq/l)	11.10	12.50	6.80	11.40	2.54
Mg (meq/l)	6.15	7.42	3.23	4.29	4.65
K (meq/l)	1.12	1.28	0.15	0.14	0.38
Na (meq/l)	13.00	16.00	2.00	2.00	4.00
Σ (+) (meq/l)	29.17	36.74	12.09	16.10	10.82
As P P M	0.00	0.00	0.00	0.30	0.08
Clasif. USSLS	C4-S2	C4-S2	C3-S1	C3-S1	C3-S1 C4

ANALISIS QUIMICO - DE LAS AGUAS DEL RIO LLUTA EN EL SECTOR AGRICOLA

Ver pag 78

23 de Noviembre de 1968

ESTACIONES DE MUESTREO

	Cruce Chapisca-Sora	Mal Paso	20 Puente (Puro Chile)	Rosario Ag. Ab. Desemb. Dren Colector	Dren Colector Parcela 5	Dren 42
Hora del muestreo	11:00	12:30	13:10	14:50	14:50	15:20
Conduct. (M Mohs)	1840	2060	2940	3460	3430	4540
pH	7.3	7.9	7.3	6.5	6.8	5.5
% Na	53	49	47	46	44	44
Boro	9	11	11	11	10	17
SAR	5.1	4.7	5.3	5.5	5.3	6.1
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	0.21	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	1.80	1.27	1.30	0.64	1.43	0.24
Cl (meq/l)	10.40	12.40	17.80	20.30	20.30	26.20
SO <sub>4</sub> (meq/l)	6.31	1.09	14.03	16.90	16.20	24.68
Σ (-)(meq/l)	19.64	21.58	32.34	37.66	39.16	49.92
Ca (meq/l)	5.25	5.94	9.70	11.84	13.20	17.80
Mg (meq/l)	3.13	4.26	6.50	7.48	7.60	8.50
K (meq/l)	0.76	0.78	0.94	1.14	1.16	1.62
Na (meq/l)	10.50	10.60	15.20	17.20	17.20	22.00
Σ (+)(meq/l)	17.51	20.97	33.13	37.14	37.93	51.12
As P P.M	0.12	0.12	0.00	0.00	0.05	0.05
Clasif. USSLS	C3-S2	C3-S2	C4-S2	C4-S2	C4-S2	C4-S2
No Muestra	1	3	4	5	6	7

C U A D R O N O 37 (Continuación)

	R. Lluta después Junta Dren 42	R. Lluta después Desemb. Dren 114	R. Lluta en Con dorillo después Último Dren	Puerta Chacalluta	Dren Colector Sur en Oleoducto Sica - Sica	Primer Puente
	15:50	16:10	17:00	17:20	9:35	9:25
Hora del muestreo	15:50	16:10	17:00	17:20	9:35	9:25
Conduct. ( M Mohs)	4480	4480	4820	4850	3820	4370
pH	6.7	6.9	6.8	7.5	7.3	7.2
% Na	42	40	40	40	44	40
Baro	21	20	21	21	18	20
SAR	5.6	5.3	5.7	5.6	5.6	5.3
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	0.74	0.98	1.51	1.46	1.24	1.41
Cl (meq/l)	27.50	28.20	28.70	29.70	22.80	28.20
SO <sub>4</sub> (meq/l)	24.60	24.60	24.60	24.60	16.20	24.08
Σ (-)(meq/l)	50.04	50.46	55.58	56.22	42.15	50.40
Ca (meq/l)	17.60	17.90	19.30	19.50	14.00	17.90
Mg (meq/l)	10.00	11.00	12.10	12.60	8.30	11.00
K (meq/l)	1.44	1.56	1.68	1.62	1.25	1.50
Na (meq/l)	21.00	20.00	22.50	22.50	18.60	20.00
Σ (+)(meq/l)	52.84	53.78	54.81	55.76	40.24	53.69
As P P M	0.05	0.12	0.00	0.03	0.05	0.12
Clasif. USSLS	C4-S2	C4-S2	C4-S2	C4-S2	C4-S2	C4-S2
NO Muestra	8	9	11	12	144	166

Aniones

Cationes

#### 4.2. COMENTARIO DE LOS ANALISIS

En el capítulo sobre la Hidrografía de la hoya del Lluta, en nuestra INTRODUCCION se indicaron algunos índices químicos de los tributarios del sistema, a fin de caracterizarlos desde el punto de vista de la calidad de sus aguas. Ahora nos extendemos más sobre el tema.

Río Azufre. En el trabajo de L. Zambrano y B. Urrutia (1961) existe confusión respecto al punto de muestreo.

Se habla del río Tacora y del río Azufre. Sacamos en limpio que aparte de muestreos en los orígenes del Azufre, se practicaron muestreos en él antes de su confluencia con el Caracarane ( que en el trabajo las autoras llaman Lluta) frente a Humpalca.

En los cuatro análisis realizados en muestras de 1956 a 1958 la conductividad es superior a 10.000 M Mohs; la cantidad de sólidos disueltos y sólidos totales superior a 6000 PPM; el pH fluctúa de 1,5 a 1,90; el boro es elevadísimo con valores entre 35 a 45 PPM; igualmente es elevado el ión sulfato con más de 76 me/l. El índice SAR fluctúa en ese período desde un mínimo de 2,5 en 1956 a un máximo de 10. Queda fuera de clasificación en el esquema del U.S.S.L.

Del trabajo del Prof. Angel Rodríguez (1961), se desprende que el río Azufre en el mismo punto de muestreo anterior acusaba índices tan desfavorables como los comentados, aunque entre las muestras de Dic. 1960 y de Mayo 1961 hay notables diferencias. Todos los índices de Diciembre son peores que los de Marzo. Sólo en la conductividad hay una diferencia de más o menos 15000 M Mohs. El boro bajó de 52,5 PPM a 11,5; el SAR, de 6,1 a 2,4; el contenido de sólidos disueltos bajó a la mitad; y el pH subió de 1,7 a 2,15. El Prof. Rodríguez responsabiliza a la diferencia de caudales de estas diferencias, mucho mayores en Marzo que en Diciembre.

En Julio de 1968 nosotros muestreamos el río Azufre en dos puntos. Aquél en que se le desvía de su cauce natural por un canal que lleva sus aguas a unos estanques de evaporación en la Pampa Titire, y en el punto de confluencia del Caracarane.

A este punto llegan sólo filtraciones y pequeñas recuperaciones que estimamos en 15 l/seg.

El análisis del grueso del agua, con las Azufreras paralizadas, arrojó en la bocatoma del canal de desvío cifras semejantes a la de los análisis anteriores. Conductividad 20000 M Mohs; SAR 4,4; sodio intercambiable de 33%; pH= 1,9; boro 44 PPM. El arsénico es también muy alto, de 3,05 PPM. En cambio, el gasto pequeño en Humapalca del actual río Azufre desviado, arroja valores mucho más bajos para los índices (Conductividad 4000 M Mohs; SAR 2,6; boro 8 PPM; pH 3), lo que demuestra que estas recuperaciones tienen poco o nada que ver con el río que se desvió.

El exiguo gasto que el río Azufre con sus recuperaciones en Humapalca junta al río Caracarane para formar el río Lluta, no tiene pues en sus actuales condiciones normales significación práctica, lo que se demuestra no sólo al examinar los resultados del análisis de sus aguas, sino al comparar los análisis del río Caracarane antes de la junta con el Azufre, y del Lluta aguas abajo de dicha confluencia. Los índices son muy parecidos aunque los del Lluta ya formado, como es lógico, son algo más desfavorables que los del Caracarane.

Hemos oído sin embargo, que en el período de lluvias intensas el agua del Lluta se desmejora notablemente porque el río Azufre crece. Parece ser cierto que los pretiles que contienen las aguas del Azufre se rompen y las aguas arrastran los sedimentos azufrosos anteriormente depositados, todo lo cual va a parar al Lluta. Además, en nuestra breve visita de Julio de 1968, nos dimos cuenta que el canal de desvío del Azufre carece de las obras de arte necesarias como son los pasos de quebradas. Cuando llueve y las quebradas bajan, rompen el canal y toda el agua del Azufre vuelve finalmente a su antiguo cauce o a cauces vecinos que tributan al Lluta.

En Julio de 1968, a raíz de nuestra inspección, solicitamos por escrito a la Dirección de Riego procurara obtener un plano en escala 1:50.000 de restitución de la fotogra

fías aéreas disponibles, en el cual se pudiera anteproyectar la continuación del canal de desvío del R. Azufre de modo de sacarlo en definitiva de la hoya del río Lluta, hacia la Qda. de Gallinazo o de la Concordia, donde no causara perjuicio. Hasta la fecha, Enero de 1969, no se ha podido conseguir este plano. Por otra parte, a nuestro juicio sería altamente conveniente construir las obras de arte que reclamamos en el cauce de desvío, de modo que éste no se rompa con las crecidas. Además, haría falta un grupo de compuertas reguladoras en el punto de desvío de modo que se puedan entregar caudales controlados del Azufre al Lluta, cuando se estimara necesario.

Estas ideas son muy provisionales, producto de una visita demasiado rápida para que tengan peso. Sugieren un reconocimiento más prolijo y un período prolongado de atenta observación, sobre todo en épocas de lluvias. Creo que sería necesario destacar a un técnico en la temporada lluviosa que observe lo que ocurre en el río Azufre.

No queremos decir con esto que sólo al río Azufre hacemos responsable del deterioro del Lluta en épocas de crecidas.

Cuando el problema de la desviación del río Azufre y de la contaminación del Lluta por las actividades industriales del Establecimiento de Aguas Calientes estaba haciendo crisis, se hicieron varios análisis químicos destinados a aclarar la situación. Uno de estos fue conducido por el Ing. Pedro Sutter del Departamento de Aguas de la Dirección de Riego. La reproducimos en el Anexo Nº5 junto con otras determinaciones que se refieren al río Azufre. El investigador tuvo la precaución de indicar el gasto del escurrimiento muestreado. Según estos análisis, el río Azufre antes de la planta, y cerca de su nacimiento, tiene una conductividad alta de más de 8000 M Mohs y un pH de 2,0. Más adelante, cuando el gasto se ha incrementado a 50 y 60 l/seg la conductividad baja a 3680 M Mohs y su pH aumenta ligeramente. El río Azufre aguas abajo de la azufrera es cuando francamente se deteriora llegando la conductividad a 16200 M Mohs, el boro a 36 PPM y el pH a 1,8.

Además, se dispone de otras experiencias de la Sección Agrología de la D.R. (borrador), sin nombre de autor ni fecha, en que se comprobaban hechos parecidos de acuerdo al croquis y valores que también reproducimos en Anexo Nº5. Aunque esta situación está superada y es cosa del pasado, para la historia del asunto conviene dejar establecida la responsabilidad que cabía a la planta de tratamiento del Tacaora en la contaminación del río Azufre, y por lo tanto al Lluta. Creemos que el capítulo no debe ser definitivamente cerrado sino que debe continuarse con las observaciones.

Río Caracarane antes de la junta con el Azufre. El comportamiento químico de este afluente en Humapalca se conoce a través de múltiples ensayos, todos los cuales son más o menos coincidentes en sus determinaciones. En efecto, el trabajo de L. Zambrano y B. Urrutia (1961) acusa una conductividad que fluctúa entre 1200 a 2000 M Mohs; pH alcalino de 7,35 a 7,9; índice SAR de 2,35 a 6,1; porcentaje de Na intercambiable de 34 a 43%; y boro bajo, de 0,3 a 6 PPM. La clasificación cae en  $C_3 S_1$  dos veces y  $C_3 S_2$  una vez. La cuarta muestra de 1956 no se clasificó.

A su vez, el informe del Sr. Rodríguez de 1961 establece una conductividad en Dic. 1960 de 1475 M Mohs y en Marzo, de 1460 M Mohs; el pH es de 7,7 y 7,85 respectivamente; el índice SAR, de 3,7 y 2,8; el Na intercambiable de 45 y 38%; el boro de 3,85 y 4,5 PPM para las muestras de Dic. 1960 y de Marzo de 1961 respectivamente. En ambos análisis merece la clasificación  $C_3 S_1$ .

En la muestra que nosotros obtuvimos en Julio de 1968 los índices resultaron parecidos a los anotados.

Conductividad = 1190 M Mohs; SAR = 2; pH = 7,4; % Na = 32; B = 1 PPM; As = 0,05 PPM. Hay que advertir que la muestra se tomó a la hora en que se producía el deshielo del río.

En la Dirección de Riego existe un análisis en este punto del 5 de Mayo de 1967 que revela una conductividad de 1498 M Mohs; índice SAR de 3,2; % Na = 44; pH = 8,0; B = 14 PPM. Merece la clasificación  $C_3 S_1$ , como las anteriores.

Río Lluta aguas abajo de la confluencia de los ríos Azufre y Caracarani, en Humapalca. Debe hacerse diferencia entre los muestreos anteriores a la desviación del río Azufre y los posteriores. En el primer caso la influencia del río Azufre con un aporte equivalente o superior al río Caracarani era decisiva en la química del río Lluta. Ahora las cosas han cambiado debido a que el río Azufre aporta mínimas recuperaciones no superiores a 20 l/seg en tiempos normales, con índices mucho mejores que los del grueso del agua del Azufre desviado.

Los análisis del trabajo de L. Zambrano y B. Urrutia (1961), así como los del Boletín N°1 del Prof. A. Rodríguez son anteriores al desvío. Los primeros demuestran conductividades de 4000 a 4900 M Mohs; SAR de 3,27 a 8,5; Na intercambiable de 41,8 a 47,5%; boro de 10,5 a 24,5 PPM; pH 2,45 a 1,50. El informe del Sr. Rodríguez en 1961, establece en este punto conductividades de 5357 M Mohs para Dic. de 1960 y de 7903 M Mohs para Marzo de 1961; SAR = 4,0 y 3,3 respectivamente para esas dos fechas; boro = 11 y 16 PPM; pH = 3,5 y 2,0 para Dic. 60 y Marzo 61 respectivamente. El arsénico nunca se determinó antes de nuestra corrida de Julio de 1968.

¿Cómo han variado estas condiciones del Lluta en Humapalca con el Azufre desviado?. Para averiguarlo se dispone de un análisis del 5 de Mayo de 1967 (DR) y del muestreo de Julio de 1968. El primero acusó una conductividad de 2423 M Mohs; un pH = 3,4; Na intercambiable de 40%; contenido de boro de 8 PPM e índice SAR de 3,2. El nuestro, una conductividad de 1510 M Mohs; índice SAR = 2,3; pH = 7,3; Na intercambiable de 34%; contenido de boro de 2 PPM y de arsénico de 0,17 PPM.

Como se ve las condiciones en cuanto a conductividad total y a boro principalmente han mejorado en forma notoria con la desviación del Azufre. El pH ha subido de un valor muy bajo a uno más alto en 1967, y en 1968 revela ya ligera alcalinidad.

Quebrada Allane antes de la junta al Lluta. También se llama esta estación de muestreo impropriamente "Colpitas en Alcérreca". Se dispone de una larga serie de análisis para esta estación. Las muestras de 1956 a 1958 analizadas por Zambrano y Urrutia revelan conductividades que fluctúan de 2010 M Mohs a un máximo de 2900 M Mohs; el índice SAR fluctúa de 3,5 a un máximo de 11,7; el porcentaje de sodio intercambiable es sólo 60%; igualmente alto es el ión cloruro; el pH revela un agua alcalina entre 7,0 y 8,0; el contenido de boro es muy elevado, constituyendo el mayor defecto de estas aguas, con valores sobre 25 PPM (en un caso fue de 14 PPM).

Los próximos análisis los conocemos por el trabajo del Prof. Rodríguez, quien lo llama río Colpitas. La muestra NQ4 de su estudio reveló una conductividad de casi 2500 MM en Dic. de 1960 y de 2350 MM en Marzo de 1961; índice SAR relativamente alto de 8,9 y 7,9; pH = 7,5 y 7,7; Na intercambiable sobre 60%; boro elevado de 34 PPM en Dic. de 1960 y 26 PPM en Marzo 61. Merece la clasificación de  $C_4 S_2$  en ambas fechas.

En el mes de Noviembre del año 1961 se hicieron (DR) seis nuevas determinaciones, espaciadas cada cinco días. Revelan cifras muy parecidas a las anteriormente anotadas, con conductividad entre 2000 y 2500 M Mohs; alto índice SAR y elevado contenido de boro, con promedio alrededor de 27 PPM.

Una nueva serie de cinco análisis del año 1962 (DR) acusan un descenso notable de la conductividad con cifras que van de 1600 a 2050 M Mohs; el pH es más bajo, con valores de 7,0 a 7,5; el índice SAR es fluctuante de 6,3 a 9,4; contenido de boro tiende a ser menor que el del año anterior, con valores de 20,5 a 26 PPM.

El análisis practicado por nosotros en material de Julio de 1968 demuestra que las condiciones químicas de la Qda. de Allane se mantienen estacionarias con el tiempo. Conductividad de 2310 M Mohs; SAR de 7,4; 64% de Na; pH = 6,9; boro de 15 PPM. Hay que agregar el arsénico con 0,30 PPM.

Río Colpitas en el pueblo de Colpitas . El único análisis disponible es el que se practicó en una muestra que ordenamos obtener a un natural del pueblo de Colpitas que apareció por Alcérreca, en Julio de 1968. Reveló su análisis una conductividad de 2230 M Mohs; pH alcalino de 7,3; índice SAR 7,7 y un elevado contenido de boro de 13 PPM. El arsénico se presenta con 0,46 PPM.

Río Colpitas antes de la junta con la Qda. de Allane (Véase nuestro plano reducido de la hoya del Lluta). La muestra nos fue gentilmente tomada por el geólogo C. Emparán del I.I.G. en Julio de 1968. Acusa índice parecido a la muestra anterior. Conductividad de 1900 M Mohs; SAR = 4,6; Na de 51%; boro 15 PPM; As = 0,17 PPM; pH = 7,0.

Qda. Allane antes de la junta al Colpitas. El objetivo que estas determinaciones independientes perseguían era demostrar cuál de los dos afluentes era el que contaminaba al Allane antes de su junta al río Lluta. El análisis de la muestra obtenida simultáneamente con la anterior revela los índices químicos siguientes: Conductividad 2930 M Mohs; SAR = 9,3; Na de 67%; pH = 7,7; boro = 27 PPM; arsénico = 0,38 PPM.

Como se ve, de los dos afluentes, el peor es la Quebrada de Allane, aunque ambos tienen contenido alto de boro y otros índices desfavorables.

**Requieren estos afluentes de mayor observación y estudio.**

Río Lluta antes y después de la junta de la Qda. de Allane. Lógicamente que en estas dos estaciones se deja también sentir el efecto de la desviación del río Azufre. Es notable el descenso experimentado por la conductividad total, el índice SAR y el contenido de boro del Lluta antes de la junta con la Qda. de Allane ( o sea, "Azufre en Alcérreca"). El pH por el contrario ha pasado a tener valores superiores a 7,0 en circunstancias que en los análisis antiguos el pH en este punto acusaba valores entre 2 y 3.

El impacto de la Quebrada de Allane con contenido alto de cloruros, sodio y boro es igualmente notorio en las aguas del Lluta. En los gráficos que hemos preparado con los índices químicos del río Lluta, a lo largo de su curso, (Gráficos N<sup>os</sup> 12 y 13) se visualiza perfectamente el resalte que en las curvas introduce la Qda. de Allane. La conductividad aumenta en cerca de 500 M Mohs; el índice SAR en casi una unidad; el pH sufre, sin embargo, un pequeño descenso. El salto mayor y más desfavorable para el Lluta lo da el boro. De un contenido de 2 PPM antes de la junta de la Q. de Allane pasa a 7 PPM después de ella. En Patapatane éste ha alcanzado el valor de 9 PPM. El arsénico del Lluta en Allane es de 0,12 PPM.

Quebrada de Putre. No se dispone de análisis anteriores al nuestro. Este es de Junio de 1968. Las aguas provenientes de derrames, sobrantes y filtraciones del sector agrícola de Putre se reúnen finalmente en la quebrada de este nombre para tributar al Lluta en Jamiralla. Son de peor calidad de lo que uno pudiera pensar al beberlas. La conductividad es alta de 2130 M Mohs; el índice SAR = 4,3; el pH = 6,9. El contenido de boro de 13 PPM y el de arsénico, de 0,46 PPM.

De acuerdo con nuestros aforos simultáneos al muestreo, la Qda. de Putre aporta al Lluta en Jamiralla el 16% del gasto total del río de modo que su influencia en la calidad química es reducida. Pero se ve desde ya que no es uno el tributario que empeora las aguas del Lluta sino varios.

Río Lluta en Jamiralla. Se dispone en este punto de sólo dos análisis correspondientes a las muestras tomadas por nosotros en Junio de 1968, antes y después de la junta de la Qda. de Putre. Antes de la desembocadura de la Qda. de Putre, el Lluta se caracteriza por una conductividad de 1590 M Mohs; índice SAR de 2,7; pH de 7,2; arsénico nulo y contenido de boro de 9 PPM. Estas condiciones son similares a las encontradas en Allane y en Patapatane.

Sobrepasada la Qda. de Putre, en la estación limnigráfica de Jamiralla, el río Lluta tiene una conductividad de 1570 M Mohs; índice SAR de 3,3; boro de 9 PPM; As = 0,08 PPM. El pH de 7,2. Las condiciones se modifican pues, muy levemente con la introducción de la Qda. de Putre.

Quebrada de Socoroma. Mucho menor que la anterior es la influencia de la Qda. de Socoroma que muestreamos y aforamos después de los últimos paños cultivados en Coca. El gasto fue insignificante, de 25 l/seg. La calidad de estas aguas queda caracterizada por una conductividad de 1480 M Mohs; índice SAR bajo de 0,7; boro de 2 PPM y arsénico de 0,30 PPM (uno de los más altos de todo el sistema). Las aguas tienen reacción casi neutra con pH de 6,8. Exceptuando el alto contenido de arsénico, los índices de Socoroma son mejores que los del agua del Lluta en su junta, pero como se dijo no tiene influencia visible.

Curso inferior del río Lluta. A partir del campamento minero Dos Hermanos, el Lluta fue muestreado regularmente espaciado en Junio y Julio de 1968 y los gráficos Nº<sup>o</sup> 12 y 13 que se acompañan permiten visualizar bien el comportamiento químico de sus aguas sin necesidad de detallar los resultados, que por lo demás se consignan completos en las planillas adjuntas (Cuadros Nº 36 y 37).

Conductividad. En la corrida del invierno de 1968 se advierte que este índice aumenta paulatinamente desde la junta de la Qda. de Allane hasta Tocontasi, con gradiente muy suave, puesto que ha pasado de un valor de 1450 a 1650 M Mohs en 68 km. Nuestra línea se mantiene en este sector alejada y por debajo de todas las determinaciones anteriores a la desviación del río Azufre.

A partir de Tocontasi la gradiente de conductividad aumenta pasando de 1650 M Mohs a 3050 en 52 km, hasta el puente Chacalluta. El paso más violento se produce entre Pocon-

chile y el puente mencionado. En este tramo nuestra línea de invierno se confunde prácticamente con las determinaciones de Julio de 1957, Julio de 1958 y Marzo de 1961. Nótese que las dos primeras como la nuestra es a mediados de invierno y la de Marzo de 1961 se hizo con el río en crecida.

La corrida nuestra de Noviembre de 1968 del sector bajo, regado, del Lluta revela un cambio substancial en la conductividad. A partir de Mal Paso, la gradiente se hace mucho más parada para llegar a Chacalluta con valores de 4800 M Mohs.

Este sector de nuestra curva guarda parecido con las determinaciones de Dic. 1960 y Nov. de 1957. El incremento de conductividad parece tener relación por una parte con el menor caudal del Lluta y por otra, con la intensificación del riego, que a su vez, incrementa el lavado de suelos y los caudales de los drenes que caen al río.

En Noviembre de 1968 se muestrearon algunos drenes y el río Lluta aguas abajo de la desembocadura de éstos. El agua de los drenes tiene conductividades entre 3500 y 4500 M Mohs (Véase Cuadro NQ37) y su influencia decisiva en la calidad del Lluta es evidente.

Índice SAR. El índice SAR en las condiciones actuales se mantiene constante desde Humapalca a Allane, con valor bajo cercano a 2,3. A partir de Allane hasta Mal Paso sufre fluctuaciones de poca importancia alrededor de un eje de valor aproximado de 3,5. Desde Mal Paso a Chacalluta este índice aumenta gradualmente hasta alcanzar en el invierno el valor 5 en Chacalluta.

Exceptuando el muestreo de Marzo de 1961 con el río en crecida, la mayoría de las determinaciones anteriores superaban el índice SAR nuestro. Sin embargo, nuestra corrida de Noviembre de 1968 con el río disminuido y riesgos intensos promovió una curva por sobre la nuestra del invierno, una o dos unidades superiores. Se ve en todo caso que el riesgo por sodio en las aguas del Lluta no es de tanto cuidado.

El pH. La desviación del río Azufre produjo un cambio substancial del pH del curso superior y medio del río Lluta. En efecto, en nuestra corrida del invierno, el pH del Lluta tiene valores constantes desde Humapalca, y aún desde el Caracarane, hasta el puente Chacalluta que fluctúan alrededor de 7,5. En la corrida de Noviembre de 1968 del curso inferior descendió un tanto este valor para aparecer más bien neutro.

En cambio, las corridas anteriores revelaban pH muy ácidos para el Lluta, con valores entre 1 y 3, los que a partir de Allane empezaban a aumentar progresivamente a valores cercanos o superiores a 4 en Chacalluta y aún valores de 7.

Según los informes de los asesores de FAO Jean Pourtauborde y Charles Wright sería de conveniencia mantener en el Lluta un pH francamente ácido a fin de neutralizar en parte el alto contenido de boro de las aguas. Con el río Azufre desviado, todas las aguas del Lluta han pasado a tener una ligera reacción alcalina y de esto hasta la fecha ningún agricultor del valle del Lluta se queja. Conviene eso sí que algún personal técnico agronómico esté permanentemente atento a este problema y se pueda llegar a una fórmula de racionamiento en la entrega de aguas del río Azufre al Lluta de modo que se controle este asunto.

Boro. Antes de la desviación del río Azufre, el Lluta en Humapalca (después de la junta del Azufre y Caracarane) acusaba un elevado contenido de boro, que en el mejor de los casos era de 10,5 y en el peor de 24,5 PPM (Véanse análisis de Zambrano y Urrutia, y de A. Rodríguez). En el transcurso del río hasta Allane el contenido de boro descendía considerablemente hasta valores comprendidos entre 4 y 8 PPM (en seis ensayos). En Allane recibía el fuerte impacto de la quebrada de ese nombre, subiéndolo a cifras superiores a 10 y hasta 18 PPM, que se mantenían prácticamente constante hasta Molinos, a partir del cual empezaba a aumentar el contenido de boro para llegar a Chacalluta con cifras muy elevadas de 25 y 42

PPM ( a excepción de Mayo de 1961 en que el valor fue de 17,5 PPM).

Nuestra corrida del invierno de 1968 puso de manifiesto que el contenido de boro en el tramo Humapalca-Allane es bajo y constante, no superior a 2 PPM. En Allane la curva sufre el resalte que impone el aporte de la quebrada, subiéndolo a 7 PPM. Desde aquí a Poconchile se incrementa paulatinamente el boro hasta valores de 10 PPM. A partir de ese punto aumenta el boro hasta alcanzar a 15 PPM en el puente Chacalluta.

La corrida de Noviembre de 1968 reveló en el tramo Sora-Poconchile valores paralelos muy parecidos a los de la corrida anterior, pero a partir de Rosario el boro aumentó considerablemente en relación a la corrida del invierno alcanzando valores de 20 y 21 PPM entre la salida del colector 42 y el puente de Chacalluta.

