

SEMINARIO SOBRE TECNICAS DE PLANIFICACION

DE RECURSOS HIDRICOS

Universidad Técnica Federico Santa María
Comisión Nacional de Riego
Esva1

EL SISTEMA ACONCAGUA

Ing. Jorge Silva Matte
Comisión Nacional de Riego

Marzo, 1981

ANTECEDENTES:

- Recursos de Agua
- Area de riego y uso actual de los recursos de agua
- Reseña de las soluciones propuestas para el mejoramiento del regadío.

I. VALLE DE ACONCAGUA

1.1. Los recursos de agua del valle provienen del río Aconcagua, que nace en la vertiente Occidental de la Cordillera de los Andes y escurre hacia el Poniente, recogiendo las aguas de una extensa hoya hidrográfica, hasta desembocar al mar en la localidad de Concón.

Sus afluentes principales son los ríos Juncal, Blanco y Colorado, que en conjunto con numerosos pequeños esteros forman su curso superior y el río Putaendo, que debido a su ubicación geográfica y por la magnitud de su hoya, constituye un sistema de regadío independiente (2).

La hoya del río Aconcagua, medida hasta la localidad de Chacabuquito, lugar donde existe su principal control fluviométrico, se calcula en 2.050 Km.², de los cuales, 1,600 Km² que representan el 78% de la superficie total se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.) y constituyen su hoya glacial.

El río Aconcagua presenta en su curso superior las características de todos los ríos de cordillera de la zona Central de Chile, con aumentos de corta duración durante las lluvias y caudales máximos durante los meses de Diciembre y Enero, provocados por el deshielo en la alta cordillera. Sus caudales mínimos se producen durante los meses de Abril y Mayo.

Aguas abajo de Curimón, el río Aconcagua recibe como afluente por su margen izquierda al estero Pocuro. La hoya hidrográfica de este estero tiene una superficie de 525 Km², de los cuales, 85 Km², que representan sólo el 16,2% de la superficie total, se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.) y constituyen su hoya glacial.

En la hoya del estero Pocuro el deshielo se produce durante los meses de Septiembre y Octubre y el estiaje durante los meses de Marzo y Abril.

Aguas abajo de San Felipe, el río Aconcagua recibe como afluentes por su margen derecha al río Pataendo y al estero Quilpué. Este último se forma de la confluencia de los esteros San Francisco, Del Barro, Lo Calvo y Jahuel. Su hoya hidrográfica tiene una superficie de 580 Km², de los cuales 270 Km², que representan el 46,5% de la superficie total, se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.).

El estero Quilpué se caracteriza por tener sus caudales máximos durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, que decrecen rápidamente hasta alcanzar valores mínimos durante los meses de Marzo y Abril. En años lluviosos el deshielo se prolonga hasta el mes de Enero.

Experiencias efectuadas sobre medidas de pérdidas y recuperaciones a lo largo del valle, indican la existencia de una zona de infiltración en el sector comprendido entre Chacabuquito y la ciudad de Loa Andes. En esta zona se produce la recarga de la napa subterránea a expensas del caudal superficial del río.

Aguas abajo de Loa Andes y especialmente a la altura de San Felipe, se producen las primeras recuperaciones o vertientes en el lecho del río, que tienen máxima importancia en el secutor comprendido entre San Felipe y Chagres.

De las investigaciones efectuadas por CORFO, se deduce que los niveles estáticos de la napa subterránea, se encuentran a profundidades que varían entre 40 y 50 mts. para el área de Los Andes, y que no son mayores de 10 mts. para la zona de San Felipe. El espesor del relleno varía desde 60 mts. en el sector alto de Los Andes, hasta 150 mts. cerca de la junta con el río Putaendo.

El acuífero existente en el sector es de tipo freático, siendo sus características de permeabilidad y transmisibilidad más favorables cerca del lecho actual del río y sobre antiguos cauces.

Existen zonas lenticulares de características aún más favorables como ocurre en el sector alto de Los Andes, en el

cual, para una profundidad de habilitación de sólo 50 mts. es posible obtener un caudal de 100 lts/seg., mientras que para conseguir este mismo caudal en la zona de Rinconada, San Rafael o al Sur Oriente de San Felipe, dicha profundidad debe aumentarse hasta 100 mts.

En la zona de San Felipe existen condiciones generales, favorables para la captación de aguas subterráneas. En el sector alto, es posible obtener hasta 100 lts/seg. con profundidades de habilitación de 60 mts y en el sector bajo, con la misma perforación, se puede extraer hasta 150 lts/seg.

La hoya hidrográfica del río Aconcagua en el sector comprendido entre San Felipe y Puntilla Romeral, es en su totalidad de origen pluvial y se calcula en 761 Km².

Sus afluentes más importantes en este sector son: el estero Lo Campo que entrega sus aguas por la margen izquierda, cerca de la localidad de Panquehue y el estero Catemu, que desemboca por la margen derecha, inmediatamente aguas abajo de Chagres. Sus hoyas hidrográficas miden respectivamente 96 Km² y 304 Km².

Al final del sector, frente a Puntilla Romeral, desembocan por la ribera izquierda el estero Los Loros y su afluente el Vichiculén, que recogen las aguas del valle de Llay Llay y que en conjunto tienen una hoya hidrográfica de 204 Km².

Los recursos de agua del sector provienen de las recuperaciones o afloramientos que se producen en el lecho del río aguas abajo de la ciudad de San Felipe y que alcanzan valores máximo en la zona de Chagres. Estos caudales se ven incrementados por los aportes superficiales de los esteros afluentes, ya mencionados.

El acuífero existente en el valle principal es de tipo freático y los niveles estáticos se encuentran en general a profundidades inferiores a 10 mts.

En el valle de Llay Llay, cuyas características son diferentes a los del valle principal, existe un acuífero confinado de altos rendimientos por sondaje. (sobre 150 lts/seg).

De los antecedentes hidrogeológicos existentes se deduce que en este sector sería posible extraer un caudal aproximado de $1 \text{ m}^3/\text{seg}$.

La hoya hidrográfica del río Aconcagua en el sector comprendido entre Puntilla Romeral y Quillota es en su totalidad de origen pluvial y se calcula en 780 Km^2 .

Aguas abajo de Ocoa, el río Aconcagua recibe como afluente por su margen izquierda al estero Rabuco, cuya hoya hidrográfica tiene una superficie de 148 Km^2 .

Frente a la ciudad de La Calera recibe por la margen derecha el estero Los Litres, que recoge las aguas de los esteros El Cobre, Melón y Pucalán. La hoya hidrográfica de estos esteros tiene una superficie de 368 Km^2 .

recoge las aguas de los esteros Olmué-Granizo, Pelumpén y Lliu-Lliu y cuya hoya hidrográfica total alcanza a 563 Km².

Los recursos de agua del sector provienen de recuperaciones que se producen en el lecho del río y que eventualmente se incrementan con aportes de los esteros afluentes mencionados.

Las características del acuífero señaladas para la sección anterior, prevalecen para el sector comprendido entre la bocatoma dal canal Rautén y Angostura de Mauco. Desde esta angostura hasta la desembocadura se detectan dos acuíferos, uno freático y otro confinado. Como se verá en el párrafo siguiente, no existen en este sector nuevas posibilidades de extracción de aguas subterráneas con fines de riego.

1.2. Area de riego y uso actual de los recursos de agua

El área de riego del valle de Aconcagua se extiende desde el sector denominado Las Perdices hasta la desembocadura del río en Concón.

Desde el punto de vista legal, el río Aconcagua se considera dividido en cuatro secciones independientes entre sí.

- La 1^a sección comprende desde los primeros terrenos agrícolas del valle hasta la ciudad de San Felipe.

- La 2ª sección se extiende desde San Felipe hasta Puntilla Romeral.
- La 3ª sección incluye los terrenos comprendidos entre Puntilla Romeral y la ciudad de Quillota.
- La 4ª sección se extiende desde la ciudad de Quillota hasta el mar.

Cada una de estas secciones puede agotar el caudal del río en su sector, situación que se base en el hecho de que a lo largo del valle, según se señaló, se produce un intercambio de caudales entre el río y la napa subterránea que se traduce en la existencia de zonas de recarga y zonas de recuperaciones.

La superficie total bajo canales de riego en las cuatro secciones según los estudios efectuados sería de 73.000 hás.

La 1ª sección que comprende aproximadamente 28.000 hás. utiliza las aguas superficiales del río Aconcagua y de los esros Sn. Francisco y Pocuro.

La conducción de estas aguas y su distribución entre los diversos predios se efectúa por medio de numerosos canales sin revestir.

