



Ingenieros Consultores

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES DE
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA

HIDROGEOLOGIA CAPITULO VI

VALLE LIGUA

COMISION NACIONAL DE RIEGO
ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO DE LOS VALLES DE
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA

5214
V. 10.1
1979

HIDROGEOLOGIA VALLE LA LIGUA

5214

CICA
Binnie & Partners
Hunting Technical
Services Ltd.

Santiago
Abril, 1979

COMISION NACIONAL DE RIEGO	1979
Nº 366	48
F. 18	1979

INDICE INFORME LA LIGUA

- 4. VALLE DEL RIO LIGUA
 - 4.1 HIDROLOGIA CUALITATIVA
 - a) Zona 1 : Qda La Cerrada - Qda Vitahue - Quitalcura
 - b) Zona 2 : Qdas Vitahue - Quitalcura - Estero Los Angeles
 - c) Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla
 - d) Zona 4 : Placilla - Desembocadura
 - e) Zona 5 : Tributarios
 - 4.2 GEOMETRIA ACUIFERA
 - 4.2.1 Geología Subsuperficial
 - 4.2.2.1 Sector La Cerrada - Placilla
 - 4.2.2.2 Sector Placilla - Desembocadura
 - 4.2.2.3 Tributarios
 - a) Valle del estero Los Angeles
 - b) Qdas de los esteros Las Pataguas y Jaururo
 - 4.2.3 Acuíferos Reconocidos
 - 4.3 CARACTERISTICAS ACUIFERAS
 - 4.3.1 Análisis de la Información Existente
 - 4.3.2 Interpretación de Pruebas de Bombeo
 - a) Método de Jacob
 - b) Método de Rex Meyer
 - 4.4 MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA
 - 4.5 PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA
 - 4.6 FLUCTUACION DE NIVELES
 - 4.7 BALANCE HIDROGEOLOGICO
 - 4.8 RESERVAS DE AGUA SUBTERRANEA
 - 4.9 CAPTACIONES TIPO
 - 4.10 EXPLOTACION ARTIFICIAL

- 4.10.1 Agua Potable
- 4.10.2 Regadío

ANEXO N° 6 Catastro de sondajes y norias seleccionadas del valle de La Ligua, incluyendo cotas y niveles estáticos

INDICE DE FIGURAS CAPITULO 4

C733e
3214
V1-2.1

- 4.2.3 Perfil longitudinal Valle La Ligua de La Cerrada hasta Cabildo
- Perfil longitudinal Sector La Patagua
- 4.5.1 Perfil longitudinal nivel estático valle La Ligua Paihuen - La Vega
- 4.6.1 Limnigramas de los sondeos:
- 3220-7050 B2
 - 3220-7050 B3
 - 3220-7050 B4
 - 3220-7110 C1
 - 3220-7110 D4
 - 3220-7110 D5
 - 3220-7040 A1
 - 3220-7040 A2
 - 3220-7050 C5
 - 3220-7050 C7
 - 3220-7050 C15

4. - VALLE DEL RIO LIGUA

4.1 HIDROGEOLOGIA CUALITATIVA

El agua subterránea se desarrolla en el cuenca del río Ligua a lo largo de los sedimentos aluviales que rellenan el valle, manteniendo una dirección de escurrimiento coincidente con aquella mostrada por el río.

Hidrogeológicamente el valle adquiere interés a partir de la confluencia de la Quebrada La Cerrada con el río Alicahue, desarrollándose un acuífero freático de escaso espesor cuya calidad sufre un paulatino deterioro hacia aguas abajo culminando más allá de La Ligua en una secuencia marina de escasa permeabilidad.

A lo largo de todo este tramo el acuífero se demuestra continuo sin singularidades que lo interrumpan.

Su escaso espesor y alta permeabilidad de los estratos superiores proporciona al sistema características especiales. Tal vez aquella más relevante sea su íntimo contacto con el río, a través de sus primeras capas. A todas luces ello transforma al primero en el principal factor de recarga. El regadío aparece como un factor secundario y las precipitaciones carecen de importancia a excepción de su contribución a la escorrentía invernal.

La interconexión aludida y el escaso espesor transforman además al río en un elemento regulador del sistema, condicionando las situaciones de efluencia. Pese a ello el sistema debe considerarse mayoritariamente efluente.

X A diferencia del valle Aconcagua que presenta su recarga prácticamente concentrada en su sector alto, el Ligua muestra a lo largo de todo su desarrollo un continuo proceso de recarga y descarga. De hecho prácticamente no existe desfase entre ambos fenómenos y a lo largo de los sectores del río puede afirmarse que la recarga acaecida en una zona aparece en ella misma como descarga. X

Ello a su vez supone desfavorables condiciones del sistema como elemento regulador que se confirman a través del escaso espesor del sistema.

Consecuente con el origen del agua subterránea y la geometría acuífera, el nivel estático se encuentra a escasa profundidad y sus fluctuaciones se encuentran en íntima correlación con el régimen del río .

Basados en el comportamiento hidrogeológico y en especial en el régimen de recuperaciones se ha subdividido al valle en cuatro sectores principales y uno secundario, cuyos límites se identifican a continuación :

- Zona 1 : Quebrada La Cerrada - Qdas. Vitahue-Quitalcura
- Zona 2 : Quebradas Vitahue-Quitalcura - Estero Los Angeles
- Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla
- Zona 4 : Placilla - Desembocadura
- Zona 5 : Tributarios

a) Zona 1: Quebrada La Cerrada - Quebradas Vitahue - Quitalcura

La zona presenta un acuífero freático de relativamente bajo espesor y permeabilidad regular que acusa un empeoramiento por contribución de las diferentes quebradas del tramo y en especial Vitahue. La recarga proviene fundamentalmente del río, recarga que a su vez aparece como descarga a lo largo del tramo y con mayor énfasis en la parte baja. El sector muestra efluencia durante el período septiembre-febrero e influencia el resto del año.

b) Zona 2: Quebradas Vitahue-Quitalcura - Estero Los Angeles

Acusa un acuífero freático de espesor medio similar al sector anterior con ciertas anomalías en sus cabeceras. Hacia el tramo final se detecta un descenso de su permeabilidad provocado por la influencia del estero Los Angeles. El río permanece como el factor de recarga principal y el acuífero se demuestra netamente efluente.

c) Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla

Superada la contaminación de finos del acuífero mantiene un espesor medio de iguales características al tramo anterior, presentando una mejoría a partir de Cabildo en su transmisibilidad .

El sistema mantiene su condición de efluencia incrementándose hacia su sector final por disminución relativa de la permeabilidad.

d) Zona 4 : Placilla - Desembocadura

La secuencia estratigráfica acusa una fuerte disminución en el espesor acuífero y un notable descenso de la permeabilidad por aumento de finos . Aparece una influencia marina que anula las perspectivas hidrogeológicas . El acuífero se transforma en los entornos de Placilla en uno de características semiconfinadas e incluso con francas situaciones de confinamiento puntual. Las características reseñadas tornan la zona escasamente atractiva razón por la cual su estudio no se ha abordado en forma detallada.

e) Zona 5 : Tributarios

Corresponde al sector identificado como secundario. A excepción del Estero Los Angeles, el resto de las estructuras tributarias no presentan mayor interés, producto de la composición mayoritariamente arcillosa de sus sedimentos.

Por su parte el Estero Los Angeles si bien presenta un acuífero de potencia media levemente inferior al presente en Ligua carece de sondeos con fines hidrogeológicos que permitan cuatificar su comportamiento.

Ante la escasa confiabilidad que poseería un estudio en detalle de la zona, se ha adoptado por abordar su caracterización a excepción de una descripción geológica.

4.2 GEOMETRIA ACUIFERA

La mayoría de los valles fluviales que desembocan en el Mar de Chile y tienen cierta magnitud, como es el caso de los valle de Ligua y Petorca, presentan con repetida frecuencia niveles aterrazados en sus tramos inferiores. Estos niveles suelen situarse a varias decenas de metros sobre el fondo del valle y se componen, preferentemente, de materiales fluviales de granulometría más bien gruesa.

Es común también, encontrar cerca del mar acumulaciones e intercalaciones de capas netamente marinas, que exhiben abundantes fragmentos de caparazones, correlacionables con la fauna reciente. Estas capas marinas se ubican a veces por encima del nivel del mar actual y otras por debajo.

X Estos hechos indican que la historia del río Ligua es compleja y su comprensión, fundamental, para un correcto análisis de los depósitos que se encuentran en el valle. >

4.2.1 Geología de Superficie

La superficie cubierta por detritos no consolidados en el valle de La Ligua y sus tributarios, asciende aproximadamente a 155 km². Estos depósitos están contenidos en una estructura rocosa, descrita en el capítulo 2, en la cual no se han identificado niveles acuíferos por lo que se ha desestimado un estudio más detallado de ella.