Arsénico. Ninguna determinación de este elemento se ha hecho antes de nuestros muestreos de 1968, de modo que no conocemos el comportamiento a este respecto antes de la desviación del río Azufre. La corrida del invierno de 1968 puso de manifiesto su existencia, a veces en cantidades peligrosas y variables en el espacio.

En Humapalca, se inicia con un valor de 0,17 PPM; en Allane aguas abajo de la junta de dicha quebrada tiene un valor de 0,12 PPM; en Patapatane, pocos kilómetros aguas abajo, 0,05 PPM; en Jamiralla el valor del arsénico es de 0,08, valor que más o menos se conserva hasta la Angostura Iquecta - Vilacollo. En Sora alcanza el alto valor de 0,17 PPM y peor en Tocontasi, con 0,21 PPM. Hacia aguas abajo desaparece el arsénico - no sabemos por cual causa -.

Los tributarios del Lluta, como el río Azufre, la Quebrada de Allane, el río Colpitas y la Qda. de Putre acusan residuos de arsénico más concentrados que el río Lluta con valores altos y peligrosos hasta de 0,46 PPM (No olvidar que las normas toleran hasta 0,05 PPM).

La corrida de Noviembre de 1968 confirmó que las aguas del Lluta en el sector agrícola no contienen arsénico en cantidades peligrosas, y que el agua de los drenes es a este respecto mejor que la del Lluta mismo.

#### 4. 3. COMPARACION DE LAS AGUAS DEL LLUTA CON LAS DE OTROS SISTEMAS DEL NORTE GRANDE

Para comparar la calidad química de las aguas del Lluta, disponemos para el Norte Grande de nuestros propios estudios en el río Loa y de una corrida de muestreo en el río Camarones, ambos valles comparables por el tipo de agricultura.

- a) Con las aguas del río Loa. El estudio que practicáramos en 1967 para la Dirección de Riego en el curso superior del río Loa, de Lequena a Calama, con ocho corridas de muestreo durante los meses de invierno, nos permite decir que las aguas del río Lluta en sus condiciones actuales (río Azufre desviado), en el sector de emplazamiento de tranques presenta condiciones químicas muy semejantes a las del río Loa en el tramo entre Taira y Santa Bárbara.

<u>Angostura Iquecta-Vilecollo</u>	<u>Loa entre Taira y Santa Bárbara</u>
Conductividad MM 1540	1500 - 1600
SAR 1,8	3 - 3,5
pH 7,2	7,5 - 8,0
Boro PPM 8	5
As 0,05	0,05

Mejores en muchos aspectos, salvo en el contenido de boro, son las aguas del Lluta que las del Loa en Conchi, donde la Dirección de Riego tiene decidida la construcción de un embalse de cierta envergadura. Este punto queda mucho más arriba que el sector agrícola del Loa (Lasana, Chiu Chiu y Calama) donde se riega con aguas infinitamente más deterioradas.

En cambio las aguas actuales del Lluta en el primer puente, o sea casi al término de aguas abajo de la parcelación de la Colonia Julio Fuenzalida son comparables a la calidad del Loa en el tramo de la confluencia del río Salado a Angostura. Estas tienen un peligro por sodio mayor, pero las del Lluta tienen un contenido de boro algo mayor.

- b) Con el río Camarones. La calidad de las aguas del río Camarones la conocemos por una corrida de muestreo que practicamos por propia iniciativa en Agosto de 1967, desde Esquiña a Conanoxa.

Las aguas actuales del Lluta en el lugar de emplazamiento del futuro tranque son considerablemente mejores en todos sus índices a las del río Camarones en su trayecto de Esquiña a Conanoxa. En efecto, las de Camarones en Esquiña (que es el punto muestreado más al oriente) tiene conductividad de 2029 contra 1540 M Mohs del Lluta; índice SAR sobre 6 contra 1,8 del Lluta; pH semejante; boro de 12 PPM contra 8 PPM del Lluta. Arsénico no se determinó en Camarones.

En cambio el Lluta en el "primer puente" tiene índices parecidos a los del río Camarones frente a la casa-administración del Asentamiento de Camarones, aunque por boro y peligro por sodio, éstas son peores que aquéllas.

#### 4.4. LA INFLUENCIA DE LOS DRENES

En el sector del valle de Lluta parcelado por la Caja de Colonización Agrícola entre Rosario y Condorillo, conocido con el nombre de Colonia Julio Fuenzalida, dicha institución construyó ya hace algunos años una red de drenes cerrados que se vacían a colectores longitudinales u oblicuos, los que finalmente caen al cauce del río Lluta.

En Noviembre de 1968 hicimos una corrida de muestreo orientada a formarnos concepto sobre la influencia química

del aporte de los drenes sobre las aguas del río Lluta. #La mentablemente no en todos los casos era accesible el sitio de muestreo debido a las vegas húmedas que acompañan a las riberas del río justamente en la confluencia de los drenes.

Se muestrearon los siguientes drenes: Colector de la Parcela 5, que es uno de los primeros de aguas arriba, frente a la Estación Rosario; el Dren 42 en la Parcela 11, cuatro kilómetros aguas abajo de Rosario; el dren largo del sector sur del valle (entre el camino y el pie del faldeo sur), en el cruce del oleoducto de Sica Sica, aproximadamente 11 km aguas abajo de Rosario. El río Lluta en este sector de drenes se muestreó inmediatamente aguas abajo de las salidas de los drenes de Parcela 5 y NQ42; bastante aguas abajo de la salida del dren 114; en el primer Puente; y en la Parcela 31, después de la caída del último dren, en el sector Condorillo.

Los análisis pusieron de manifiesto que el agua de los drenes es altamente contaminada siendo el dren 42 el de más alta conductividad de 4540 M Mohs; los otros dos presentaban conductividades de 3460 y 3820 M Mohs; no substancialmente diferente al del río Lluta en ese sector. Los índices SAR conservan en general los valores de las aguas del Lluta, pese a que el ión aumenta considerablemente en las aguas de los drenes y del Lluta mismo en el sector considerado respecto al contenido del Lluta más arriba. El boro adquiere valor alto de 17 PPM en el dren 42, y a su salida el Lluta presenta un contenido de 21 PPM en oposición a 11 PPM que llevaba antes de entrar al sector. Las aguas del dren 42 son las más ácidas con pH = 5,5. Los otros drenes y el Lluta mismo entre Rosario y Condorillo conservan un pH ligeramente ácido variable entre 6,5 y 7,0.

---

# Agradecemos aquí al señor Hugo Huerta Pérez, técnico del servicio de CDRA, quien tuvo la gentileza de acompañarnos y servir de guía en este trabajo.

A la luz de esta corrida se advierte que si bien el desagüe de los drenes empeora el agua del río, esta influencia es relativamente moderada debido quizás a los gastos pequeños que le aportan. La verdad es que no existe una medida de los caudales que llevan los drenes colectores, lo que sería deseable conseguir.

En Julio de 1961 la Sección Agrología hizo ciertas experiencias en el valle del Lluta, en Poconchile, respecto a la variación de las condiciones del agua en un dren después de siete horas de practicar el riego. Desgraciadamente los resultados de estas y de otras experiencias valiosas no se elaboraron posteriormente en un informe final.

La experiencia a que nos referimos demostró que la conductividad del agua del colector subió de 2680 M Mohs que tenía antes de iniciada a 2720 M Mohs después de la experiencia, habiendo regado con aguas de 1880 M Mohs. El índice SAR subió de 2,4 a 2,6; el pH bajó de 6,6 a 5,8 y el porcentaje de Na intercambiable pasó de 27 a 29%. No hubo determinación del boro. A su vez el agua de riego tenía un SAR 2,6; pH 4,6 y Na = 34%. Se aprecia un leve empeoramiento de las aguas del dren después del riego, pero no es en absoluto concluyente ó significativo.

De cualquier modo, sea a causa del drenaje artificial y/o del drenaje natural hacia la caja del río, es claro que en las actuales condiciones desde Boca Negra hacia el mar las aguas del Lluta empeoran visiblemente sus condiciones químicas, sobre todo a partir precisamente de Rosario. De allí la alta conveniencia de construir un canal que partiendo de Boca Negra conduzca las aguas del Lluta a lo largo del valle hasta Chacalluta o hasta donde se ubiquen los nuevos terrenos a regar dejando el cauce natural para conducir las aguas de los drenes y los derrames de riego, además, para evacuar las crecidas. Tal obra tendría una longitud aproximada de 45 km y es recomendable su construcción, se aborde o no la de un embalse.

## V. CONSECUENCIAS DE LA CAPTACION DEL RIO CAQUENA EN LA HOYA DEL RIO LLUTA

### 5.1. INTRODUCCION

El año 1962 el ingeniero que suscribe confeccionó un proyecto definitivo de Captación del río Caquena y conducción hacia la hoya del río Lluta, por mandato de la Caja de Colonización Agrícola (hoy CORA) y bajo la supervigilancia técnica de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas. Se cumplían los primeros pasos de un antiguo anhelo de los agricultores del valle del Lluta que han visto en las aguas frescas del Caquena las posibilidades de mejorar la calidad química del Lluta y de incrementar sus gastos.

Dicho proyecto definía las obras civiles y sus costos para lograr el objetivo, pero no medía en el detalle las consecuencias que la introducción en el Lluta de aguas frescas en magnitud importante significaba en el desarrollo de la actividad agropecuaria de ese valle. Sólo se estimó en esa ocasión en 2340 Há la superficie nueva susceptible de regar con aguas del Caquena. Se suponía en esa oportunidad una tasa de riego de  $18000 \text{ m}^3/\text{Há}$  anual. Hoy, con la estadística reconstituida del Lluta en Tocontasi y con mejores antecedentes hidrológicos del Caquena que los que teníamos en 1962, aunque no tan completos como hubiera sido de desear, es oportuno analizar en detalle los beneficios y costos reactualizados de la obra. Para ello nos hemos propuesto reconstituir la estadística del Caquena y sus recursos hidrológicos y reunirlos a los del Lluta para efectuar la regulación en conjunto.

### 5.2. EL VALLE DEL CAQUENA

La hoya hidrográfica del río Caquena se desarrolla en el sector nororiental del Departamento de Arica, y su curso transcurre en el accidente fisiográfico que hemos definido como altiplano o puna ariqueña, confinado por dos cordones orográficos de rumbo aproximado Norte-Sur.

El cordón poniente coincide con la Cordillera Central, Por el este corre la parte de la Cordillera Oriental, comprendida entre los Nevados de Payachata y los cerros más bajos de Carvirí. En ella se encuentran los pasos de Casirí y Achuta que permiten la comunicación hacia Bolivia.

El límite sur de la hoya del Caquena corresponde a un cordón transversal que une los Nevados de Putre con los de Payachata y del cual forman parte los cerros de Larancagua y Guanaguane, quedando entre ellos amplios portezuelos.

El río Caquena nace en los faldeos norponiente de los Nevados de Payachata, entre los volcanes Pomerape y Parinacota, que forman dicho grupo; recorre en territorio chileno aproximadamente 25 km divagando en un ancho valle cubierto de bofedales; sirve, en seguida de línea fronteriza por otros 25 km entre Chile y Bolivia para pasar luego a este país y recorrer en el altiplano boliviano unos 20 km antes de su junta al río Uchusuma. Este a su vez tributa al río Mauri, que es un afluente de importancia del río Desaguadero.

En el sector netamente chileno el río Caquena recibe sólo un afluente de cierta significación. Es el río Colpacagua que le cae por su izquierda, unos 6 km aguas abajo del pueblo de Caquena, y drena la vertiente nororiental de la cadena transversal que va del Taapaca al Guanaguane.

Los otros tributarios de este primer sector son pequeños cursos de agua que caen desde el lado derecho. A la corriente principal que proviene de los Payachata se le junta primeramente el Estero Vilque que baja del cerro Casirí. Más abajo del pueblo de Caquena y siempre por la derecha se unen las pequeñas corrientes de Aroma, Antilla, Ancovilque, Cacaní y Angostura.

En el sector común fronterizo recibe por el lado chileno los insignificantes aportes de las quebradas del Chape y Chayuma, que nacen en el portezuelo entre los cerros Pacucagua y Lexone, y del río Cosapilla que es el que drena la vertiente oriental del cordón de Cosapilla. El aporte de es

te río por su importancia, hace cambiar el nombre del río principal pasando de Caquena a Cosapilla.

Las condiciones geológicas, climáticas, de flora y fauna, etc. se han reseñado en la INTRODUCCION general (Acápite 1.1) de este informe.

La población del valle del Caquena se reparte entre el pueblo de Caquena, compuesto de una treintena de casas, y las "estancias" a lo largo del valle. Los habitantes son sin excepción de origen colle o aymaré, la mayoría bilingüe, y su actividad económica fundamental es la crianza de llamas, alpacas y ovejas.

Según el Censo Agropecuario del Departamento de Arica de 1965 vivían en el distrito de Caquena 124 personas, de las cuales 98 eran hombres. Tenían a cargo 29 vacunos, 2522 ovinos y 11750 auquénidos. Creemos que las cifras más o menos se conservan hasta hoy.

### 5.3. DESCRIPCION DE LAS OBRAS DE CAPTACION Y VIALIDAD

El proyecto comprendía las siguientes obras principales:

- a) Canal de captación y desvío, con sus obras de arte
- b) Túnel de 5900 m bajo la Cordillera Central, por el portezuelo de las Siete Vueltas.
- c) Camino de acceso y construcción, de 50 km de longitud.

Canal de Captación. El trazado de pendiente uniforme de 0,8% se inicia en el punto más adecuado para la construcción de la bocatoma en el valle del Caquena y termina después de un recorrido de 12.854 m en la Quebrada del Chape, en el punto de entrada al túnel. En sus primeros 5200 m se desarrolla por un faldeo suave con pocos accidentes topográficos. A partir del km 5200 la ladera aumenta bruscamente su pendiente transversal para transformarse en un acantilado rocoso, casi inaccesible, entre los km 5800 y 6300. A este accidente sigue un terreno de pampa arenosa que alcanza hasta el borde mismo de la que

brada del Chape, la que cruza con un sifón. Los radios mínimos de curvas horizontales del eje rojo son de 10 m.

El canal se construye íntegramente revestido de hormigón con dos secciones tipos calculadas para  $Q = 2,0 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Una, aplicable a terreno común, es trapecial de 0,80 m de base y taludes 1,5:1, con altura de 1,0 m. La segunda se aplica a excavación en roca; lleva base de 1,50 m y taludes prácticamente verticales.

Las obras de arte mayores son la bocatoma y el sifón de la Qda. El Chape. Las obras menores que se consultan son dos compuertas de descarga y un corto túnel de 17 m de longitud.

La bocatoma se ubica a tres kilómetros aguas abajo de la desembocadura de la Qda. Colpacagua, en el Caquena. Se bloquea el curso del río con una barrera-vertedero de 15 m de ancho, precedida de un canal de aducción, y de muros guías que encauzan el río y corta toda filtración. En el extremo izquierdo de la barrera se inicia el canal de admisión que sobrepasada la obra de toma pasa a ser el canal Caquena, de sección normal. Entre él y el vertedero se ha intercalado un canal de descarga destinado a las limpiezas de la bocatoma y a evacuar los gastos afluentes cuando se cierre la admisión. Aguas abajo de la barrera también se proyecta encauzar la descarga con un canal de 15 m de ancho y 40 m de longitud. El control se ejerce mediante un grupo de tres compuertas de admisión sobre el canal de admisión y dos compuertas algo más chicas sobre el canal de descarga.

El sifón de la quebrada de El Chape salva este accidente inmediatamente antes de la entrada al Túnel Caquena. Es un tubo o cañería de fierro hecha de plancha Huachipato de 6 mm de espesor y 74 m de longitud con costuras soldadas. El diámetro interior es de 0,80 m, capaz de sostener el gasto máximo de  $2,0 \text{ m}^3/\text{seg}$  con una pérdida de carga total de 0,35 m. La tubería va apoyada sobre una cama de concreto A que la recubre completamente el hemisferio inferior.

La tubería va enterrada, consultándose un relleno de 0,80 m sobre la clave.

Las cámaras de entrada y salida son rectangulares con muros gravitacionales de albañilería de piedra. A la cámara de salida sigue un corto canal rectangular con su radier en rampla, de modo de conservar a la cota el eje hidráulico tanto de la cámara de salida como del escurrimiento dentro del túnel que le sigue.

Túnel Caquena. Destinado a atravesar la Cordillera Central por debajo del Portezuelo de Siete Vueltas, entre los cerros Pacucague y Lexona. Lleva las aguas del Caquena a la hoya del río Colpitas, subtributario del río Lluta. La entrada queda en el flanco norte de la Qda. del Chape, y la salida en la Qda. de Minasa, tributaria del río Colpitas.

El túnel tiene una longitud de 5900,60 m; pendiente de 1,35‰ y sección mínima excavada en forma de arco de medio punto, de 2 m de base. La capacidad máxima es de 2 m<sup>3</sup>/seg. El trazado se eligió después de una cuidadosa triangulación, de modo que resultara de menor largo, del mínimo techo y cortara en forma perpendicular las fallas del cordón que atraviesa. Con todo, la obra es de muy difícil ejecución y fija el plazo de construcción del proyecto. En efecto, el techo es muy alto y el único punto que permite abrir frentes intermedios es un portezuelo de cota 108 m más alta que el túnel y situado a 1750 m del portal de salida.

El aspecto geológico fue abordado en un informe preparado por la delegación del Instituto de Investigaciones Geológicas destacada en Arica, con Raúl Salas O. a la cabeza. En dicho informe se establece que "las rocas que atravesaría el túnel en su construcción estarían formadas por una toba brechosa en sus primeros metros y luego por una secuencia de conglomerados y areniscas verdes y rojas con intercalación de coladas de andesita". Agrega que el trazado del túnel parece corresponder a una buena solución para la obra y estructuralmen-

te deberá atravesarse en la construcción una zona de discordancia y dos posibles zonas de fallas perpendiculares. Es sin embargo, indispensable ejecutar una media docena de sondajes de prospección, de alto costo, distribuidos a lo largo del trazado.

El túnel se consulta con paredes desnudas en toda su longitud, salvo un 5% con sección resistente en "herradura". Sin embargo se han proyectado secciones revestidas tipos para diferentes condiciones de la roca y circunstancias locales.

Camino de acceso y de construcción. El camino tendrá originalmente la misión de permitir el paso de la maquinaria de construcción del canal y del túnel. En seguida, dar acceso y permitir el movimiento de la faena, etc. Posteriormente este camino servirá al tránsito ordinario del valle del Caquena y podrá ser prolongado hacia sectores más boreales.

Con longitud total de 50 km, se inicia cerca del bofedal Chayacaca en el camino de Portezuelo Chapiquiña al pueblo de Putre, y se desarrolla en dirección norte por los llanos elevados que limitan por el norte las Ciénagas de Parinacota hasta alcanzar el portezuelo de Chubire, y de aquí en línea recta hacia la Qda. del Chape que es donde estará la principal faena del túnel, siguiendo los faldeos orientales del cerro Pacucagua. En su trazado se evitó todo lo que fuera corte importante en roca. Atraviesa sin embargo siete quebradas que obligan a construir otras tantas alcantarillas de tubos corrugados de 1,0 m en batería. Otras alcantarillas menores se consultan en tubos corrugados de 0,60 y 0,80 m de diámetro.

El perfil adoptado es de 6,0 m de ancho aplicable tanto a corte como a terraplén. Las curvas horizontales tienen radio mínimo de 15 m y una pendiente máxima de 6%.

Planos entregados a la Caja de Colonización Agrícola y una copia en ozalid a la Dirección de Riego:

1) Plano de planta canal	Esc. 1:1000	1	rollo	tela
2) Perfil longitudinal canal	" 1:1000	1	"	"
3) Perfiles transversales canal	" 1:100	3	"	papel cristal
4) Plano de obras de arte		1	rollo	tela
5) Plano de planta túnel Caquena		1	"	"
6) Plano planta camino	Esc. 1:1000	2	"	"
7) Perfil longitudinal camino	" 1:1000	2	"	"
8) Perfiles transversales camino	" 1:100	4	"	papel cristal
9) Plano de obras de arte	Esc. 1:100	1	rollo	papel cristal

#### 5.4. CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAQUENA

Se dispone del siguiente material de estudio para conocer la calidad química de las aguas del río Caquena:

- a) Catorce análisis químicos sobre muestras tomadas por H. Niemeyer desde Julio de 1961 a Agosto de 1962. En el Cuadro N°38 que se acompaña se repiten los resultados de estos análisis. Sitio de muestreo: futura bocatoma.
- b) Dos muestras analizadas por el Prof. Angel Rodríguez correspondientes a Diciembre de 1960 y a Marzo de 1961 (Rodríguez, A., 1961). Sitio de muestreo: frente al pueblo de Caquena. Se incluyen en el Cuadro N° 38.
- c) Una muestra tomada por nosotros en Junio de 1968, correspondiente a un gasto aforado de  $1,20 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Comentarios. Los índices de las aguas del Caquena a través de todos los muestreos anotados permiten clasificarlas en general de  $C_3 - S_1$ , es decir de riesgo alto por concepto de conductividad total y bajo riesgo por concepto de sodio.

QUALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DEL RIO CAQUENA

Fecha de muestreo	Gasto (m <sup>3</sup> /seg)	pH	Conduct. M Mohs	SAR	% Na	Clasif. USLS	Σ (-) meq/l	CO <sub>3</sub> meq/l	HCO <sub>3</sub> meq/l	Cl meq/l	SO <sub>4</sub> meq/l	Boro p.p.m.	As p.p.m.	Ca meq/l	Mg meq/l	K meq/l	Na meq/l	Σ meq
2- 8-62	1,07	7,05	877	1,53	30,00	C3-S1	7,83	-	2,80	3,60	1,43	2,50	s/o	1,85	3,92	0,26	2,60	8,1
7-12-60 <sup>+</sup>		7,60	1 362	2,40	33,00	C3-S1	17,25	-	5,50	5,95	5,80	2,15	s/o	3,29	6,50	1,06	5,40	16,1
2- 3-61 <sup>+</sup>		7,25	1 323	1,90	29,00	C3-S1	13,70	-	5,10	3,40	5,20	0,20	s/o	2,44	6,93	0,86	4,20	14,1
20- 7-61		7,45	1 000	1,50	28,00	C3-S1	10,17	-	3,40	4,40	2,37	4,00	s/o	2,29	3,79	0,40	2,60	9,1
20-10-61	0,84	7,96	1 401	1,46	22,50	C3-S1	13,89	-	7,45	2,00	4,44	3,04	s/o	2,38	8,29	0,87	3,40	14,1
1-12-61	0,78	7,72	373	0,90	28,00	C2-S1	3,56	-	2,00	0,60	0,96	1,18	s/o	1,27	0,92	0,21	0,94	3,1
11-12-61	1,22	7,80	1 079	2,20	34,00	C3-S1	11,01	0,12	3,67	3,80	3,42	3,04	s/o	2,22	5,60	0,75	4,40	12,1
30-12-61	2,07	7,25	698	1,29	29,00	C2-S1	7,20	-	1,95	3,15	2,10	3,00	s/o	1,44	3,36	0,12	2,00	6,1
12- 1-62	1,25	7,75	1 041	1,07	20,50	C3-S1	10,73	-	3,70	3,55	3,48	3,00	s/o	2,29	5,90	0,37	2,20	10,1
30 -1-62		7,60	1 038	0,79	15,80	C3-S1	10,72	-	3,02	3,95	3,75	1,50	s/o	2,00	6,33	0,42	0,65	9,1
10 -2-62	1,29	7,63	791	0,87	20,00	C3-S1	8,67	-	2,50	3,80	2,37	2,30	s/o	1,85	3,64	0,26	1,44	7,1
6 -3-62	0,90	7,60	809	1,44	29,50	C3-S1	8,97	-	2,25	3,80	2,92	2,30	s/o	1,74	3,78	0,24	2,40	8,1
16 -3-62	1,41	7,48	849	0,56	12,50	C3-S1	9,12	-	2,50	3,95	2,67	2,60	s/o	1,90	2,18	0,27	1,05	5,1
5 -4-62	1,16	7,65	742	0,90	20,50	C3-S1	7,62	-	2,97	3,15	1,50	1,50	s/o	1,86	3,63	0,25	1,48	7,1
9 -5-62	1,14	8,30	983	0,34	7,90	C3-S1	9,40	0,20	3,25	4,20	1,75	2,50	s/o	2,11	4,98	9,40	0,64	8,1
20 -6-62	1,28	7,90	997	0,90	20,61	C3-S1	9,99	0,20	3,30	4,35	2,14	1,90	s/o	2,30	4,70	0,32	1,90	9,1
15 -6-68	1,20	6,80	1 110	2,10	35,00	C3-S1	10,82	-	4,10	4,00	2,72	2,00	0,08	2,54	4,65	0,38	4,00	11,1

+ Informe NQ1 Prof. Angel Rodriguez. Muestra tomada en río Caquena frente al pueblo. Resto de las muestras tomadas por Ing. Hans Niemeyer en la sección de eforo.

Conductividad. El promedio de las diecisiete observaciones da un valor de 970 M Mohs. No se han tomado en cuenta en el cálculo cifras que por su dispersión del valor medio podrían considerarse aberrantes o erróneas. Tal es el caso de la cifra 373 de 19 Diciembre 1961 y de 1401 de Octubre de 1961.

Sodio intercambiable (%). El término medio de los ensayos arroja la cifra de 24%. Se advierte sin embargo bastante dispersión en los valores, desde un máximo de 35% a un mínimo de 8%.

Índice SAR. El promedio de índice SAR es de 1,30, con un mínimo en las 17 observaciones de 0,34 para la muestra de Mayo de 1962 y un máximo de 2,20 para Diciembre de 1961.

Boro. El promedio de las determinaciones de boro arroja la cifra de 2,28 PPM, con un mínimo discutible en Marzo de 1961 de 0,20 PPM y un máximo de 4,0 PPM en Julio de 1961.

Arsénico. Sólo disponemos de un dato sobre este elemento, correspondiente a la muestra que tomamos en Junio de 1968. No se acusa su presencia.

pH. En todos los ensayos el pH se detecta ligeramente alcalino, con valores comprendidos entre 7 y 8, excepto en el muestreo último en que aparece el valor 6,8.

El agua del Lluta, en las actuales condiciones con el río Azufre desviado, es semejante en sus índices al agua del Caquena en el tramo entre Humapalca y Allane, donde el Lluta ofrece la mejor calidad de aguas. En el sitio de emplazamiento de un futuro tranque las aguas del Lluta ya muestran un deterioro más marcado y todos los índices adquieren valores algo superiores a los promedios del Caquena.

Una diferencia muy grande se tiene en el contenido de boro; y la inyección del agua del Caquena podría hacer un positivo mejoramiento de este índice.

	R. Caquena	R. Lluta en empla- zamiento de tranque	Mezcla
Aporte año 50% (m <sup>3</sup> /seg)	1	2	3
Conductividad (MM)	970	1500	1323
Na intercambiable (%)	24	50	41
SAR	1,30	4,00	3,1
pH	7,5	7,0	7,2
Boro	2,28	10	7,4
Arsénico PPM	0,00	0,06	0,04

En el año 50% el Lluta lleva en Tocontasi o en el lugar de emplazamiento de tranque un gasto actual de 2,05 m<sup>3</sup>/seg, según se estableció en el Acápita 1.6. El Caquena en el mismo tipo de año aportará al Lluta un gasto de 1,05 m<sup>3</sup>/seg según la cota estadística que de este río se ha reconstituido.

La calidad del agua resultante de la mezcla se ha calculado en la tercera columna de la tabla precedente, considerando la proporción de gastos que concurren en el año tipo 50%. En realidad el cálculo habría que hacerlo con las aguas del Lluta inmediatamente aguas abajo de Allane ya que será éste el punto donde se producirá la mezcla. Los índices son muy parecidos entre Allane y Tercera Angostura de modo que los resultados no serían muy diferentes; en todo caso la posición de nuestro cálculo es algo más desfavorable que la situación real futura ya que el gasto del Lluta en Tocontasi es mayor que en Allane, y por lo tanto su incidencia en la mezcla, es también mayor.