La seguridad de riego de los terrenos que se riegan con aguas del río Aconcagua en general, es alta. Constituye una

excepción el área regada por el canal Chacabuco - Polpaico, cuya dotación se ve limitada por las necesidades de la Central Los Quilos, que tiene un derecho preferencial sobre las aguas del río Aconcagua equivalente a $10 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Los derechos del canal Chacabuco - Polpaico son de ejercicio eventual y solo se pueden ejercer cuando los terrenos que gozan de derechos permanentes han satisfecho sus demandas.

Los terrenos que se riegan con aguas del estero San Francisco y de sus afluentes y en especial aquéllos que utilizan recursos del estero Pocuro, tienen baja seguridad de riego debido a lo cual se hace necesaria la construcción de algunas obras de infraestructura que permitan mejorar su aprovechamiento.

Como ejemplo es conveniente mencionar el valle del estero el Zaino, en el cual se construyó un canal revestido que permite mejorar el aprovechamiento de los escasos recursos de agua de este afluente del estero Jahuel.

La longitud del canal es de 2,5 km. y la superficie de riego que se beneficiará es de aproximadamente 250 hás.

La 2ª sección del Aconcagua que comprende aproximadamente 18.000 hás. aprovecha las recuperaciones que se producen en el lecho del río aguas abajo del puente de San Felipe y además utiliza los caudales de los esteros Lo Campo y Catemu, y una parte de los recursos de los esteros Los Loros y Vichiculén.

La conducción de estas aguas y su distribución entre los diversos predios se efectúa por medio de numerosos canales sin revestir, que se desarrollan por ambas laderas del valle.

La seguridad de riego en esta sección es en general la más alta del valle. Existen sin embargo algunos sectores relativamente deficitarios tales como los últimos predios que se riegan con los canales Campino y Del Cerro, en Lo Campo y con el canal Valdesano en Llay Llay.

En la 2ª sección existen áreas importantes con limitaciones en su capacidad de uso, como consecuencia de niveles freáticos superficiales.

Estas áreas de drenaje insuficiente se encuentran ubicadas en los sectores de: Palomar, Panquehue, Lo Campo, Catemu, Romeral y Llay Llay.

En el sector comprendido entre Palomar y Romeral el problema afecta en distinto grado a unas 2.500 hás, entre las cuales existen terrenos con limitaciones para ciertos cultivos y terrenos pantanosos que no permiten ninguna forma de explotación.

En el área de Llay Llay el sector con deficiencias de drenaje abarca unas 3.000 hás. El Servicio Agrícola y Ganadero

está desarrollando trabajos de limpia y encauce del estero Vichiculén y proyecta hacerlas extensivas al estero Los Loros, con el propósito de dar solución al problema.

La 3ª sección del Aconcagua que comprende una superficie aproximada de 25.000 háas aprovecha las aguas de recuperaciones que se producen en el cauce del río, aguas abajo de Puntilla Romeral y además utiliza los caudales de los esteros Los Loros, Rabuco y Los Litres.

La conducción de estas aguas y su distribución entre los diversos predios se efectúa por medio de numerosos canales sin revestir, que se desarrollan por ambos costados del valle.

La seguridad de riego de los terrenos de la 3ª sección en general es deficiente. Existen sectores deficitarios, como el área regada por el canal Purutún en el sector de Pucalán y las áreas servidas por los canales Melón y Serrano. Estos dos canales, además del canal Chacabuco de la 1ª sección, disponen solamente de derechos de ejercicio eventual.

Para aliviar en parte la escasez de agua que se produjo durante la última sequía, se construyeron en la 3ª sección algunos sondajes y pozos superficiales destinados a obtener recursos de la napa subterránea. Los rendimientos de estos pozos en general no sobrepasan los 40 lts/seg.

En la 3ª sección existen también algunos terrenos de mal drenaje. Ellos se encuentran ubicados en los sectores de Los Tilos, La Peña y Pocochay.

La 4ª sección que comprende aproximadamente 2.000 hás. aprovecha las recuperaciones que se producen en el lecho del río aguas abajo de Quillota y utiliza además los caudales de los esteros El Cajón y Limache.

Las aguas se conducen y se distribuyen entre los diversos predios por medio de canales sin revestir que se desarrollan por ambos márgenes del valle. La seguridad de riego de la 4ª sección es baja en general.

Un sector importante de la ribera izquierda del valle se riega con aguas de los canales Waddington y Ovallino, que pertenecen a la 3ª sección ya que sus bocatomas se encuentran ubicadas a la altura de la Calera.

Por el costado derecho del valle se desarrolla el canal Maucó, que con los canales Chacabuco, Melón y Serrano forma el conjunto de canales que disponen sólo de derechos eventuales. Este canal cuya bocatoma está ubicada en el sector Lo Rojas, riega algunos terrenos de la margen derecha del valle y después de un largo recorrido se dirige hacia el Norte regando los terrenos de la terraza costera, comprendidos entre Concón y Valle Alegre. La seguridad de riego de estos terrenos es la más baja del valle.

En la vertiente izquierda y sobre la cota de los canales de riego, en el sector comprendido entre los esteros Olmue-Granizo y Marga Marga, existen pequeñas áreas que se riegan eventualmente con aguas de los esteros afluentes al río Aconcagua. El aprovechamiento de estos recursos se efectúa por medio de numerosos embalses que acumulan las aguas de invierno. La seguridad de riego de estos sectores en general es baja, por lo cual los recursos de agua se restringen a pequeñas superficies. Existen sin embargo superficies de importancia, que podrían regarse trasladando recursos desde otros sectores.

El uso de aguas subterráneas en el sector comprendido entre la bocatoma del canal Rautén y Angostura de Mauco reviste - características similares a las de la 3^a sección, existiendo algunos pozos aún no habilitados.

En el sector comprendido entre Angostura de Mauco y Concón no existen perspectivas de obtención de aguas subterránea con fines de riego, ya que las extracciones de DOS, aguas abajo de Angostura de Mauco; de ENAP en Tabolango y en la desembocadura, y los futuros sondajes de la Planta de Fosfatos por instalarse en Ventanas y que extraerán aguas del sector Rautén-Tabolango, estarían ocupando plenamente la potencialidad de la napa subterránea del sector.

Según los estudios efectuados por la Dirección de Riego, ya mencionados, el río Aconcagua, 56.500 hárs en el Valle de Aconcagua y 1.500 hárs en la zona de Chacabuco-Polpaico.

1.3. Reseña de las soluciones propuestas para el Mejoramiento del Regadío.

A partir de 1918 el Departamento de Riego de la Dirección General de Obras Públicas efectuó estudios preliminares para la ubicación de embalses en la hoya superior del río Aconcagua. Se analizaron diversas soluciones, entre las cuales cabe recordar los embalses: Los Leones, Riecillos, Salto del Soldado y los Piuquenes con capacidades que fluctuaron entre 28 y 34 millones de m³. Estos proyectos fueron descartados por el Depto. de Riego debido a su alto costo y a que los volúmenes de regulación que se proponían eran insuficientes para dar solución al déficit de riego del valle.

Se realizaron además estudios sobre la posibilidad de utilizar, con fines de regadíos las aguas de las lagunas: De Castro, De Portillo o Del Inca y Barrosa, existentes en la alta cordillera, con capacidades respectivas de 8,2; 76,2 y 5,9 millones de m³.

En 1921, el Ing. Sr. C.K. Trampé estudió la posibilidad de utilizar las aguas de la Laguna del Inca. Dicha laguna, ubicada a 2.800 m. (s.n.m.) en un afluente de la vertiente norte del río Aconcagua dispone de un volumen acumulado que fluctúa entre los 70 y 80 millones de m³: que no pueden ser utilizados por falta de obras de descarga.

Durante años lluviosos la laguna sube considerablemente su nivel y en años secos, este desciende en igual forma, ayudado por una fuerte evaporación.

El proyecto consultaba la construcción de un túnel de descarga de 1.222 m. de longitud, que entregaría las aguas a la quebrada que nace inmediatamente aguas abajo de la laguna, provocando una depresión máxima de alrededor de 75m. en su nivel de aguas.

Si se calculan los volúmenes afluentes a la laguna, observando que su hoya hidrográfica mide solamente $43,5 \text{ Km}^2$ y aplicando dicha superficie los rendimientos obtenidos para la laguna Chepical, ubicada en el valle de Ligua, a 3.000m. (s.n.m.) (Informe CORFO-PROAS 1.967), se deduce que el volumen anual promedio no excede de los 6 millones de m^3 .

Es posible desviar el río Juncalito hacia la laguna, mediante un canal alimentador. En esta forma es posible agregar $28,5 \text{ Km}^2$ a la hoya de la laguna, con lo cual el volumen anual promedio puede alcanzar hasta los 10 millones de m^3 .

La insuficiencia de los recursos de la laguna del Inca, característica más o menos general de las lagunas de cordillera de la zona central de Chile, plantearía la necesidad de administrar sus aguas como un recurso destinado a suplementar años de escasez.