X Reconocimientos regionales y los antecedentes suministrados por los sondeos perforados en el valle, permiten establecer una cronología de los sucesos ocurridos en el área. X

La estructura por la cual escurre el río Ligua fue labrada a mediados del terciario en forma más o menos simultánea a la formación de la cordillera de Los Andes, tal como se la aprecia actualmente. Durante esta etapa, el río excavó un lecho, que se encuentra por debajo del actual, pudiendo localmente, alcanzar, profundidades superiores a los 100 mts. Hacia fines del terciario y comienzos del cuaternario, se verificó una transgresión que llevó el nivel del mar unos 200 mts. por encima del actual, fenómeno que provocó la colmatación del valle con sedimentos continentales y marino-continentales. Posteriormente, se inició un paulatino

descenso del nivel del mar, en un movimiento discontinuo y oscilante, cuyas pulsaciones desempeñan un rol morfogenético fundamental sobre la banda costera. En efecto, ellas son responsables de la construcción de terrazas, en el curso inferior de los ríos Ligua y Petorca, de las quebradas suspendidas y de los quiebres de pendientes en los flancos del valle. Paralelamente se observan evidencias de condiciones climáticas más húmedas que las actuales, las cuales llevaron al arrastre y depositación de cantidades de sedimentos demasiado importantes para las condiciones actuales. Estos cambios climáticos corresponden a una serie de períodos glaciares e inter-glaciares.

Es precisamente a la última de estas glaciaciones (WURM) a la que se atribuye la regresión y transgresión que originó la erosión de los sedimentos preexistentes y la sedimentación de los depósitos más recientes que se aprecian en el fondo del valle.

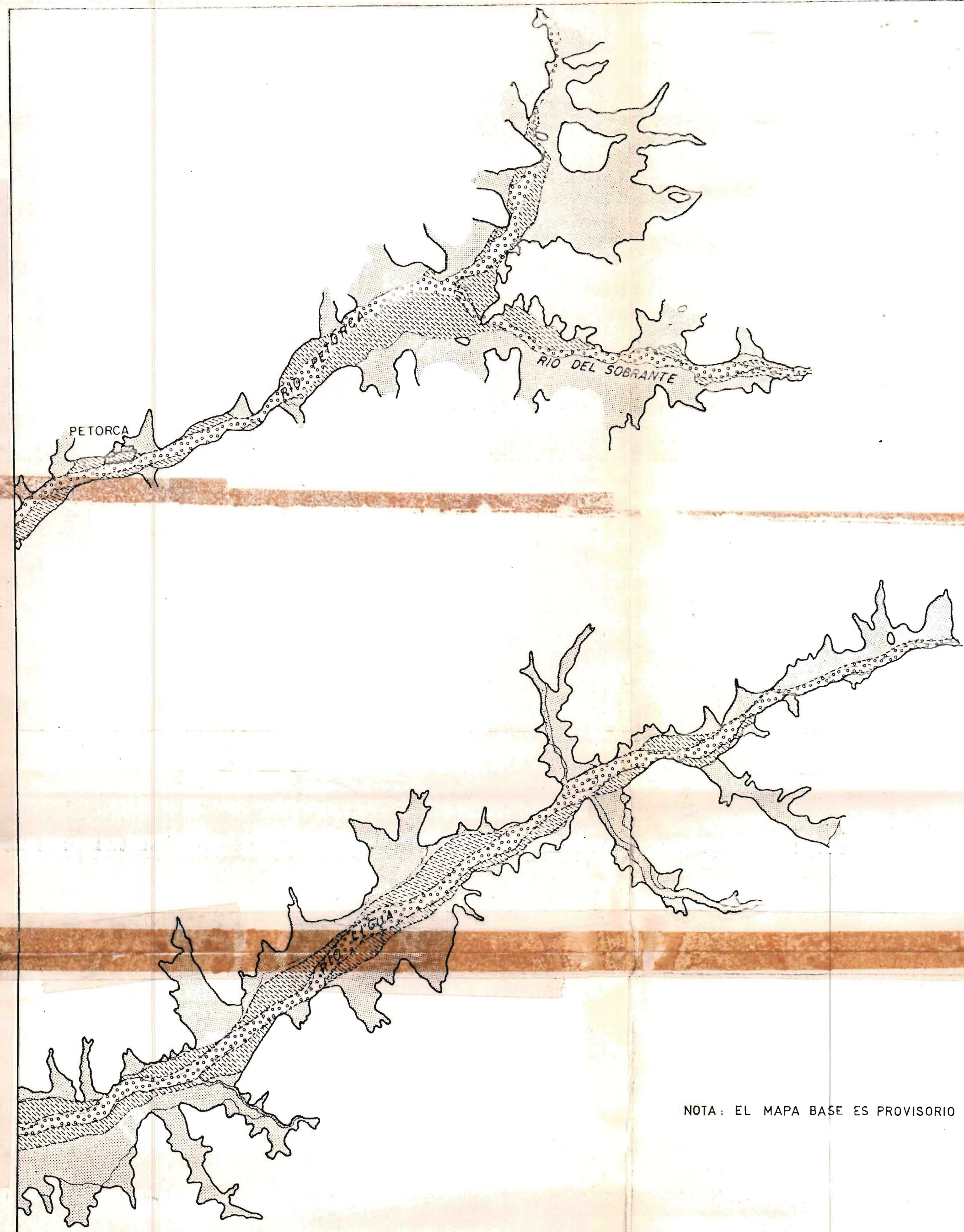
Los sedimentos existentes con anterioridad a este último ciclo (WURM) serán denominados sedimentos cuaternarios antiguos y los depositados posteriormente, sedimentos cuaternarios recientes, (Proas, 1968).

El valle del río Ligua presenta en la actualidad un perfil de talweg que se asemeja mucho al de un valle que ha alcanzado su nivel de equilibrio. El tramo final de la estructura exhibe una pendiente muy baja, que va lentamente aumentando en sentido opuesto al escurrimiento, y que en el sector comprendido entre el estero Las Pataguas y la desembocadura del estero Los Angeles, alcanza más o menos un 1 por ciento. Aguas arriba de este sector, la pendiente en promedio, alcanza valores de un 2 por ciento aproximadamente.

4.2.2 Geología de Subsuperficie

La definición y caracterización de los detritos emplazados en el valle de La Ligua y sus tributarios se ha realizado en base a 49 sondeos, cuyos antecedentes estratigráficos se encuentran disponibles como documentos de trabajo.

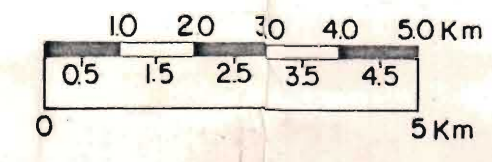
Debido a que el esquema estratigráfico del valle presenta condiciones asimilables a sólo dos situaciones diferentes se han agrupado las zonas distinguidas anteriormente en dos grandes sectores, La Cerrada-Placilla y Placilla-Desembocadura. A su vez



LEYENDA

- ARENAS MEDIAS CON UNA FRACCION GRAVILLENDA SUBORDINADA Y MATRIZ LIMOSA ESCASA QUE SE CIRCUNSCRIBEN AL LECHO DE LOS RIOS LIGUA Y PETORCA, ADEMAS DE ALGUNAS AREAS PROXIMAS A LOS MISMOS.
- SEDIMENTOS DE IGUAL GRANULOMETRIA A LOS ANTERIORES QUE SE PRESENTAN ATERRAZADOS Y CUBIERTOS EN SUPERFICIE POR LIMOS ARCILLOSOS
- DEPOSITOS DE GRANULOMETRIA HETEROGENEA ABUNDANTEMENTE ARCILLOSOS QUE SON APORTADOS POR LOS CURSOS TORRENCIALES TRIBUTARIOS A LAS ESTRUCTURAS DE LIGUA Y PETORCA
- CAMPO DE DUNAS Y ARENAS LITORALES
- AREAS DONDE A PROFUNDIDAD SE EMPLAZAN LAS CUNAS ARCILLOSAS MARINAS DETECTADAS EN LOS VALLES DE LIGUA Y PETORCA
- AREA DONDE LOS DEPOSITOS TANTO DEL LECHO COMO DE AREAS CERCANAS AL RIO LIGUA PRESENTAN CONTAMINACIONES ARCILLOSOS BASTANTE CONSIDERABLES
- CONTACTO APROXIMADO ENTRE LAS UNIDADES

NOTA: EL MAPA BASE ES PROVISORIO



HTS CICA B&P

MAPA GEOLOGICO DE LOS RELLENOS CUATERNARIOS
DE LIGUA Y PETORCA

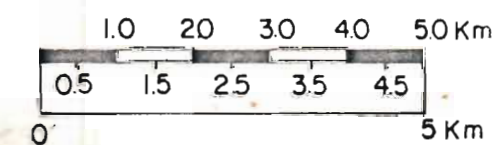
Nº 02 - G - 160

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
Nivel factibilidad V Región

MAR DE CHILE

NOTA: EL MAPA BASE ES PROVISORIO



HTS

CICA

B&P

MAPA GEOLÓGICO DE LOS RELLENOS CUATERNARIOS
DE LIGUA Y PETORCA

Nº 02 - G - '60

REPÚBLICA DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
SECRETARÍA EJECUTIVA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
Nivel factibilidad V Región

se han diferenciado las estructuras tributarias.

4.2.2.1 Sector La Cerrada- Placilla

En este tramo, los sondeos acusan la presencia de dos estratos que sedimentológicamente son diferenciables entre sí. Hacia el techo de los rellenos existe un nivel de granulometría media, del rango arenas, que presenta una fracción ripio-gravillenta subordinada y una matriz areno limosa que eventualmente puede exhibir una ligera contaminación de arcillas. Este estrato descansa sobre un conjunto de sedimentos finos, esencialmente arcillas, que suelen presentar algunos bolones aislados y una fracción arenosa fina muy escasa.

La potencia de los rellenos del valle prácticamente es desconocida ya que tan sólo 2 sondeos alcanzaron la roca base en la estructura principal. Estas perforaciones acusan una profundidad de 44 y 95 metros donde el valor menor presumiblemente responde a un umbral rocoso que se ubicaría unos 3,0 kms. aguas arriba de la ciudad de La Ligua.