Hay que prevenir que si las aguas del Caquena después de la salida del túnel se vacían al lecho natural de la quebrada de Minasa y de allí pasan al lecho natural de la quebrada Colpitas hasta caer al Lluta en Allane, tal como estaba concebido en el proyecto de 1962, es muy probable que se contaminen con sales, especialmente con boro, como le sucede al propio río Colpitas.

Es indispensable a nuestro juicio completar el proyecto del Caquena con una canalización desde la salida del Túnel Caquena hasta Allene. Tendría probablemente una longitud de 25 a 30 km para una capacidad de  $2 \text{ m}^3/\text{seg}$ . No existe a este respecto reconocimiento alguno y se recomienda ejecutarlo a la brevedad posible.

#### 5.5. ESTUDIO HIDROLOGICO

Cuando se hizo en 1962 el Proyecto de Captación del río Caquena no se disponía de una estadística de gastos medios mensuales para el R. Caquena. Sólo se contaba con algunos aforos aislados, realizados durante 1949 al 1955 por Hidrometría de la Dirección de Riego. Afortunadamente esas mediciones se hicieron en corridas simultáneas con las de otros cursos de agua del altiplano ariqueño, entre los que se encuentra el río Lauca. Interrumpidas las observaciones durante un período de cinco años, se reanudaron sólo en 1961 con ocasión del proyecto. Desde Febrero de 1962 se puso en funcionamiento una sección de aforo en el lugar mismo de la futura bocatoma de captación.<sup>+</sup>

En base a los pocos registros existentes y a una correlación con la estadística del Lauca en Estancia El Lago se consiguió provisoriamente reconstituir una estadística de gastos medios mensuales para el río Caquena. Llevada a un gráfico de frecuencias, se seleccionó el gasto de  $2 \text{ m}^3/\text{seg}$  para la capacidad del proyecto, el que tiene en realidad una ocurrencia baja, de 20%. Comentábamos en esa oportunidad que pasar de una capacidad de  $1,50 \text{ m}^3/\text{seg}$  a  $2,0 \text{ m}^3/\text{seg}$  no influía prácticamente en el costo del túnel, que representa el 80% del costo de toda la obra hidráulica. El razonamiento se reafirma ahora mejor si se

---

<sup>+</sup> Dicha sección es rectangular, de albañilería de piedra con es tuco interior, de 2,0 m de ancho y está premunida de un vertedero triangular a su término, y del correspondiente limnómetro.

C U A D R O N O 39

AFOROS ANTIGUOS SIMULTANEOS DE LOS RIOS CAQUENA Y LAUCA

Fecha	<u>Gasto (m<sup>3</sup>/seg)</u>		<u>Razón de los gastos</u>
	Caquena	Lauca	$r = \frac{Q_C}{Q_L}$
17 - 3-49	3,39	2,65	1,28
8 - 8-49	1,72	1,35	1,28
9 -10-49	1,70	0,86	1,98
28 - 6-50	1,68	0,91	1,85
15 - 4-51	1,60	0,46	3,50
24 - 8-51	1,60	0,58	2,76
7 -12-51	1,73	0,29	6,00
1 - 5-52	1,73	0,51	3,40
22 -10-52	1,88	0,65	2,90
4 - 4-53	1,67	0,80	2,10
28 - 8-53	1,56	0,57	2,74
6 -12-53	1,34	0,55	2,44
2 - 9-54	1,18	1,20	1,00
30 -11-54	1,70	0,62	2,74
9 - 6-55	1,06	1,20	0,88
20 -10-61	0,84	0,48	1,75
2 -12-61	0,78	--	--
15 -12-61	1,22	0,99	1,23
31 - 12-61	2,07	1,15	1,80

C U A D R O N°40

LECTURAS LIMNIMETRICAS Y GASTOS EN SECCION DE AFORO  
DEL RIO CAQUENA

Fecha	Lect. limn. (m)	Fracción del gasto pasante (%)	Gasto fracc. $Q_c$ (m <sup>3</sup> /seg)	Caquena Gasto total (m <sup>3</sup> /seg)
7-2-62	0,45	50	0,50	1,00
19-2-62	0,70	50	1,08	2,20
22-2-62	0,65	50	0,96	1,92
3-3-62	0,62	50	0,90	1,80
8-3-62	0,55	50	0,70	1,40
13-3-62	0,45	50	0,50	1,00
20-3-62	0,43	50	0,46	0,92
27-3-62	0,58	100	0,80	0,80
2-4-62	0,68	100	1,05	1,05
7-4-62	0,65	90	0,96	1,06
10-4-62	0,72	90	1,15	1,27
13-4-62	0,70	90	1,08	1,20
17-4-62	0,65	90	0,95	1,05
20-4-62	0,60	90	0,82	0,91
22-4-62	0,56	90	0,72	0,80
26-4-62	0,56	90	0,72	0,80
30-4-62	0,54	90	0,69	0,77
2-5-62	0,53	90	0,67	0,74
6-5-62	0,56	90	0,72	0,80
8-5-62	0,53	90	0,67	0,74
15-5-62	0,56	90	0,72	0,80
18-5-62	0,58	90	0,80	0,89
26-5-62	0,53	90	0,67	0,74

C U A D R O N°40 (Continuación)

Fecha	Lect. limn. (m)	Fracción del gasto pasante (%)	Gasto fracc. $Q_c$ (m <sup>3</sup> /seg)	Caquena Gasto total (m <sup>3</sup> /seg)
31-5-62	0,60	90	0,82	0,91
6-6-62	0,58	90	0,80	0,89
12-6-62	0,65	90	0,95	1,05
16-6-62	0,73	90	1,18	1,31
20-6-62	0,72	90	1,15	1,28
25-6-62	0,60	90	0,82	0,91
30-6-62	0,66	90	1,00	1,11
3-7-62	0,64	90	0,93	1,03
6-7-62	0,58	90	0,80	0,89
8-7-62	0,62	90	0,90	1,00
11-7-62	0,60	90	0,82	0,91
15-7-62	0,64	90	0,93	1,03
17-7-62	0,70	90	1,08	1,20
20-7-62	0,66	90	1,00	1,11
22-7-62	0,72	90	1,15	1,28
24-7-62	0,68	90	1,05	1,17
26-7-62	0,68	90	1,05	1,17
28-7-62	0,74	90	1,20	1,34
2-8-63	0,56			1,074
3-9-63	0,60			1,084
12-9-63	0,60			1,187
3-11-63	0,58			1,074
3-12-63	0,56			0,972
11-1-64	0,59			1,059

recuerda que hay la posibilidad de regular las aguas en un embalse, del cual serían estas obras del Caquena un verdadero canal alimentador, el que siempre conviene sea holgado.

Desde que se instaló la sección de control en 1962, podríamos haber dispuesto de a lo menos seis años de estadística simultánea con la del Lauca. Sin embargo, debido a la dificultad de acceso, puesto que debe alcanzarse de a caballo desde el pueblo de Caquena, no ha sido esta sección debidamente aprovechada y los aforos últimos se han hecho frente al pueblo donde el caudal es bastante menor y pasa dividido. Es cierto que tampoco por la sección pasa toda el agua, pero con poco trabajo puede conseguirse bloqueando dos canalitos de riego. Es altamente deseable que en el futuro se lea periódicamente el limnómetro del Caquena con la precaución de hacer que todo el gasto pase por la sección de aforo. En nuestra visita conocimos al dueño de la estancia Ungallire, don Lucio Mamani, cuyas casas están inmediatamente vecinas a la sección de aforo. Le enseñamos a hacer las lecturas del limnómetro y propusimos su nombre a la Sección Hidrometría como observador. El puede efectuar lecturas si no diarias, a lo menos periódicas, encauzando al mismo tiempo toda el agua por el vertedero.

Reconstitución de la estadística del río Caquena en bocatoma. Lamentablemente, como se dijo, no se tiene observaciones fluviométricas del Caquena como para reconstituir la estadística en base a ellas.

Para conseguirlo hubo que recurrir a un procedimiento muy similar al que se empleó originalmente en el proyecto de 1962. En el Cuadro N°39 transcribimos los aforos simultáneos del Lauca y del Caquena realizados hasta el año 1961, y en su última columna calculamos la razón de los gastos. En el Cuadro N°40 se han copiado los gastos del Caquena obtenidos de la lectura del limnómetro de la sección de aforo. Las observaciones de cada mes se han promediado obteniéndose un gasto representativo del mes, el que se ha comparado en la última columna con los gastos medios mensuales del río Lauca en Estancia El Lago, obtenidos de la estadística de este río que controla en la actualidad Endesa. La

razón fluctúa de 1,30 a 1,90 siendo siempre mayores los gastos del Caquena.

Por otra parte, la hoya hidrográfica del río Caquena aguas arriba de la bocatoma proyectada tiene una extensión de 470 km<sup>2</sup>, y la del Lauca, sin considerar la de la Laguna Chungará, es de 215 km<sup>2</sup>. La hoya de la Laguna Chungará es a su vez de 280 km<sup>2</sup> y contribuye al Lauca sólo con aportes subterráneos a través de la laguna de Cotacotani, lo que nos autoriza a estimar una participación de la hoya de Chungará de 30% sobre la del Lauca.

La razón de las hoyas sería:

$$\frac{\text{Hoya Caquena}}{\text{Hoya Lauca} + 0,30 \text{ Hoya Chungará}} = \frac{470}{215 + 0,3 \times 280} = 1,57$$

De los datos anotados se ve una cierta proporcionalidad entre los gastos y las hoyas. De allí que para reconstituir la estadística nos valemos de la existente para el Lauca, que está muy bien revisada, multiplicando sus gastos medios mensuales por la razón de las hoyas. Hemos preferido situarnos en una posición conservadora al adoptar 1,5 como factor de multiplicación. Pero la estadística del Lauca tiene una interrupción de 5 años en el período de 1955 a 1959. Para salvarla recurrimos a un procedimiento de comparación similar al que aplicamos en la reconstitución de la estadística del Lluta en Tocontasi. En papel milimetrado dibujamos el pluviograma de Parinacota y la estadística reconstituida del Caquena. El paralelismo de las curvas no deja dudas de la relación entre ambos fenómenos. El período de interrupción lo asimilamos, por la forma del pluviograma, a otros tantos años en los cuales conocemos los gastos medios mensuales del Caquena. Así, por analogía logramos disponer de una estadística de 21 años para este río altiplánico, la que se copia en nuestro Cuadro N°41. El Cuadro N°41 A reproduce la estadística en volúmenes escurridos.

De la ordenación de esta estadística deducimos los siguientes gastos promedios correspondientes a distintos años tipos:

RIO CAQUENA EN CAQUENA<sup>+</sup>

ESTADISTICA RECONSTITUIDA DE G.M.M.

(m<sup>3</sup>/seg)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1946 - 47	2,98	5,72	2,82	1,90	1,89	1,71	1,68	1,68	1,63	1,63	1,50	1,36
47 - 48	1,50	1,62	2,46	4,11	2,57	1,86	2,47	1,96	1,80	1,50	0,72	0,72
48 - 49	0,79	2,01	5,48	5,48	2,25	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,26	0,96
49 - 50	1,50	1,56	1,53	2,34	1,50	1,50	1,50	1,56	1,50	1,44	0,87	0,84
50 - 51	0,84	1,28	1,35	1,20	1,28	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
51 - 52	0,52	1,34	1,50	1,11	0,75	0,84	1,05	1,08	1,05	1,05	0,95	1,13
52 - 53	0,63	1,21	1,89	2,18	1,08	1,02	0,92	0,95	0,84	0,75	0,54	1,23
53 - 54	0,78	0,90	1,42	1,16	0,93	0,93	0,99	0,96	1,59	1,56	0,87	0,90
54 - 55	0,87	1,29	1,42	1,16	0,93	0,93	1,38	1,24	1,59	1,56	0,87	0,90
55 - 56	0,50	0,25	0,79	1,32	1,29	1,36	1,36	1,11	1,13	1,32	1,28	1,29

C U A D R O N O 41<sup>+</sup> (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
1956 - 57	1,38	2,00	1,72	0,72	0,79	0,63	0,72	0,57	0,72	0,68	0,85	0,85
57 - 58	0,67	1,15	2,55	1,41	0,65	0,60	0,84	1,20	0,66	0,67	0,72	0,69
58 - 59	1,12	2,81	2,21	1,08	0,90	1,18	0,72	0,70	0,82	0,89	0,89	0,52
59 - 60	1,12	2,81	2,21	1,08	0,90	1,18	0,72	0,70	0,82	0,89	0,89	0,89
60 - 61	0,67	1,15	2,55	1,41	0,65	0,60	0,84	1,20	0,66	0,67	0,72	0,69
61 - 62	1,56	1,59	1,72	1,32	1,16	0,81	0,85	0,89	0,82	0,67	0,43	0,38
62 - 63	0,60	1,30	5,28	5,52	1,64	1,06	1,24	1,14	1,16	1,18	1,05	0,78
63 - 64	1,08	1,47	2,21	1,22	0,85	0,87	1,05	1,08	1,05	0,84	0,84	0,77
64 - 65	1,38	2,00	1,72	0,72	0,79	0,63	0,72	0,57	0,72	0,68	0,85	0,85
65 - 66	0,95	0,84	0,55	0,60	0,91	0,97	0,99	1,00	1,08	0,93	0,75	0,73
66 - 67	0,50	0,25	0,79	1,32	1,29	1,36	1,36	1,11	1,13	1,32	1,28	1,29

+ Multiplicando por 1,5 los gastos medios del río Lauca en Estancia El Lago.

CUADRO No 41 A

RIO CAQUEÑA

Volúmenes Escurridos

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1946 - 47	7,76	14,85	7,32	4,95	4,91	4,45	4,36	4,36	4,25	4,25	3,90	3,55
47 - 48	3,90	4,21	6,40	10,72	6,70	4,84	6,31	5,08	4,68	3,90	1,87	1,87
48 - 49	2,06	5,21	14,21	14,21	5,87	5,08	5,08	5,08	5,08	5,08	3,27	2,50
49 - 50	3,90	4,05	3,97	6,08	3,90	3,90	3,90	4,06	3,90	3,74	2,26	2,18
50 - 51	2,18	3,34	3,52	3,12	3,34	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
51 - 52	1,32	3,50	3,90	2,89	1,95	2,18	2,73	2,81	2,73	2,73	2,46	2,30
52 - 53	1,64	2,14	4,91	5,69	2,81	2,65	2,38	2,46	2,18	1,95	1,40	2,11
53 - 54	2,02	2,34	3,70	3,00	2,42	2,42	2,57	2,50	4,13	4,05	2,26	2,34
54 - 55	2,26	3,35	3,70	3,00	2,42	2,42	3,59	3,24	4,13	4,05	2,26	2,34
55 - 56	1,29	0,66	2,06	3,43	2,34	3,55	3,55	2,87	2,93	3,43	3,31	3,35

C U A D R O N O 41 A (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1956 - 57	3,60	5,20	4,47	1,87	2,06	1,64	1,87	1,48	1,87	1,76	2,22	2,22
57 - 58	1,75	3,00	6,62	3,67	1,68	1,56	2,18	3,12	1,72	1,75	1,87	1,79
58 - 59	2,92	7,31	5,76	2,81	2,34	3,08	1,87	1,83	2,14	2,30	2,30	1,32
59 - 60	2,92	7,31	5,76	2,81	2,34	3,08	1,87	1,83	2,14	2,30	2,30	2,30
60 - 61	1,75	3,00	6,62	3,67	1,68	1,56	2,18	3,12	1,72	1,75	1,87	1,79
61 - 62	4,05	4,13	4,48	3,43	3,00	2,11	2,22	2,30	2,14	1,75	1,13	0,98
62 - 63	1,56	3,39	13,70	14,40	4,28	2,77	3,24	2,96	3,00	3,08	2,46	2,03
63 - 64	2,81	3,82	5,77	3,16	2,22	2,27	2,73	2,81	2,73	2,18	2,18	2,00
64 - 65	3,60	5,20	4,47	1,87	2,06	1,64	1,87	1,48	1,87	1,76	2,22	2,22
65 - 66	2,46	2,18	1,44	1,56	2,38	2,53	2,57	2,60	2,81	2,42	1,95	1,91
66 - 67	1,29	0,66	2,06	3,43	2,34	3,55	3,55	2,87	2,93	3,43	3,31	3,35

C U A D R O N O 42

RIO CAQUENA EN TOCONTASI<sup>++</sup>

Volúmenes Escurridos

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1946 - 47	6,98 <sup>+</sup>	13,40 <sup>+</sup>	6,60 <sup>+</sup>	4,45	4,42	4,00	3,93	3,93	3,82	3,82	3,50	3,18
47 - 48	3,50	3,80	5,76 <sup>+</sup>	9,60 <sup>+</sup>	6,02 <sup>+</sup>	4,35	5,70 <sup>+</sup>	4,56	4,20	3,51	1,68	1,68
48 - 49	1,86	4,70	13,00 <sup>+</sup>	13,00 <sup>+</sup>	5,28 <sup>+</sup>	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	2,95	2,25
49 - 50	3,51	3,65	3,57	5,47 <sup>+</sup>	3,51	3,51	3,51	3,65	3,51	3,36	2,04	1,96
50 - 51	1,96	3,00	3,17	2,81	3,00	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
51 - 52	1,19	3,15	3,51	2,60	1,76	1,96	2,45	2,53	2,45	2,45	2,22	2,08
52 - 53	1,48	1,93	4,42	5,10 <sup>+</sup>	2,52	2,38	2,14	2,22	1,96	1,76	1,26	1,90
53 - 54	1,82	2,10	3,33	2,70	2,18	2,18	2,31	2,25	3,72	3,65	2,04	2,10
54 - 55	2,04	3,00	3,32	2,70	2,18	2,18	3,15	2,91	3,72	3,65	2,04	2,10
55 - 56	1,16	0,59	1,85	3,08	2,10	3,20	3,20	2,57	2,64	3,08	2,98	3,02

+ Se considera sólo 4,7 millones m<sup>3</sup> que copa la capacidad de proyecto del canal alimentador.

++ Estadística de Caquena en Caquena disminuida en 10%

C U A D R O N O 42 (Continuación)

Año Hidrologico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
1956 - 57	3,24	4,68	4,02	1,68	1,86	1,48	1,68	1,33	1,68	1,58	2,00	2,00
57 - 58	1,58	2,70	5,95 <sup>+</sup>	3,30	1,52	1,40	1,96	2,80	1,55	1,58	1,68	1,61
58 - 59	2,62	6,60 <sup>+</sup>	5,20 <sup>+</sup>	2,53	2,10	2,76	1,68	1,64	1,92	2,07	2,07	1,19
59 - 60	2,62	6,60 <sup>+</sup>	5,20 <sup>+</sup>	2,53	2,10	2,76	1,68	1,64	1,92	2,07	2,07	1,19
60 - 61	1,58	2,70	5,95 <sup>+</sup>	3,30	1,52	1,40	1,96	2,80	1,55	1,58	1,68	1,61
61 - 62	3,65	3,72	4,03	3,09	2,70	1,90	2,00	2,07	1,92	1,58	1,02	0,88
62 - 63	1,40	3,05	12,30 <sup>+</sup>	13,00 <sup>+</sup>	3,85	2,50	2,91	2,66	2,70	2,76	2,22	1,83
63 - 64	2,53	3,44	5,18 <sup>+</sup>	2,85	2,00	2,05	2,45	2,53	2,45	1,96	1,96	1,80
64 - 65	3,24	4,68	4,02	1,68	1,86	1,48	1,68	1,33	1,68	1,58	2,00	2,00
65 - 66	2,22	1,96	1,30	1,40	2,14	2,28	2,31	2,34	2,53	2,18	1,76	1,72
66 - 67	1,16	0,59	1,85	3,10	2,10	3,20	3,20	2,58	2,64	3,08	3,00	3,02

+ Se considera sólo 4,7 millones m<sup>3</sup> que coge la capacidad de proyecto del canal alimentador.

C U A D R O N O 43

RIO LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI

Volúmenes Escurridos

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.
1946 - 47	8,80	10,35	8,67	8,20	8,51	8,42	8,02	8,59	7,81	7,52	7,25	6,50
47 - 48	8,54	9,00	11,67	13,62	9,93	9,84	9,54	9,71	8,81	7,11	5,06	4,79
48 - 49	6,39	22,01	29,14	29,17	15,66	12,31	12,43	11,71	9,76	9,09	7,05	5,64
49 - 50	7,40	8,42	8,14	11,70	8,46	8,92	8,77	10,94	8,63	7,84	6,11	5,28
50 - 51	6,17	9,70	11,08	10,98	7,45	6,70	6,60	7,05	7,00	6,49	5,76	5,59
51 - 52	4,78	21,67	21,42	13,86	6,29	6,09	6,88	9,53	7,01	6,65	5,54	4,95
52 - 53	4,80	10,96	32,01	31,50	10,29	7,74	7,84	8,25	7,86	8,42	8,04	8,71
53 - 54	9,14	9,76	11,65	10,70	7,36	7,40	7,23	7,48	8,54	8,18	6,60	6,50
54 - 55	7,00	11,04	11,31	8,22	6,82	6,17	7,14	6,98	7,66	7,35	5,74	5,62
55 - 56	5,26	4,85	6,85	7,21	5,88	6,95	7,09	6,83	6,63	6,84	6,71	6,54

C U A D R O N O 43 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.
1956 - 57	6,67	8,14	8,33	5,70	5,62	5,29	5,67	5,27	5,67	5,21	5,51	5,44
57 - 58	6,06	7,71	15,59	13,48	9,03	8,45	9,73	10,84	8,25	6,50	5,16	4,20
58 - 59	7,18	10,33	10,94	7,49	5,57	6,86	5,82	5,93	6,61	7,15	6,63	4,82
59 - 60	7,98	12,39	12,27	7,89	5,67	5,41	4,61	5,79	6,77	6,71	7,11	6,19
60 - 61	6,38	7,58	9,20	7,29	4,73	8,07	8,80	8,78	6,11	5,72	5,65	5,31
61 - 62	7,94	12,62	11,70	8,66	7,88	7,34	7,46	7,38	6,48	5,52	3,89	4,43
62 - 63	5,42	14,65	32,53	26,89	9,83	10,30	9,64	9,74	8,76	7,96	5,89	5,20
63 - 64	7,09	9,07	10,94	7,81	5,47	6,15	6,59	6,82	7,14	7,04	6,52	5,43
64 - 65	8,60	12,37	11,59	7,04	5,43	4,13	4,61	5,48	6,53	6,22	7,04	7,00
65 - 66	7,02	6,84	5,80	5,39	5,35	8,95	9,15	8,32	7,09	6,32	5,73	5,42
66 - 67	5,05	4,24	10,46	15,16	6,04	8,45	7,73	7,48	6,79	6,97	6,89	6,65

Tipo de año	Gasto medio anual del río Caquena (m <sup>3</sup> /seg)
10%	2,15
50%	1,05
80%	0,98

Estadística del río Caquena en Tocontasi. Los aportes del Caquena al Lluta los obtenemos de dicha estadística en volúmenes escurridos, considerando un gasto máximo de 2 m<sup>3</sup>/seg limitado por la capacidad de proyecto del canal alimentador, y disminuidos en 10% para considerar pérdidas en la conducción. El Cuadro Nº42 resume los aportes del Caquena en Tocontasi, que sumados a los volúmenes escurridos del Lluta nos dan en el Cuadro Nº43 los aportes al futuro tranque.

Regulación. De acuerdo con la tasa de riego que hemos determinado en el Acápita 3, calculemos a continuación las demandas de agua para el riego de 3500, 4000, 4500 y 5000 Há.