En 1930, el Ingeniero Sr. Manuel Ossa C. estudió para el Depto. de Riego los anteproyectos de los embalses: Vilcuya de 82,1 millones de m³ ubicado sobre el río Aconcagua a 13 Km aguas arriba de Los Andes; Las Vegas de 68,7 millones de m³, cerrando el cauce del Aconcagua entre las puntillas de la Calavera y de Romeral; y Rabuco de 112,9 millones de m³ cerrando el cauce del estero del mismo nombre, entre las puntillas del Maitén y de la Laja.

Los proyectos de las Vegas y de Rabuco fueron desechados por el Depto. de Riego, debido a sus altos costos y a la dificultad que presentaba la fundación de los muros de presa.

Las obras del embalse Vilcuya se iniciaron a fines del año 1930, paralizándose inmediatamente después de la construcción del campamento de la obra.

En 1936 se efectuó un estudio de regularización de las aguas del estero Pocuro. El anteproyecto consultaba la construcción de una presa (El Papagayo) que estaría ubicada en una estrecha garganta, en el curso superior de dicho estero. El volumen de embalse propuesto era de 6,0 millones de m³ y se obtendría con un muro de 45 m. de altura que exigiría un movimiento de tierra de 696.500 m³.

No se tiene información de los antecedentes hidrológicos ni agrológicos que se consideraron para fijar la capacidad del

embalse, pero, dada su ubicación geográfica, se estima que dejaría bajo cota de canales a una parte importante de terrenos que actualmente se riegan con el canal Chacabuco.

En 1965 visitó el país una misión Británica integrada por los Ingenieros Rendel, Palmer y Tritton, quienes a solicitud del Gobierno de Chile, estudiaron la factibilidad técnica y económica del Mejoramiento del Regadío del Valle - del Aconcagua, proponiendo en Enero de 1967 la construcción de dos embalses:

- Puntilla del Viento, ubicado inmediatamente aguas abajo de la solución Vilcuya, de 148 millones de m³ de capacidad, 4,5 millones de m³ de volumen de muro y 110 mts. de altura, cuyo beneficio sería equivalente al riego de 17.575 hás nuevas.
- Las Peñas ubicado en el Valle de Llay Llay, cerrando una ensada, de 154 millones de m³ de capacidad, 17 millones de m³ de volumen de muro y 58 mts. de altura.

El proyecto del embalse Puntilla del Viento fue elaborado por la Dirección de Riego del M.O.P.T., la cual publicó en Diciembre de 1969 un informe que justificaba su construcción y fijaba la capacidad definitiva del embalse en 150 millones de m³ con un volumen de muro de 4 millones de m³ y 120 mts. de altura. La obra aseguraría el riego de 68.000 hás. en

el valle del Aconcagua, 8.000 há^s en el valle de Putaendo y 4.000 há^s en la zona de Chacabuco-Polpaico. El mejoramiento de la seguridad de riego en el valle de Putaendo se haría efectivo mediante la construcción del canal Jahuel. Este canal, que tendría su bocatoma aguas abajo del embalse se desarrollaría por la ladera derecha del valle, remontando luego el valle del Putaendo. La entrega de aguas a este último se efectuaría a la altura de Puntilla Mal Paso con lo cual los terrenos de la 2^a sección del Putaendo quedarían bajo aguas del embalse.

El embalse Las Peñas fue descartado debido a su altísimo costo.

En 1969 La Corporación de la Reforma Agraria propuso el estudio de un embalse en la ensenada de Rautén. El informe preliminar fue elaborado por los Ingenieros Emilio Donoso y Cristián Pérez, fijándose un volumen de embalse de 54 millones de m³, un volumen de muro de 980.000 m³ y una altura de 30 mts.

El embalse recibiría alimentación desde el río Aconcagua a través de un canal y permitiría mejorar el regadío de la 4^a sección del río Aconcagua y mediante una elevación, dotar de recursos permanente al canal Mauco, regando los terrenos de la terraza costera Concón-Valle Alegre y prolongando dicha área de riego hasta Puchuncaví.

Durante 1972 se planteó una dura polémica entre la Dirección General de Aguas y la Dirección de Riego ante la necesidad de dar solución al problema de abastecimiento de agua potable de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, que haría crisis a partir de 1976.

La Dirección General de Aguas planteó como solución del problema la construcción de un canal alimentador al embalse Peñuelas que captaría excedentes de los ríos Mapocho y Maipo, regando 27.700 hás de nuevos terrenos en los Valles de Curacaví y Casablanca. El proyecto recibió inicialmente el nombre de Canal Santiago-Peñuelas y luego el de Canal Prosperidad.

La Dirección de Riego propuso por su parte, la construcción del embalse Aromos, que se ubicaría sobre el estero Limache a 5 Km. aguas arriba de la desembocadura en el río Aconcagua. El embalse aprovecharía las extraordinarias condiciones topográficas que ofrece el lugar y además de regularizar las aguas de invierno de su hoya propia, recibiría excedentes del río Aconcagua a través de un canal alimentador.

En Abril de 1972 la Dirección de Obras Sanitarias publicó un informe en que "recomendó la construcción del embalse Aromos, como solución inmediata para asegurar el abastecimiento de aguas potable de la zona por un mínimo de 10 años.

Posteriormente se construiría el canal Santiago-Peñuelas como solución definitiva al problema de agua potable de Valparaíso. El embalse Aromos se destinaría, entonces, al regadío de la 4ª sección del río Aconcagua".

En Agosto de 1972 la Dirección de Riego publicó un anteproyecto del embalse fijando su capacidad útil en 50.2 millones de m³. Para conseguir este volumen sería preciso construir una presa de 42 mts. de altura y 690.000 m³ de volumen de muro. La conducción de las aguas del río Aconcagua hasta el embalse se efectuaría a través de un canal alimentador que tendría su bocatoma a la altura de Puente Boco y cuya longitud sería de 6 Km. La capacidad de este canal se fijó en 15 m³/seg.

A fines de 1971 se inició la construcción de la variante del ferrocarril trasandino y durante 1972 se puso en marcha la desviación del camino internacional; obras que debían ejecutarse en forma previa a la construcción del embalse Puntilla del Viento.

Durante 1973 se inició la construcción del túnel de desviación.

Durante 1976 se ordenó la paralización de las obras en espera del resultado del estudio de factibilidad económica

que se iniciaría en virtud de las nuevas políticas que definió el Supremo Gobierno.

Las obras preliminares para la construcción del embalse Aromos se iniciaron a fines de 1972.

A la fecha se ha finalizado la construcción de la presa y sólo falta dar solución a un problema creado por la presencia de arenas licuables al pie de la presa y terminar la construcción de las obras de evacuación de crecidas.

Adicionalmente resta la construcción de la aducción desde el embalse hasta la planta elevadora de Concón.

2. VALLE DEL PUTAENDO

2.1. Recursos de agua

Los recursos de agua del valle provienen principalmente - del río Putaendo, que nace en la alta cordillera y escurre hacia el Sur, recogiendo las aguas de una importante hoya hidrográfica, hasta desembocar en el río Aconcagua, aguas abajo de la ciudad de San Felipe.

Sus afluentes principales son los ríos Rocín y Chalaco, después de cuya confluencia, 20 kms. aguas arriba del pueblo de Putaendo, el río recibe su nombre.

La hoya del río Putaendo, medida hasta la localidad de Resguardo Los Patos, lugar donde existe una estación de control fluviométrico del río, es de 927 km², de los cuales, 640 km², que representan un 69% de la superficie total, se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.) y constituyen su hoya glacial.

El río Putaendo presenta un régimen de tipo glacial con características muy similares a las del curso superior del río Aconcagua. Sus caudales adquieren valores máximos durante los meses de Noviembre y Diciembre, ocasionados por el deshielo y luego decrecen hasta alcanzar valores mínimos durante los meses de Abril y Mayo.

Experiencias efectuadas sobre medida de pérdidas y recupera

ciones a lo largo del valle, indican la existencia de una zona de infiltración aguas arriba de Putaendo. Inversamente en la parte inferior del valle se producen recuperaciones, cuya importancia es creciente, aguas abajo de la junta con el río Aconcagua.

De las investigaciones efectuadas por CORFO se deduce que los niveles estáticos de la napa subterránea se encuentran a profundidades de 0 a 5 m. cerca de la junta con el río - Aconcagua y de 50 m. en la línea de pozos ubicada a unos - 5,5 km. aguas arriba de dicha junta. Valle arriba, a la altura de Putaendo el nivel estático se encuentra aproximadamente a 100 m. El espesor del relleno en el valle alcanza a los 200 m.

Las condiciones en la parte baja del valle son evidentemente más favorables para la obtención de agua subterránea.