Con miras a simplificar el análisis estratigráfico es que se definirán los detritos superiores arenosos (depósitos recientes) como unidad E y las arcillas infrayacentes (depósitos antiguos) como unidad F, manteniendo así una secuencia homogénea con aquella iniciada en el Valle Aconcagua.

La unidad E presenta en el tramo comprendido entre la desembocadura de la Qda. La Cerrada y unos 3,0 kms. aguas abajo de la localidad de Bartolillo, una potencia variable entre 17 y 8 mts. El espesor más bajo se registra en las inmediaciones del sondeo 32°20' - 70°40' A2 siendo este un caso excepcional por cuanto en promedio la potencia alcanza en este tramo unos 12 mts. Es posible que hacia los flancos del valle el espesor disminuya considerablemente y las contaminaciones de limos y arcillas adquieran relevancia. En todo caso resulta importante señalar que en este tramo del valle la unidad E exhibe contaminaciones de finos que lo empobrecen hidrogeológicamente. Este fenómeno se debe al aporte de un gran número de pequeñas quebradas que tributan a la estructura principal en este tramo.

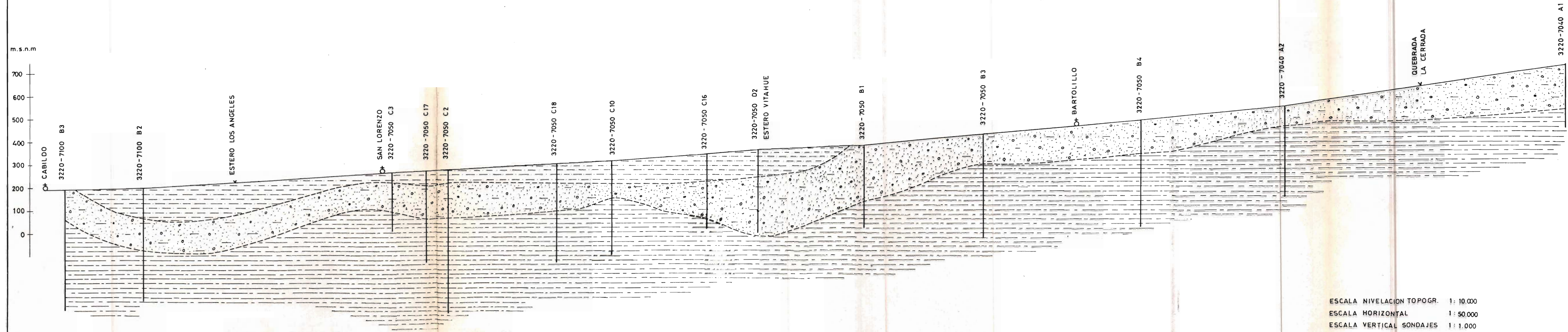
En el sector comprendido entre el sondaje $32^{\circ}20' - 70^{\circ}50'$ B3 y unos 1,5 kms. aguas abajo del área de tributación del estero Vitahue, se observa un aumento en la potencia de la unidad E que adquiere en promedio 20 a 22 mts. Desde el sondaje $32^{\circ}20' - 70^{\circ}50'$ B1 hacia el poniente, se observa en la unidad E una fuerte contaminación de finos hacia el techo que limita la continuidad vertical del estrato. En esta área, el fenómeno se debe a los aportes entregados por el estero Vitahue a la estructura principal (véase Fig. N° 4.2.1). El perfil señalado, diferencia los detritos de la unidad E de los sedimentos limo-arcillosos contaminantes con el fin de explicitar la incidencia de estos en la continuidad de los primeros.

Desde el sondaje $32^{\circ}20' - 70^{\circ}50'$ C16 hacia aguas abajo, se advierte una disminución en el espesor de los depósitos arenosos en cuestión, que alcanza su punto crítico en las inmediaciones del pozo $32^{\circ}20' - 70^{\circ}50'$ C10 el cual arrojó una potencia máxima de 6,0 mts. Desde este sondaje hacia el oeste, se observa un ligero aumento en la potencia de la unidad que se mantiene luego bastante estable (12 a 15 mts. en promedio) hasta el sector de Cabillo. A lo largo de todo este tramo se continua observando hacia el techo de la unidad, la presencia de los limos arcillosos indicados anteriormente. Estos adquieren su máxima potencia en el sector de tributación del estero Los Angeles, para luego desaparecer en el área de Cabillo.

En el tramo comprendido entre la localidad de Cabillo y la desembocadura del estero Las Pataguas se observa que la potencia de la unidad E en promedio alcanza unos 12 mts. con una tendencia a aumentar hacia aguas abajo. La cobertura de materiales finos se advierte desde unos 2,0 km. aguas abajo de Cabillo y en general es de muy poco espesor (véase Fig. N° 4.2.2). A la longitud del sondaje $32^{\circ}20' - 71^{\circ}10'$ D5 se aprecia un aumento en la potencia del estrato que se describe, el cual presenta más o menos 20 mts. El perfil indicado acusa la roca base en dos puntos, que indican una gran variabilidad para el espesor de la unidad F. El sondaje $32^{\circ}20' - 71^{\circ}00'$ C2 arroja un valor aproximado de 85 mts. y el pozo $32^{\circ}20' - 71^{\circ}10'$ D1 de 25 mts.

Continuando aguas abajo del área de la Quebrada Las Pataguas hasta la ciudad de La Ligua, la unidad E no excede los 18 a 20 mts. de espesor en promedio y la permeabilidad de los rellenos es relativamente buena.

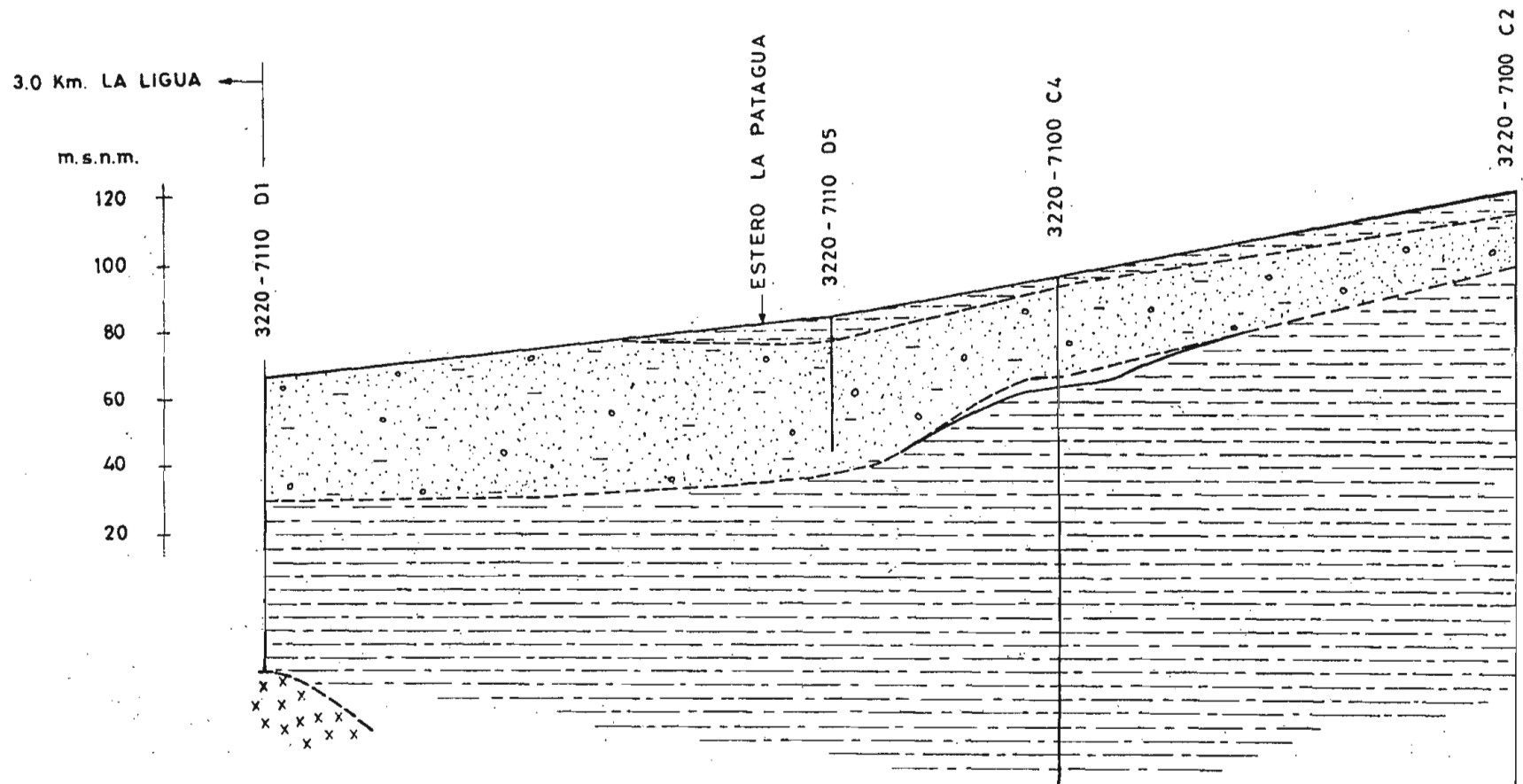
PERFIL LONGITUDINAL VALLE LA LIGUA
DE LA CERRADA HASTA CABILDO



ESCALA NIVELACION TOPOGR. 1: 10.000
ESCALA HORIZONTAL 1: 50.000
ESCALA VERTICAL SONDajes 1: 1.000

LEYENDA

PERFIL LONGITUDINAL SECTOR LA PATAGUA



LEYENDA

-  Limos arcillosos contaminantes del acuífero.
-  Arenas medias con una fracción gravillenta subordinada y matriz limosa escasa (Acuífero)
-  Arcillas limosas con fracciones mayores escasas.