C U A D R O N O 44

DEMANDAS MENSUALES DE RIEGO PARA DISTINTAS SUPERFICIES

( Millones de m<sup>3</sup>)

<u>Año Hidrológico</u>	<u>Superficie (Há)</u>			
	3500	4000	4500	5000
Dic.	8,12	9,28	10,44	11,60
Ene.	9,14	10,44	11,75	13,00
Feb.	8,37	9,56	10,76	11,95
Mar.	7,35	8,40	9,45	10,50
Abr.	6,20	7,08	7,97	8,85
May.	5,18	5,92	6,66	7,40
Jun.	4,34	4,96	5,58	6,20
Jul.	3,99	4,56	5,13	5,70
Ago.	4,10	4,68	5,27	5,85
Set.	4,55	5,20	5,85	6,50
Oct.	5,43	6,20	6,98	7,75
Nov.	6,41	7,32	8,24	9,15
	73,18	83,60	94,08	104,45

C U A D R O N O 45

RIO LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI

Déficit y Sobrantes para: S = 3000 Háts. sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agg.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	1,84	2,52	1,53	1,90	3,20	3,98	4,30	5,17	4,30	3,62	2,60	1,01	-	35,97
47 - 48	1,58	1,17	4,53	7,32	4,62	5,40	5,82	6,29	5,30	3,21	0,41	- 0,70	0,70	45,65
48 - 49	0,57	14,18	22,00	22,87	10,35	7,87	8,71	8,29	6,25	5,19	2,40	0,15	0,57	108,26
49 - 50	0,4	0,59	1,00	18,00	3,15	4,48	5,05	7,52	5,12	3,94	1,46	- 0,21	0,21	50,75
50 - 51	0,79	1,87	3,94	4,68	2,14	2,26	2,88	3,63	3,49	2,59	1,11	0,10	0,79	28,69
51 - 52	2,18	13,84	14,28	7,56	0,98	1,65	3,16	6,11	3,50	2,75	0,89	- 0,54	2,72	54,72
52 - 53	2,16	3,13	24,87	25,20	4,98	3,30	4,12	4,83	4,35	4,52	3,39	3,22	2,16	85,91
53 - 54	2,18	1,93	4,51	4,40	2,05	2,96	3,51	4,06	5,03	4,28	1,95	1,01		37,87
54 - 55	0,04	3,21	4,17	1,92	1,51	1,73	3,42	3,56	4,15	3,45	1,09	0,13		28,38
55 - 56	1,70	2,98	- 0,29	0,91	0,57	2,51	3,37	3,41	3,12	2,94	2,06	1,05	4,97	19,94

C U A D R O N O 45 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 0,29	0,31	1,19	- 0,60	0,31	0,85	1,95	1,85	2,16	1,31	0,86	- 0,05	0,94	10,79
57 - 58	- 0,90	0,12	8,45	7,18	3,72	4,01	6,01	7,42	4,74	2,60	0,51	- 1,29	2,31	44,64
58 - 59	0,22	2,50	3,80	1,19	0,26	2,42	2,10	2,51	3,10	3,25	1,98	- 0,67	0,67	23,33
59 - 60	1,02	4,56	5,13	1,59	0,36	0,97	0,89	2,37	3,26	2,81	2,46	0,70		26,12
60 - 61	- 0,58	0,25	2,06	0,99	- 0,58	3,63	5,08	5,36	2,60	1,82	1,00	- 0,18	1,59	22,54
61 - 62	0,98	4,79	4,56	2,36	2,57	2,90	3,74	3,96	2,97	1,62	- 0,76	- 1,06	1,82	30,45
62 - 63	- 1,54	6,82	25,39	20,59	4,52	5,86	5,92	6,32	5,25	4,06	1,24	- 0,29	1,83	85,97
63 - 64	0,13	1,24	3,80	1,51	0,16	1,71	2,87	3,40	3,63	3,14	1,87	- 0,06	0,06	23,46
64 - 65	1,64	4,54	4,45	0,74	0,12	- 0,31	0,89	2,06	3,02	2,32	2,39	1,51	0,31	23,68
65 - 66	0,06	0,99	- 1,34	0,91	0,04	4,51	5,43	4,90	3,58	2,42	1,06	- 0,07	3,31	22,02
66 - 67	- 1,91	3,59	3,32	8,86	0,73	4,01	4,01	4,06	3,28	3,07	2,24	1,16	5,50	34,74

C U A D R O N O 46

RIO LLUTA + CAQUEVA EN TOCONTASI

Déficit y Sobrantes para: S = 3500 Hás. sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	0,68	1,21	0,30	0,85	2,31	3,24	3,68	4,60	3,71	2,97	1,82	0,09	-	25,46
47 - 48	0,42	0,14	3,30	6,27	3,73	4,66	5,20	5,72	4,71	2,56	0,37	1,62	2,13	36,57
48 - 49	1,73	12,87	20,77	21,82	9,46	7,13	8,09	7,72	5,66	4,54	1,62	0,77	2,50	99,68
49 - 50	0,72	0,72	0,23	4,35	2,26	3,74	4,43	6,95	4,53	3,29	0,68	1,13	2,80	30,23
50 - 51	1,95	0,56	2,71	3,63	1,25	1,52	2,26	3,36	2,90	1,94	0,33	0,82	2,77	20,46
51 - 52	3,34	12,53	13,05	6,51	0,09	0,91	2,54	5,54	2,91	2,10	0,11	1,46	4,80	46,29
52 - 53	3,32	1,82	23,64	24,15	4,09	2,56	3,50	4,26	3,76	3,87	2,61	2,30	3,32	76,56
53 - 54	1,02	0,62	3,28	3,35	1,16	2,22	2,89	3,49	4,44	3,63	1,17	0,09		27,36
54 - 55	1,12	1,90	2,94	0,87	0,62	0,99	2,80	2,99	3,56	2,80	0,31	0,79	0,79	20,90
55 - 56	2,86	4,29	1,52	0,14	0,32	1,77	2,75	2,84	2,53	2,29	1,28	0,13	9,13	13,59

C U A D R O N O 46 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agc.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 1,45	- 1,00	- 0,04	- 1,65	- 0,58	0,11	1,33	1,28	1,57	0,66	0,08	- 0,97	-	5,03
57 - 58	- 2,06	- 1,43	7,22	6,13	2,83	3,27	5,39	6,85	4,15	1,95	- 0,27	- 2,21	5,97	37,79
58 - 59	- 0,94	1,19	2,57	0,14	- 0,63	1,68	1,48	1,94	2,51	2,60	1,20	- 1,59	2,53	15,31
59 - 60	- 0,14	3,25	3,90	0,54	- 0,53	0,23	0,27	1,80	2,67	2,16	1,68	- 0,22	0,89	16,50
60 - 61	- 1,74	1,56	0,83	- 0,06	- 1,47	2,89	4,46	4,79	2,01	1,17	0,22	- 1,10	4,37	17,93
61 - 62	- 0,18	3,48	3,33	1,31	1,68	2,16	3,12	3,39	2,38	0,97	- 1,54	- 1,98	3,70	21,82
62 - 63	- 2,70	5,51	24,16	19,54	3,63	5,12	5,30	5,75	4,66	3,41	0,46	- 1,21	3,91	77,54
63 - 64	- 1,03	- 0,07	2,57	0,46	- 0,73	0,97	2,25	2,83	3,04	2,49	1,09	- 0,98	2,81	15,70
64 - 65	- 0,48	3,23	3,22	- 0,31	- 0,77	- 1,05	0,27	1,49	2,43	1,67	1,61	0,59	2,61	14,51
65 - 66	- 1,10	- 2,30	- 2,57	- 1,96	- 0,85	3,77	4,81	4,33	2,99	1,77	0,30	- 0,99	9,77	17,97
66 - 67	- 3,07	- 4,90	2,09	7,81	- 0,16	3,27	3,39	3,49	2,69	2,42	1,46	0,24	8,13	26,86

C U A D R O N O 47

RIO LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI

Déficit y Sobrantes para: S = 4000 Hés. sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 0,48	- 0,09	- 0,89	- 0,20	1,43	2,50	3,06	4,03	3,13	2,32	1,05	- 0,82	- 2,48	17,52
47 - 48	- 0,74	- 1,44	1,81	5,22	2,85	3,92	4,58	5,15	4,13	1,91	1,14	- 2,53	5,85	29,57
48 - 49	- 2,89	11,57	19,58	20,77	8,58	6,39	7,47	7,15	5,08	3,89	0,85	- 1,68	4,57	91,33
49 - 50	- 1,88	- 2,02	- 1,42	3,30	1,38	3,00	3,81	6,38	3,95	2,64	0,09	- 2,04	7,45	24,46
50 - 51	- 3,11	- 0,74	1,52	2,58	0,37	0,78	1,64	2,49	2,32	1,29	0,44	- 1,73	6,02	12,99
51 - 52	- 4,50	11,23	11,86	5,46	- 0,79	0,17	1,92	4,97	2,33	1,45	0,66	- 2,37	8,32	39,39
52 - 53	- 4,48	0,52	22,45	23,10	3,21	1,82	2,88	3,69	3,18	3,22	1,84	1,39	4,48	67,30
53 - 54	- 0,14	- 0,68	2,09	2,30	0,28	1,48	2,27	2,92	3,86	2,98	0,40	- 0,82	1,64	18,58
54 - 55	- 2,28	0,60	1,75	- 0,18	- 0,26	0,25	2,18	2,42	2,98	2,15	0,46	- 1,70	4,88	12,33
55 - 56	- 4,02	- 5,59	- 2,71	- 1,19	- 1,20	1,03	2,13	2,27	1,95	1,64	0,51	- 0,78	15,49	9,53

C U A D R O N O 47 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit		Sobrantes Anual
													Anual	+	
1956 - 57	- 2,61	- 2,30	- 1,23	- 2,70	- 1,46	- 0,63	0,71	0,71	0,99	0,01	- 0,69	- 1,88	-	13,50	2,42
57 - 58	- 3,22	- 2,73	6,03	5,08	1,95	2,53	4,77	6,28	3,57	1,30	- 1,04	- 3,12	-	10,11	26,43
58 - 59	- 2,10	- 0,11	1,38	- 0,91	- 1,51	- 0,94	0,86	1,37	1,93	1,95	0,43	- 2,50	-	8,07	7,92
59 - 60	- 1,30	1,95	2,71	- 0,51	- 1,41	- 0,51	- 0,35	1,23	2,09	1,51	0,91	- 1,13	-	5,21	10,40
60 - 61	- 2,90	- 2,86	- 0,36	1,11	- 2,35	2,15	3,84	4,22	1,43	0,52	0,55	- 2,01	-	10,48	13,82
61 - 62	- 1,34	2,18	2,14	0,26	0,80	1,42	2,50	2,82	1,80	0,32	- 2,31	- 2,89	-	6,54	14,24
62 - 63	- 3,86	4,21	22,97	18,49	2,75	4,38	4,68	5,18	4,08	2,76	- 0,31	- 2,12	-	6,29	69,50
63 - 64	- 2,19	- 1,37	1,38	- 0,59	- 1,61	0,23	1,63	2,26	2,46	1,84	0,32	- 1,89	-	7,65	10,12
64 - 65	- 0,68	1,33	2,03	- 1,36	- 1,65	- 1,79	- 0,35	0,92	1,85	1,02	0,84	- 0,32	-	6,15	7,99
65 - 66	- 2,26	- 3,60	3,76	- 3,01	- 1,73	3,03	4,19	3,76	2,41	1,12	- 0,47	- 1,90	-	12,97	18,27
66 - 67	- 4,23	- 6,20	0,90	6,76	- 1,04	2,53	2,77	2,92	2,11	1,77	0,69	- 0,67	-	12,14	20,45

C U A D R O N O 48

RIO LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI

Déficit y Sobrantes para : S = 4500 Hés. sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 1,64	- 1,40	- 2,09	- 1,25	0,54	1,76	2,44	3,46	2,54	1,67	0,27	- 1,74	- 8,12	12,68
47 - 48	- 1,90	- 2,75	0,91	4,17	1,96	3,18	3,96	4,58	3,54	1,26	- 1,92	- 3,45	10,02	23,56
48 - 49	- 4,05	10,26	18,38	19,72	7,69	5,65	6,85	6,58	4,49	3,24	0,07	- 2,60	6,65	82,93
49 - 50	- 3,04	- 3,33	- 2,62	2,25	0,49	2,26	3,19	5,81	3,36	1,99	0,87	- 2,96	11,95	20,22
50 - 51	- 4,27	- 2,05	0,32	1,53	0,52	0,04	1,02	1,92	1,73	0,64	- 1,22	- 2,65	10,19	7,72
51 - 52	- 5,66	9,92	10,66	4,41	- 1,68	- 0,57	1,30	4,40	1,74	0,80	- 1,44	- 3,29	12,64	33,23
52 - 53	- 5,64	- 0,79	21,25	22,05	2,32	1,08	2,26	3,12	2,59	2,57	1,06	0,47	6,43	58,77
53 - 54	- 1,30	- 1,99	0,89	1,25	- 0,61	0,74	1,65	2,35	3,27	2,33	- 0,38	- 1,74	6,02	12,48
54 - 55	- 3,44	- 0,71	0,55	- 1,23	- 1,15	- 0,49	1,56	1,85	2,39	1,50	- 1,24	- 2,62	10,88	7,85
55 - 56	- 5,10	- 6,90	- 3,91	- 2,24	- 2,09	0,29	1,51	1,70	1,36	0,99	- 0,27	- 1,70	22,29	5,85



C U A D R O N O 49

RIO LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI

Déficit y Sobrantes para: S = 5000 Hés sin embalse

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1946 - 47	- 2,80	- 2,65	- 3,28	- 2,30	- 0,34	1,02	1,82	2,89	1,96	1,02	- 0,50	- 2,65	14,52	8,71
47 - 48	- 3,06	- 4,00	- 0,28	3,12	1,08	2,44	3,34	4,01	2,96	0,61	- 2,69	- 4,36	14,39	17,56
48 - 49	- 5,21	9,01	17,19	18,67	6,81	4,91	6,23	6,01	3,91	2,69	- 0,70	- 3,51	9,42	75,43
49 - 50	- 4,20	- 4,58	- 3,81	2,20	- 0,39	1,52	2,57	5,24	2,93	1,34	- 1,64	- 3,87	18,48	15,80
50 - 51	- 5,43	- 3,30	- 0,87	0,48	- 1,40	- 0,70	0,40	1,35	1,15	- 0,01	- 1,99	- 3,56	17,26	3,38
51 - 52	- 6,82	8,67	9,47	3,36	- 2,56	- 1,31	0,68	3,83	1,16	0,15	- 2,21	- 4,20	17,10	27,32
52 - 53	- 6,80	- 2,04	20,06	21,00	1,44	0,34	1,64	2,55	2,01	1,92	0,29	- 0,44	9,28	51,25
53 - 54	- 2,46	- 3,24	- 0,30	0,20	- 1,49	0,00	1,03	1,78	2,69	1,68	- 1,15	- 2,65	11,29	7,38
54 - 55	- 4,60	- 2,96	- 0,64	- 2,28	- 2,03	- 1,23	0,94	1,28	1,81	0,85	- 2,01	- 3,53	19,28	4,88
55 - 56	- 6,34	- 8,15	- 5,10	- 3,29	- 2,97	- 0,45	0,89	1,13	0,78	0,34	- 1,04	- 2,61	29,95	3,14

C U A D R O N º 49 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Déficit Anual	Sobrantes Anual
1956 - 57	- 4,93	- 4,86	- 3,62	- 4,80	- 3,23	- 2,11	- 0,53	- 0,43	- 0,18	- 1,29	- 2,24	- 3,71	- 31,93	+
57 - 58	- 5,54	- 5,29	3,64	2,98	0,18	1,05	3,53	5,14	2,40	0,00	- 2,59	- 4,95	18,37	18,92
58 - 59	- 4,42	- 2,67	- 1,01	- 3,01	- 3,28	- 0,54	- 0,38	0,23	0,76	0,65	- 1,12	- 4,33	20,76	1,64
59 - 60	- 3,62	- 0,61	0,32	- 2,61	- 3,18	- 1,99	- 1,59	0,09	0,92	0,21	- 0,64	- 2,96	17,20	1,54
60 - 61	- 5,22	- 5,42	- 2,75	- 3,21	- 4,12	0,67	2,60	3,08	0,26	- 0,78	- 2,10	- 3,84	27,44	6,61
61 - 62	- 3,66	- 0,38	- 0,25	- 1,84	- 0,97	- 0,06	1,26	1,68	0,63	- 0,98	- 3,86	- 4,72	16,72	3,57
62 - 63	- 6,18	1,65	20,58	16,39	0,98	2,90	3,44	2,04	2,91	1,46	- 1,86	- 3,95	11,99	52,35
63 - 64	- 4,51	- 3,93	- 1,01	- 2,69	- 3,38	- 1,25	0,39	1,12	1,29	0,54	- 1,23	- 3,72	21,72	3,34
64 - 65	- 3,00	- 0,63	- 0,36	- 3,46	- 3,42	- 3,27	- 1,59	- 0,22	0,68	- 0,28	- 0,71	- 2,15	19,09	0,68
65 - 66	- 4,58	- 6,16	- 6,15	- 5,11	- 3,50	1,55	2,95	2,62	1,24	- 0,18	- 2,02	- 3,73	31,43	8,36
66 - 67	- 6,55	- 8,76	- 1,49	4,66	- 2,81	1,05	1,53	1,78	0,94	0,47	- 0,86	- 2,50	22,97	10,43



C U A D R O N O 50 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agc.	Sep.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	14,71	15,00	15,00	14,40	14,71	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,95	8,69	
57 - 58	14,05	13,93	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,71	43,57	
58 - 59	13,93	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,33	22,04	
59 - 60	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	25,45	
60 - 61	14,42	14,17	15,00	15,00	14,42	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,82	21,13	
61 - 62	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,24	13,18	30,27	
62 - 63	11,64	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,71	82,61	
63 - 64	14,84	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,94	23,17	
64 - 65	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,69	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	23,31	
65 - 66	15,00	14,01	12,67	11,76	11,80	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,93	18,78	
66 - 67	13,02	9,43	12,75	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	29,17	

C. U. A. D. R. O. N.º 51

REGULACION LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 3500 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	25,46	-
47 - 48	15,00	14,86	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,63	13,01	36,43	-
48 - 49	11,28	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,23	95,96	-
49 - 50	13,51	12,79	12,56	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,87	27,79	-
50 - 51	11,92	12,48	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,18	17,38	-
51 - 52	10,84	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,54	42,13	-
52 - 53	10,22	12,04	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	71,78	-
53 - 54	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	27,36	-
54 - 55	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,21	20,90	-
55 - 56	11,35	7,06	5,54	5,40	5,08	6,85	9,60	12,44	14,97	15,00	15,00	15,00	3,67	-



C U A D R O N O 52

REGULACION LLUTA + CAQUEMA EN TOCONTASI, pare:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 4000 Hés

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	14,91	14,02	13,82	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,18	16,34	
47 - 48	13,44	12,00	13,81	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,86	11,33	26,57	
48 - 49	8,44	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,32	84,77	
49 - 50	11,44	9,42	8,00	11,30	12,68	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,91	12,87	17,46	
50 - 51	9,76	9,02	10,54	13,12	13,49	14,27	15,00	15,00	15,00	15,00	14,56	12,83	7,01	
51 - 52	8,33	15,00	15,00	15,00	15,00	14,21	14,38	15,00	15,00	15,00	14,34	11,97	30,01	
52 - 53	7,49	8,01	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	58,40	
53 - 54	14,86	14,18	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,18	17,76	
54 - 55	11,90	12,50	14,25	14,07	13,81	14,06	15,00	15,00	15,00	15,00	14,54	12,84	8,79	
55 - 56	8,82	3,23	0,52	0,67	1,20	1,03	3,16	5,43	7,38	9,02	9,53	8,75		1,87

C U A D R O N O 52 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	6,14	3,84	2,61	0,09	- 1,46	- 0,63	0,71	1,42	2,41	2,42	1,73	- 0,15		2,33
57 - 58	- 3,22	- 2,73	6,03	11,11	13,06	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,96	10,84	16,51	5,95
58 - 59	8,74	8,63	10,01	9,10	7,59	6,65	7,51	8,88	10,81	12,76	13,19	10,69		
59 - 60	9,39	11,34	14,05	13,54	12,13	11,62	11,27	12,50	14,59	15,00	15,00	13,87	2,01	
60 - 61	10,97	8,11	7,75	8,86	6,51	8,66	12,50	15,00	15,00	15,00	15,00	12,99	4,22	
61 - 62	11,65	13,83	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	12,69	9,80	10,89	
62 - 63	5,94	10,15	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,69	12,57	60,44	
63 - 64	10,38	9,01	10,39	9,80	8,19	8,42	10,05	12,31	14,77	15,00	15,00	13,11	1,93	
64 - 65	12,43	13,76	15,00	13,64	11,99	10,20	9,85	10,77	12,62	13,64	14,48	14,16	0,79	
65 - 66	11,90	8,30	12,06	9,05	7,32	10,35	14,54	15,00	15,00	15,00	14,53	12,63	6,83	
66 - 67	8,40	2,20	3,10	9,86	8,82	11,35	14,12	15,00	15,00	15,00	15,00	14,33	6,61	

C U A D R O N º 53

REGULACION LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 4500 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V. var. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	13,60	11,51	10,26	10,80	12,56	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,26	22,94	-
47 - 48	11,36	8,61	9,52	13,69	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,08	9,63	17,17	-
48 - 49	5,58	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	12,40	73,51	-
49 - 50	9,36	6,03	3,41	5,66	6,15	8,41	11,60	15,00	15,00	15,00	15,00	12,04	8,63	-
50 - 51	7,77	5,72	6,04	7,57	8,09	8,13	9,15	11,07	12,80	13,44	12,22	9,57	19,89	-
51 - 52	3,91	13,83	15,00	15,00	13,32	12,75	14,05	15,00	15,00	15,00	13,56	10,27	47,61	-
52 - 53	4,63	3,84	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	8,58	-
53 - 54	13,70	11,71	12,60	13,85	13,24	13,98	15,00	15,00	15,00	15,00	14,62	12,88	19,89	-
54 - 55	9,44	8,73	9,28	8,05	6,90	6,41	7,97	9,82	12,21	13,71	12,47	9,85	10,47	-
55 - 56	4,67	2,23	3,91	2,24	2,09	0,29	1,80	3,50	4,86	5,85	5,58	3,88	10,47	-

C U A D R O N O 53 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	0,11	- 3,50	- 2,43	- 3,75	- 2,35	- 1,37	0,09	0,23	0,63	- 0,01	- 1,47	- 2,80		-
57 - 58	- 4,38	- 4,04	4,83	8,86	9,92	11,71	15,00	15,00	15,00	15,00	13,18	9,14	10,20	8,42
58 - 59	5,88	4,46	4,64	2,68	0,28	0,48	0,72	1,52	2,86	4,16	3,81	0,39		
59 - 60	- 2,07	0,64	2,15	0,59	- 1,71	- 1,25	- 0,97	0,66	2,16	3,02	3,15	1,10		6,00
60 - 61	- 2,96	- 4,17	- 2,56	- 2,16	- 3,24	1,41	4,63	8,28	9,12	8,99	7,66	4,73		15,09
61 - 62	2,23	3,10	4,04	3,25	3,16	3,84	5,72	7,97	9,18	8,85	5,76	8,95		
62 - 63	- 3,07	2,90	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,91	10,87	46,58	3,07
63 - 64	7,52	4,84	5,02	3,38	0,88	0,37	1,38	3,07	4,94	6,13	5,67	2,86		
64 - 65	1,02	1,64	2,47	0,06	- 2,48	- 2,53	- 0,97	0,35	1,61	1,98	2,04	0,80		5,98
65 - 66	- 2,62	- 4,91	- 4,96	- 4,16	- 2,62	2,29	5,86	9,05	10,87	11,34	10,09	7,27		19,27
66 - 67	1,88	- 5,63	- 0,30	5,71	3,78	5,57	7,72	10,07	11,59	12,71	12,62	11,03		5,93

C U A D R O N O 54

REGULACION LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 15 mill. m<sup>3</sup> Superf. req.: 5000 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	15,00	12,35	9,07	6,77	6,43	7,45	9,27	12,16	14,12	15,00	14,50	11,85	0,14	-
47 - 48	8,79	4,79	4,51	7,63	8,71	11,15	14,49	15,00	15,00	15,00	12,31	7,95	7,07	-
48 - 49	2,24	11,75	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,30	10,79	63,17	-
49 - 50	6,59	2,01	- 1,80	2,20	1,81	3,33	5,90	11,14	14,07	15,00	13,36	9,49	1,80	-
50 - 51	4,06	0,76	- 0,11	0,48	- 0,92	- 0,70	0,40	1,75	2,90	2,89	0,90	- 2,66	4,39	-
51 - 52	- 6,82	8,67	15,00	15,00	12,44	11,13	11,81	15,00	15,00	15,00	12,79	8,59	8,45	-
52 - 53	1,79	- 0,25	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	14,56	36,25	-
53 - 54	12,10	8,86	8,56	8,76	7,27	7,27	8,30	10,08	12,77	14,45	13,30	10,65	-	-
54 - 55	6,05	3,09	2,45	0,17	- 1,86	- 1,23	0,94	2,22	4,03	4,88	2,87	- 0,66	-	3,75
55 - 56	- 6,34	- 8,15	- 5,10	- 3,29	- 2,97	- 0,45	0,89	2,02	2,80	3,14	2,10	- 0,51	-	26,81

C U A D R O N O 54 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 4,93	- 4,86	- 3,62	- 4,80	- 3,23	- 2,11	- 0,53	- 0,43	- 0,18	- 1,29	- 2,24	- 3,71		31,93
57 - 58	- 5,54	- 5,29	3,64	6,62	6,80	7,85	11,38	15,00	15,00	15,00	12,41	7,46	3,92	10,83
58 - 59	3,04	0,37	- 0,64	- 3,01	- 3,28	- 0,54	- 0,38	0,23	0,99	1,64	0,52	- 3,81		11,66
59 - 60	- 3,62	- 0,61	0,32	- 2,29	- 3,18	- 1,99	- 1,59	0,09	1,01	1,22	0,58	- 2,38		15,66
60 - 61	- 5,22	- 5,42	- 2,75	- 3,21	- 4,12	0,67	3,27	6,35	6,61	5,83	3,73	- 0,11		20,83
61 - 62	- 3,66	- 0,38	- 0,25	- 1,84	- 0,97	- 0,06	1,26	2,94	3,57	2,59	- 1,27	- 4,72		13,15
62 - 63	- 6,18	1,65	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	13,14	9,19	37,35	6,18
63 - 64	4,68	0,75	- 0,26	- 2,69	- 3,38	- 1,25	0,39	1,51	2,80	3,34	2,11	- 1,61		9,19
64 - 65	- 3,00	- 0,63	- 0,36	- 3,46	- 3,42	- 3,27	- 1,59	- 0,22	0,68	0,40	- 0,31	- 2,15		18,41
65 - 66	- 4,58	- 6,16	- 6,15	- 5,11	- 3,50	1,55	4,50	7,12	8,36	8,18	6,16	2,43		25,50
66 - 67	- 4,12	- 8,76	- 1,49	4,66	1,85	2,90	4,43	6,21	7,15	7,62	6,76	4,26		14,37

REGULACION LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 4000 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

AÑO Hidrologico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sat.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	20,00	19,91	19,02	18,82	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,18	16,34	-
47 - 48	18,44	17,00	18,81	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,86	16,33	26,57	-
48 - 49	13,44	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,32	84,77	-
49 - 50	16,44	14,42	13,00	16,30	17,68	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,91	17,87	17,46	-
50 - 51	14,76	14,02	15,54	18,12	18,49	19,27	20,00	20,00	20,00	20,00	19,56	17,83	7,01	-
51 - 52	13,33	20,00	20,00	20,00	20,00	19,21	19,38	20,00	20,00	20,00	19,34	16,97	30,01	-
52 - 53	12,49	13,01	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	58,40	-
53 - 54	19,86	19,18	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,18	17,76	-
54 - 55	16,90	17,50	19,25	19,07	18,81	19,06	20,00	20,00	20,00	20,00	19,54	17,84	8,79	-
55 - 56	13,82	8,23	5,52	4,33	3,13	4,16	6,29	8,56	10,51	12,15	12,66	11,88	-	-

C U A D R O N O 55 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	9,27	6,97	5,74	3,04	1,58	0,95	1,66	2,37	3,36	3,37	2,68	0,80		
57 - 58	- 2,42	- 2,73	6,03	11,11	13,06	15,59	20,00	20,00	20,00	20,00	18,96	15,84	11,51	
58 - 59	13,74	13,63	15,01	14,10	12,59	11,65	12,51	13,88	15,81	17,76	18,19	15,69		
59 - 60	14,39	16,34	19,05	18,54	17,13	16,62	16,27	17,50	19,59	20,00	20,00	18,87	2,01	
60 - 61	15,97	13,11	12,75	13,86	11,51	13,66	17,50	20,00	20,00	20,00	20,00	17,99	4,22	
61 - 62	16,65	18,83	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,69	14,80	10,89	
62 - 63	10,94	15,15	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,69	17,57	60,44	
63 - 64	15,38	14,01	15,39	14,80	13,19	13,42	15,05	17,31	19,77	20,00	20,00	18,11	1,93	
64 - 65	17,43	18,76	20,00	18,64	16,99	15,20	14,85	15,77	17,62	18,64	19,48	18,16	0,79	
65 - 66	16,90	13,30	17,06	14,05	12,32	15,35	19,54	20,00	20,00	20,00	19,53	17,63	6,83	
66 - 67	13,40	7,70	8,10	14,86	13,82	16,35	19,12	20,00	20,00	20,00	20,00	19,33	6,61	

C U A D R O N O 56

REGULACION LLUTA + CAQUENA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Super. reg.: 4500 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	18,60	16,51	15,26	15,80	17,56	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,26	22,94	
47 - 48	13,61	14,52	18,69	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,08	14,63	17,17	
48 - 49	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,40	73,51	
49 - 50	11,03	8,41	10,66	11,15	13,41	16,60	20,00	20,00	20,00	20,00	17,04	8,63	
50 - 51	12,72	11,04	12,57	13,09	13,13	14,15	16,07	17,80	18,44	17,22	14,57		
51 - 52	18,83	20,00	20,00	18,32	17,75	19,05	20,00	20,00	20,00	18,56	15,27	19,89	
52 - 53	8,84	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	47,61	
53 - 54	16,71	17,60	18,85	18,24	18,98	20,00	20,00	20,00	20,00	19,62	17,88	8,58	
54 - 55	13,73	14,28	13,05	11,90	11,41	12,97	14,82	17,71	18,71	17,47	14,85		
55 - 56	2,87	1,04	2,24	2,09	0,29	1,80	3,50	4,86	5,85	5,58	3,88		5,47

C U A D R O N O 56 (Continuación)

Año Hidroológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	0,11	- 3,50	- 2,43	- 3,75	- 2,35	- 1,37	0,09	0,23	0,63	- 0,01	- 1,47	- 2,80		17,68
57 - 58	- 4,38	- 4,04	4,83	8,86	9,92	11,71	15,86	20,00	20,00	20,00	18,18	14,14	5,20	8,42
58 - 59	10,88	9,46	9,64	7,68	5,28	5,48	5,72	6,52	7,86	9,16	8,81	5,39		
59 - 60	2,93	3,57	5,08	3,52	1,22	- 0,03	- 0,97	0,66	2,16	3,02	3,15	1,10		1,00
60 - 61	- 2,96	- 4,17	- 2,56	- 2,16	- 3,24	1,41	4,63	8,28	9,12	8,99	7,63	4,73		15,09
61 - 62	2,23	3,10	4,04	3,25	3,16	3,84	5,72	7,97	9,18	8,85	5,76	1,95		
62 - 63	- 3,07	2,90	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,91	15,87	41,88	
63 - 64	12,52	9,84	10,02	8,38	5,88	5,37	6,38	8,07	5,94	11,13	10,67	2,86		
64 - 65	6,02	6,64	7,47	5,06	2,52	- 0,01	- 0,97	0,35	1,61	1,98	2,04	0,80		0,98
65 - 66	- 2,62	- 4,91	- 4,96	- 4,16	- 2,62	2,29	5,86	9,05	10,87	11,34	10,09	7,27		19,27
66 - 67	1,88	- 5,63	- 0,30	5,71	3,78	5,57	7,72	10,07	11,59	12,71	12,62	11,03		5,93