Sin embargo, para conseguir caudales de 100 lts/seg. debe pensarse en profundidades de habilitación de 180 m. Desde Quebrada Herrera hacia aguas abajo, se estima posible extraer un caudal comprendido entre 0,5 a 1 m³/seg.

2.2. Area de Riego y uso actual de los recursos de agua

El Area de Riego del Valle de Putaendo se extiende desde el Resguardo Los Patos hasta la desembocadura del río en el Aconcagua.

Con el objeto de facilitar el estudio se puede considerar a esta área dividida en dos secciones:

- La 1a. Sección que comprende desde el Resguardo Los Patos, hasta el lugar denominado Tres Puentes o Puntilla de Mal Paso.
- La 2a. Sección que se extiende desde Tres Puentes hasta la desembocadura.

La superficie total bajo canales de riego en ambas secciones según estudios efectuados por la Dirección de Riego, sería de 8.000 hás. correspondiendo aproximadamente 4.000 hás. a cada una de ellas.

La 1a. Sección, en la cual se incluyen el ex Asentamiento Tártaro y Lo Vicuña y la Comunidad de Guzmanes (*) por la ribera derecha y la Cooperativa La Victoria de Piguchen y parte de Las Comunidades de Mal Paso y La Quebrada por la ribera izquierda utiliza las aguas del río Putaendo a través de sistema de turnos.

La conducción de estas aguas y su distribución entre los di

(*) Comunidades de pequeños propietarios

versos predios se efectúa por medio de numerosos canales sin revestir.

Las aguas del estero Chalaco se emplean en forma exclusiva en el regadío de las primeras parcelas del ex Asentamiento Tártaro y Lo Vicuña, a través del canal Chalaco.

La 2a. Sección, en la cual se incluyen las Comunidades de Granalla, Quebrada Herrera, El Asiento y Barrancas, y las parcelas del ex Asentamiento Bellavista por la ribera derecha y el resto de las Comunidades de Mal Paso y la Quebrada además de las Comunidades de Rinconada de Silva, Coimas y Punta del Olivo por la ribera izquierda, utiliza también las aguas del río Putaendo, las que recibe por medio del sistema mencionado.

La conducción de las aguas de la 2a. Sección se efectúa en un tramo de 8 kms. que comprende desde Resguardo Los Patos hasta Puntilla Ramadas por el lecho del río. Desde este punto las aguas se derivan del lecho del río por medio de un canal revestido que alimenta al embalse Los Hornos de 400.000 m³ de capacidad. Desde este embalse hasta Tres Puentes se ha construido un canal matriz revestido de 12 km. de longitud, que se desarrolla por la margen derecha del río.

Aguas abajo de Tres Puentes en canal se divide en dos ramales, que riegan los sectores Granalla-Barrancas y Rinconada de Silva-Punta del Olivo.

Al final de la 2a. Sección en los sectores de Algarrobo y Graneros ubicados en la zona de confluencia de los ríos - Putaendo y Aconcagua, se obtienen recursos de agua adicionales que provienen de vegas y antiguos drenajes.

Estas aguas se utilizan por medio de dos canales para complementar el riego de algunas propiedades de Encón, Barrancas y Bellavista. Estos canales pueden eventualmente recibir aguas del estero Quilpué provenientes de derrames de la 1a. Sección del río Aconcagua.

Entre los pozos CORFO perforados con fines de estudio en la 2a. Sección, se encuentran en explotación los de Calle Ortiz y La Granja que complementan los recursos del sector Barrancas y el de Bellavista que mejora la dotación de las parcelas del ex Asentamiento del mismo nombre.

Según los estudios efectuados por la Dirección de Riego, relativos al embalse Puntilla del Viento, el río Putaendo sin regularizar permite regar con seguridad adecuada, 4.000 hás de las 8.000 hás que existirían en el valle.

2.3. Reseña de las soluciones propuestas para el mejoramiento del regadío.

A fines de 1928 el Departamento de Riego de la Dirección General de Obras Públicas emitió un informe preliminar sobre los recursos hidrológicos del Valle Putaendo y sobre la posibilidad de regularizar dichos recursos. En dicho estudio se propuso dos alternativas para la ubicación de embalses - en la hoya alta del río Putaendo:

El primero de ellos, embalse del río Hidalgo cerraría una garganta existente en el valle del río Rocín afluente del Putaendo, aguas abajo de la confluencia de los ríos Rocín e Hidalgo. La presa tendría 65 mts. de altura y embalsaría 32 millones de m³.

El segundo, embalse Los Patos cerraría el propio valle de Putaendo en una angostura existente en el lugar denominado Resguardo Los Patos, aguas abajo de la junta de los ríos Rocín y Chalaco. La presa cuya altura sería de 60 mts. embalsaría 35,6 millones de m³.

Ambos proyectos fueron estudiados por el Departamento de Riego, pero no se les asignó prioridad en vista de los elevados costos que resultaron de dichos estudios.

La Dirección de Riego, en su informe de 1969, propuso conjuntamente con la construcción del embalse Puntilla del Viento, la construcción del Canal Jahuel que permitiría regar con -

aguas de dicho embalse los terrenos de la 2a. Sección del Valle de Putaendo. En esta forma el río Putaendo se vería liberado del riego de las 4.000 hás que aproximadamente con forman la 2a. Sección del Valle, restringiendo el uso de - sus recursos a las 4.000 hás de la 1a. Sección. Mediante esta solución la seguridad de riego del Valle se elevaría a un nivel adecuado.

3. VALLE DEL LIGUA

3.1. Recursos de agua

Los recursos de agua de este valle provienen del río Ligua, que nace en la alta cordillera, en un punto en el cual se juntan las hoyas de los ríos Choapa y Aconcagua y escurre hacia el Poniente, hasta desembocar al mar en las Salinas de Pullalli.

Sus afluentes principales son los ríos Alicahue y Los Angeles desde cuya confluencia, 4 kms. aguas arriba del pueblo de Cabildo, el río recibe propiamente el nombre de río Ligua.

La superficie de su hoya hidrográfica puede estimarse en 2.000 km², siendo su longitud total de 110 kms.

El río Alicahue tiene una hoya hidrográfica de 826 km², de los cuales 280 km², que representan el 39,9% de la superficie total de la hoya, se encuentran sobre la cota 2.000 - (m.s.n.m.), constituyendo su hoya glacial.

El río Alicahue, presenta en su curso superior las características de todos los ríos de cordillera de la zona central de Chile, con aumentos de corta duración durante las lluvias y caudales máximos durante los meses de Octubre y Noviembre, provocados por el deshielo en la alta cordillera. A partir del mes de Enero los caudales decrecen rápidamente

alcanzando valores mínimos durante los meses de Marzo y Abril.

En los cerros de la vertiente Norte de la hoya del río Alicahue y a 3.000 m.s.n.m., existe una laguna que se conoce con el nombre de Laguna Chepical, cuyas aguas se utilizan durante los meses de verano para reforzar los caudales del río.

El régimen del río Alicahue, aguas abajo de la localidad de Colliguay, lugar donde existe su principal control fluviométrico es de tipo pluvial. Los escurrimientos se producen solamente a raíz de fuertes lluvias y son de corta duración.

Frente a la localidad de Alicahue, el río Alicahue recibe como afluente por su margen izquierda, al estero La Cerrada. La hoya hidrográfica de este estero tiene una superficie de 146 km², de los cuales 37 km², que representan sólo el 25,3% de la superficie total, se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.) y constituyen su hoya glacial.

En su curso inferior el río Alicahue recibe como afluente, por la margen izquierda, a la quebrada de Vitahue cuya hoya hidrográfica de 47 km² de superficie, se encuentra bajo la cota 2.000 (m.s.n.m.).

En el sector San Loranzo, antes de la confluencia del río Alicahue con el río Los Angeles, se producen en el Valle -

abundantes vertientes que permiten regar en forma eficiente el sector.

De los estudios realizados por CORFO sobre recursos de agua subterránea se deduce que en la valle de Alicahue existe un acuífero de tipo freático con niveles estáticos cuyas profundidades varían entre 6 y 10 m. para el sector comprendido entre Alicahue y La Vega y no son mayores a 5 m. en el sector de San Lorenzo.

Los espesores del relleno permeable varían entre los 10 y 20 m.

Las características de permeabilidad y transmisibilidad son más bien locales, siendo en general más favorables cerca del lecho del río o sobre antiguos cauces.

Los rendimientos para el sector Alicahue-La Vega fluctúan entre 10 y 20 lts/seg. por sondaje. En el sector La Vega-San Lorenzo los rendimientos son algo superiores existiendo pozos de 30 lts/seg. y excepcionalmente uno de 60 lts/seg.

Los pozos superficiales de gran diámetro, excavados en el valle, para iguales profundidades acusan en general rendimientos superiores a los sondajes.