ESCALA NIVELACION TOPOGR. 1:2.000
 ESCALA HORIZONTAL 1:50.000
 ESCALA VERTICAL SONDAJES 1:1.000

FIGURA 4.2.2

Resulta importante señalar que en las arcillas de la unidad F que se extienden ininterrumpidamente desde La Cerrada hasta la ciudad de La Ligua, existen niveles de carácter lenticular de granulometría gruesa a media que se interestratifican con los finos sedimentos indicados. Estas estructuras sedimentarias se caracterizan por presentar un grado de cementación alto que los hace muy resistentes y condiciona permeabilidades muy bajas en estos detritos.

4.2.2.2 Sector Placilla - Desembocadura

En el área comprendida entre la desembocadura del río Ligua en el mar de Chile y las inmediaciones de Placilla, los rellenos emplazados en el valle exhiben una estratigrafía distinta de aquella existente hacia el sector anterior. De hecho, en esta área se reconocen tres niveles estratigráficos que responden a un esquema casi análogo a aquel descrito en el tramo terminal del río Aconcagua.

Hacia el techo de la secuencia se reconoce un nivel de granulometría fina a media, que presenta una fuerte contaminación de limos arcillosos y una fracción subordinada de arena. Directamente bajo este estrato, se detecta un nivel de arcillas negras de origen marino en ambiente reductor que acusan materia orgánica en descomposición y algunos fragmentos de caparazones de moluscos. Estos depósitos corresponden a los sedimentos cuaternarios recién mencionados anteriormente. Por último, infrayaciendo a estos depósitos marinos existe un conjunto de sedimentos de granulometría heterogénea donde se reconocen ripios y gravas en escasa proporción, arenas finas y limos arcillosos en abundancia (sedimentos cuaternarios antiguos). En este nivel suelen presentarse algunos lentes de granulometría media a gruesa bastante homogénea y muy cementados.

El nivel limoso superior presenta una potencia muy poco variable, que no excede de los 8,0 mts. en promedio. Estos finos depósitos son el producto de la acción depositacional del río Ligua que en este tramo final del valle presenta un nivel energético muy bajo y presumiblemente aquellos no exhiban variaciones importantes hacia los flancos del valle. Sin duda este estrato es correlacionable con la unidad E definida aguas arriba.

Las arcillas negras infrayacentes son producto de la última oscilación eustática acaecida directamente después de la glaciación WURM. Durante este período, el nivel del mar ascendió unas decenas de metros con respecto a su posición actual de modo que los materiales que infrayacen a las arcillas marinas son el producto de la acción deposicional del río durante la última glaciación. Luego con el derretimiento de los hielos, el nivel marino comenzó a ascender, internándose el mar valle adentro, con lo cual se dieron las condiciones de energía como para la decantación de los finos arcillosos. Cuando el mar alcanzó su nivel actual, la ingresión había llegado, aproximadamente a unos 13,0 km. aguas arriba de la línea de costa existente hoy en la zona de estudio. En este ambiente se fue lentamente colmatando de sedimentos finos el área comprendida entre la desembocadura y las inmediaciones aguas arriba de Placilla, lo que ocasionó la lenta retirada del mar de la zona. Es debido a este fenómeno que el techo de las arcillas negras en cuestión se ubica coincidente con el actual nivel del mar (véase Fig. N° 4.2.3).

✓ La potencia de estos rellenos marinos es variable ya que como es normal, presentan una forma de cuña que se adelgaza hacia aguas arriba. En el tramo comprendido entre el litoral y Placilla es posible que la potencia media alcance unos 35 mts. Por desgracia no existen sondajes en el área litoral y esto impide conocer cual es la potencia que adquiere este nivel impermeable en la zona costera. Hacia el oriente del sondaje 32°20' - 71°10' C3 las arcillas disminuyen de espesor para acunarse posiblemente a unos 1000 metros al este del pozo 32°20' - 71°10' C10. ✕

✕ En este sentido resulta importante señalar que la potencia de estas arcillas es muy similar a la de las arcillas detectadas en el área de Concon y que el techo de ambas estructuras es coincidente en cota. Esto significa, obviamente, que el evento geológico responsable de la génesis de estos sedimentos tuvo un efecto casi idéntico en ambos sectores. ✕

Los detritos inferiores de la secuencia no se pueden definir espacialmente debido a que los sondajes que han permitido esbozar sus características sedimentológicas no han alcanzado la roca base. En todo caso es posible aseverar sin riesgo que estos alcanzan una buena continuidad transversal. † Estos sedimentos pre-Wurm sin duda corresponden a los definidos como depósitos antiguos en trabajos anteriores ✓. Dichos rellenos, que descansan sobre el zócalo rocoso subyacente, hacen de caja a los detritos superiores recientes que a su vez son el resultado del retrabajamiento de los primeros.

PERFIL LONGITUDINAL SECTOR PLACILLA

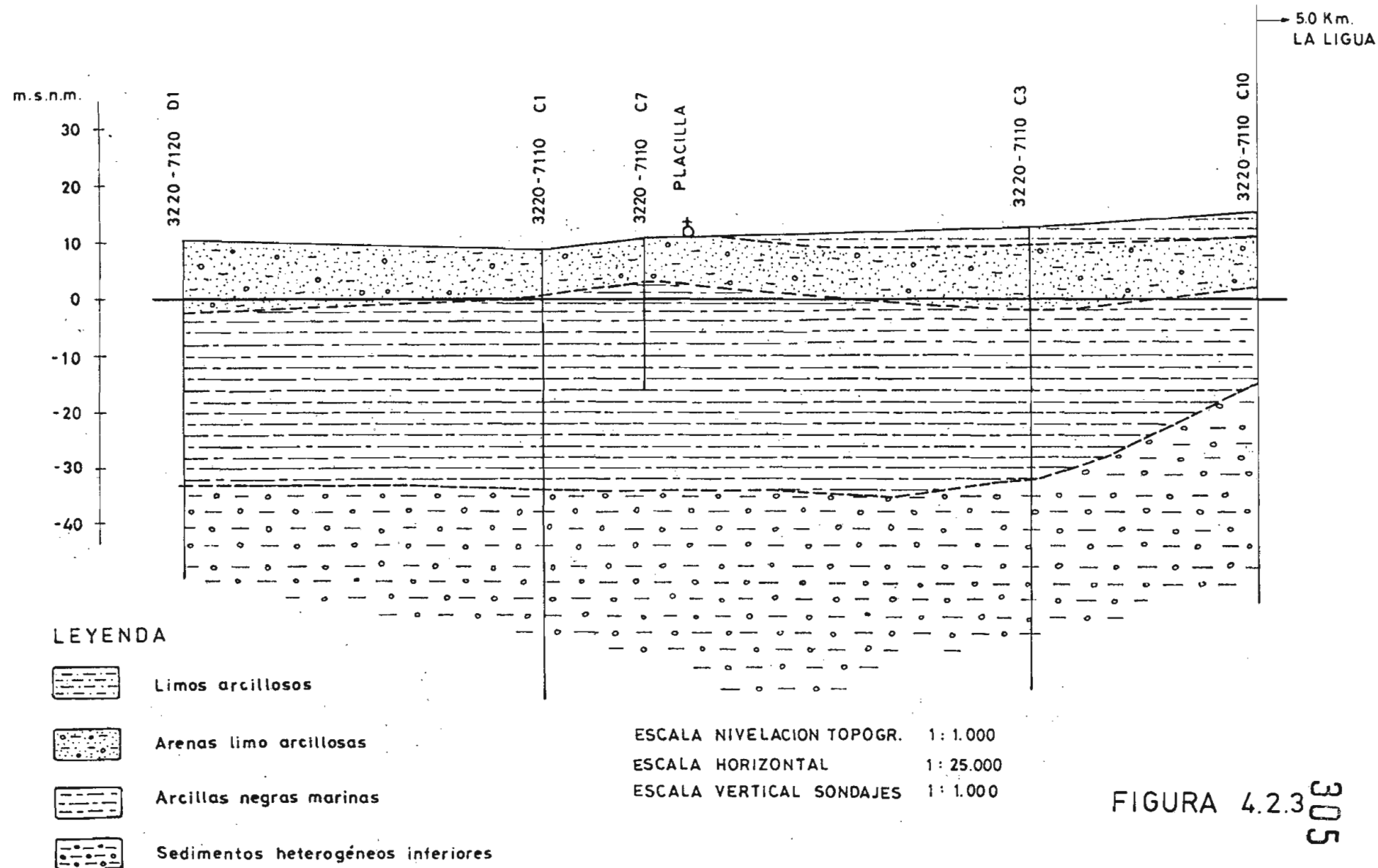


FIGURA 4.2.3

Resumiendo, la estratigrafía del área de desembocadura del valle del río La Ligua es, de arriba hacia abajo, la siguiente :

- detritos limosos recientes que representan la acción depositacional del río Ligua.
- arcillas marinas de ambiente reductor, depositadas inmediatamente después del último período glacial (WURM)
- sedimentos de granulometría heterogénea, fuertemente arcillosos, que se habían acumulado antes y durante la glaciación Wurm.