C U A D R O N O 57

REGULACION LLUTA + CAQUEMA EN TOCONTASI, para:

Vol. Embalse: 20 mill. m<sup>3</sup> Superf. reg.: 5000 Hás

(Millones de m<sup>3</sup>)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	V vert. Anual	Déficit Anual
1946 - 47	20,00	17,35	14,07	11,77	11,43	12,45	14,27	17,16	19,12	20,00	19,50	16,85	0,14	
47 - 48	13,79	9,79	9,51	12,63	13,71	16,15	19,49	20,00	20,00	20,00	17,31	12,95	7,07	
48 - 49	7,74	16,75	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,30	15,79	63,17	
49 - 50	11,59	7,01	3,20	5,40	5,01	6,53	9,10	14,34	17,27	18,61	16,97	13,10		
50 - 51	7,67	4,37	3,50	3,98	2,58	1,88	2,28	3,63	4,78	4,77	2,78	0,78		0,78
51 - 52	6,82	8,67	18,14	20,00	17,44	16,13	16,81	20,00	20,00	20,00	17,79	13,59	1,95	
52 - 53	6,79	4,75	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,56	36,00	
53 - 54	17,10	13,86	13,56	13,76	12,27	12,27	13,30	15,08	17,77	19,45	18,30	15,65		
54 - 55	11,05	8,09	7,45	5,17	3,14	1,91	2,85	4,13	5,94	6,79	4,78	1,25		
55 - 56	5,09	8,15	5,10	3,29	2,97	0,45	0,89	2,02	2,80	3,14	2,10	0,51		25,56

C U A D R O N O 57 (Continuación)

Año Hidrológico	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Set.	Oct.	Nov.	V. vert. Anual	Déficit Anual
1956 - 57	- 4,93	- 4,86	- 3,62	- 4,80	- 3,23	- 2,11	- 0,53	- 0,43	- 0,18	- 1,29	- 2,24	- 3,71		31,93
57 - 58	- 5,54	- 5,29	3,64	6,62	6,80	7,85	11,38	16,52	18,92	18,92	16,33	11,38		10,83
58 - 59	6,96	4,29	3,28	0,27	- 3,28	- 0,54	- 0,38	0,23	0,99	1,64	0,52	- 3,81		8,01
59 - 60	- 3,62	- 0,61	0,32	- 2,29	- 3,18	- 1,99	- 1,59	0,09	1,01	1,22	0,58	- 2,38		15,66
60 - 61	- 5,22	- 5,42	- 2,75	- 3,21	- 4,12	0,67	3,27	6,35	6,61	5,83	3,73	- 0,11		20,83
61 - 62	- 3,66	- 0,38	- 0,25	- 1,84	- 0,97	- 0,06	1,26	2,94	3,57	2,59	- 1,27	- 4,72		13,15
62 - 63	- 6,18	1,65	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,14	14,19	32,35	6,18
63 - 64	9,68	5,75	4,74	2,05	- 1,33	- 1,25	0,39	1,51	2,80	3,34	2,11	- 1,61		4,19
64 - 65	- 3,00	- 0,63	- 0,36	- 3,46	- 3,42	- 3,27	- 1,59	- 0,22	0,68	0,40	- 0,31	- 2,15		18,41
65 - 66	- 4,58	- 6,16	- 6,15	- 5,11	- 3,50	1,55	4,50	7,12	8,36	8,18	6,16	2,43		25,50
66 - 67	- 4,12	- 8,76	- 1,49	4,66	1,85	2,90	4,43	6,21	7,15	7,62	6,76	4,26		14,37

C U A D R O N º 58

LLUTA + CAQUEMA EN TODINTASI

DETERMINACION DE LA SEGURIDAD DE RIEGO PARA

DISTINTAS CAPACIDADES DE EMBALSE Y SUPERFICIES REGADAS

Volumen entregado/% de la demanda cumplida

Volumen Embalse (mill. m <sup>3</sup> )	Superf. Regada (Há)	Demanda Anual (mill. m <sup>3</sup> )	A Ñ O S												Seguridad (%)
			1946-47	47-48	48-49	49-50	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	55-56	56-57		
0	3500	73,18	73,18	71,05	70,68	70,38	70,41	68,38	69,86	73,18	72,39	64,05	67,49	100	
			100	97	96,8	96,2	96,2	93,6	95,3	100	99	87,8	92,1		
0	4000	83,60	57-58	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	64-65	65-66	66-67	100		
			67,21	70,65	72,29	68,81	69,48	69,27	70,37	70,57	63,41	65,05			
0	4000	83,60	92	96,3	98,9	93,9	95	94,8	96,1	96,5	86,9	89	96		
			81,12	77,75	79,03	76,15	77,58	75,28	79,12	81,96	78,72	68,11		70,10	
0	4000	83,60	97,2	93,1	94,9	91,4	92,8	90,2	94,9	98,0	94,1	81,8	96		
			73,49	75,53	78,39	73,12	77,06	77,31	75,95	77,45	70,63	71,46			
0	4000	83,60	88,0	90,5	94,0	87,8	92,5	92,7	90,8	92,8	84,8	85,8	96		
			88,0	90,5	94,0	87,8	92,5	92,7	90,8	92,8	84,8	85,8			







La regulación se ha hecho para las alternativas dichas de superficies regadas, y para capacidades de embalse de 15 y 20 millones de m<sup>3</sup>. Los cuadros numerados desde el 45 al 57 establecen en cada caso los déficits y sobrantes.

El Cuadro N°58 resume las fallas en cada alternativa y de él obtenemos el Gráfico N° 14 . Se desprende de este gráfico que sumando las aguas del Caquena al Lluta, se puede regar sin embalse una superficie de 3500 Hás con 100% de seguridad de riego. Con 80% de seguridad y también sin embalse podría regarse hasta 4380 Hás.

Por otra parte, la superficie regada con embalse de 15 millones de m<sup>3</sup> de capacidad útil y 100% de seguridad es de 4000 Hás; y para una seguridad de 85%, de 4700 Hás.

El tranque de 20 millones de m<sup>3</sup> da exactamente los mismos resultados que el de 15 millones.

#### 5.6. REACTUALIZACION DEL PRESUPUESTO Y PLAN DE TRABAJO

En las páginas que siguen se ha reactualizado el presupuesto del proyecto de 1962, con precios unitarios al día. Estos se han obtenido de propuestas recientes debidamente reacondicionados a las circunstancias de la obra. Como es sabido las condiciones de trabajo en el altiplano son extraordinariamente difíciles, tanto por el clima como por la altura y el aislamiento.

El presupuesto resumido daría:

CANAL	E°	7.478.234
TUNEL		22.022.500
CAMINO		<u>8.845.500</u>
TOTAL	E°	34.346.234
Aprox.	E°	35.000.000

PRESUPUESTO A DICIEMBRE 1968

OBRAS DE CAPTACION RIO CAQUENA

<u>Unid.</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unit.</u>	<u>Subtotal</u> <u>₺</u>	<u>Total</u> <u>₺</u>
m <sup>3</sup>	71 265	30	2 137 950	
"	7 677	120	921 240	
"	5 556	15	83 340	
m <sup>3</sup>	3 027	1 000	3 027 000	
m <sup>3</sup>	53	800	42 400	
"	130	300	39 000	
			<u>6 250 930</u>	

I. CANAL - Long. 12.654,40 m

A. MOVIMIENTO DE TIERRA

a) Excavaciones

1. Material común
2. Roca

b) Terraplenes

B. REVESTIMIENTOS

Hormigón A

C. OBRAS DE ARTE

a) Muros de sostenimiento

1. Hormigón A en muro sost.
2. Albañilería de piedra

PRESUPUESTO (Cont.)

	Unid.	Cantidad	Precio unit.	Subtotal Eo	Total Eo
De página anterior				6 250 930	
b) <u>Bocatoma</u>					
1. Excavaciones s/ agot.	m <sup>3</sup>	655	30	19 650	
2. Excavaciones c/ agot.	"	1 600	150	240 000	
3. Rellenos	"	850	15	12 750	
4. Enrocados	"	303	120	36 360	
5. Hormigón tipo C	"	127	1 200	152 400	
6. Hormigón tipo A	"	200	1 000	200 000	
7. Albañilería de piedra	m <sup>3</sup>	225	300	67 500	
8. Fo. construcción	Kg	3 296	10	32 960	
9. Rieles	"	25 750	5	128 750	
10. Compuertas y accesorios	Gl.	5	12 000	60 000	
c) <u>Compuertas de descarga N01</u>					
Km 5.011					
1. Excavación en roca	m <sup>3</sup>	13	150	1 950	
2. Hormigón A	"	1,50	1 000	1 500	
3. Hormigón C	"	0,16	1 200	192	
4. Compuertas y accesorios	Gl.	1	12 000	12 000	
d) <u>Compuertas de descarga N02</u>					
Km 15.652					
1. Excavación en roca	m <sup>3</sup>	40	150	6 000	
2. Hormigón A	"	14	1 000	14 000	
3. Hormigón C	"	0,16	1 200	192	
4. Compuertas y accesorios	Gl.	1	12 000	12 000	
				<u>7 249 134</u>	

PRESUPUESTO (Cont.)

Unid.	Cantidad	Precio unit.	Subtotal E <sup>o</sup>	Total E <sup>o</sup>
De página anterior				
e) <u>Túnel menor</u>				
m.l.	17	1 600	7 249 134	
Km 15.652				
f) <u>Sifón Qda. del Chape</u>				
Km 12. 772				
m <sup>3</sup>	400	30	12 000	
"	72	100	7 200	
"	62	1 000	62 000	
" 2	25	300	7 500	
m	35	20	700	
Kg	9 000	10	90 000	
" 2	1 000	15	15 000	
m	375	20	7 500	
				7 478 234
Costo Canal:				
II. <u>TUNEL CAQUEMA</u> - Long. 5.900,60 m				
1. Excavación en roca				
2. Secciones especiales revestidas				
Tipo C: Long. 300 m				
Hormigón C				
Fo. construc. ø				
Tipo C: Long. 300 m				
Hormigón C				
Fo. construc. ø				
Acero estructural				
m <sup>3</sup>	24 000	800	19 200 000	
m <sup>3</sup>	360	2 000	720 000	
Kg	13 500	15	202 500	
m <sup>3</sup>	525	2 000	1 050 000	
Kg	17 100	15	256 500	
"	25 200	20	504 000	
				21 833 000



PRESUPUESTO (Cont.)

Unid.	Cantidad	Precio unit.	Subtotal Eº	Total Eº
			4 484 000	29 500 734
m.l.	200	600	120 000	
"	35	500	17 500	
"	210	400	84 000	
m <sup>3</sup>	2 000	30	60 000	
"	80	1 000	80 000	
			<hr/>	4 845 500

De página anterior

d) Obras de arte (alcant.)

Tubos corrugados CAP de  
1,00 m de diámetro  
Tubos corrugados CAP de  
0,80 m de diámetro  
Tubos corrugados CAP de  
0,60 m de diámetro  
Excavaciones  
Hormigón A

Costo Camino:

R E S U M E N

Costo Canal	Eº 7 478 234
Costo Túnel	22 022 500
Costo Camino	4 845 500
	<hr/>
Total Obras de Captación	Eº 34 346 234

Posiblemente a este costo habría que agregar el de un canal que lleve las aguas desde la boca de salida del túnel hasta el río Lluta en Allana, con longitud más que el doble del canal de aducción al túnel, y de un costo también igual al doble de aquél.

Es decir, el proyecto del Caquena cuesta al 31 de Diciembre de 1968 la suma aproximada de cincuenta millones de escudos (E°50.000.000) incluido el canal a la salida del túnel.

Plan de trabajo. El plan de trabajo del proyecto de 1962 consultaba un período total de 4 años, exigido por el túnel extraordinariamente largo y difícil de construir.

#### 5.7. BENEFICIOS Y COSTO POR HECTAREA REGADA

Con la cubicación hecha de un tranque de 15 millones de m<sup>3</sup> de capacidad útil en la 3<sup>ra</sup> Angostura y su respectivo avalúo, y con la puesta al día del presupuesto de las obras de captación del río Caquena, llegamos a confeccionar el Cuadro Nº 59 que resume las distintas alternativas de superficie regada, seguridad de riego y costo de la hectárea regada en cada caso, cuadro que también se ha llevado al Gráfico Nº 15.

A la luz de las cifras de costos, se ve que la conveniencia está en captar el río Caquena y juntar sus aguas a las del río Lluta, sin construir embalse alguno. Conformándose con una seguridad de 80%, se consigue un costo alto, pero razonable de E° 11400 por Há regada. La superficie regada con dicha seguridad sería de 4380 Há., que coincide aproximadamente con la superficie disponible en el valle. Es claro que el costo de las obras de captación tendrá que ser absorbido por la diferencia entre las hectáreas actualmente regadas con 80% de seguridad, que según se estableció en el Capítulo III asciende a 2650 Há, y las 4380 Há que proponemos regar. El costo de esa superficie adicional sería de E° 28900 por Há. La solución de no construir embalse en el río Lluta y de captar en cambio el río Caquena, aparte de ser la de menor costo, es la más segura, ya que elimina el pro-

C U A D R O N O 59

RIO LLUTA MAS CAQUENA EN TOCONTASI

Resumen de costos por Há para diversas alternativas de superficie regada, seguridad de riego y capacidad de embalse en la 3<sup>ra</sup> Angostura. Revancha considerada: 3 m; Volumen muerto: 2 mill. de m<sup>3</sup>

Capacidad de tranque (mill. de m <sup>3</sup> ) Útil total	Altura de muro (m)	Vol. de muro (m <sup>3</sup> )	Costo de las obras <sup>+</sup> (mill. de ¢)	Superf. regada Há	Seguridad de riego %	Costo por Há (Miles de ¢) Total Adicional
0	0	0	50,00	3500	100	14,30
0	0	0	50,00	4380	80	11,40
15	73	1340	143,80	4000	100	36,00 187,60
15	73	1340	143,80	4700	80	31,50 293,00

+ Obras de captación río Caqueña (¢ 50 x 10<sup>6</sup>) más costo del embalse (¢ 93,80 x 10<sup>6</sup>)

SEGURIDAD DE RIEGO VS SUPERFICIE REGADA  
PARAMETRO: CAPACIDAD DE EMBALSE

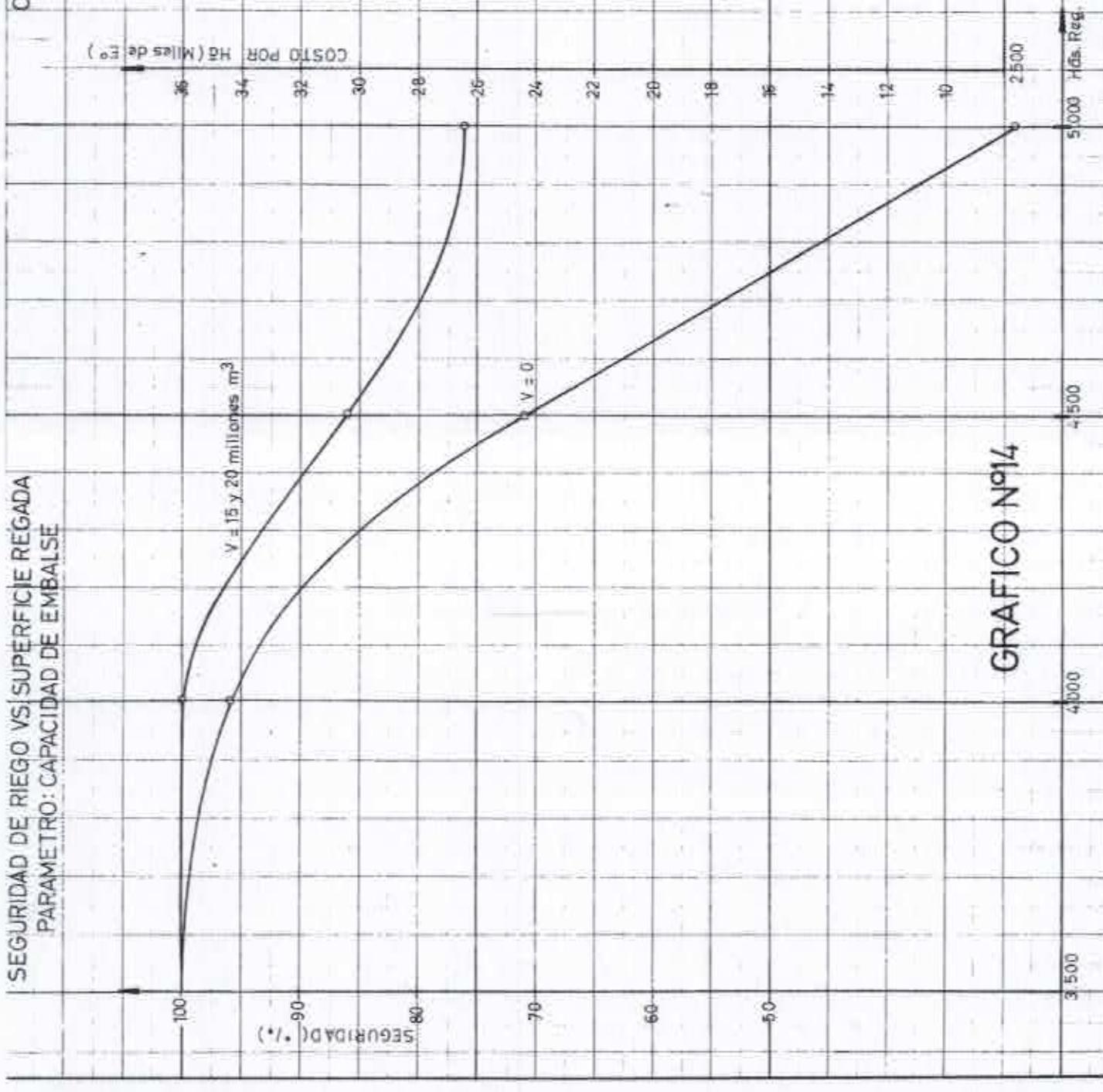


GRAFICO Nº14

COSTO POR Hã VS SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA  
PARA SEGURIDADES DE RIEGO DE 80y100%

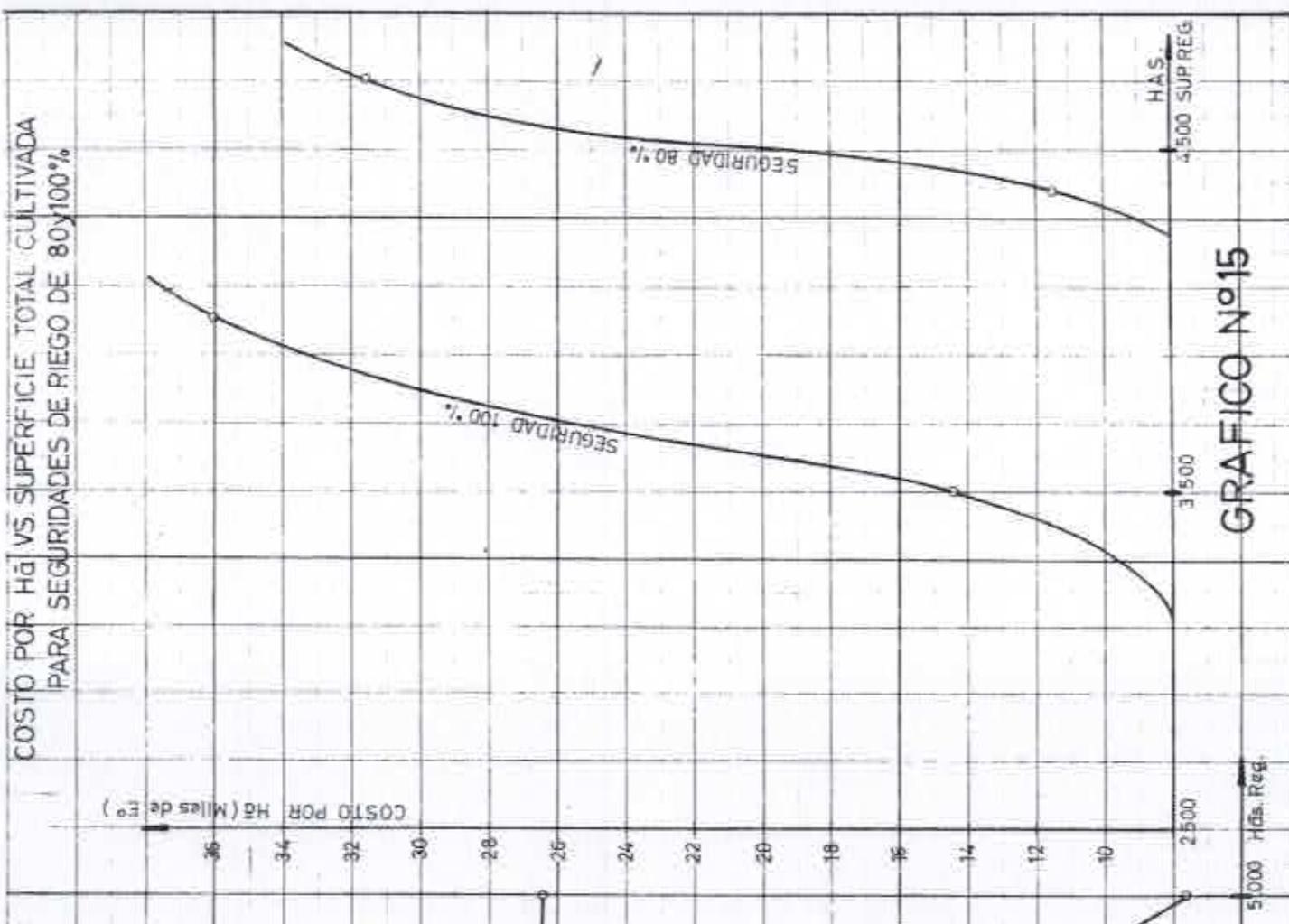


GRAFICO Nº15

blema de la colmatación por sedimentos en las crecidas - grave incógnita actual - y la incertidumbre de la fundación, al mismo tiempo que introduce aguas de mejor calidad química. En cambio es previo resolver los problemas de política internacional que tal solución involucra.

#### 5.8. APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

El año 1962 en que se hizo el proyecto del río Caquena, ENDESA no manifestó interés en un aprovechamiento hidroeléctrico de las aguas conjuntas Lluta-Caquena ni en el desarrollo en este sentido en el río Lluta independiente. La instalación de la estación fluviométrica en Jamiralla indica que Endesa ha cambiado positivamente su criterio. En efecto hace unos tres años la oficina de planificación de Endesa hizo un reconocimiento para el aprovechamiento hidroeléctrico del río Lluta (sin Caquena). Después de establecer la posibilidad de construir tres centrales en serie, sólo una quedó en pie compitiendo económicamente con generación en planta diesel. De carácter muy preliminar, el proyecto consulta una captación en Patapatana seguida de un túnel y un canal que se desarrolla por la pampa de Urcuni entre Puquios y Larrancagua. La central se ubicaría en Jamiralla con una potencia instalada de unos 30000 Kw. En esas condiciones se piensa generar anualmente una energía de 180 millones de Kw-hr.

Su aprovechamiento hidroeléctrico en nada interfiere con los planes de mejoramiento del regadío en el valle del Lluta.

Por otra parte, la captación del río Caquena dada la razón 2:1 entre los caudales en el año 50%, podría incrementar la energía generada en 90 millones de m<sup>3</sup> (50%), lo que indudablemente ayudaría a pagar la obra y abaratar en algo la hectárea regada con la combinación de los dos ríos.

## B I B L I O G R A F I A

- Comisión Interministerial : "Contaminación del Valle del Lluta"  
1963 Mimioografiado
- Emparán, Carlos : "Reconocimiento geológico preliminar  
1967 para el emplazamiento de un embalse  
en el Valle del Lluta, Depto. de Arica"  
Mimioografiado
- González F., Oscar : "El sistema volcánico de los Nevados  
1965-66 de Payachata". Revista Universitaria  
Año L-LI, Fasc. II - Anal. de la Acad.  
Chil. de Ciencias Naturales
- Guilicci, Marco : " Breve Informe sobre la situación ac-  
1968 tual del Valle de Lluta". Dactilografía  
do
- Keller R., Carlos : "El Departamento de Arica". Censo Eco-  
1946 nómico Nacional. Vol. I, Santiago de  
Chile - Empresa Zig Zag
- Karzulović, Juan : "Estudio Hidrogeológico de la región de  
1968 Arica, Prov. de Tarapacá". Depto. de  
Obras Civiles de la Facultad de Ciencias  
Físicas y Matemáticas. Universidad de  
Chile
- Katsui, Yoshio y : "Geología del Area Neovolcánica de los  
González, Oscar : "Geología del Area Neovolcánica de los  
1968 Nevados de Payachata, Depto. de Arica,  
Prov. de Tarapacá". Publicación NQ29  
del Departamento de Geología de la Fa-  
cultad de Ciencias Físicas y Matemáti-  
cas de la Universidad de Chile
- Ministerio de Agricult- : "Estudio de Suelos de la parte agrícola  
tura con sede en Arica : "Estudio de Suelos de la parte agrícola  
1967 del Valle de Lluta". Dactilografiado
- Niemeyer F., Hans : "Ampliación Lauca. Primer Informe". Pre-  
1961 sentado a la Dirección de Riego. Dacti-  
lografiado

- Niemeyer F., Hans 1962 : "Ampliación Lauca. Segundo Informe". Presentado a la Dirección de Riego. Dactilografiado
- Niemeyer F., Hans 1962 : "Proyecto de Captación del río Caquena. Presentado a la Caja de Colonización Agrícola. Dactilografiado
- Niemeyer F., Hans 1963 : "Aprovechamiento de las aguas de cordillera en el Norte Grande. I Proyecto de Captación del Río Caquena". Rev. Chil. de Ingeniería Nº 301
- Niemeyer F., Hans 1963 : "Estudio Hidrológico del río Longaví". Dirección de Riego del M.O.P. Mimiografiado
- Niemeyer F., Hans 1964 : "II. Ampliación de los recursos del río Lauca". Rev. Chil. de Ingeniería Nº 303
- Pourtauborde, J. y Wright, Charles 1961 : "Desvío del Río Azufre". Memorandum a máquina al Coordinador del Ministerio de Agricultura en Arica
- Pourtauborde, Jean 1962 : "Plan de Desarrollo Integral del Valle del Llutá". Mimiografiado
- Rodríguez, Angel 1961 : "Primer Informe sobre la calidad de las aguas del río Llutá, afluentes y río Caquena". Dactilografiado
- Rowe, Enrique 1962 : "Informe sobre una visita al Valle de Llutá para examinar dos angosturas para el proyecto de presas". Dactilografiado
- Salas O., Raúl et al. 1966 : "Geología y recursos minerales del Depto. de Arica y Prov. de Tarapacá". Boletín Nº21 del Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Taylor, George C., 1947 : "Ground water studies in the province of Tarapacá - Chile". Mimiografiado
- Zambrano, Lidia y Urrutia, Blanca 1961 : "Calidad de las aguas del río Llutá y afluentes". Boletín Técnico Nº 9 Univ. de Chile. Facultad de Agronomía - Editorial Universitaria, Chile

A N E X O N º 1

INFORME GEOLOGICO N º 1  
RECONOCIMIENTO GEOLOGICO PRELIMINAR  
PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN EMBALSE  
EN EL VALLE DE LLUTA, DEPTO. DE ARICA

8888

Carlos Emperan  
Geólogo

1967

## R E S U M E N

Se seleccionó como zona más apta del valle de Lluta para estudiar el emplazamiento de un embalse, a aquella situada aproximadamente entre la localidad de Sora y la mina Jamirella.