El río Los Angeles tiene una hoya hidrográfica de 516 km² con alturas inferiores a los 2.000 m.s.n.m.

El régimen hidrográfico del río Los Angeles presenta las -

mismas características descritas para el curso inferior del río Alicahue. Su importante hoya pluvial da origen a violentas crecidas durante las fuertes lluvias, que en general son de corta duración. Durante los meses de vera no los caudales llegan generalmente a extinguirse. Durante estos meses y en años secos los caudales para riego se obtienen en forma exclusiva de vertientes en el lecho del río y de la napa subterránea, mediante pozos y drenes superficiales.

El acuífero existente en el valle de Los Angeles presenta, cerca de la confluencia, las mismas características descritas para el sector San Lorenzo en el valle de Alicahue.

Los niveles estáticos son superficiales a lo largo del valle pero las características de permeabilidad y trasmisibilidad varían, siendo más favorables a medida que se remonta el valle.

Mientras un pozo superficial existente cerca de la confluencia, en el sector Algarrobo, rinde aproximadamente 60 lts/seg., algunos drenes superficiales que existen en el curso medio del río dan rendimientos que fluctúan entre 20 y 30 lts/seg. y un pozo situado valle arriba, en el estero Guayacán, afluente del río Los Angeles, rinde 3 a 4 lts/seg.

En el sector comprendido entre la junta de los ríos Alicahue y Los Angeles y la desembocadura, el río Ligua recibe como afluentes por su margen izquierda, a los esteros La

Patagua y Jaururo. Las hoyas hidrográficas de estos esteros miden respectivamente 127 km^2 y 88 km^2 y tienen características pluviales.

A lo largo del valle, en el sector mencionado, se producen recuperaciones o vertientes, que provienen de la napa freática del río y que constituyen su principal recurso de agua.

Los niveles estáticos de la napa subterránea en este sector se encuentran, en general, a profundidades que no sobrepasan los 5 m.

Las profundidades del relleno permeable varían desde 15 m. en los sectores de Cabildo y Ligua hasta 3 ó 5 m. en la zona de Quínquimo.

Las características de permeabilidad y trasmisibilidad del acuífero, son excepcionalmente favorables para el sector comprendido entre Cabildo y La Ligua. En este sector se obtienen rendimientos que fluctúan entre 30 y 50 lts/seg., existiendo un pozo en el sector La Higuera (Pozo La Paloma) cuyo rendimiento alcanza excepcionalmente a 100 lts/seg.

En la parte baja del valle, sector Quínquimo, existen tres acuíferos, de los cuales el primero, que se encuentra ubicado entre 0 y 5 m. es el único de importancia. Sus características son más desfavorables en relación al acuífero del primer sector. Los rendimientos que se obtienen no exceden los 15 lts/seg. El segundo acuífero se encuentra ubicado entre los 20 y 30m. y el tercero entre 30 y 70m. de profundidad. Las permeabilidades de estos acuíferos son 50 a 100 veces inferiores al acuífero superficial.

3.2. Area de riego y uso actual de los recursos de agua

El área de riego del valle de Ligua se extiende desde los primeros terrenos de cultivo existentes en los valles de Alicahue y Los Angeles, hasta la desembocadura del río Ligua en el sector de Las Salinas de Pullalli.

Con el objeto de facilitar el estudio se puede considerar esta área dividida en tres secciones:

- La 1a. Sección, que comprende las hoyas de los ríos Alicahue y Los Angeles, hasta su confluencia, ubicada aguas arriba de la ciudad de Cabildo.
- La 2a. Sección, que se extiende desde la confluencia de los ríos Alicahue y Los Angeles hasta la bocatoma del canal Lobino, ubicada inmediatamente aguas abajo de la ciudad de La Ligua.
- La 3a. Sección, que comprende desde la bocatoma del canal Lobino hasta el mar.

La superficie total bajo los canales de riego en las tres secciones alcanza aproximadamente a 7.355 Hás.

En la 1a. Sección existen bajo aguas de los canales de riego 2.825 hás. en el valle de Alicahue y 650 hás. en el valle de Los Angeles. De estas superficies, se riega con seguridad adecuada sólo 1.245 hás. en el primero y 150 hás. en el último.

Las aguas superficiales del río Alicahue se utilizan en el regadío de los terrenos comprendidos entre Alicahue y La Vega. El sector de San Lorenzo ubicado en la parte baja del valle de Alicahue se riega en forma eficiente con recuperaciones o vertientes que provienen de la napa superficial del río.

Durante los meses de verano y en años secos los recursos superficiales de este valle se complementan con caudales que se extraen de la napa freática del río.

Los terrenos del valle de Los Angeles se riegan con aguas del estero del mismo nombre, que por su régimen pluvial dispone de caudales sólo durante los meses lluviosos.

Durante el verano y en años secos los caudales para riego se obtienen en forma exclusiva de las vertientes del río y de la napa subterránea, mediante drenes y pozos superficiales.

En la 2a. Sección existen 2.755 hás. bajo aguas de los canales de riego, de las cuales se estima que 1.605 hás. se riegan con seguridad adecuada.

En el valle del mismo río Ligua existen, en esta sección, 2.295 hás. bajo aguas de los canales, de las cuales se riegan con seguridad aceptable 1.605 hás.

Esta sección se riega exclusivamente con recuperaciones que se producen en el lecho del río. Estos caudales se

complementan en verano y en años secos con aguas que se extraen de la napa subterránea del río.

El sector de la 2a. sección, comprendido entre Cabildo e Ingenio dispone de una elevada seguridad de riego, gracias a importantes afloramientos de la napa freática y a numerosos pozos y drenes de captación que permiten aprovechar eficientemente los recursos de agua subterránea existentes.

El sector comprendido entre El Ingenio y la bocatoma del canal Lobino tiene baja seguridad de riego, debido a la abundancia de terrenos por regar y a que las recuperaciones de la napa subterránea son de menor magnitud, que las que se registran en el sector de Cabildo.

En el valle de La Patagua existen una 460 hás. bajo canales de riego que captan recursos eventuales del estero La Patagua. La seguridad de riego de estos terrenos es sumamente baja, por lo cual se considera que la superficie regada con seguridad aceptable es nula.

En la 3a. Sección existen 1.105 hás. bajo aguas de los canales, de las cuales sólo 425 hás. se riegan con seguridad adecuada.

Esta sección se riega en forma exclusiva con aguas de vertientes que afloran en el lecho del río, aguas abajo de la ciudad de La Ligua. Estos caudales se complementan en verano y durante años secos, con aguas que se extraen de la napa subterránea.

3.3. Reseña de las soluciones propuestas para el Mejoramiento del Regadío.

En el año 1893 el Ingeniero Sr. Valentín Martínez presentó un estudio que consultaba la construcción de un embalse sobre el desague natural de la Laguna Chepical, ubicada a 3.000 m.s.n.m. en los cerros de la vertiente Norte de la hoya del río Alicahue. La presa tendría 16 m. de altura y formaría un embalse de 8.0 millones de m³ de capacidad. La hoya hidrográfica controlada por el embalse sería de 800 hás.

En 1894 el Sr. Jorge Silva S. inició la construcción de la presa, la que se realizó en tres temporadas de verano, limitándose su altura a 9 m. con lo que su coronamiento quedó con 40 m. de ancho. Esto se debió a la experiencia adquirida durante los años de construcción, en los cuales el embalse no se llenó. Su capacidad útil fue finalmente 3,8 millones de m³.

Este embalse, de acuerdo a los estudios de esa época y si se llenase todos los años, podría solucionar en gran parte el problema de los déficit de agua de verano en el valle de Alicahue. Sin embargo en años normales el volumen de agua acumulado oscila entre 0,6 millones de m³ y 1 millón de m³, habiéndose llenado sólo en años extraordinariamente lluviosos.

Con el objeto de ampliar los recursos de agua de la Laguna Chepical se encargó al Ingeniero Sr. Julio Zegers B. en 1934 el estudio de un canal de 8 Km. de longitud, que partiendo de la Quebrada de Piuquenes captaría de paso las aguas de la quebrada del Barro, incorporando, en esta forma al embalse una hoya hidrográfica adicional de 1.000 hás. Se estimó que el volumen que aportaría esta hoya sería de 4 millones de m³. Simultáneamente con el canal, se estudió el peralte del muro de la laguna desde los 9 hasta los 16 m., su primitiva altura de proyecto.

Paralelamente el Ingeniero Sr. Mario Covarrubias S. estudió la posibilidad de ampliación de la capacidad de la laguna a través del aprovechamiento de su volumen muerto, ascendente a 1,6 millones de m³, por medio de la construcción de un túnel de 800 m. de longitud, que partiría desde su fondo.