El nivel superior acusado en este sector es correlacionable con la unidad E definida en el tramo anterior y los dos niveles siguientes lo son con la unidad F. Las arcillas marinas de la desembocadura son sin duda un cambio de facie de los rellenos que se ubican hacia el techo de la unidad indicada anteriormente. Por otra parte, los depósitos inferiores del sector costero sin duda son la contaminación hacia aguas abajo de los depósitos finos inferiores reconocidos en los tramos superiores del valle. Estos últimos, que presumiblemente son el producto del retrabajamiento de acumulaciones glacio-fluviales ocurridos durante el Wurm coinciden cronológicamente con los detritos heterogéneos que subyacen a las arcillas negras marinas.

4.2.2.3 Tributarios

En el valle del río La Ligua se reconocen tres estructuras tributarias de cierta relevancia, que son en orden de importancia las siguientes : Valle del Estero Los Angeles y las Quebradas de los Esteros Las Pataguas y Jaururo.

a) Valle del estero Los Angeles

En esta estructura se han reconocido esencialmente dos tipos de depósitos que coinciden granulométrica y estratigráficamente con los descritos para el valle del río La Ligua.

Hacia el techo de la secuencia se reconocen sedimentos fluviales recientes que se circunscriben a las márgenes del estero y que engranan lateralmente con depósitos granulométricamente análogos, aterrizados y de génesis un poco anterior. Dada la similitud se-

dimentológica de ambos depósitos es posible asimilarlos en un sólo paquete sedimentario. El rango granulométrico que caracteriza a estos rellenos es del tipo gravas arenosas con una participación de limos arcillosos relativamente escasa que va gradualmente aumentando hacia aguas abajo. La potencia de este nivel fluctúa entre 10 y 25 mts. registrándose los espesores menores hacia las cabecezas de la estructura. Estos datos de espesor han sido obtenidos a partir de la información arrojada por las perforaciones practicadas en el valle y que han formado parte del estudio del Embalse Los Angeles realizado por Noguera y Asociados Ingenieros Consultores para la Dirección de Riego (M.O.P.).

Resulta importante indicar que los depósitos señalados suelen presentar contaminaciones de finos hacia los flancos, producto del aporte de materiales que suministra la actividad erosiva de las vertientes. De hecho, existen abundantes materiales de tipo escombros de falda, acarreo de cursos torrenciales, etc. que engranan lateralmente con las gravas arenosas descritas, limitando su continuidad transversal.

Infrayaciendo a estos depósitos recientes, se detecta en el valle la presencia de rellenos fuertemente arcillosos que son el resultado de una actividad deposicional antigua y que presentan una potencia bastante considerable (120 mts. aproximadamente). Estos sedimentos exhiben una fracción clástica bastante heterogénea que va desde bolones hasta gravas finas, con una abundante matriz limo-arenosa fuertemente contaminada de arcilla. En sentido transversal al valle es lícito esperar una alta continuidad de estos sedimentos antiguos, al igual que en sentido longitudinal a la estructura.

Estratigráficamente y cronológicamente es posible correlacionar los depósitos superiores de esta secuencia con la unidad E definida en el valle del río Ligua. Igualmente, se pueden asimilar a la unidad F definida en la estructura principal, los depósitos inferiores existentes en el valle de Los Angeles.

Según esta estratigrafía, es posible reconocer un nivel acuífero que se ubica en los rellenos superiores de la secuencia y que descansa sobre los sedimentos arcillosos inferiores. El acuífero tiene un carácter freático y sólo en algunos sectores se presenta algo cubierto por sedimentos que son aportados por la erosión de las vertientes del valle. Presumiblemente el acuífero no supera los 15 mts. de potencia en promedio, llegándose a valores incluso menores en el tramo terminal de la estructura. Además esta unidad hidrogeológica exhibe limitaciones transversales debido a las

interdigitaciones con los materiales finos que se adosan a los flancos del valle.

En profundidad su continuidad vertical se presenta interrumpida por la presencia de los detritos con abundante arcilla que puede definirse como acuifijos.

× La falta de antecedentes aguas abajo del área estudiada como factible para el empotramiento del muro del embalse Los Angeles (Noguera y Asociados op.cit.) hace imposible una caracterización más exhaustiva de los rellenos del valle. ×

b) Quebradas de los Esteros Las Pataguas y Jaururo

En la quebrada del estero Las Pataguas existe un depósito cuaternario de granulometría bastante heterogénea donde la fracción mayoritaria está constituida de arcilla. Los depósitos son producto del acarreo de cursos torrenciales que labran las vertientes de la quebrada y a la acción deposicional del estero Las Pataguas.

Hacia las cabeceras de esta estructura se han practicado dos sondeos que acusan la roca basal a 68 y 80 mts, de profundidad aproximada. Ambas perforaciones atravesaron una secuencia eminentemente arcillosa donde no es posible reconocer un nivel de granulometría mayor que presente alguna continuidad. Según estos sondeos la potencia media que podría esperarse para el relleno de la estructura asciende a más o menos 90 mts. y es posible que los valores mayores se registren hacia la desembocadura.

× Como se indicó anteriormente, resulta imposible reconocer un nivel acuífero claro en estos depósitos y presumiblemente los escasos niveles de algún interés no sean más que estructuras de escasa continuidad, que para los efectos de este estudio resultan despreciables. ×

× En la Quebrada de Jaururo existe un complejo sedimentario similar al descrito para la Quebrada Las Pataguas donde no resulta posible la identificación de niveles de interés. Los rellenos, esencialmente arcillosos, son el producto de la erosión de los flancos y conforman estructuras tipo taludes de detritos y conos de deyección levemente aterrizados en sus tramos terminales, producto de la acción del estero Jaururo. y

4.2.3 Acuíferos Reconocidos

En el valle del río La Ligua se reconoce la existencia de un acuífero freático que se emplaza en los depósitos definidos como E y que tienen proyección hacia la desembocadura en los sedimentos limosos superiores de la secuencia allí descrita. En términos generales este acuífero es de regular a buena calidad y sus sedimentos se encuentran controlados por su potencia y contaminaciones de finos.

× Las variaciones de potencia que la estructura hidrogeológica presenta, han sido descritas para la unidad E y debido a que son coincidentes no se describirán aquí. ×

Ahora bien, la presencia de este acuífero freático en la zona comprendida entre la desembocadura y las inmediaciones de Placilla es incierta; por cuanto los detritos limosos en que se emplazaría tienen rangos de permeabilidad muy bajos. De este modo, se puede afirmar que dicho nivel podría constituir una especie de transición entre acuífero y acuífijo.

4.3 CARACTERISTICAS ACUIFERAS

4.3.1 Análisis de la Información Existente

A diferencia del Valle Aconcagua, Ligua no ha sido sometido a una investigación hidrogeológica sistemática, lo cual establece restricciones en los antecedentes disponibles para la determinación de constantes elásticas.

Los sondeos existentes en el Valle alcanzan un total de 63. Su distribución a lo largo de él puede calificarse de escasamente homogénea, distinguiéndose sectores con alta concentración y una amplia zona prácticamente carente de sondeos.

Es así como desde Qda. La Cerrada hasta la confluencia del estero Los Angeles (zonas 1 y 2) se contabilizan 28 sondeos que representan un 44% del total. Especial densidad presenta el sector de San Lorenzo con 18 pozos.

Aguas abajo del sector señalado, desde Cabildo hasta La Ligua, hay ausencia casi total de captaciones a excepción de norias.

Los sondeos en su totalidad han sido contruídos con fines de explotación, careciéndose por lo tanto de estaciones de bombeo que permitan determinar valores de almacenamiento.

Se destaca en la información disponible, aquella proveniente de los sondeos contruídos por CORFO, aún cuando su objetivo no era el reconocimiento hidrogeológico del Valle. Dichos antecedentes, pruebas de agotamiento de corta y larga duración, han permitido la obtención de valores confiables de transmisibilidad. El resto de los sondeos, a excepción de aquellos contruídos por distintas empresas bajo el convenio CORFO-CORA, poseen antecedentes cuya utilidad ha sido limitada.

La situación reflejada se resume en disponer sólo de 21 antecedentes válidos para el cálculo de transmisibilidad. Procurando habilitar la determinación del coeficiente de almacenamiento se realizó una exhaustiva inspección de sondeos en el Valle, seleccionándose como única alternativa el recinto de agua potable de Ligua. En él se realizaron pruebas de agotamiento con control de sondeos vecinos. Adicionalmente se procuró eliminar la ausencia de antecedentes de transmisibilidad entre Cabildo y Ligua, identificando norias susceptibles de ser sometidas a pruebas. Lamentablemente ninguna de ellas reunía las condiciones requeridas.



HTS

CICA

B & P

Proyecto	P. Paleczek	Plano N°	02-L-162 b
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Marzo 1979
Dibujó	V. Bebin C. JCV.	Plano Base	Carta I.G.M.
INSPECTOR C.N.R.	V°B°	OBS.	

UBICACION DE SONDAJES Y NORIAS
EN LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA



■ ZONAS PRINCIPALES DE AFLORAMIENTO
--- LIMITE ACUIFEROS PRINCIPALES

HTS

CICA

B & P

Proyecto	P. Paleczek O.	Plano N°	02 - L - 163 d
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50 000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Marzo 1979
Dibujó	V. Bebin C.	Plano Base	Carta 1:6 M
INSPECTOR C.N.R.		V° B°	OBS.