En la zona estudiada afloran los siguientes tipos de rocas: Formación Milluni (lutitas, areniscas y cuarcitas) de regular calidad; Formación Sausine (lavas, brechas, conglomerados y tobas) de regular calidad; ambas formaciones están falladas, alteradas por metamorfismo e intruidas por un batolito cuya roca granodiorita, es de excelente calidad; Formación Azapa (conglomerados, limolitas y arcillolitas), que está constituyendo una estructura homoclinal y es de dudosa calidad; Formación Oxa ya (tobas ignimbríticas, brechas, areniscas volcánicas y lavas) que está cubriendo todas las rocas anteriores, constituye una estructura homoclinal y es de dudosa calidad y Formación Huayles (tobas, tufitas, conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas) que está rellenando un relieve antiguo suspendido, es de mala calidad.

Fueron observadas cuatro angosturas como sitios probables donde emplazar una represa. La angostura 1, que está constituida por rocas de la formación Sausine, aparece desfavorable por estar próxima a fallas de actividad reciente, posiblemente afectada por otras y en la zona de inundación correspondiente podrían ocurrir grandes deslizamientos de escombros de falda. Las angosturas 2, 3 y 4 están constituidas por la granodiorita del intrusivo batolítico y se les puede considerar favorables para el emplazamiento de una represa; en las zonas de inundación correspondientes no habrían problemas de filtraciones ni de deslizamientos.

Aguas arriba de la angostura 4 hay otras angosturas, dentro de la zona estudiada, que no fueron observadas tal como se hizo con las anteriormente indicadas, por estar muy alejadas de la zona agrícola.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda determinar la calidad química de las aguas del río Lluta y de cada uno de sus afluentes principales mediante un estudio completo para establecer con certeza si el embalse, que se está considerando, almacenará aguas aptas o nocivas para la agricultura.
2. Se recomienda determinar la cantidad de arrastre sólido en el río Lluta dentro de la zona estudiada, especialmente durante el período de lluvias estivales y estimar el material arrastrado por los aluviones, para establecer la vida útil del embalse.
3. Se recomienda preparar un mapa topográfico (de restitución aerofotogramétrica) escala 1:10 000 donde se indique la altura de la represa y la cota de inundación de acuerdo con la capacidad de almacenamiento requerida para el embalse.
4. Al pasar a una etapa más avanzada de los estudios en relación al embalse del Lluta, se recomienda efectuar estudios geológicos más detallados para determinar con seguridad la angostura más favorable, el o los tipos de represa más apropiados, antecedentes para su diseño y un conocimiento completo de la zona de inundación correspondiente. Para ello es preciso contar con el mapa indicado en el punto 3, el cual debe cubrir toda el área dentro de la cual resulte económicamente conveniente situar el embalse. En dicho mapa las curvas de nivel deben llegar hasta la cota de la Pampa, a fin de determinar si la formación Oxaya, a ese nivel, muestra zonas de derrumbes potenciales.

## CONCLUSIONES

1. Es inconveniente construir una represa aguas abajo de la zona estudiada, debido a que las aguas del embalse cubrirían terrenos cultivables, no hay angosturas topográficas, las rocas son de dudosa calidad y ofrecen posibilidades de filtraciones y derrumbes y no hay grandes acumulaciones de materiales sueltos, blandos, susceptibles de ser utilizados en la construcción de una represa.
2. En la zona estudiada hay tres angosturas (2, 3 y 4), que son favorables para la construcción de una represa por estar constituidas por rocas de buena calidad.
3. Las zonas de inundación que corresponderían a las angosturas 2,3 y 4 son favorables para constituir un embalse, por ser las rocas impermeables, constituir laderas estables y estar exentas de deslizamientos importantes de escombros de falda, que pueden producir problemas.
4. La angostura 1, de acuerdo con la somera observación preliminar ejecutada, posee características desfavorables para ubicar una represa por estar próxima a grandes fallas de actividad reciente y existir probabilidades de que esté afectada por otras de importancia geotécnica. Además, sus rocas están en condiciones de mediana calidad.
5. En la zona de inundación que correspondería a la angostura 1, existen muchas posibilidades de deslizamientos de escombros de falda proveniente de grandes conos de deyección y de depósitos situados sobre las laderas, que contribuirían a disminuir substancialmente la vida útil del embalse.

## GEOLOGIA DE LA ZONA ESTUDIADA

En la zona estudiada afloran rocas correspondientes a 6 unidades geológicas, que han sido descritas por Sales, et al. (1966). Son las siguientes: formación Milluni (Oxfordiano), formación Sausine (Neocomiane ?), intrusivo batolítico (Cretácico superior-Terciario inferior), formación Azapa (Oligoceno-Mioceno), formación Dxaya (Mioceno-Plioceno) y formación Huaylas. (Pleistoceno ?).

### 1. Rocas estratificadas

a) Formación Milluni (Jm). Está constituida por una secuencia sedimentaria de origen marino, que corresponde a lutitas, areniscas y cuarcitas interestratificadas. Estas rocas están silicificadas, son duras pero frágiles, impermeables, medianamente fracturadas aunque en muchos lugares están muy fracturadas; presentan zonas alteradas por metamorfismo.

Esta formación aflora restringidamente y se presenta en 3 lugares dentro de la zona estudiada. Está expuesta en el lugar denominado Milluni (ver croquis geológico); aquí afloran en el lado izquierdo del valle constituyendo las rocas que lo limitan y en el lado derecho (donde su identidad es dudosa) aflora al nivel del piso del valle sólo en una extensión muy pequeña, desarrollándose de preferencia hacia las cotas altas. El tercer lugar donde aflora es la quebrada Iquecta.

En la localidad de Milluni, se observa que esta formación tiene rumbo NW y una inclinación del orden de 35° SW. Está afectada por numerosas fallas que tienen espesores de brecha y salbanda menores de 1 m e instruida por un batolito.

b) Formación Sausine (Ks). Está constituida por una secuencia volcánica de origen continental, correspondiente a lavas andesíticas, brechas, conglomerados y tobas, interestratificadas. Estas rocas son medianamente duras, impermeables, medianamente fracturadas, aunque en varios lugares están muy fracturadas; presentan zonas alteradas hidrotermalmente.

Esta formación aflora en la zona estudiada, principalmente en el tramo comprendido entre las localidades de Sausine

y Milluni (ver croquis geológico). En ese sector constituye las paredes de roca que limitan el valle, aunque en el lado derecho del río está en parte cubierta por escombros de falda. También, aflora como roof-pendent en otros tres lugares; en el lado izquierdo del valle se dispone en la quebrada Iquecta y en el derecho hay un pequeño roof-pendent próximo a los afloramientos de la formación Milluni y otro de mayores dimensiones en la quebrada Chironta.

En la localidad de Sausine esta formación tiene un rumbo NW y una inclinación del orden de 30° SW. Se dispone discordantemente sobre la formación Milluni; esta discordancia es de erosión y ello posibilita el hecho de que en algunos lugares ambas formaciones se vean concordantes; además, en algunos sitios el contacto entre ellas es por falla. También la formación Sausine está instruida por un batolito. Está fracturada por varias fallas, la mayoría de las cuales tiene un espesor de brecha y salbanda menor de 1,5 m.

c) Formación Azapa (Ta). Está constituida por una secuencia de origen continental, correspondiente a conglomerados, limolitas y arcillolitas, interestratificadas. Estas rocas son blandas, poco permeables, fácilmente alterables en contacto con el agua y están poco fracturadas. Poseen un sistema de diaclasas aproximadamente horizontal y dos verticales; ellos favorecen el deslizamiento de bloques con tamaños que varían desde pocos a centenares de metros cúbicos, habiéndose también producido deslizamientos de tamaños mucho mayores.

La formación Azapa en la zona estudiada está expuesta solamente aguas abajo de la localidad de Sausine, constituyendo las paredes de roca que limitan el valle de Lluta. Sin embargo, la formación Azapa aflora casi sin interrupción desde las proximidades de la Carretera Panamericana norte hasta el lugar previamente indicado; las paredes verticales que constituye; en el área próxima a la desembocadura tienen pocos metros de altura y paulatinamente alcanzan mayor altitud sobre el valle hacia aguas arriba; frente a la localidad de Sora constituye un cañón con paredes del orden de 100 m de altura.

Esta formación constituye una estructura homoclinal que tiene una inclinación hacia el oeste del orden de 3 a 5° y sobreyace discordantemente a las rocas cretácicas. En la zona estudiada, la formación Azapa está en contacto por una falla inversa de importancia regional con la formación Sausine. La formación Azapa está afectada por pocas fallas.

d) Formación Oxaya (To). Está constituida por una secuencia volcánica de origen continental, constituida por tobas ignimbríticas, brechas y areniscas volcánicas, interestratificadas. Estas rocas son blandas, poco permeables, fácilmente alterables en contacto con el agua y están medianamente fracturadas. Poseen sistemas de diaclasas verticales bien desarrolladas y tienen tendencia a producir grandes deslizamientos.

Esta formación tiene amplia distribución dentro de la zona estudiada, igual que en todo el Departamento de Arica. Aflora ininterrumpidamente desde las proximidades del área de la desembocadura del río Lluta hasta más arriba de la zona estudiada. Constituye la parte superior de las rocas que limitan el valle de Lluta, ya que cubre todas las rocas antiguas y en ella se ha conformado el relieve de la Pampa. Sobreyace discordantemente a la formación Azapa; esta discordancia es de erosión. También con discordancia sobreyace a las rocas estratificadas cretácicas y por erosión está en contacto con el intrusivo batolítico.

En general constituye una estructura homoclinal con una inclinación del orden de 5° hacia el oeste; sin embargo, sobre la traza de la falla que hay en el extremo occidental de la zona estudiada (ver croquis geológico), la formación está flectada y conforme una estructura monoclinal.

e) Formación Huaylas (Qh). Está constituida por una secuencia volcánica y sedimentaria de origen continental constituida por tobas, tufitas, conglomerados, areniscas, limolitas y arcillas, interestratificadas. Estas rocas son blandas, poco permeables, fácilmente alterables en contacto con el agua y están medianamente fracturadas; tienen sistemas de diaclasas verticales bien definidas.

Aflora restringidamente dentro de la zona estudiada y sus afloramientos comienzan a adquirir gran desarrollo sólo desde el extremo noreste de dicha zona. Dentro de ella, ésta formación está relleno de las depresiones de un antiguo relieve suspendido. La formación Huaylas se dispone discordantemente sobre las rocas más antiguas.

## 2. Rocas intrusivas

a) Intrusivo batolítico (K1). La roca que lo constituye, dentro de la zona estudiada, es granodiorita y diorita principalmente; se trata de una roca maciza, dura, impermeable, en general poco fracturada y en algunas partes medianamente fracturada; no presenta alteración por meteorización ni tampoco hidrotermal; en sus afloramientos está sana y fresca. Posee sistemas de diaclasas bien definidas y persistentes.

Sus afloramientos tienen gran desarrollo dentro de la zona estudiada y está instruyendo a las formaciones Milluni y Sausine.

b) Filones. Son cuerpos ígneos de forma tabular y composición andesítica y lamprofírica que están instruyendo el batolito; alcanzan espesores de hasta 20 ó 30 m, pero son escasos; su roca es medianamente dura, impermeable, sana y los contactos con la roca del batolito están bien soldados.

Estos cuerpos no están indicados en el croquis geológico porque carecen de importancia para la obra que se considera y dentro de la escala en la cual se trabajó es imposible su representación

## 3. Fallas

En la zona estudiada hay dos sistemas principales de fallas: uno de dirección NW y otro NE. El primero es el más importante ya que a él pertenece la mayor de las fallas, de importancia regional, que se ubica entre las localidades de Sore y Sausine (ver croquis geológico). Se trata de una falla inversa con

una inclinación de 45° (Montecinos, comunicación verbal), que ha fracturado las rocas de la formación Azapa y aquellas más antiguas, mientras que solamente ha flectado las rocas de la formación Oxaya.

El sistema NW ha originado una estructura de bloques escalonados y la mayoría de sus fallas son inversas. El sistema de dirección NE provocó desplazamientos de los bloques determinados por el primero. La actividad de las fallas de estos sistemas es relativamente reciente.

Hacia el oriente de la localidad de Sausine, dentro de la zona estudiada, existen numerosas fallas que fracturan las rocas que constituyen las laderas del valle de Lluta; el rumbo de estas fallas intersecta transversalmente el valle. Ellas tienen un espesor de brecha de falla y salbanda que en general oscila entre 0,5 y 1,0 m; en algunos casos ese espesor alcanza como máximo a 1,5 m. Estas fallas no fueron señaladas en el croquis geológico porque su mapeo corresponde a una etapa de trabajo detallada posterior.

Además, en la roca del intrusivo batolítico hay algunos sistemas de fallas paralelos a los sistemas principales de diaclasas. Estas fallas en general tienen un espesor de salbanda y brecha que varía entre 2 a 10 cm; en algunos casos dichos espesores alcanzan hasta 20 cm. Son más frecuentes en aquellos sistemas de diaclasas que tienen poca inclinación.

#### 4. Diaclasas

Exceptuando la formación Milluni, todas las otras unidades geológicas ya descritas tienen sistemas de diaclasas bien definidos, en general persistentes y propios para cada unidad.

El origen de estas diaclasas está relacionado con los procesos formativos de la roca, esfuerzos tectónicos y de alivio de presiones. Esto último es causa de que en aquellas diaclasas paralelas al valle con inclinaciones mayores de 70°, se pro-

duzcan pequeños desplazamientos hacia el lado no confinado, produciendo la abertura de las diaclasas; este fenómeno se observó incluso en la granodiorita. Al parecer, ello desarrolla en la formación Oxaya grietas aproximadamente paralelas a los escarpes, las cuales originan deslizamientos.

El curso del río Lluta sigue el rumbo de los sistemas principales de diaclasas.

#### 5. Materiales no consolidados

a) Escombro de falda (Qef). Es una acumulación en general caótica, blanda y con mediana permeabilidad; está constituida por fragmentos principalmente angulosos, cuyos tamaños varían desde gránulos de limo a bloques de 1,5 m de diámetro. Este material se dispone como cubiertas sobre las laderas de los cerros y formando conos de deyección en la desembocadura de las quebradas. En el primer caso tiene poca cohesión y en algunos lugares está suelto; posee en las laderas inmediatas al cauce del río Lluta espesores estimados de hasta unos 7 m. El escombro de falda que constituye conos de deyección tiene un gran porcentaje de limo, lo cual le da mediana cohesión; ello permite en dichos conos la existencia de escarpes verticales de hasta 25 m de altura, excavados por el río y canales de drenaje de las quebradas. En los conos hay a veces una gruesa estratificación, debido a avalanchas sucesivas que se han producido en las quebradas.

Este material se ha originado a expensas de la meteorización de las rocas, cuyos fragmentos resultantes han sufrido sólo el escaso transporte que representa el deslizamiento bajo la acción de la gravedad hasta su posición de reposo. En el caso de los conos de deyección de quebradas ese deslizamiento ha sido ayudado por precipitaciones atmosféricas ocasionales.

b) Fluvial (Qf1). Es un material estratificado, suelto, inconsolidado y permeable; está constituido por clastos en general redondeados, cuyos tamaños varían desde granos de arena, principalmente fina, a bolones hasta 2 m de diámetro; predominan los

clastos con tamaños del orden de 0,15 a 0,4 m. Este sedimento constituye el relleno del valle de Lluta y presenta una superficie irregular con desniveles de hasta unos 5 m. dentro de una pequeña área. Se puede apreciar que el tamaño medio de los clastos disminuye en sentido aguas abajo e igualmente varían en composición petrográfica después de recibir el aporte de los grandes conos de deyección.

Este material se ha originado por la erosión, transporte y depositación efectuados por el río Lluta.

### GEOLOGIA EN RELACION AL PROYECTO

#### 1. Elección de la zona en estudio

La zona estudiada se eligió por las razones siguientes:

a) Los terrenos cultivados del valle de Lluta se extienden desde su desembocadura hasta la localidad de Sora; aunque todavía hay algunos terrenos susceptibles de ser cultivados entre dicho lugar y la quebrada de Chironta.

b) Las angosturas del valle están situadas aguas arriba de la localidad de Sora, por lo cual en la zona estudiada hay varias angosturas. La angostura que se produce un poco aguas abajo de la localidad de Boca Negra (Ver Fig. 1), está constituida por un deslizamiento de material suelto.

c) Las rocas que constituyen las laderas del valle entre el área de la desembocadura y un lugar situado entre Sora y Saúsine, son de la formación Azapa y sobre ellas aquellas de la formación Oxaya (Ver croquis geológico). Ambos tipos de rocas son blandos, tienen poca permeabilidad, son fácilmente alterables en contacto con el agua y tienen tendencia a producir deslizamientos; algunos de ellos son de grandes dimensiones como puede apreciarse en el tramo indicado. Las rocas de la formación Azapa pueden presentar problemas de filtraciones ya que poseen diaclasas

sas abiertas y en ellas aparentemente se sitúan varias vertientes que hay en el tramo señalado.

d) El caudal del río Lluta se origina aguas arriba de la quebrada Socoroma. Aguas abajo de dicha quebrada no recibe aportes superficiales. Un caudal subterráneo de escasa importancia recibiría de la quebrada Chironta.

e) El acceso a la zona estudiada se puede efectuar por tierra en vehículos motorizados a través de un camino de tierra que llega hasta las inmediaciones de la localidad de Sausine.

f) Dentro de la zona estudiada hay gran cantidad de materiales blandos, fáciles de excavar, que podrían ser utilizados en la construcción de una represa.

## 2. Descripción de angosturas

Se observaron las cuatro primeras angosturas que se encuentran en la zona estudiada, avanzando hacia aguas arriba. Ellas se enumeran del 1 al 4, en el mismo sentido (ver croquis geológico). Aguas arriba de la angostura 4 hay otras más y ellas se hacen más frecuentes; sin embargo, se estimó que las cuatro alternativas observadas eran las más convenientes, debido a su mayor cercanía al área agrícola del valle.

a) Angostura 1. Se sitúa en la localidad de Sausine. En este lugar, el piso del valle tiene un ancho del orden de 200 m. La angostura está constituida, por rocas de la formación Sausine, las que están afectadas por numerosas fallas. En el apoyo derecho de esta angostura hay un sistema de diaclasas N 200 W y 450 SW.

Aguas arriba de esta angostura hay varios conos de deyección de grandes dimensiones y extensas acumulaciones de escombros de falda sobre las laderas (ver croquis geológico).

De acuerdo con las someras observaciones efectuadas, la angostura 1 posee algunas características desfavorables para considerar en ella la ubicación de una represa. Su proximidad a la

falla que produjo la flexura de la formación Oxaya y el hecho de que en ésta área haya numerosas otras fallas, hacen vulnerable a una reactivación de ellas cualquier obra que se construya en el lugar; además, existe la posibilidad de que el río haya oradado su cauce sobre la traza de una falla en este lugar; conviene tener presente que algunas de las fallas en el Departamento de Arica son de actividad reciente.

Otro problema importante lo plantean conos y depósitos de escombros de falda sobre las laderas. Al estar en contacto estos conos con el agua del embalse tenderán a deslizarse hacia el cauce del río; ese movimiento será acelerado por las presiones hidrostáticas que crearán en el interior de los conos las oscilaciones del nivel del agua del embalse. El escombros de falda que está sobre las laderas plantea el peligro de deslizarse por la acción de movimientos sísmicos o de lluvias ocasionales, que son factibles de producirse muy esporádicamente en climas tales como el de la zona. Estos probables deslizamientos de escombros de falda reducirían notablemente la vida útil del embalse.

Además, hay otras consideraciones de menor importancia que hacer, las cuales necesitan una investigación más detallada. El sistema de diaclasas N 20° W y 45° SW mencionado anteriormente se inclina hacia aguas abajo lo cual hace desaconsejable la construcción de alguna obra que ejerza esfuerzos en ese sentido; este sería un factor que estaría controlando el diseño del o de los tipos de represas más convenientes para esta angostura, en el caso que se decidiera alguna obra de este tipo en este lugar. Por otra parte, en el lado derecho de la angostura hay varias diaclasas abiertas, lo cual eventualmente haría necesario el empleo de "grouting" para rellenar las grietas e impermeabilizar este apoyo.

b) Angostura 2. Se sitúa aproximadamente 400 m aguas abajo de la quebrada Palmieri. En este lugar el piso del valle tiene un ancho del orden de 100 m. La angostura está constituida por la granodiorita del intrusivo batolítico.

En el lado izquierdo hay dos sistemas principales de diaclases: N 10° W con 80° W y N 80° W con 70° N. Además, en la entrada de aguas arriba de la angostura hay dos fallas con un espesor de brecha de falla y salbanda del orden de 0,5 m, que podrían carecer de importancia.

En el lado derecho existen los siguientes sistemas de diaclases: N 70° E con 35° S y N 20° W con 80° Sw.

En ambos lados de la angostura hay diaclases abiertas que tiene aberturas de hasta 3 cm. Entre esta angostura y la 3 hay un sistema de diaclases muy importante que se desarrolla mejor en el lado derecho del valle donde se observa en las fotos aéreas una lineación casi horizontal; dicho sistema tiene un rumbo N 75° y una inclinación de 20° S.

Entre las angosturas 2 y 3 hay dos pequeños conos de deyección y laderas cubiertas con escombros de falda, el cual en algunos sectores está suelto y es inestable; en dichas laderas los espesores de escombros de falda se estiman menores de 7 m.

Considerando los antecedentes preliminares reunidos, esta angostura parece favorable para la construcción de una represa. Al parecer, sería menester impermeabilizar las grietas mediante "grouting". Por otra parte, debido a su relativamente pequeño volumen no plantearían problemas los depósitos de escombros de falda acumulados en los dos conos de deyección y laderas. También, podrían ser aprovechados en la construcción de una represa en la angostura 2 materiales de los conos de deyección situados entre dicha angostura y la anterior.

c) Angostura 3. Se sitúa aproximadamente 600 m aguas arriba de la quebrada Iqueña. En este lugar el piso del valle tiene un ancho del orden de 60 m. La angostura está constituida por la granodiorita del intrusivo batolítico.

En el lado izquierdo de la angostura hay los siguientes sistemas principales de diaclases: N 70° E con 80° N, N 35° E con 40° NW y N 20° W con 80° E.

El cañón formado por la angostura 3 alcanza una altura del orden de 60 a 70 m en su lado derecho; a esta altura se produce un cambio brusco de pendiente, la que es muy suave presentando la forma de la mitad de un portezuelo; a continuación, la pendiente aumenta un poco, continuando gradualmente ese aumento junto con el de cota hasta que la ladera se hace escarpada.

Aguas arriba y abajo del lado derecho de la angostura hay escombros de falda. Además, sobre la cota hasta la cual alcanza el cañón, es decir desde el portezuelo mencionado hacia arriba, este lado de la angostura está cubierto por escombros de falda; se estima que tiene un espesor menor de 5 m. Este escombros de falda hasta la altura de unos 150 m sobre el piso del valle es estable; pero a esa altura se produce un cambio de pendiente, la cual se hace escarpada y en consecuencia el escombros de falda es inestable.

Entre las angosturas 3 y 4 los conos de deyección son pequeños y escasos. El curso del río sigue el rumbo de los sistemas principales de diaclasas.

La somera observación efectuada indica que esta angostura ofrece aspectos desfavorables y favorables, que requieren mayor investigación, para ser elegida como lugar de construcción de una probable represa. Por otra parte, hay que considerar la altura del cañón en el lado derecho que es del orden de 60 a 70 m sobre el piso del valle, lo cual no constituye un factor desfavorable si no se considera una obra de altura mayor.

Constituyen aspectos desfavorables para esta angostura la cubierta de escombros de falda, susceptible de deslizarse que hay en el lado derecho y la posibilidad de que el portezuelo mencionado haya sido originado por una falla; este último requiere investigación.

Para este lugar es favorable la calidad de la roca, lo estrecho del cañón y sobre todo, desde el punto de vista de la morfología, el portezuelo existente en el lado derecho. Dicho portezuelo parece adecuado para solucionar el problema del vertedero en el caso que resultara conveniente una presa de grave-

dad no rígida, ya que en tales casos el vertedero resulta de costo elevado cuando las laderas son escarpadas. Además, esta angostura está próxima a los grandes conos de deyección situados aguas abajo de la angostura 2. Por otra parte, dentro de la zona de inundación correspondiente no existe el problema de deslizamientos potenciales de escombros de falda.

d) Angostura 4. En este lugar, el piso del valle tiene un ancho del orden de 60 m. La roca que constituye la angostura es granodiorita del intrusivo batolítico. En el lado izquierdo de la angostura los sistemas principales de diaclasas son los siguientes: N 75° E con 82° N y N 25° W con 40° NE; en el lado derecho N 55° E con 28° S y N 60° W con 80° SW.

El lado derecho de la angostura, desde una altura de 10 m sobre el nivel del piso del valle hacia arriba, está cubierto por un escombros de falda con poca cohesión y estable (ver croquis geológico).

Aguas arriba de esta angostura la roca que constituye las laderas del valle de Lluta es estable; esa roca es granodiorita del intrusivo batolítico. Ella alcanza hasta una cota de varios cientos de metros por encima del piso del valle; tiene sistema de diaclasas bien definidos y persistentes como sistemas principales durante tramos de centenares de metros a lo largo del valle. Se observa que a continuación de un tramo de centenares de metros, el sistema principal de diaclasas cede su importancia a otro que estaba menos desarrollado. Muchas diaclasas tienen separaciones que varían entre 0,25 y 1,5 m; las diaclasas están en general cerradas, pero hay algunas con aberturas de hasta 1 cm, aunque se estima que estas aberturas alcanzan poca profundidad dentro de la roca; en aquellos sistemas paralelos al curso del valle hay diaclasas con aberturas del orden de 3 cm.

Las laderas situadas aguas arriba de la angostura son escarpadas y poseen escasa y pequeñas cubiertas de escombros de falda, con un espesor estimado menor de 7 m; los conos de deyección también son muy escasos y de reducidas dimensiones.

Aguas arriba de la angostura 4 el curso del río está controlado por el rumbo de los sistemas principales de diaclasas del intrusivo. En este tramo de su curso, el río tiene mayor pendiente

te que aguas abajo de la angostura y escurre en una sucesión de pequeños rápidos.

Esta angostura es favorable para la ubicación de una re presa, de acuerdo con la observación efectuada y exceptuando la cubierta de escombros de falda existente en el lado derecho. Tam bién, la zona de inundación correspondiente presenta magníficas condiciones por estar exenta de filtraciones y del problema de deslizamientos de escombros de falda. Por otra parte, la angostura 4 todavía está relativamente cerca de los grandes conos de deyección situados aguas abajo de la angostura 2, cuyos materiales podrían utilizarse en la construcción de una represa.

### 3. Agregados para construcción

En los conos situados entre las angosturas 1 y 2 hay abundante cantidad de materiales susceptibles de ser usados en la construcción de una represa de tierra o de escollera. Se tra ta de acumulaciones blandas, fáciles de excavar, constituidas por clastos angulosos cuyos tamaños varían desde gránulos de li mo a bloques de 1,5 m de diámetro; en estos conos hay escarpes verticales de hasta 25 m de altura. Sin embargo, para los tipos de represas mencionadas sería menester complementar estos materiales con la búsqueda de depósitos cercanos de arcillas.