Aún cuando en esa época se concluyó que el peralte del muro era más conveniente se abandonó el proyecto de ampliación, en vista del alto costo del canal alimentador, que durante gran parte del año debía permanecer bajo nieve por lo que tendría que ser cubierto en casi toda su extensión.

En el año 1928 el Ingeniero Sr. Manuel Ossa C. realizó un estudio para el mejoramiento del regadío de la parte alta del valle de Ligua. El anteproyecto consultaba la construcción de dos embalses: Embalse Las Canchas ubicado en el nacimiento de la quebrada del Embrollo y Embalse La Chilca, ubicado en la quebrada del mismo nombre. Ambos tendrían 25m. de altura y volúmenes de agua respectivos de 2,0 millones de m³ y 0,5 millones de m³. Los recursos hidrológicos de ambos embalses consistirían en aguas lluvias de sus propias

hoyas hidrográficas, a las cuales se incorporarían recursos de hoyas vecinas. Los embalses no se construyeron ya que la experiencia indicaba que los recursos de agua habían sido sobrestimados.

En 1930 el Ingeniero Sr. Baldomero Michelson estudió para la Dirección de Riego el anteproyecto del Embalse San Lorenzo que estaría ubicado en un estrechamiento del valle del río Ligua, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Alicahue y Los Angeles. El embalse regulaba los recursos de agua de una hoya hidrográfica de 1.380 Km². El anteproyecto consultaba una capacidad de embalse de 80 millones de m³, una altura de 45 m. y un volumen de muro de 3,8 millones de m³.

El informe señalaba que la superficie total regable desde el embalse sería de 19.000 hás., que estarían ubicadas en el valle aguas abajo del embalse, y en los sectores de Catapilco, Quebradilla y Llano de Vacas. Suponía que la precipitación media en la hoya era de 400 mm. y su rendimiento 30% por lo que calculaba el volumen medio disponible en 170 millones de m³.

Estudios posteriormente realizados (PROAS 1969), indican que la estimación de los recursos hidrológicos del embalse eran demasiado optimistas y que a la luz de los nuevos antecedentes hidrológicos con que se cuenta, sólo se puede esperar un

volumen medio de 34 millones de m^3 y que operando el embalse como regulador interanual se podría disponer de 40 millones de m^3 /año.

En resumen puede considerarse que el embalse San Lorenzo permitiría mejorar el riego de una 2.000 hás y a la vez regar unas 850 hás nuevas.

En relación a la factibilidad física y económica de la obra existen serios inconvenientes: La fundación altamente permeable de la presa y su elevado costo.

Entre los años 1952 y 1961 el Ingeniero Sr. Jorge Silva M. efectuó estudios para la ubicación de embalses en el valle de Alicahue, analizando cuatro alternativas:

- Embalse Los Perales, ubicado en la quebrada del Embrollo inmediatamente al Sur del camino de Alicahue a Putaendo. El embalse tendría una capacidad de 1,8 millones de m^3 , 16 m. de altura y un volumen de muro de 365.000 m^3 , de los cuales 50.000 m^3 habrían sido colocados entre los años 1939 y 1946. El embalse recibiría alimentación del río Alicahue y aprovecharía los recursos de su hoya propia de 1.540 hás.
- Embalse Los Ciruelos, ubicado en la quebrada de la Cuesta de Chincolco. La obra tendría una capacidad útil de 3,0 millones de m^3 , 20 m. de altura y 300.000 m^3 de volumen de muro. El embalse recibiría alimentación desde el río Alicahue.

- Embalse La Chupalla, que estaría ubicado en el curso superior del río a 1.600 m.s.n.m. y cerraría una estrecha garganta del valle. Tendría una capacidad útil de 6,0 millones de m^3 , una altura de 50 m. y exigiría un movimiento de tierra de 940.000 m^3 . Regularizaría los volúmenes de la hoya glacial del río.
- Embalse La Cerrada, que se ubicaría en el estero La Cerrada, afluente del río Alicahue. Su volumen útil sería de 6,0 millones de m^3 , su altura de 50 m. y el volumen de muro correspondiente de 800.000 m^3 . El embalse recibiría alimentación desde el río Alicahue, a través de un canal de 4,5 Km. y un túnel de 2,3 Km. de longitudes, y además recibiría los volúmenes de la hoya propia del estero, de aproximadamente 140 km^2 de superficie.

Entre las cuatro alternativas analizadas se destacó el embalse La Cerrada, que permitiría regularizar la totalidad de los recursos de agua de la hoya superior del río Alicahue, ya que la bocatoma del canal alimentador quedaría ubicada aguas abajo de las principales quebradas de régimen pluvial que conforman la hoya.

Durante 1966 el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO encomendó a un grupo de Ingenieros Civiles la ejecución de un estudio sobre "Recursos Hidrológicos y Posibilidades de Mejoramiento del Regadío en los Valles de Ligua y

Petorca". El informe correspondiente (Informe PROAS) fue publicado durante 1969 e incluyó entre sus aspectos principales: Estudio de los recursos superficiales y subterráneos de ambos valles; descripción de las obras de riego existentes; constitución de los derechos de uso de las aguas; análisis de la seguridad de riego; posibilidades de mejoramiento del regadío y mejoramiento de la distribución y utilización de las aguas. Entre sus conclusiones el informe propuso para el valle de Ligua, la construcción de tres embalses y de un dren gravitacional:

- Embalse La Cerrada: El Informe PROAS mantuvo para este embalse la ubicación y disposición general de las obras, que fueron propuestas en el estudio preliminar, mencionado anteriormente. La capacidad, sin embargo, se fijó en 13,7 millones de m³. La altura de la presa sería de 54 m. y el volumen de muro de 1,56 millones de m³. El embalse daría seguridad de riego adecuada a 1.550 hás del valle de Alicahue.
- Embalse Los Angeles: Estaría ubicado en el valle del estero Los Angeles y cerraría su cauce aguas abajo de su confluencia con la quebrada de Guayacán. Su finalidad sería la de regularizar los recursos de carácter pluvial de su hoya propia de 433 Km² de superficie. El volumen que se propuso sería de 9,0 millones de m³, que se obtendría con una presa de 15 m. de altura y 390.000 m³ de volumen de muro. El embalse permitiría regar 600 hás.
- Embalse La Patagua: Estaría ubicado en el valle del estero La Patagua, y cerraría su cauce en un angostamiento del valle, ubicado a unos 4,5 Km aguas arriba de la junta del estero con el río Ligua. Regularizaría los recursos de carác

La pluviál de su hoyá propia de 138 Km² de superficie y recibiría alimentación desde el río Ligua, a través de un canal cuya bocatoma estaría situada aguas arriba de Cabil-do. La hoyá hidrográficá que quedaría controlada por esta aducción tendría una superficie de 547 Km². La capacidad del embalse sería de 11,8 millones de m³, la altura de la presa de 20 m. y el volumen de muro de 1,06 millones de m³. La superficie que regaría el embalse alcanzaría a 1.250 hás.

- Dren Cabil-do: Se ubicaría aguas arriba del pueblo de Ca-bil-do. La proposición del Informe consulta la construcción de una galería gravitacional que estaría orientada transver-salmente con relación al valle y que captaría aguas de la napa freática del río Ligua. La longitud de la galería se-ría de 450 m. y su profundidad de 6m. El caudal que se po-dría extraer sería de unos 350 lts/seg. La superficie rega-da por esta obra sería de 350 hás.

La operación coordinada de los tres embalses propuestos y del Dren Cabil-do, permitiría asegurar el regadío de 7.280 hás. en el valle de Ligua e incorporar al regadío unas -- 1.450 nuevas hás. en los sectores de Catapilco y Quebradi-lla.

A fines de 1971 la Dirección de Riego del M.O.P.T. encomen-dó al Ing. Sr. Jorge Silva M. el estudio del Anteproyecto del embalse La Cerrada. Dicho estudio recomendó un embal-

se de 15 millones de m³ de capacidad, 58 m. de altura de muro y 2,8 millones de m³ de movimiento de tierra. La regulación de este embalse permitiría asegurar el riego del valle de Alicahue. La Evaluación económica indicó que el proyecto sólo se justificaría si los terrenos del valle modificaran su estructura de cultivos, orientándose, en forma masiva a la producción frutícola (1973).

El informe CORFO (PROAS) tuvo el mérito de abordar, por vez primera, el estudio de los valles de Ligua y Petorca en forma completa y constituyó una valiosa recopilación de antecedentes.

Sin embargo, las soluciones propuestas adolecieron del defecto de consultar gran número de embalses que, dadas las difíciles condiciones topográficas y geológicas existentes en la zona, tendrían costos muy elevados.