ZONAS DE AFLORAMIENTOS PRINCIPALES
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

4.3.2 Interpretación de Pruebas de Bombeo

Básicamente se ha recurrido a dos métodos de análisis para la interpretación de los antecedentes de pruebas de bombeo sin el apoyo de sondajes de observación.

Jacob ha sido el método de cálculo más profusamente utilizado tanto en la etapa de bombeo como recuperación.

A su vez el método de Rex Meyer para gasto específico nulo ha servido para analizar aquellos sondajes cuyos únicos antecedentes son la curva de agotamiento o pruebas de gasto variable de duración excesivamente corta. No se ha corregido a través de Sternberg los valores obtenidos, considerando que la generalidad de los sondajes son totalmente penetrantes.

a) Método de Jacob

Este método es estrictamente aplicable en acuíferos confinados que carecen de recarga y el agua es entregada en forma instantánea a expensas del coeficiente de almacenamiento. Sin embargo, también es utilizado en acuíferos freáticos cuando las depresiones provocadas por el bombeo son de pequeña magnitud en comparación con el espesor saturado del acuífero.

El procedimiento consiste en representar gráficamente $(s, \log t)$ en el período de bombeo y $(s, \log t/t')$ en el período de recuperación, obteniéndose una recta a partir de la cual es posible determinar el valor de la transmisibilidad a través de la siguiente relación.

$$T = \frac{15 \cdot 84 \cdot Q}{\Delta s}$$

siendo:

T = transmisibilidad, en (m^2/d)

Q = caudal bombeado, en (l/s)

Δs = variación de la depresión en un ciclo de " t " o " t/t' ", en (m) .

b) Método de Rex Meyer

La ecuación básica corresponde a la ecuación simplificada de Theis:

$$s = \frac{Q}{4 \pi T} \ln \left(\frac{2.25 \cdot T \cdot t}{R^2 S} \right)$$

siendo:

s = depresión en el sondaje

Q = caudal bombeado

T = transmisibilidad

t = tiempo transcurrido desde el inicio del bombeo

R = radio del pozo

S = coeficiente de almacenamiento

La ecuación se resuelve en función del gasto específico (Q/s) adoptando un valor del coeficiente de almacenamiento de acuerdo a los sedimentos detectados.

El escaso espesor que presenta el acuífero torna a la transmisibilidad especialmente vulnerable a las variaciones del nivel estático, provocando alteraciones en su determinación, según sean las condiciones que presentaba el sondaje en el momento de la prueba. Dicho fenómeno debe tenerse presente para diseñar niveles de explotación, dada la variabilidad que presentará la transmisibilidad en función del espesor saturado. Por otra parte sin embargo, la totalidad de los sondajes puede considerarse como comprometiendo el espesor completo del acuífero, no requiriéndose correcciones por dicho concepto.

Procurando independizar los valores adoptados de la situación que presentaba el espesor saturado en el momento de la prueba, se ha determinado la permeabilidad en cada ocasión y basados en ella se ha inferido la transmisibilidad para condiciones de completa saturación del sistema. Adoptar semejante metodología supone desde luego condiciones homogéneas del acuífero que permitan considerar válida la permeabilidad en todo su espesor. Ello no es rigurosamente exacto, pues los sectores superiores del acuífero presentan condiciones estratigráficas de mejor calidad, en especial en la caja actual del río, lo cual conduce a subestimaciones del parámetro transmisibilidad.

Los valores deberán entenderse por lo tanto como la cota inferior que presenta el parámetro.

La escasa densidad de antecedentes por otra parte, ha impedido presentar un plano de transmisibilidad, describiéndose solo la variación que presenta a lo largo del valle.

El coeficiente de almacenamiento tal como se ha señalado en las consideraciones previas, carece prácticamente de información. Si bien dicha restricción se ha levantado parcialmente a través de la determinación en Ligua de dicho parámetro, éste corresponde a un valor puntual cuya extrapolación a todo el valle debe considerarse con reserva. En especial el valor determinado podrá estimarse como un buen reflejo del almacenamiento de un acuífero freático. Sin embargo, las variaciones que sufre el nivel estático transforman al acuífero en ciertos momentos, dada las características estratigráficas del relleno, en uno de condiciones semiconfinadas. Bajo esta última característica el coeficiente de almacenamiento determinado, representará a aquel de largo plazo y el coeficiente instantáneo será sustancialmente inferior. En todo caso, dado el mayor interés que reviste el coeficiente de largo plazo para el diseño de niveles de explotación, se considera aceptablemente caracterizado el sistema a través del valor determinado.

Basados en la zonificación adoptada se analiza a continuación la distribución de las constantes elásticas a lo largo del Valle.

Zona 1 : Qda. Cerrada - Qdas. Vitahue - Quitalcura.

El sector presenta una densidad aceptable de antecedentes. La zona superior Cerrada-Bartolillo acusa una transmisibilidad media variable entre 200-500 m²/día, fenómeno que contribuye a la existencia de vertientes. En general puede establecerse que los valores superiores se concentran en los entornos del cauce, disminuyendo a medida que nos acercamos a los flancos. A partir de Bartolillo la transmisibilidad aumenta gradualmente hasta alcanzar valores en torno a 2000-3000 m²/día. Dichos valores se concentran nuevamente en torno al cauce actual sufriendo variación laterales por la influencia en especial de Vitahue. El almacenamiento no ha sido determinado específicamente pero atendiendo a las características del acuífero puede adoptarse un valor de 15%.

Zona 2 : Qdas. Vitahue - Quitalcura - Estero Los Angeles.

Especial homogeneidad alcanza la transmisibilidad en este sector situándose en un valor medio de 2000 m²/día./m

Levemente aguas abajo de San Lorenzo y previo a la confluencia del estero Los Angeles el parámetro acusa un leve descenso a un valor medio en torno a $1000-1500 \text{ m}^2/\text{día}$. Dicho fenómeno explica a su vez el aumento de los afloramientos en el sector.

El almacenamiento mantiene un valor similar a la zona anterior.

Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla.

Este amplio tramo del valle posee solo antecedentes aislados de transmisibilidad. Sin embargo, la constancia que muestra el acuífero en su espesor y estratigrafía permiten extrapolar los valores puntuales a todo el sector.

Así en los entornos de Cabildo el parámetro posee un valor medio de $2500 \text{ m}^2/\text{día}$ valor que sufre fuerte incremento en las cercanías del cauce. Es así como en Ligua se ha obtenido una transmisibilidad de $6000 \text{ m}^2/\text{día}$ en condiciones de completa saturación del sistema. El almacenamiento ha sido determinado en este último pueblo confirmando el valor adoptado para las zonas anteriores.

4.4. MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA

El conocimiento de la dirección y gradientes hidráulicos que gobiernan el escurrimiento del agua subterránea a lo largo del Valle de Ligua, constituye factor decisivo para la caracterización de las condiciones hidrogeológicas.

Atendiendo a la dinámica que presenta el escurrimiento y a los antecedentes disponibles, las características del movimiento general se presentan para las condiciones imperantes en el mes de Julio de 1978.

La superficie equipotencial que refleja dicha situación, ha sido construída a través de un control general de niveles estáticos de sondajes y norias, unido a una estimación de las cotas de dichas captaciones. Semejante estimación ha sido realizada tras la ubicación en las cartas 1:10.000 de sondajes y norias. Tanto cotas como niveles estáticos, se presentan en el catastro de sondajes incluido en anexos, y planos. Manteniendo la zonificación adoptada se analiza a continuación



LEYENDA
— 100 — m. s. n. m.

71°20'

71°10'