Como agregado, para hormigón podría usarse el relleno fluvial del valle, que presenta características aptas para tal objeto, pero que por la manera de presentarse sus depósitos la cantidad del material susceptible de extraer resultaría probable mente exigua e insuficiente. La superficie de estos depósitos es irregular, presentando desniveles de hasta unos 5 m con respecto al nivel actual del río; el desnivel medio sería del orden de 1,5 m. En las proximidades de la angostura 4 el relleno fluvial está constituido principalmente por bolones de 0,15 a 0,4 m de diámetro; la cantidad de arena que contiene es escasa; el porcentaje de arena aumenta hacia aguas abajo. El relleno flu vial dentro de la zona estudiada, hasta la quebrada Chironta, está constituido por clastos de granodiorita en un 80 a 90% y

están sanos y limpios, sin pátina de alteración; desde la quebrada Chironta hasta aguas abajo el porcentaje de clastos de granodiorita disminuye a un 60%.

A N E X O N º 2

I N F O R M E

SOBRE UNA VISITA AL VALLE DE LLUTA PARA  
EXAMINAR DOS ANGOSTURAS PARA EL  
PROYECTO DE PRESAS

Ing. Enrique Rowe

1962

ANEXO Nº2

I N F O R M E

(SOBRE UNA VISITA AL VALLE DE LLUTA PARA EXAMINAR  
DOS ANGOSTURAS PARA EL PROYECTO DE PRESAS)

Ing. Enrique Rowe

A. ANTECEDENTES TOPOGRAFICOS Y GEOLOGICOS GENERALES

El valle del Lluta corre de Oriente a Poniente a poca distancia de la frontera con el Perú formando una depresión relativamente angosta de más de 100 km de largo, cuyo piso tiene un ancho medio que varía desde unos 2 km cerca de la desembocaura a no más de 100 o 200 m cerca de su cabecera.

Los taludes de la depresión son bastantes abruptos, revelando la preponderancia que tuvieron los procesos tectónicos sobre las acciones meteorizantes en la formación del paisaje.

La estructura o historia geológica general de la región, puede resumirse como sigue:

Durante el Jurásico y los primeros tiempos del Cretáceo, el mar mesozoico transgredió muy al interior de la costa actual depositando calizas, pizarras y areniscas. También durante las mismas épocas hubo considerable actividad volcánica tanto en las áreas continentales situadas al Oriente, como bajo el mar, en las regiones transgredidas. Los productos eyectados que incluyen lavas andesíticas y latíticas, tobas y brechas, en parte se intercalaron y en parte sobreyacen a los sedimentos marinos. Al conjunto de estas rocas de origen heterogéneo, marino, continental y volcánico, se le designa colectivamente con el nombre de "Formación Porfírica".

Durante el Cretáceo Medio la Formación Porfirítica fue sollevantada y distorsionada fuertemente, produciéndose potentes intrusiones de rocas ígneas de la familia granítica. Estas rocas afloran cerca del cerro Márquez y el Este de Belén y de Tignamar, pero no se han observado en el valle de Lluta.

Durante el Cretáceo Tardío, la región sollevantada fue pe-neplanizada por erosión.

Durante el Terciario temprano las formaciones previamente depositadas fueron dislocadas por un sistema de fallas cuyo rumbo predominante fue Norte-Sur aunque se produjeron algunas de rumbo Este-Oeste. El autor supone que una de estas pasa justamente al pie Norte del Morro de Arica, donde las exploraciones que se efectuaron bajo su dirección, para investigar la estabilidad de las fundaciones del Hotel Pacífico de Arica, indican un cliff sumergido de la Formación Porfirítica, de más de 50 m de altura prácticamente vertical, de dirección Este-Oeste, cuyo plano vertical pasaba justamente por el sitio del Hotel.

Entre estos sistemas de fallas se hundieron depresiones tectónicas que quedaron separadas del mar, y como el clima se aridizó, permaneciendo desértico durante la mayor parte del Terciario, los ríos efiméricos no fueron capaces de labrar salidas hacia el mar y depositaron su carga de sedimentos en las depresiones tectónicas mencionadas más arriba.

Probablemente durante el Mioceno la región Andina fue el foco de una actividad volcánica muy intensa y, aparentemente, las efusiones se produjeron a lo largo de extensas fisuras ubicadas en la frontera con Bolivia. Cantidades enormes de lavas riolíticas y dacíticas, tobas y brechas fluyeron hacia el Oriente y el Poniente rellenando las antiguas depresiones tectónicas, conjuntamente con los sedimentos resultantes de su erosión y transporte. En conjunto, el complejo de sedimentos fluviales, lacustres y volcánicos, de edad Terciaria, se conoce con el nombre de "Formación Liparítica".

El relleno de las antiguas depresiones tectónicas con sedimentos y efusivos de la Formación Liparítica, fue creciendo hasta que llegó a la misma cota que el fondo de los pasos más bajos de las serranías costeras, dando salida al mar y drenaje externo a los sistemas fluviales de Lluta, Azapa, Chaca y Camarones, previamente confinados a las depresiones intracontinentales. Es de notar que los pasos que dieron salida al mar a los sistemas del Lluta y Azapa eran muy bajos y que la superficie de los correspondientes rellenos liparíticos se emparejó con el nivel del mar en una línea de costa situada muchos kilómetros al Poniente de la costa actual.

Durante el Plioceno (Terciario Tardío), sobrevino un intenso diastrófismo regional, que afectó a toda la provincia de Tarepacá. La Cordillera de Los Andes se sollevó aproximadamente hasta sus cotas actuales en una gran flexura tectónica, cuyo flanco occidental se observa hoy día en la estructura monoclinall de la Formación Liparítica, que baja de cota hacia el Oeste uniformemente, con un manto de 2 a 50.

El anticlinal de la Sierra de Huaylillas formaría parte de esta estructura monoclinall, suponiendo el autor que las formas violentamente escarpadas del flanco occidental de la Sierra que se observan desde gran distancia, podrían deberse en parte a la erosión fluvial de afluentes del Lluta, que habrían disecado la antigua planicie liparita.

Uno de los efectos principales del diastrófismo regional lo constituyó el hundimiento de la antigua costa Terciaria, la que se hundió al occidente y a lo largo de la gran falla que forma los acantilados rebereños de la costa actual. Al Este de la falla, las regiones costaneras y las depresiones interiores se sollevataron en un solo bloque estructural. Consecuencialmente, los sistemas fluviales de Lluta, Azapa, Chaca, Camarones, etc., cortaron sus profundos valles actuales, si bién el Lluta y el Azapa, profundizaron sus lechos de 30 a 45 m por debajo de sus cotas actuales.

Finalmente durante los tiempos Cuaternarios, el Lluta comenzó a rellenar su valle inferior, por aumento relativo del nivel del mar, que podría corresponder total o parcialmente a un ligero hundimiento de la costa. Este ciclo de sedimentación fluvial, parece continuar hasta el presente. También en el Pleistoceno Tardío se renovó la actividad volcánica Andina de la Provincia, continuando intermitentemente hasta la fecha, si bién los productos de sus efusiones no se observan en el curso inferior medio del Lluta.

## B. ANGOSTURA INFERIOR

### a) Antecedentes topográficos y geológicos

Durante la visita que se informa, se examinaron dos angosturas ubicadas aproximadamente como se indica en el cro-

quis NR 1 adjunto. La situada aguas abajo, que denominamos inferior, se esquematiza en planta a mayor escala en el croquis NR2, donde se indica también un perfil transversal esquemático.

La angostura tiene alrededor de 100 m de ancho al nivel del fluvial moderno y se extiende entre el faldeo Norte del valle y una puntilla que avanza hacia el Norte, desde el faldeo Sur, donde tiene su mayor ancho en planta.

Dentro de pocos kilómetros aguas arriba y aguas abajo de la garganta, los taludes del valle exhiben una estratigrafía dividida en dos Miembros claramente diferentes, si bien no pudieron reconocerse en detalle por falta de tiempo para subir por pendientes muy empinadas hasta gran altura.

El Miembro inferior, termina superiormente a unos 10 m, por encima del relleno fluvial reciente y se compone de rocas sedimentarias bien consolidadas. Estas rocas las corta el camino justamente en el fondo de la angostura, como se indica en el croquis, y parecen ser areniscas y limolitas, cuya edad no es fácil determinar sin un reconocimiento más detallado. El autor vacila en asignarles edad Mesozoica, porque el contacto con el Miembro superior, forma una superficie plana, cuya pendiente de Este a Oeste es prácticamente paralela al piso moderno del valle, siendo esta la característica principal de la estructura monoclinial de la Formación Liparítica.

En consecuencia, y a falta de fósiles, estima el autor que las areniscas y limolitas mencionadas más arriba, podrían corresponder a la facie sedimentaria inicial de la Formación Liparítica.

El Miembro superior es claramente volcánico y corresponde a la Formación Liparítica, tal como fue definida más arriba, incluyendo una facie inferior de conglomerados fluviales, que sobreyacen a las areniscas descritas más arriba, y cuya potencia aumenta a medida que el observador avanza hacia el Oriente.

En todo caso, en la puntilla mencionada más arriba, que forma el talud Sur de la Angostura, los conglomerados tienen un espe

sor muy débil carente de importancia, y el Miembro está representado por material piroclástico con estructura brechosa amorfa de bloques angulosos envueltos en una matriz de arena fina cementada, que contrasta con el aspecto generalmente estratificado de la Formación Liparítica.

Teniendo en cuenta la observación anterior, y notando que la superficie de la puntilla baja hacia el Sur, como se describe en el perfil adjunto, y que la ladera Norte del valle, frente a la angostura suaviza su talud escarpado, formando una depresión que recoge el borde alto de la meseta superior hacia más al Norte, estima el autor que la puntilla es el escombros de un gran deslizamiento del Miembro superior, que avanzó hacia el Sur cerrando el valle por completo, y sepultando probablemente, un antiguo cauce del Lluta, que fluía primitivamente al pie de la ladera Sur del valle.

Concurren a sugerir esta hipótesis, la forma relativamente fresca del corte de la cara expuesta del Miembro inferior, tanto en la Angostura, como a poca distancia aguas arriba y aguas abajo de ella, mientras que el pie de la ladera Sur del valle se encuentra normalmente cubierto por escombros de falda finos de origen eólico.

También concurre a sugerir la hipótesis morfológica anterior, la presencia de una zona pantanosa, aguas arriba de la puntilla; donde la cubierta de suelos finos limo arcillosos tiene la napa subterránea en la superficie, y su falta de estabilidad sugiere que esta última asciende en la vecindad del pie oriental de la puntilla con cierta presión artesiana que explicaría la flotación parcial de los suelos finos.

## b) Antecedentes de Mecánica de Suelos

### 1. Suelos de fundación

El suelo de fundación en el piso de la Angostura se compone de ripios arenosos recientes de probable clasificación GP, GM y CC en lentejas más o menos permeables que rellenan una garganta de hondura probable de 10 a 15 m, excavada por

sor muy débil carente de importancia, y el Miembro está representado por material piroclástico con estructura brechosa amorfa de bloques angulosos envueltos en una matriz de arena fina cementada, que contrasta con el aspecto generalmente estratificado de la Formación Liparítica.

Teniendo en cuenta la observación anterior, y notando que la superficie de la puntilla baja hacia el Sur, como se describe en el perfil adjunto, y que la ladera Norte del valle, frente a la angostura suaviza su talud escarpado, formando una depresión que recoge el borde alto de la meseta superior hacia más al Norte, estima el autor que la puntilla es el escombros de un gran deslizamiento del Miembro superior, que avanzó hacia el Sur cerrando el valle por completo, y sepultando probablemente, un antiguo cauce del Lluta, que fluía primitivamente al pie de la ladera Sur del valle.

Concurren a sugerir esta hipótesis, la forma relativamente fresca del corte de la cara expuesta del Miembro inferior, tanto en la Angostura, como a poca distancia aguas arriba y aguas abajo de ella, mientras que el pie de la ladera Sur del valle se encuentra normalmente cubierto por escombros de falda finos de origen sólido.

También concurre a sugerir la hipótesis morfológica anterior, la presencia de una zona pantanosa, aguas arriba de la puntilla; donde la cubierta de suelos finos limo arcillosos tiene la napa subterránea en la superficie, y su falta de estabilidad sugiere que esta última asciende en la vecindad del pie oriental de la puntilla con cierta presión artesiana que explicaría la flotación parcial de los suelos finos.

## b) Antecedentes de Mecánica de Suelos

### 1. Suelos de fundación

El suelo de fundación en el piso de la Angostura se compone de ripios arenosos recientes de probable clasificación GP, GM y CC en lentejas más o menos permeables que rellenan una garganta de hondura probable de 10 a 15 m, excavada por

el Lluta posterior al deslizamiento, en las rocas sedimentarias señaladas en el perfil adjunto.

Los estribos de la presa, sobre el nivel de esas rocas, se apoyarían en suelos volcánicos, cuya estabilidad, después de saturados, frecuentemente es muy baja, y en especial cuando desde su depositación no han sido modificados por la acción intemperizadora de los climas húmedos. En nuestro caso, un pequeño ensayo de desintegración (Slaking test), reveló que son muy sensibles a la saturación desintegrándose violentamente.

## 2. Materiales de construcción

No se examinaron en ningún detalle en vista de que el sitio de la presa no se estima aconsejable por las razones expuestas. De todos modos, aparentemente, no podría contarse más que con los fluviales gruesos del piso del valle y rocas areniscas para un posible rockfill o enrocados.

### C. ANGOSTURA SUPERIOR

#### a) Antecedentes topográficos y geológicos

Esta angostura no presenta ninguna ventaja topográfica, porque las laderas del valle no conforman en el lecho, ninguna angostura. Por otra parte, inmediatamente aguas arriba del eje supuesto, confluyen al Lluta una quebrada lateral (Chaquire) con un talweg muy inclinado y con señales evidentes de acarrear violentas avalanchas de desierto con abundante gasto sólido que incluye bloques rodados de grandes dimensiones.

El piso del valle principal tiene unos 250 m de ancho, y sus escarpas laterales exponen los conglomerados fluviales de la Formación Liparítica, fuertemente disectadas por fallas de rumbo Norte-Sur, rellenas de material brechoso permeable.

b) Antecedentes de Mecánica de Suelos

No se estima procedente examinarlos por juzgar que el sitio elegido no justifica mayor examen.

D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) No se estima aconsejable continuar mayores estudios en ninguno de los sitios examinados, por las razones expuestas en el texto.
- b) Se sugiere la conveniencia de visitar el valle del Lluta en el pie occidental de la Sierra de Huaylillas, que vista de lejos parece excesivamente escarpado como para admitir una causa erosiva normal. Supone el autor que esa escarpa podría corresponder a una falla de rumbo Norte-Sur, y de gran salto de labio, recorrido por afluentes del Lluta.

Se hace esta hipótesis en vista de la fracturación de los conglomerados liparíticos, encontrada en la Angostura Superior, que podría anunciar que la flexura con estructura monoclinas, que da su manteo a la Formación Liparítica, podría tener al pie de la Sierra de Huaylillas una tectónica más movida, como sería la falla de rumbo Norte-Sur supuesta.

De cumplirse esa hipótesis, se podría preveer que algún afluente del Lluta seguiría esa falla con rumbo Norte-Sur, en un lecho ancho de poca pendiente, conformando una cubeta de embalse apreciable, cuya angostura se encontraría en el origen del curso medio del Lluta, en el labio Poniente de la falla.

A N E X O N º 3

BREVE INFORME SOBRE LA SITUACION ACTUAL  
DEL VALLE DEL LLUTA

Ing. Marco Guiluicci

1968

## A N E X O N°3

### VALLE DE LLUTA

#### SITUACION ACTUAL

RECURSOS DE AGUA. El Valle de Lluta se riega con los recursos superficiales aportados por el río Lluta. El gasto medio anual puede estimarse en 1800 l/seg, o bien, 57 millones de m<sup>3</sup> anuales, aproximadamente.

El régimen de escurrimiento presenta un aumento considerable en los meses de Diciembre a Marzo, por efecto de las lluvias en el altiplano, fenómeno conocido como el "Invierno Boliviano". Este aumento del gasto se manifiesta en crecidas que llegan al mar y que no se aprovechan eficientemente, por no contar este valle con un embalse regulador.

Por el contrario, en los meses de Octubre y Noviembre (y a veces Diciembre) el gasto comienza a decrecer y el río debe someterse a turno.

CALIDAD DEL AGUA. El río Lluta, al igual que algunos de sus afluentes, atraviesa suelos fuertemente salinos. Debido a esto, sus aguas son salinas. Presenta, además, un pH ácido, originado fundamentalmente por el aporte del agua del río Azufre, en su nacimiento.

SUPERFICIE CULTIVADA. La salinidad del suelo agrícola y la del agua que los irriga, ha impuesto el cultivo de alfalfa, maíz y trigo solamente.

La alfalfa corresponde a la variedad conocida como Lluteña. Es la variedad peruana Seta Sierra adoptada. Se han ensayado otras variedades con excelentes resultados.

El maíz corresponde a una variedad de la zona y es sólo apta para el consumo fresco al estado de "choclo", pero no para la cosecha de grano, por su bajo rendimiento, por ser muy liviano y fácilmente atacado por insectos una vez desgranado.

El trigo, es de una variedad de la zona, resistente a los polvillos. Es de mediana estatura.

La superficie cultivada alcanza a 1700 Há aproximadamente que se descompone de la siguiente manera:

- Alfalfa	250 há
- Maíz	1100 "
- Trigo	70 "
- Varios	240 "
	<hr/>
	1660 há

FORMA DE EXPLOTACION . En general, se puede afirmar que la explotación agrícola es bastante deficiente y rudimentaria. Sin embargo, se nota fácil receptividad por parte de los agricultores hacia la adopción de nuevas técnicas de cultivo y uso de fertilizantes y pesticidas.

En los últimos tres años se ha advertido un resurgimiento notable de la agricultura, al haberse eliminado la contaminación del agua que producían los relaves de la Compañía Azufrera Nacional.

ANALISIS ECONOMICO. Del estudio de costos de las especies cultivadas se desprende que la alfalfa brinda mayores ventajas. Lamentablemente, es un cultivo de difícil establecimiento y que requiere el cultivo de otras especies con anterioridad a su siembra, porque normalmente los suelos tienen un alto contenido salino que es preciso lavar.

Esta última característica hace necesario para llegar al establecimiento de praderas, el cultivo y justificación de las siembras de maíz y trigo, muchas veces con rendimientos antieconómicos.

En el caso del maíz choclero, se ha observado un aumento considerable de la producción por destinarse mayor superficie a este sembrío y haberse mejorado el rendimiento medio. Esto se ha traducido en una mayor oferta al mercado que ha resultado insuficiente para absorberlo. De aquí que el productor haya recibido precios inferiores a los pagados hace tres años.

Este hecho deberá tenerse muy en cuenta en la programación futura.

INVERSION POR CULTIVO

- Alfalfa	₺ 1.900
- Maíz	1.000 (debiera ser de ₺ 2.700 por há)
- Trigo	800
- Varios	1.000

INVERSION ANUAL TOTAL

Tipo de cultivo	Superficie hás	Inversión anual ₡	Inversión total ₡
- Alfalfa	250	1.900	475.000
- Maíz	1100	1.000	1.100.000
- Trigo	70	800	55.000
- Varios	240	1.000	240.000
			<u>1.870.000</u>

INVERSION MEDIA POR HA.      ₡ 1.130

UTILIDAD POR CULTIVO

- Alfalfa	₡ 1.200 por há
- Maíz	160 " "
- Trigo	70 " "
- Varios	100 " "

UTILIDAD ANUAL TOTAL

Tipo de cultivo	Superficie hás	Utilidad anual ₡	Utilidad total ₡
- Alfalfa	250	1.200	300.000
- Maíz	1100	160	175.000
- Trigo	70	70	5.000
- Varios	240	100	20.000
			<u>500.000</u>

UTILIDAD MEDIA ANUAL      ₡ 300 por há

RECURSOS HUMANOS. De acuerdo al último catastro practicado en el valle, existen aproximadamente 85 agricultores, de los cuales 29 son colonos de CORA, agrupados en la Colonia Julio Fuenzalida; abarca una superficie de 1.700 há.

Los otros 56 agricultores están distribuidos en toda la extensión del valle, siendo un 30% de ellos, agricultores residentes. El resto son ausentistas que arriendan o han abandonado sus tierras.

La obra de mano está constituida en gran parte por obreros. Ejecutan su trabajo en forma de asalariados directos o en medierías.

Respecto de la nacionalidad de este grupo se presenta muy aproximadamente el cuadro de Azapa:

- Bolivianos	85%
- Chilenos	10%
- Otros	5%

En cuanto a población, el Censo Agropecuario de 1965, entrega las siguientes cifras:

Población que vive

Hombres	369
Mujeres	241
Total:	610

<u>Población que trabaja</u>	H	M	Total
Mayores de 15 años	450	104	554
Menores de 15 años	57	58	115
	507	162	669

SUPERFICIE SUSCEPTIBLE DE CULTIVAR. Se puede estimar la tasa media en 20.000 m<sup>3</sup>/há, aproximadamente, para el cultivo de alfalfa que recomendamos como preponderante. Con ello, sería posible regar unas 2.900 há.

TIPOS DE CULTIVO RECOMENDABLE. De acuerdo a lo conducido en nuestro estudio, resultará conveniente destinar la mayor parte de la superficie agrícola a la explotación de praderas combinada con maíz u otro cultivo, en rotación racionalizada. Por lo tanto, la superficie agrícola se descompone así:

- Alfalfa	2.400 há
- Maíz	500 há

FORMA DE EXPLOTACION. Ella debe encaminarse a aumentar la introducción de técnicas modernas y a combatir energíca y oportunamente las plagas.

ANALISIS ECONOMICO

INVERSION ANUAL

Tipo de cultivo	Superficie hás	Inversión anual ₡	Inversión total ₡	Inversión media ₡
- Alfalfa	2.400	1.900	4.450.000	
- Maíz	500	2.700	1.350.000	2.000
			<u>5.800.000</u>	

UTILIDAD ANUAL

Tipo de cultivo	Superficie hás	Utilidad anual ₡	Utilidad total ₡	Utilidad media ₡
- Alfalfa	2.400	1.200	2.900.000	
- Maíz	500	300	150.000	1.050
			<u>3.050.000</u>	

RECURSOS HUMANOS

DEMANDA DE OBRAS DE MANDO

Tipo de cultivo	Superficie hás	Demanda anual de jornales	Demanda total de jornales	Número de Jornaleros
- Alfalfa	2.400	45	108.000	
- Maíz	500	110	55.000	545
			<u>163.000</u>	

INVERSION EN OBRA DE MANDO. Incluye Leyes Sociales

Demanda anual de jornales	Jornal medio ₡	Inversión total en jornal ₡	Inversión total cultivos	Porcentaje invert. obra mano %
163.000	11	1.800.000	5.800.000	31

AFOROS Y ANALISIS DE AGUAS DEL RIO LLUTA Y AFLUENTES

Fecha: 31 Octubre de 1966

Fecha: 25 Noviembre de 1966

Lugar del Muestreo	Gasto lts/seg.	Conduct. Eléctrica millimohs/cm	PH	Gasto lts/seg.	Conduct. Eléctrica millimohs/cm	PH
Río Azufre antes junta con río Caracarane	28	4,15	2,51	36	9,88	2,01
Río Caracarane antes junta con río Azufre	286	1,08	8,49	266	1,54	8,48
Río Azufre después junta con río Caracarane	313	1,49	7,89	300	1,85	4,21
Río Lluta antes junta con río Colpitas	585	0,92	7,70	781	1,21	4,67
Río Colpitas antes junta con río Lluta	350	2,06	7,86	431	2,30	7,80
Río Lluta después junta con río Colpitas	952	1,31	7,83	1134	1,49	6,30
Río Lluta frente Colonia Julio Fuenzalida	-	2,75	6,90	--	-	-

INGRESO MENSUAL LIQUIDO, E° 240,00 por jornalero

DEMANDA ANUAL DE OBRA DE MANO POR CULTIVO

- Alfalfa	45	Jornales	por há
- Maíz	110	"	" "
- Trigo	55	"	" "
- Varios	50	"	" "

DEMANDA ANUAL DE OBRA DE MANO

Tipo de cultivo	Superficie há	Demanda de jornales por há	Demanda total de jornales	Número Jornales
- Alfalfa	250	45	11.000	
- Maíz	1100	110	121.000	
- Trigo	70	55	4.000	
- Varios	240	50	12.000	500
			148.000	

INVERSION EN OBRA DE MANO. Incluye Leyes Sociales

Demanda anual de jornales	Jornal medio E°	Inversión total en jornales E°	Porcentaje sobre la Inversión total %
148.000	11	1.600.000	8,5

INGRESO MENSUAL LIQUIDO MEDIO. E° 240,00 por jornalero

MERCADO. Los productos agrícolas de este valle, se consumen en el Departamento de Arica.

PROPOSICION DE NUEVAS OBRAS. El regimen de escurrimiento variable del río Lluta, permite pensar en la construcción de un embalse regulador. De ser factible esta idea, podría aprovecharse todo el volumen anual que alcanza a 57 millones de m<sup>3</sup>, aproximadamente.

Además, sería recomendable estudiar el posible mejoramiento de la calidad de su agua, para lo cual es necesario iniciar un control y análisis sistemático del agua del río Lluta y sus afluentes principales.

Por no existir mayores antecedentes, es imposible, fijar el costo de estas proposiciones u otras características.

SITUACION FUTURA

RECURSOS DE AGUA. Al construir uno o más embalses, que regulen todo el río, se puede contar con 1.800 l/seg.

A N E X O N º 4

GLOSARIO DE TERMINOS EN RELACION CON LA CALIDAD DEL AGUA

RESEÑA DE METODOS SEGUIDOS EN LAS  
DETERMINACIONES QUIMICAS

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA  
CLASIFICACION

---

A N E X O N º 4

GLOSARIO DE TERMINOS EN RELACION CON LA CALIDAD DEL AGUA

RESEÑA DE METODOS SEGUIDOS EN LAS  
DETERMINACIONES QUIMICAS

INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA  
CLASIFICACION

## ANEXO Nº4

### GLOSARIO DE TERMINOS EN RELACION CON LA CALIDAD DEL AGUA

Conductancia eléctrica específica. Es la capacidad de un cubo de un centímetro por lado para conducir una corriente eléctrica. Se llama también "conductividad eléctrica". Es el recíproco de la resistencia y su unidad es el mho. En la práctica se usa el micro-mho o millonésimo de mho. En el agua, es función de la temperatura, clase de iones presentes y concentración de los diversos iones.

Para un cálculo aproximado groseramente del total de sólidos disueltos en partes por millón en el agua dulce, la conductancia específica del agua en micromhos debe multiplicarse por 0,6.

Índice SAR. Es un índice destinado a medir el riesgo por el ión sodio, cuyos dos principales efectos sobre el suelo agrícola son una reducción de su permeabilidad y endurecimiento. Ambos efectos son producidos por el reemplazo de los iones de calcio y magnesio por el sodio en las arcillas y coloides, produciendo la defloculación de ellas. Se define la razón de absorción de sodio (índice SAR) por la fórmula:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

en las que el sodio, calcio y magnesio representan concentraciones en miliequivalentes por litros de los iones respectivos.

Sólidos disueltos. Comprende todo el material en solución, esté o no ionizado, pero no incluye el sedimento en suspensión, coloides o gases disueltos. Se mide por el residuo que queda después de la evaporación conseguida en un horno a 180° C (o a veces a 120° C) durante una hora.

Como una norma general el agua para la mayor parte de los usos domésticos o industriales debe contener menos de 1000 ppm, y para la mayoría de los usos agrícolas, menos de 3000 ppm.

Para convertir la conductancia específica del agua expresada en micromhos deberá multiplicarse por 0,6 la cifra que expresa partes por millón.