Esta consideración indujo al Ing. Sr. Jorge Silva M. a elaborar a través del Departamento Ingeniería de la Corporación de la Reforma Agraria de la Región, un estudio preliminar que contemplaba la construcción de un sólo embalse de regulación en Los Angeles, modificando la primitiva ubicación de la presa, que recibiría alimentación desde el río Putaendo y reforzaría el regadío de los valles de Ligua y Petorca mediante una red de canales de trasvase. (1973-1974).

La existencia de excedentes de agua en el río Putaendo se relacionaba con la eventual construcción del canal Jahuel que regaría 4.000 hás. en dicho valle con aguas del Embalse Puntilla del Viento.

A fines de 1977 el Ing. Sr. Flavio Montenegro publicó su estudio sobre Anteproyecto Embalse Los Angeles que fijó una capacidad de 120 millones de m³. Dicho volumen se obtendría con la construcción de una presa de tierra con núcleo de arcilla de 56 m. de altura máxima, que exigiría un movimiento de tierra de 4,5 millones de m³.

El anteproyecto consultaba la construcción de 3 canales: Oriente, Norte y Poniente.

El Canal Oriente captaría aguas directamente de la alimentación al embalse y reforzaría el regadío del Valle de Alica-hue.

El canal Norte tomaría aguas del embalse y reforzaría el riego del propio valle de los Angeles de los sectores de la Vega, San Lorenzo y Los Molinos y cruzaría hacia el valle de Petorca, frente a Cabildo, reforzando el riego de la 3ª sección e incorporando al riego 3.000 hás en San Manuel de Longotoma.

El canal Poniente incorporaría al riego los sectores de Catapilco, Quebradilla y Llanos de Papudo.

La superficie mejorada por el proyecto sería de 3.225 hás -
mientras la superficie incorporada alcanzaría a 11.252 hás.

4. VALLE DEL PETORCA

4.1. Recursos de agua

Los recursos de agua de este valle provienen del río Petorca, que nace en la alta cordillera en un punto en el cual se juntan las hoyas de los ríos Choapa, Ligua y Aconcagua y escurre hacia el Poniente hasta desembocar al mar en el sector Salinas de Pullalli.

Sus afluentes principales son los ríos Sobrante y Pedernal, desde cuya confluencia, en las cercanías del pueblo de Chincolco, el río recibe propiamente el nombre de río Petorca.

La superficie de su hoya hidrográfica puede estimarse en 2.925 Km², siendo su longitud total de 115 Km.

El río Sobrante tiene una hoya hidrográfica de 319 Km², de los cuales 231 Km², que representan el 72,4% de la superficie total de la hoya, se encuentran sobre la cota 2.000 (m.s.n.m.) y constituyen su hoya glacial.

El río Pedernal tiene una hoya hidrográfica de 322 Km², de los cuales 123 Km², que representan sólo el 38,2% de la superficie total, constituyen su hoya glacial.

Los ríos Sobrante y Pedernal presentan las características de todos los ríos de cordillera de la zona central de Chile,

con aumentos de caudal de corta duración durante las lluvias y caudales máximos durante los meses de Octubre y Noviembre, provocados por el deshielo en la alta cordillera. Los caudales de estos ríos decrecen rápidamente a partir del mes de Enero, llegando a tener valores mínimos durante los meses de Marzo y Abril.

En los cerros de la vertiente Norte de la hoya del río Sobrante, a 3.000 m.s.n.m., existe una laguna que se conoce con el nombre de Laguna Grande, cuyas aguas se usan durante los meses de verano para reforzar los caudales del río.

El régimen del río Petorca, aguas abajo de la confluencia de los ríos Sobrante y Pedernal, es de tipo pluvial. Los escurrimientos se producen solamente a raíz de fuertes lluvias y son de corta duración.

El río Petorca, en su curso inferior, recibe como afluentes por su margen derecha a los esteros de Las Palmas y de Chicharra.

La hoya hidrográfica del estero Las Palmas tiene una superficie de 458 Km² y la del estero Chicharra, que se conoce también como Quebrada Denker, mide 173Km². Ambas hoyas se extienden bajo la cota 2.000 (m.s.n.m.), lo que determina su régimen claramente pluvial.

Aguas abajo de la localidad de Chincolco se producen en el lecho del río recuperaciones o vertientes, cuyos caudales decrecen durante los meses de verano.

De los estudios efectuados por CORFO sobre recursos de agua subterránea, se deduce que en los valles de Sobrante y Pedernal no existen acuíferos dignos de consideración. Es necesario señalar que de cinco pozos perforados en el valle de Los Olmos y en la localidad de Chincolco, con 460 m. de perforación total, cuatro de ellos no dieron rendimiento y el quinto dio solamente 1,5 lts/seg.

En la sección del valle comprendida entre el pueblo de Chincolco y la bocatoma del canal Pichilemu existe un acuífero superficial de características algo más favorables. Los niveles estáticos se encuentran a profundidades menores de 5m. y los espesores del relleno permeable en general no sobrepasan los 10 m.

Las características de permeabilidad y transmisibilidad son más bien locales, siendo en general más favorables cerca del lecho del río o sobre antiguos cauces.

Los rendimientos que se obtienen de algunas norias y drenes superficiales, excavados en el lecho del río, fluctúan entre 10 y 30 lts/seg.

En la sección comprendida entre la bocatoma del canal Pichilemu y la desembocadura, las condiciones del acuífero mejoran notablemente. Los niveles estáticos se encuentran a profundidades que varían entre 1,5 y 3 m., según el sector. En esta sección y a profundidades que no sobrepasan los 35m. se intercalan tres capas de terrenos permeables cuyos espesores varían entre 5 y 10 m. en la parte alta y entre 3 y 5 m. cerca de la desembocadura.

Las características de permeabilidad y transmisibilidad son las mejores del valle para el sector ubicado aguas arriba de Casas Viejas, siendo más desfavorables para el sector comprendido entre dicha localidad y la desembocadura.

Los rendimientos que se obtienen en esta sección oscilan entre los 20 y 50 lts/seg.

4.2. Area de riego y uso actual de los recursos de agua

El area de riego del valle de Petorca se extiende desde los primeros terrenos de cultivo existentes en los valles de Sobrante y Pedernal, hasta la desembocadura del río Petorca - en el mar.

Con el objeto de facilitar el estudio se puede considerar esta área dividida en tres secciones:

- La 1ª sección, que comprende las hoyas de los ríos Sobrante y Pedernal, hasta su confluencia ubicada en las cercanías de Chicolco.
- La 2ª sección, que se extiende desde la junta de los ríos Sobrante y Pedernal, hasta la bocatoma del canal Pichilemu, ubicada inmediatamente aguas abajo del pueblo de Artificio de Pedegua.
- La 3ª sección, que comprende desde la bocatoma del canal Pichilemu hasta el mar.

La superficie total bajo canales de riego en las tres secciones alcanza aproximadamente a 7.344 hás.

En la 1ª sección existen 3.767 hás bajo aguas de los canales de riego, de las cuales se riegan con seguridad adecuada sólo 534 hás en el valle del Sobrante y 108 hás en el valle de Pedernal.

Las aguas del río Sobrante se utilizan en el regadío de los terrenos de Sobrante y de la Comunidad de pequeños propietarios de Chicolco. Las aguas del río Pedernal se usan en el regadío de los terrenos de Pedernal, de algunas pequeñas propiedades en el sector de Calle Larga y de los terrenos Chalaco que están ubicados en la parte baja del valle, que también se conoce como valle del Chalaco. Sobre

la cota de los canales del río Pedernal existen unas 1.180 hás. del Chalaco que se riegan en forma muy ocasional con recursos provenientes de las quebradas Manguaca y Cortadera. Estos terrenos están sometidos a las más críticas condiciones de riego del valle.

En el sector comprendido entre los ríos Sobrante y Pedernal, cerca de su confluencia, existen 95 hás. que pertenecen a pequeños propietarios de la Comunidad Valle de Los Olmos. Estos terrenos se riegan con recuperaciones que se producen en el lecho del río Petorca, inmediatamente aguas arriba del puente que conduce al valle de Chalaco.

En la 2ª sección existen 1.717 hás. bajo aguas de los canales de riego, de las cuales se estima que sólo 532 hás. se riegan con seguridad adecuada. Los terrenos ubicados en el valle mismo del Petorca, alcanzan en esta sección a 1.472 hás, de las cuales se riegan con seguridad aceptable 522 hás.

Para el regadío de estos terrenos se utilizan las recuperaciones que se producen en el lecho del río, que se complementan en verano y durante años secos con caudales que se extraen de la napa subterránea, mediante drenes y pozos superficiales. En el curso inferior del estero Las Palmas existen 245 hás, bajo aguas de los canales de riego, de las cuales, solamente unas 10 hás se riegan con seguridad adecuada. Estos terrenos utilizan recursos del estero Las Pal

mas, que por su régimen pluvial sólo dispone de caudales durante los meses lluviosos.