HTS

CICA

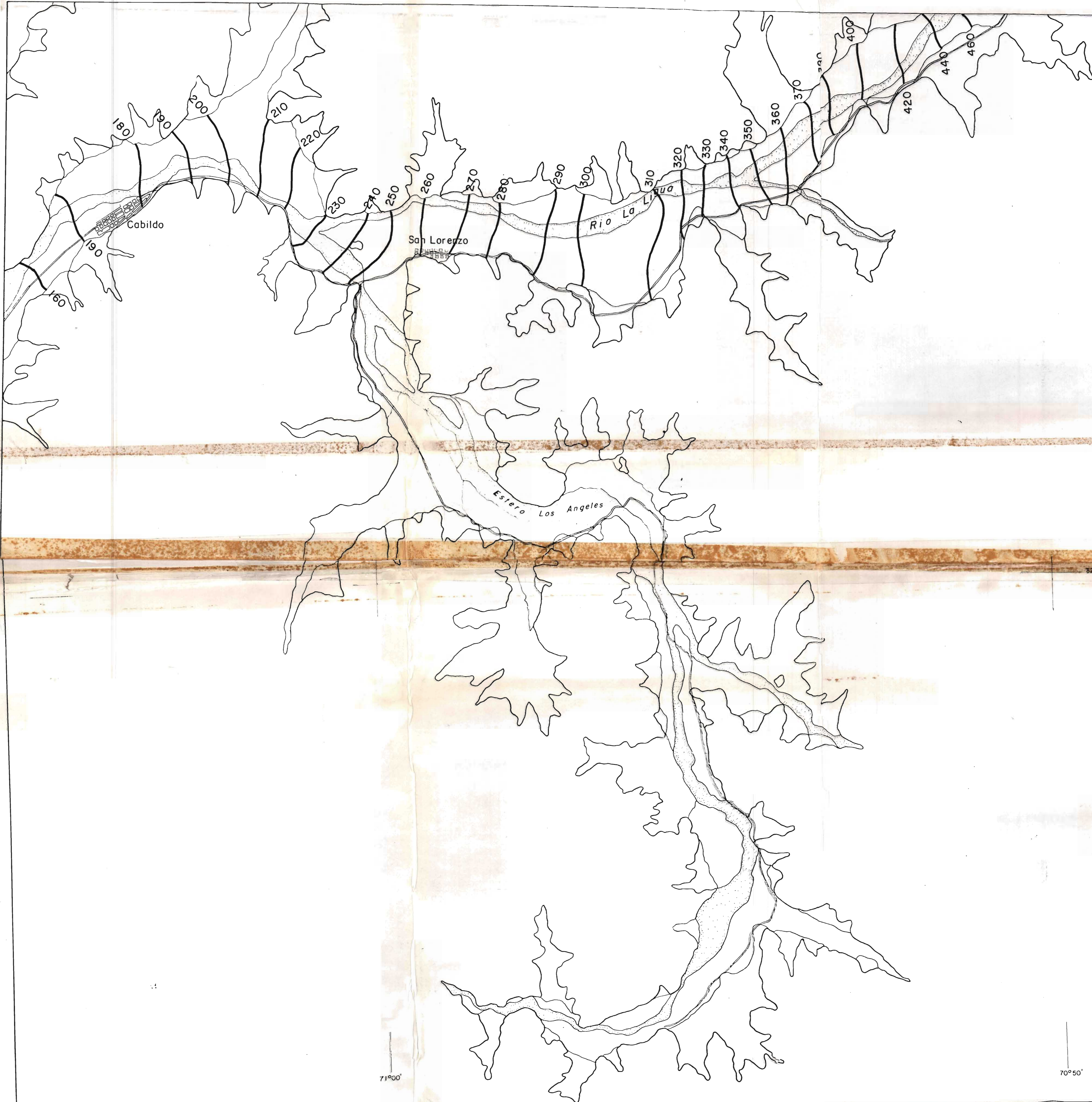
B & P

Proyecto	P. Paleczek O.	Plano N°	02 - L - 31 a
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Jefe Estudio	E. Lemoitte y B. Cox	Fecha	Abril 1979
Dibujó	V. Bebin C. J.C.V.	Plano Base	Carta I.G.
INSPECTOR C.N.R.		V°B°	OBS.

SUPERFICIE FREATICA
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA



LEYENDA
— 100 — s.n.m

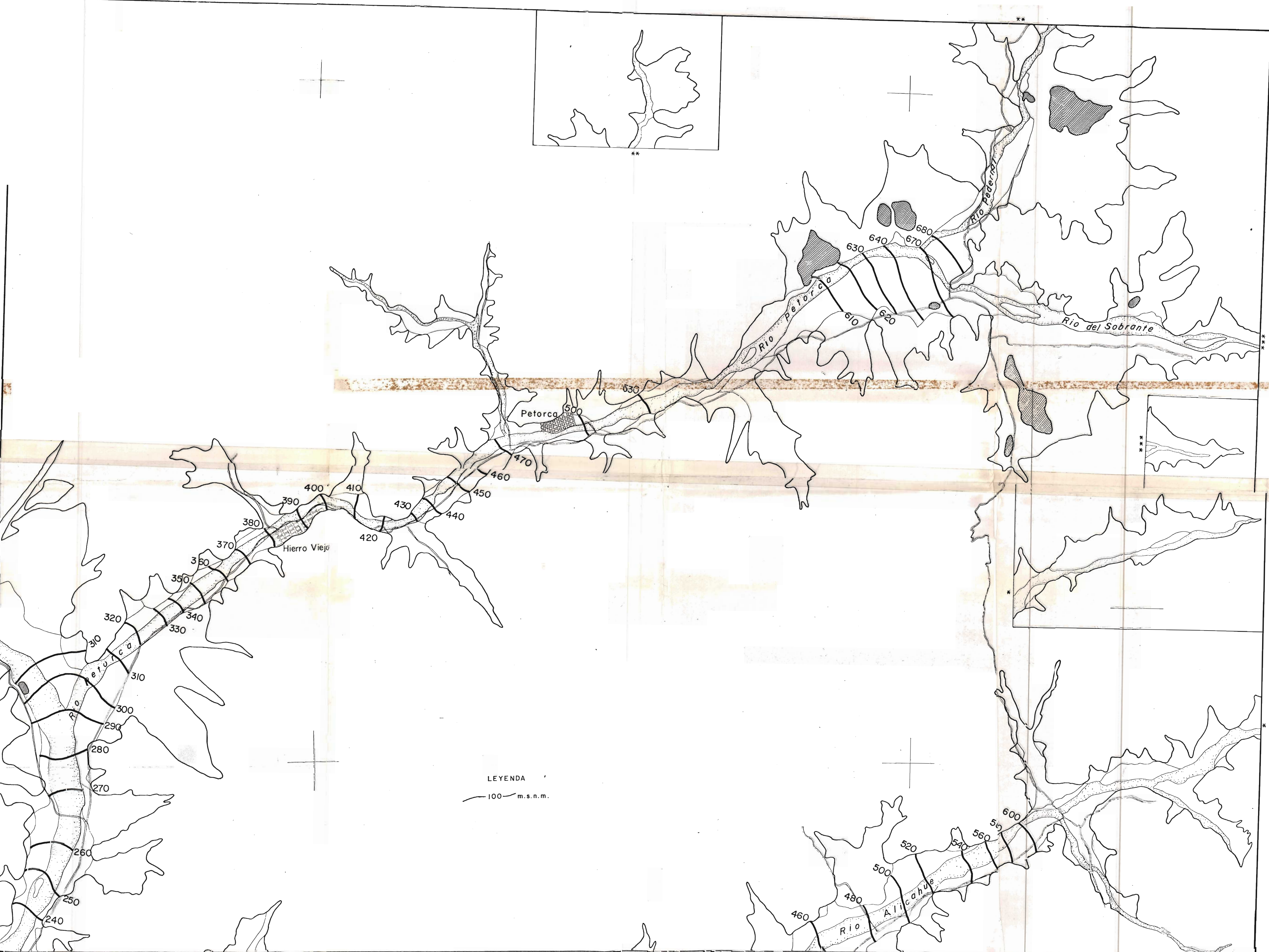
Proyecto	P. Paleczek	Plano N°	02 - L - 161 b
Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Abril 1979
Dujo	V. Bebin C. J.C.V.	Plano Base	Carta 1:60.000
Inspector C.N.R.	V°B°	OBS	

SUPERFICIE FREATICA
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

HTS CICA B&P



LEYENDA

— 100 — m.s.n.m.

Proyecto	P. Paleczek O.	Plano N°	02 - L - 161 d
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Marzo 1979
Dibujo	V. Bebin C.	Plano Base	Carta I.G.M.
INSPECTOR C.N.R.	V° B°	OBS.	

SUPERFICIE FREATICA
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL E RIEGO
DE LOS VALES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

HTS

CICA

B & P

las características del movimiento (dirección y magnitud) en cada uno de los sectores.

Zona 1 : Qda. La Cerrada - Qdas Vitahue - Quitalcura

En concordancia con el gradiente de terreno el escurrimiento en el sector se encuentra regido por un gradiente medio relativamente elevado de 2%.

Particularmente entre el límite superior y Bartolillo el gradiente alcanza a 2,4% disminuyendo a 1,7% en el tramo final. El sector se demuestra efluente durante el período Septiembre-Febrero e influente entre Marzo-Agosto. El caudal subterráneo saliente para el mes de Julio de 1978 alcanza a 0,25 m³/s. mientras que el caudal de entrada sólo es de 0,050 m³/s. La dirección del flujo muestra absoluta coincidencia con aquella del valle.

Zona 2 : Qdas. Vitahue - Quitalcura - Estero Los Angeles

Acusando el cambio de la morfometría del valle el movimiento muestra un paulatino descenso en su gradiente desde 1,5% en la zona superior hasta 1,1% en su sector final. El gradiente medio alcanza 1,2% y la dirección del flujo se mantiene coincidente con la dirección general del Valle. El sector debe calificarse como netamente efluente alcanzando el caudal subterráneo de salida a 170 l/s en Julio de 1978.

Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla

Producto de la influencia del estero Los Angeles este tramo se inicia con un cambio en la dirección del movimiento que rápidamente retoma la orientación del Valle siendo ambas coincidentes a la altura de Cabillo. El gradiente aguas arriba de este pueblo alcanza a 1,1% descendiendo a 0,6% en sus entornos por efecto presumiblemente del dren construido en 1972.

Aguas abajo de esta singularidad y hasta frente a la Qda. Las Pataguas el gradiente mantiene un valor levemente superior : 0,8%. La influencia de la quebrada señalada se refleja en una anomalía tanto en dirección como magnitud. El gradiente se eleva a 2% y la dirección posee una orientación prácticamente norte-sur. Superada la anomalía el gradiente retoma valores normales y culmina el tramo con una magnitud igual a 0,5%.

El acuífero se clasifica como netamente efluente alcanzando el caudal subterráneo de salida para Julio de 1978 a $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$. Dicho valor sin embargo, no refleja los aportes laterales correspondientes a Los Angeles y Pataguas. Ellos deben considerarse como entrada a la Zona y representan un caudal conjunto estimado a $0.072 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.5 PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA

El interés por establecer la profundidad a que se encuentran los niveles freáticos a lo largo del valle, reviste importancia, no solo para el conocimiento del tipo y características de las posibles captaciones sino también para la correcta identificación y ubicación de las áreas de descarga natural.