Equivalente por millón (e.p.m.) Es otra manera de expresar el contenido de un ión en reemplazo de "partes por millón" (ppm). Se calcula dividiendo las partes por millón por el peso equivalente del ión bajo estudio.

El peso equivalente se obtiene de dividir el peso atómico o el peso molecular del ión por su valencia.

La suma de los equivalentes por millón de cationes y aniones teóricamente deben ser iguales.

pH. El símbolo pH se usa para designar el logaritmo base 10 de la recíproca de la concentración ión-hidrógeno. Así, si hay  $10^{-5}$  moléculas por litro de  $H^+$  entonces el pH es 5. El pH del agua pura a 25°C es 7,0; disminuye alrededor de 6,1 en la ebullición y aumenta a 7,5 en la congelación.

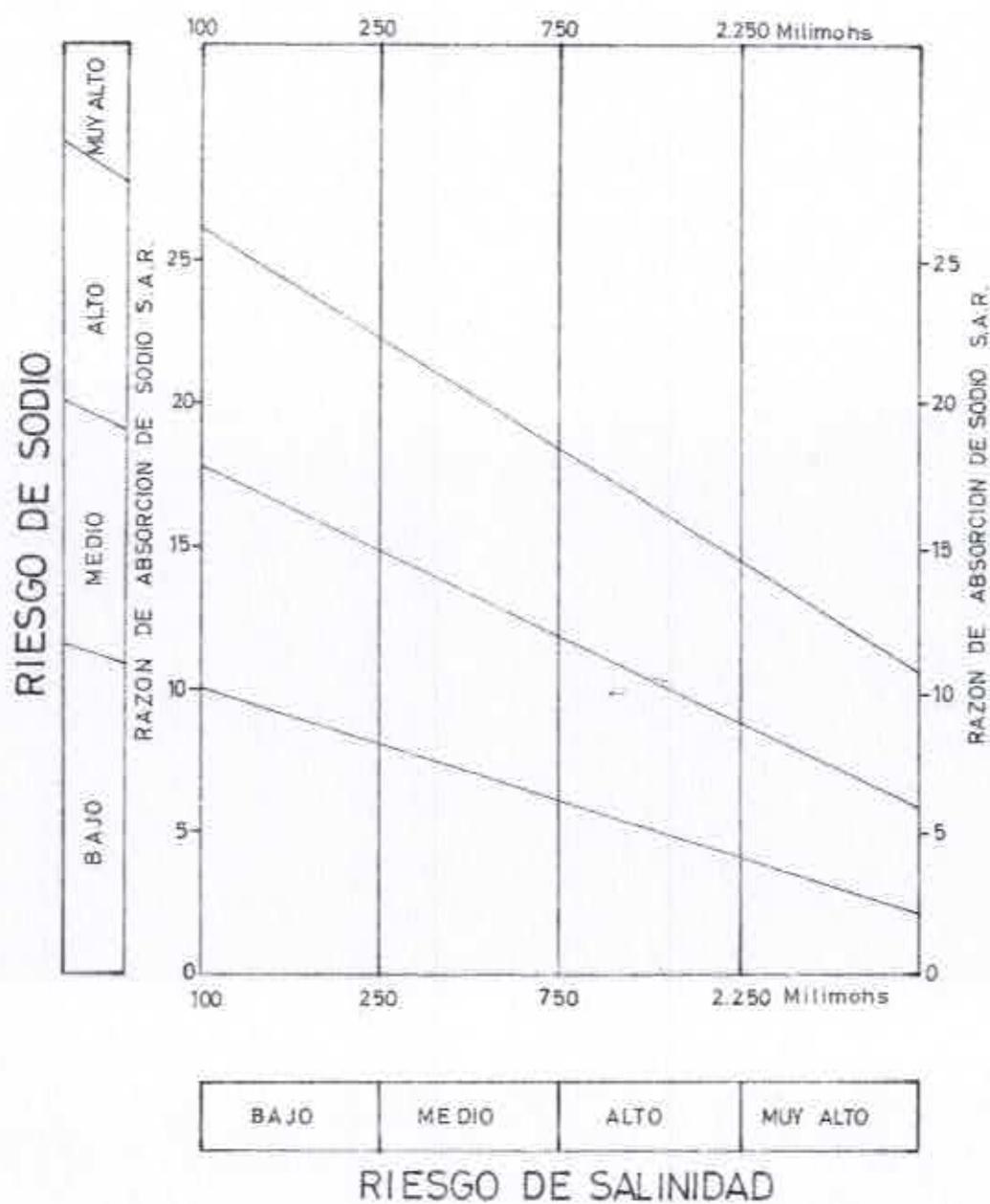
Cuando algún material entra en solución en el agua, el pH cambia generalmente, debido al hecho de que algunos de los nuevos iones combinarán con el  $H^+$  o el  $OH^-$  del agua, y cambiarán el equilibrio químico. En el caso del NaCl este cambio es muy pequeño, pero en el caso del carbonato de calcio, el cambio es en la dirección de un mayor valor del pH.

#### RESEÑA DE METODOS SEGUIDOS EN LAS DETERMINACIONES QUIMICAS

Valor pH	: Método Electrométrico. Se utilizó Potenciómetro WTW.
Conductividad Específica	: Por medición de la resistencia opuesta al paso de la corriente eléctrica por la solución problema. Se utilizó Ohmetro Phillips.
$CO_3^{=}$	: Titulación con Acido Sulfúrico en presencia de Fenolftaleína como indicador.

- $\text{HCO}_3^-$  : Titulación con Acido Sulfúrico en presencia de Anaranjado de Metilo como indicador.
- $\text{Cl}^-$  : Titulación con Nitrato de Plata en presencia de Dicromato de Potasio como indicador.
- $\text{SO}_4^{=}$  : Método Turbidimétrico, basado en la transmisión de luz por solución enturbiada por la precipitación del ión Sulfato por el ión Bario. La concentración del ión Sulfato la da la curva de calibración correspondiente.  
Se utilizó Fotocolorímetro Klett, con filtro violeta para una transmitancia de 420 milimicras.
- $\text{Mg}^{++}$  : Titulación Complexométrica con la sal Disódica del ácido Etilendiaminotetracético (EDTA) frente a Negro de Ericromo T como indicador. Esta titulación corresponde a la suma de los iones de Calcio + Magnesio.
- $\text{Ca}^{++}$  : Titulación Complexométrica con EDTA frente a Purpurato de Amonio como indicador.
- $\text{Na}^+; \text{K}^+$  : Método Fotométrico. Basado en la medición de la intensidad de luz emitida por la excitación de los respectivos espectros. Las concentraciones de cada ión están dadas por curvas de calibración correspondiente. Se utilizó Fotómetro de llama EEL.
- Boro : Método Colorimétrico. Basado en que frente a la presencia de Boro el ácido Carmínico en ácido Sulfúrico cambia del rojo brillante al rojo azulado o al azul según sea la concentración de Boro, dada por curva de calibración. Se utilizó fotocolorímetro Klett, con filtro a 585 milimicras de transmitancia.
- Arsénico : Método Colorimétrico del azul de Molibdeno. Después de la concentración de muestra el Arsénico se libera como Arsina por acción de Hidrógeno nascente. La Arsina se hace pasar a través de un rollo de algodón humedecido en solución de Acetato de Plomo, y se fija sobre Hipobromito de Sodio. El Molibdato de Amonio en solución ácida en presencia de Sulfato de Hidrazina como agente reductor produce coloración azul con el Arsénico oxidado que es adecuada para determinación colorimétrica. La concentración del Arsénico está dada por la curva de calibración correspondiente. Se utilizó Espectrofotómetro Metrhom usado a 650 milimicras.

# CLASIFICACION DE LAS AGUAS SEGUN EL SISTEMA DEL U.S. SALINITY LAB.



G-1c/12

## INTERPRETACION DE ANALISIS DE AGUA

### CLASIFICACION

#### 1. Salinidad

- a) Salinidad baja: no produce salinización del suelo, salvo cuando la permeabilidad es muy baja.
- b) Salinidad media: precisa drenaje moderado; las plantas con tolerancia moderada a las sales crecen bien.
- c) Salinidad alta: se necesita buen drenaje, y es más o menos peligrosa. La resisten solo las plantas de gran tolerancia.
- d) Salinidad muy alta: generalmente inútil, pero se puede emplear con plantas de alta tolerancia, siempre que el drenaje sea óptimo y se apliquen volúmenes de agua en exceso.

#### 2. Sodio (SAR)

Las clases se refieren a los efectos sobre el suelo, pero existen plantas que no resisten cantidades de sodio en el agua aunque no perjudican al suelo.

- a) Sodio bajo: muy bueno en general, pero debe investigarse más el sodio al tratarse de plantaciones como duraznos o paltas.
- b) Sodio medio: algo peligroso en suelos finos que intercambian iones, particularmente si el drenaje es pobre. Se puede usar en suelos gruesos con buen drenaje.
- c) Sodio alto: puede producir mucho sodio intercambiable en el suelo y será necesario buen drenaje, exceso de agua y materias orgánicas adicionales.
- d) Sodio muy alto: en general no sirve, excepto cuando el agua tiene poca salinidad y el suelo tiene mucho calcio.

A N E X O N º 5

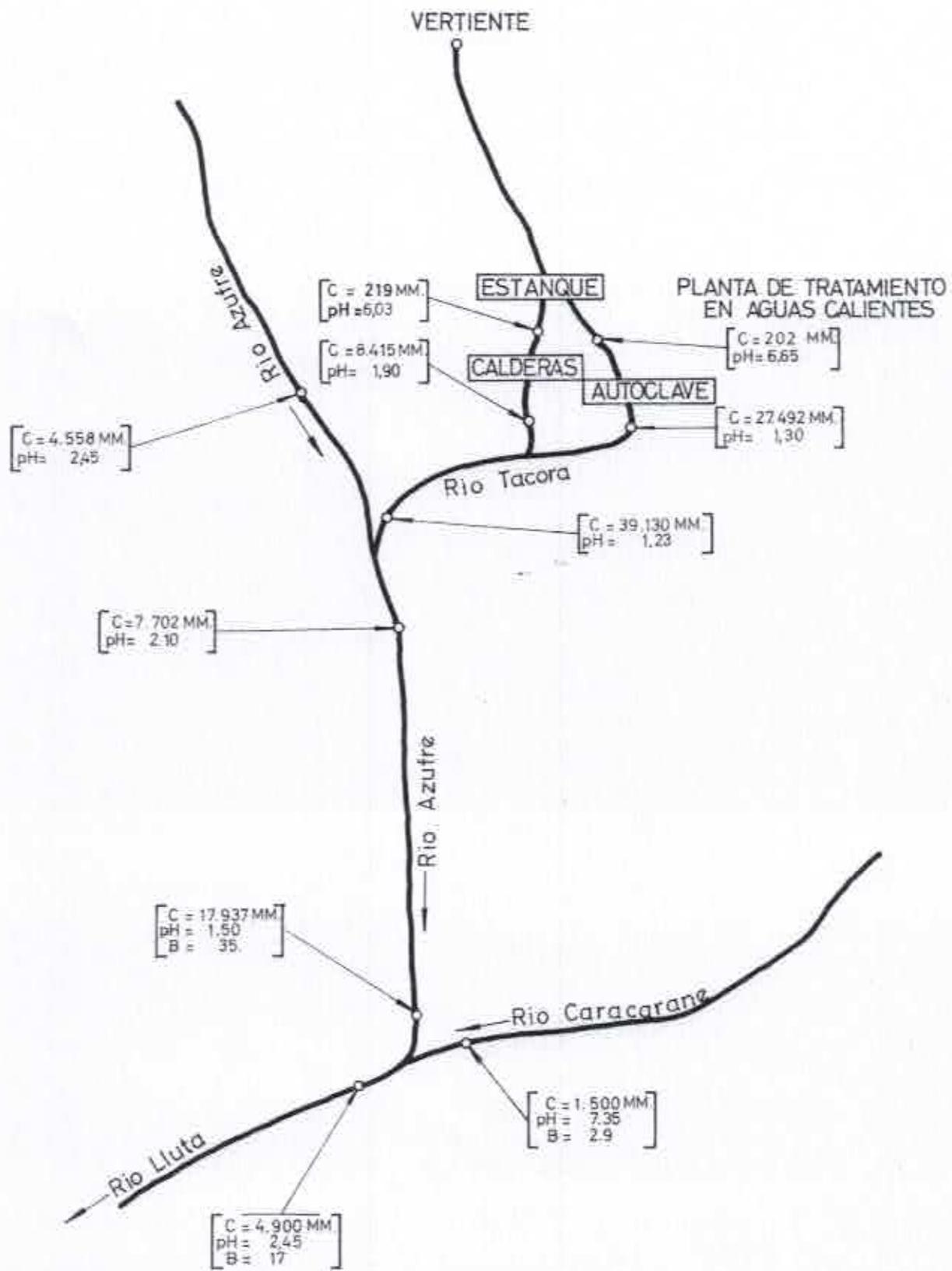
ANALISIS QUIMICO DE LAS AGUAS DEL RIO AZUFRE

Ing. Pedro Sutter

ANALISIS QUIMICO DE LAS AGUAS DEL RIO AZUFRE

Muestreado por el Ingeniero Pedro Sutter  
17 - Octubre - 1961

	1	2	3	4	5	6	7
	Antes de la planta Q= 2 l/seg	Antes de la planta Q= 30 l/seg	Frente a la planta para relaves Q= 50 l/seg	Al final del pretil con muro de albañil. Q= 60 l/seg	Al final de los relaves acumulados en la orilla	Ag. Ab. descaída azufrera	Fumarola pie Tacora
NO Muestra	1	2	3	4	5	6	7
Conduct. (M Mohs)	8092	8652	2845	3643	3686	16 207	4825
pH	2.0	2.0	3.3	2.9	2.8	1.8	2.6
% Na	8	-	8	23	33	49	27
Boro	-	-	4	6	7	36	13
SAR	-	-	1.0	2.4	3.8	7.2	3.1
CO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	-	-	-	-	-
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Cl (meq/l)	-	-	5.00	7.46	10.00	70.00	14.80
SO <sub>4</sub> (meq/l)	-	-	27.10	30.43	23.45	68.00	37.52
Σ (-) (meq/l)	-	-	28.70	35.81	36.10	-	48.37
Ca (meq/l)	-	-	12.30	11.20	10.72	13.80	15.79
Mg (meq/l)	-	-	11.28	11.79	9.08	-	18.18
K (meq/l)	2.00	17.20	1.72	4.62	4.50	1.70	1.40
Na (meq/l)	12.90	6.50	3.40	6.20	11.80	19.00	13.00
Σ (+) (meq/l)	-	-	32.40	37.83	33.45	-	52.32
Clasif. USSLS	s/c	s/c	C4-S1	C4-S1	C4-S2	s/c	s/c



**ANEXO 5**  
 ESTUDIO DE LA DIRECCION DE RIEGO  
 SOBRE LA SITUACION DEL RIO AZUFRE

## INDICE

	Pág.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	I - V
A) <u>DE TEXTO</u>	
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Relación sucinta del trabajo de campo de 1968	4
1.3. Antecedentes bibliográficos	7
1.4. Breve reseña geológica del Departamento de Arica	20
1.5. Clima	28
1.6. Hidrografía	31
1.7. La vida silvestre	41
1.8. Actividades agropecuarias en la cuenca del Lluta.	44
Vialidad	50
1.9. Demografía	50
II. ANALISIS TOPOGRAFICO Y GEOLOGICO DE LAS ANGOSTURAS	51
2.1. Angostura de Patapatane	51
2.2. Angostura de Jamiralla	52
2.3. Angostura de Chironta ( 3 <sup>ra</sup> Angostura)	52
2.4. Angostura Vilacollo-Chironta (2 <sup>da</sup> Angostura)	53
2.5. Angostura Iquecta-Vilacollo ( 1 <sup>ra</sup> " )	54
2.6. Angostura de Sausine o Milluni	55
2.7. Angostura de Boca Negra	55
2.8. Angostura Superior	56
2.9. Tranques laterales	57
III. ESTUDIO HIDROLOGICO	58
3.1. Estaciones Fluviométricas	58
3.2. Estaciones Pluviométricas	59
3.3. Estadísticas Fluviométricas	60
3.4. Estadísticas Pluviométricas	62
3.5. Análisis y Reconstitución de estadísticas de regímenes naturales	64
3.6. Tasa de riesgo	67
3.7. Regulación	70
3.8. Gasto sólido del río Lluta	73
3.9. Elección de la solución	74

## INDICE

	Pág.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	I - V
A) <u>DE TEXTO</u>	
I. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Relación sucinta del trabajo de campo de 1968	4
1.3. Antecedentes bibliográficos	7
1.4. Breve reseña geológica del Departamento de Arica	20
1.5. Clima	28
1.6. Hidrografía	31
1.7. La vida silvestre	41
1.8. Actividades agropecuarias en la cuenca del Lluta. Vialidad	44
1.9. Demografía	50
II. ANALISIS TOPOGRAFICO Y GEOLOGICO DE LAS ANGOSTURAS	51
2.1. Angostura de Patapatane	51
2.2. Angostura de Jamiralla	52
2.3. Angostura de Chironta ( 3 <sup>ra</sup> Angostura)	52
2.4. Angostura Vilacollo-Chironta (2 <sup>da</sup> Angostura)	53
2.5. Angostura Iquecta-Vilacollo ( 1 <sup>ra</sup> " )	54
2.6. Angostura de Sausine o Milluni	55
2.7. Angostura de Boca Negra	55
2.8. Angostura Superior	56
2.9. Tranques laterales	57
III. ESTUDIO HIDROLOGICO	58
3.1. Estaciones Fluviométricas	58
3.2. Estaciones Pluviométricas	59
3.3. Estadísticas Fluviométricas	60
3.4. Estadísticas Pluviométricas	62
3.5. Análisis y Reconstitución de estadísticas de regímenes naturales	64
3.6. Tasa de riego	67
3.7. Regulación	70
3.8. Gasto sólido del río Lluta	73
3.9. Elección de la solución	74

	Pág.
IV. CALIDAD DEL AGUA DEL RIO LLUTA	77
4.1. Material de estudio	77
4.2. Comentario de los análisis	80
4.3. Comparación de las aguas del Lluta con las de otros sistemas del Norte Grande	92
4.4. La influencia de los drenes	93
V. CONSECUENCIAS DE LA CAPTACION DEL RIO CAQUENA EN LA HOYA DEL RIO LLUTA	96
5.1. Introducción	96
5.2. El Valle del Caquena	96
5.3. Descripción de las obras de captación y Vialidad	98
5.4. Calidad del agua del río Caquena	102
5.5. Estudio hidrológico. Reconstitución de la estadística	105
5.6. Reactualización del presupuesto y plan de trabajo	109
5.7. Beneficios y costo por hectárea regada	110
5.8. Aprovechamiento hidroeléctrico	111
BIBLIOGRAFIA	112

B) DE CUADROS

Nº 1 Registros meteorológicos en Chacabuco	30-31
Nº 2 Corrida de aforos en la hoya del Lluta 1968	39-40
Nº 3 Comparación de las características de tranques rockfill en río Lluta	53-54
Nº 4 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Alcérreca"	63-64
Nº 5 Estadística de G.M.M. observados "Río Azufre en Alcérreca"	63-64
Nº 6 Estadística de G.M.M. observados "Río Colpitas en Alcérreca"	63-64
Nº 7 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Jamiralla"	63-64
Nº 8 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Tocontasi"	63-64
Nº 9 Estadísticas Pluviométricas en la hoya del Río Lluta. Estaciones de Visviri, Villa Industrial, Alcérreca, Putre y Puquios	63-64
Nº10 Estadística Pluviométrica de Parinacota	63-64

	Pág.
IV. CALIDAD DEL AGUA DEL RIO LLUTA	77
4.1. Material de estudio	77
4.2. Comentario de los análisis	80
4.3. Comparación de las aguas del Lluta con las de otros sistemas del Norte Grande	92
4.4. La influencia de los drenes	93
V. CONSECUENCIAS DE LA CAPTACION DEL RIO CAQUENA EN LA HOYA DEL RIO LLUTA	96
5.1. Introducción	96
5.2. El Valle del Caquena	96
5.3. Descripción de las obras de captación y Vialidad	98
5.4. Calidad del agua del río Caquena	102
5.5. Estudio hidrológico. Reconstitución de la estadística	105
5.6. Reactualización del presupuesto y plan de trabajo	109
5.7. Beneficios y costo por hectárea regada	110
5.8. Aprovechamiento hidroeléctrico	111
BIBLIOGRAFIA	112

B) DE CUADROS

Nº 1 Registros meteorológicos en Chacabuco	30-31
Nº 2 Corrida de aforos en la hoya del Lluta 1968	39-40
Nº 3 Comparación de las características de tranques rockfill en río Lluta	53-54
Nº 4 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Alcérreca"	63-64
Nº 5 Estadística de G.M.M. observados "Río Azufre en Alcérreca"	63-64
Nº 6 Estadística de G.M.M. observados "Río Colpitas en Alcérreca"	63-64
Nº 7 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Jamiralla"	63-64
Nº 8 Estadística de G.M.M. observados "Río Lluta en Tocontasi"	63-64
Nº 9 Estadísticas Pluviométricas en la hoya del Río Lluta. Estaciones de Vieviri, Villa Industrial, Alcérreca, Putre y Puquios	63-64
Nº 10 Estadística Pluviométrica de Parinacota	63-64

	Pág.
Nº11 Estadísticas de Gastos Medios observados y corregidos en las estaciones de "Azufre", "Colpitas" y "Lluta" en Alcérreca	64-65
Nº12 Necesidades mensuales de agua para diversos cultivos en el Valle del Lluta, según Blaney y Criddle	67-68
Nº13 Tasa de riego para el Valle del Lluta	69
Nº14 Demanda de agua para diferentes superficies, Valle del Lluta	71
Nº15 Volúmenes escurridos, Río Lluta en Tocontasi	71-72
Nº16 Déficit y sobrantes sin embalse S = 2000 Há	72-73
Nº17 " " " " S = 2500 "	
Nº18 " " " " S = 2800 "	
Nº19 " " " " S = 3000 "	
Nº20 " " " " S = 3200 "	
Nº21 " " " " S = 3500 "	
Nº22 Regulación Lluta en Tocontasi	
V = 10 mill. m <sup>3</sup> ; S = 2500 Há	72-73
Nº23 Idem S = 2800 "	
Nº24 " S = 3000 "	
Nº25 " S = 3200 "	
Nº26 " S = 3500 "	
Nº27 Regulación Lluta en Tocontasi	
V = 15 mill. m <sup>3</sup> ; S = 2500 Há	72-73
Nº28 Idem S = 2800 "	
Nº29 " S = 3000 "	
Nº30 " S = 3200 "	
Nº31 " S = 3500 "	
Nº32 Regulación Lluta en Tocontasi	
V = 20 mill. m <sup>3</sup> ; S = 3000 Há	72-73
Nº33 Idem S = 3200 "	
Nº34 " S = 3500 "	
Nº35 Determinación de la seguridad de riego para distintas capacidades de embalse y superficies regadas	72-73
Nº35' Selección de tranques	74-75
Nº36 Análisis químico de las aguas de las hoyas de los ríos Lluta y Caquena	79-80
Nº37 Análisis químico de las aguas del río Lluta en el sector agrícola	79-80
Nº38 Análisis químico de las aguas del río Caquena en bocatoma	102-103
Nº39 Afaros antiguos simultáneos de los ríos Caquena y Lauca	105-106
Nº40 Lecturas limnimétricas y gastos en sección de aforo del río Caquena	105-106

	Pág.
Nº41 Estadística reconstituida de G.M.M. Río Caquena en Caquena	107-108
Nº41A Volúmenes escurridos río Caquena en sección de aforo	
Nº42 Volúmenes escurridos río Caquena en Tocontasi	
Nº43 " " río Lluta más Caquena en Tocontasi	
Nº44 Demandas mensuales de riego para distintas superficies	108
Nº45 Río Lluta más Caquena en Tocontasi, déficit y sobranes sin embalse	108-109
Nº46 Idem S = 3000 Há	
Nº47 " S = 3500 "	
Nº48 " S = 4000 "	
Nº49 " S = 4500 "	
Nº50 Regulación Lluta más Caquena en Tocontasi V = 15 mill.	108-109
Nº51 Idem S = 3000 Há	
Nº52 " S = 3500 "	
Nº53 " S = 4000 "	
Nº54 " S = 4500 "	
Nº55 Regulación Lluta más Caquena en Tocontasi V = 20 mill.	108-109
Nº56 Idem S = 4000 Há	
Nº57 " S = 4500 "	
Nº58 " S = 5000 "	
Nº58 Río Lluta más Caquena en Tocontasi. Determinación de la seguridad de riego para distintas capacidades de embalse y superficies regadas	108-109
Nº59 Río Lluta más Caquena en Tocontasi. Resumen de costos por Há para diversas alternativas de superficie regada, seguridad de riego y capacidad de embalse en 3 <sup>ra</sup> Angostura	110-111
Presupuesto reactualizado del Proyecto de Captación del río Caquena, a Diciembre de 1968	109-110

### C) DE GRAFICOS

Nº 1 Río Lluta en Tocontasi. Gastos medios mensuales correspondientes a distintos tipos de años	40-41
Nº 2 Curvas de volumen de muro y capacidad, 1 <sup>ra</sup> Angostura	53-54
Nº 3 Idem 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>ra</sup> Angosturas	
Nº 4 Río Lluta en Tocontasi. Hidrograma medio de 13 años	65-66
Nº 5 Correlación de estadísticas Lluta en Alcérreca-Lluta en Tocontasi	
Nº 6 Idem	
Nº 7 "	65-66

	Pág.
Nº 8 Comparación de pluviogramas e hidrogramas	66-67
Nº 9 Tasa de riego para el Valle del Lluta	68-69
Nº10 Regulación R. Lluta. Seguridad, capacidad embalse y superficies regadas	73-74
Nº11 Costo por Há vs. superficie cultivada y capacidad de embalse, con 80% de seguridad	73-74
Nº12 Variación de la conductividad, del índice SAR y pH a lo largo del curso del río Lluta, entre Humapalca y Chacalluta.	91-92
Nº13 Variación del boro y arsénico a lo largo del curso del R. Lluta entre Humapalca y Chacalluta	91-92
Nº14 Río Lluta más Caquena en Tocontasi: seguridad de riego vs. superficie regada. Parámetro: capacidad de embalse.	110-111
Nº15 Río Lluta más Caquena en Tocontasi. Costo por Há vs. superficie total cultivada para seguridades de riego de 80 y 100%	110-111

#### D) DE MAPAS Y PLANOS

Mapa del Departamento de Arica con indicación de las unidades fisiográficas y las áreas de cultivo	1
Moya hidrográfica del Río Lluta Esc. 1:500 000	31
Plano de planta de la 1 <sup>ra</sup> Angostura Iquecta-Vilacollo	
Plano de planta de la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>ra</sup> Angosturas Vilacollo-Chironta y Chironta	53-54

#### E) DE ANEXOS

(En orden numérico al final del informe)

- Anexo Nº1 "Informe geológico Nº1 - Reconocimiento geológico preliminar para el emplazamiento de un embalse en el valle de Lluta, Departamento de Arica" por el geólogo Carlos Emparán
- Anexo Nº2 "Informe sobre una visita al valle de Lluta para examinar dos angosturas para el proyecto de presas" por Ing. Enrique Rowe
- Anexo Nº3 "Breve informe sobre la situación actual del Valle del Lluta" por Ing. Marco Guiluicci
- Anexo Nº4 "Gloserio de términos en relación con la calidad del agua. Reseña de métodos seguidos en las determinaciones químicas. Interpretación de análisis de agua". Clasificación
- Anexo Nº5 "Análisis químico de las aguas del río Azufre" por Ing. Pedro Sutter