En la 3ª sección del río Petorca existen 1.860 hás. bajo aguas de los canales de riego, de las cuales se riegan - 1.098 hás. con seguridad aceptable. En esta sección las recuperaciones son, en general, escasas y sus recursos de agua se obtienen fundamentalmente de la napa subterránea, mediante pozos profundos, norias y drenes superficiales.

La totalidad de los canales de riego del valle de Petorca se encuentran sin revestimiento, debido a lo cual, en la conducción de las aguas, se producen importantes pérdidas por infiltración.

4.3. Reseña de las soluciones propuestas para el mejoramiento del regadío.

La Dirección de Riego del M.O.P.T. ha considerado desde - largo tiempo atrás la posibilidad de un embalse en la laguna Grande de Sobrante. Según primeros informes que datan de 1912, las posibilidades de regulación menos desfavorables en el río Sobrante, se encuentran en esta zona.

La zona del desague natural de esta laguna presenta un estrechamiento que la hace atractiva para la construcción de

un muro de presa, que permita peraltar su nivel y obtener un volumen útil de regulación. La hoya hidrográfica afluyente a esta laguna es de 35 Km².

El Ing. Sr. Dionisio Retamal de la Dirección de Riego del M.O.P.T. elaboró un anteproyecto que consultaba la posibilidad de suplementar la hoya del río Petorca, mediante la captación de la hoya alta del río Choapa y su trasvase hacia el río sobrante por medio de un canal de aproximadamente 28 Km. de longitud. La capacidad de este canal sería de 1 m³/seg.

Se captarían los ríos Leiva y Llaretas, afluentes del Choapa; a una cota de aproximadamente 3.640 (m.s.n.m.) La aducción estaría constituida, según las condiciones del terreno, principalmente por un canal con varios tramos intercalados de túneles y acueductos. La cota final de la aducción en el Sobrante sería la 3.595 (m.s.n.m.).

Durante el año 1939 la Dirección de Riego del M.O.P.T. realizó dos estudios preliminares que proponían la construcción del embalse Petorca: El primero realizado por el Ing. Sr. Patricio Barros y el segundo, más amplio, realizado por el Ing. Sr. Pablo Kleiman.

Este embalse se encontraría ubicado en el río Petorca, entre los pueblos de Petorca y Chicolco, a 6 Km. aguas arriba de la primera de las localidades nombradas. Almacenaría

las aguas de los ríos Pedernal y Sobrante, cuya confluencia se produce en Chicolco a 6 Km. al oriente del posible embalse.

En la zona prevista para el embalse, el lecho del río tiene unos 200 m. de ancho. La ribera Norte está formada por un cerro rocoso mientras que la sur por una planicie con pendiente suave hacia el río, formada por material de acarreo.

El volumen de embalse que se consultaba es de 16,5 millones de m³. Con esta capacidad se pretendía regularizar el regadío de 1.600 hás en el valle de Petorca aguas abajo de la presa.

El muro proyectado era de tierra con núcleo de arcilla, con una altura máxima de 32 m. y una longitud de coronamiento de 604 m. El volumen total de movimiento de tierra sería de 900.000 m³.

El año 1962 el Ing. Sr. Arturo Quintana A. realizó para la Dirección de Riego del M.O.P.T. un nuevo estudio destinado a evaluar las posibilidades de ampliación y mejoramiento del regadío del valle del río Petorca, desde el punto de vista de los recursos de agua disponibles.

Se analizaron dos posibilidades de regulación de las aguas, para el mejoramiento del regadío: Una en la Laguna Grande de Sobrante y otra en el propio río Petorca con un muro que estaría situado aguas arriba del pueblo del mismo nombre.

De acuerdo a este estudio la Laguna Grande, con un almacenamiento de 2,9 millones de m³, permitiría regularizar en años secos un volumen de 4 millones de m³, con lo cual se podría aumentar la superficie regada en 625 hás.

Para el embalse en el río Petorca se concluyó que con un volumen útil de 27 millones de m³ sería posible extender el regadío a una superficie total de 5.200 hás, es decir se incrementarían la superficie de riego en 3.685 hás.

Se estudió además la posibilidad de suplementar la hoya del río Petorca mediante un canal alimentador que captaría las aguas de los afluentes superiores del río Choapa a una cota aproximada de 3.600 (m.s.n.m.) y las trasvasaría hasta la Laguna Grande. La capacidad de este canal se fijó en --
1 m³/seg.

La regulación en la Laguna Grande, considerando los aportes desde el Choapa y con un volumen de 4 millones de m³ permitiría incrementar la superficie de riego en 815 hás.

La regulación en el embalse de Petorca, considerando también el aporte desde el Choapa y con un volumen de 37 millones de m³, permitiría incrementar la superficie regada en 4.700 hás.

Durante el año 1965, a solicitud de la Asociación de Pequeños Agricultores de Chincolco, los Ings. Sres. Luis Court M. y Jorge Silva M. realizaron un estudio encaminado a determinar las posibilidades de mejoramiento del regadío de la zona de Chincolco. Los estudios incluyeron una investigación sobre los recursos de agua disponibles, la utilización y distribución actual de las aguas y soluciones para el mejoramiento del regadío de Chincolco.

Las obras recomendadas incluyeron un embalse de 3 millones de m³ que se ubicaría en el sector de los Briones, además de obras menores como embalses de regulación nocturna, revestimientos de canales, etc.

El embalse Los Briones recibiría recursos del río Sobrante mediante un canal alimentador, que se desarrollaría por el costado norte de dicho río.

El año 1969, un grupo de Ingenieros (PROAS) realizó para el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO un estudio sobre "Recursos Hidrológicos y Posibilidades de Mejoramiento

to del Regadío en el Valle del Río Petorca."

Este informe analiza los recursos superficiales y subterráneos del valle del río Petorca, describe las obras de riego existentes, analiza la constitución de derechos de uso de las aguas, estudia la seguridad de riego, analiza las posibilidades de mejoramiento del regadío y mejoramiento de la distribución y utilización de las aguas.

Entre sus conclusiones el informe propone para el valle de Petorca, la construcción de tres embalses:

- Embalse Chalaco: Este embalse estaría ubicado en el río Pedernal, a unos 5 Km. de la junta de este río con el río Sobrante. Este embalse tiene por objeto regularizar los caudales de los ríos Pedernal y Sobrante.

La capacidad de este embalse se fijó en 18,5 millones de m³, la altura del muro de presa sería 48 m. y el volumen de muro de 1,85 millones de m³. El embalse se alimentaría desde el río Sobrante mediante un canal de 1 m³/seg. de capacidad, que tendría su bocatoma cerca del control fluviométrico "Sobrante en Piñadero".

El embalse daría seguridad de riego adecuada a 2,500 hás. ubicadas en la primera sección del valle de Petorca.

- Embalse Las Plamas: Estaría ubicado en el estero Las Palmas y acumularía las aguas provenientes de los escurrimientos de aguas lluvias de su hoya propia, de 365 Km^2 de superficie. El volumen propuesto es de 6 millones de m^3 , para lo cual se necesita un muro de presa de 40 m. de altura y un volumen de tierra de 0,4 millones de m^3 . Sus aguas estarían destinadas al regadío de 600 hás, ubicadas en la parte baja del valle del estero Las Palmas y en la segunda sección del valle del río Petorca.

- Embalse Artificio: Estaría ubicado en el cauce del río Petorca inmediatamente aguas abajo del pueblo de Artificio Bajo. Este embalse recibiría las aguas provenientes de una hoya hidrográfica de 645 Km^2 de superficie. La capacidad de este embalse sería de 11,6 millones de m^3 con una altura de presa de 21 m., un volumen de tierra de 0,55 millones de m^3 . y un volumen de hormigón de 70.000 m^3 . Por su ubicación el agua de este embalse sería destinada al regadío de 1.200 hás, ubicadas en la tercera sección del río Petorca y en el costado sur del valle, bajo aguas del canal Canela o Lital.

Si bien se estima, que los recursos de agua en este estudio han sido calculados con mayor precisión que los de los estudios anteriores dado que se ha dispuesto de mayores antecedentes, la solución propuesta para el mejoramiento del regadío adolece del inconveniente de exigir numerosos embalses,

los cuales dadas las características topográficas y geológicas de la zona, tendría costos muy elevados.

A fines de 1971, la Dirección de Riego del M.O.P.T. encomendó al Ing. Sr. Solano Vega V. el estudio del Anteproyecto del Embalse Chalaco.

Las obras propuestas consultaban un muro de presa de altura superior a los 40 m. con un importante movimiento de tierra y obras de alimentación para conducir hasta el embalse las aguas del río Sobrante, como asimismo obras de desviación y evacuación de crecidas para las aguas del río Pedernal.

La evaluación económica del anteproyecto reveló que la inversión requerida no era justificable.