La información utilizada para la caracterización de la profundidad corresponde a la medición general de niveles estáticos realizada en Julio de 1978, a los sondeos existentes y norias seleccionadas en los valles. Adicionalmente ha servido de apoyo el plano 1: 10.000 proporcionado por la Comisión Nacional de Riego para la identificación de zonas de afloramiento. Atendiendo, sin embargo a las características del valle y a la densidad de información existente no ha sido posible la construcción de un plano de isoprofundidad, optándose por presentar perfiles de sectores representativos, junto a un plano, identificando sectores de menor profundidad de nivel estático.

Zona 1 : Qda. La Cerrada - Qdas. Vitahue - Quitalcura

Desde el límite superior hasta aproximadamente 2 kms. aguas arriba de Bartolillo el nivel estático se encuentra a una profundidad no superior a 2,5 m. En concordancia con ello la zona presenta profusión de vertientes. Las mayores profundidades por razones topográficas se presentan concentradas en el flanco sur del valle.

A partir del límite indicado el nivel experimenta una profundización que lo sitúa entre 6 y 8 mts. para posteriormente iniciar a la altura de Pililén un paulatino ascenso y alcanzar en los entornos de Quitalcura una profundidad entre 3 y 4 mts. (Figura N°4.5.1). En todo el sector se mantiene el fenómeno de una rápida profundización del nivel estático hacia el flanco sur.

PERFIL LONGITUDINAL NIVEL ESTATICO VALLE RIO LIGUA PAIHUEN - LA VEGA

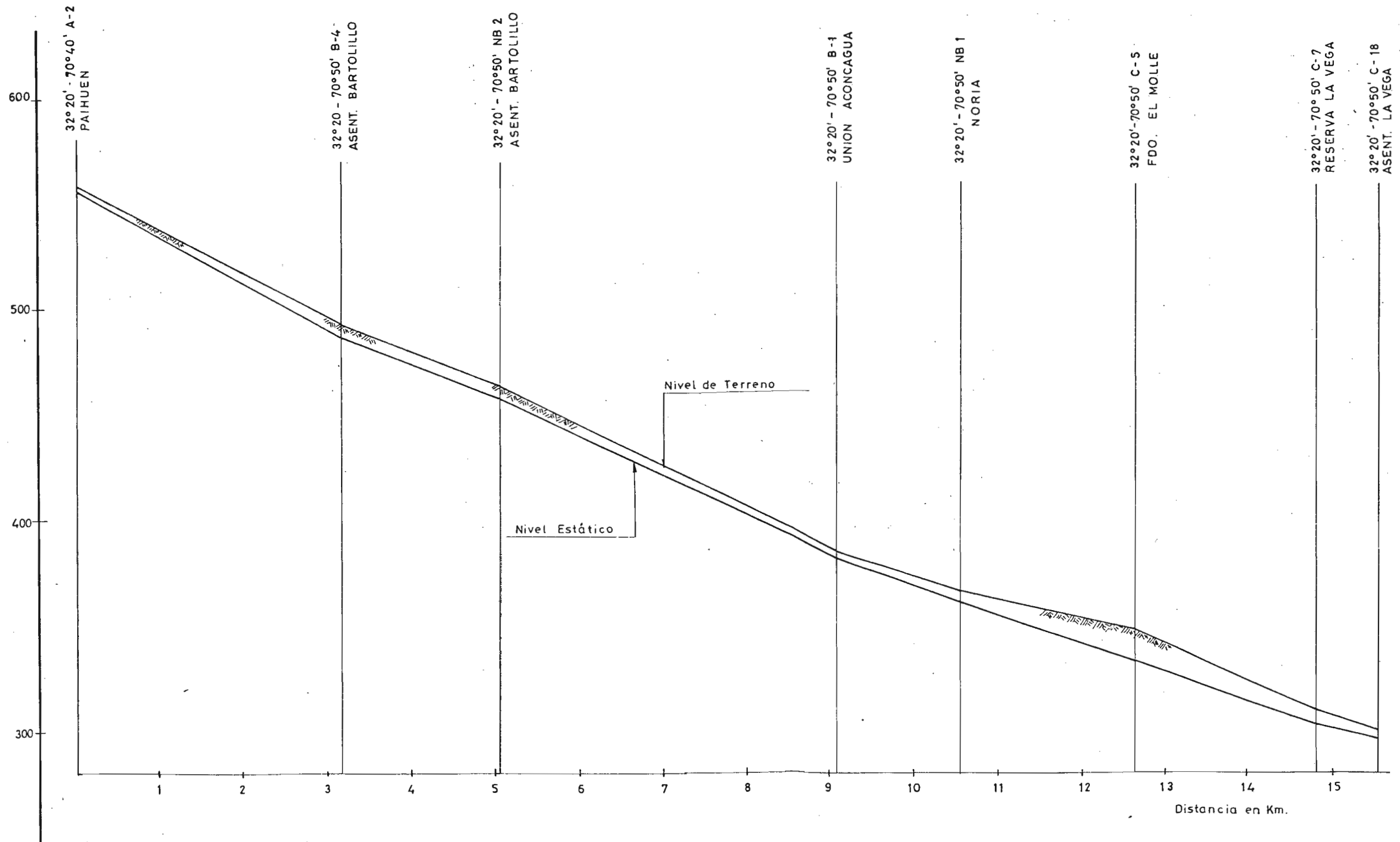


Figura 4.5.1.

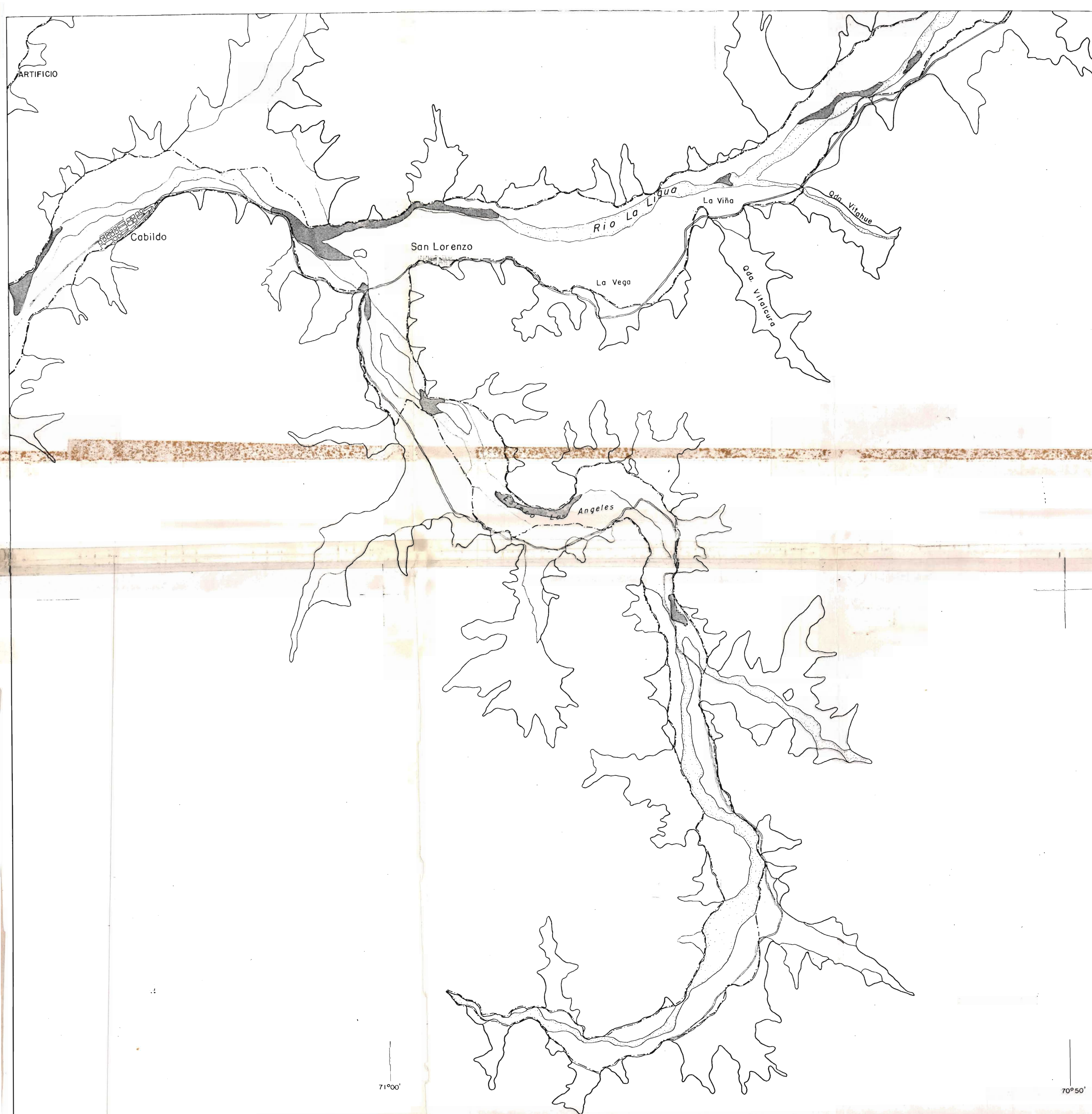
Zona 2 : Qdas. Vitahué - Quitalcura - Estero Los Angeles

Superada la influencia de las quebradas el nivel estático acusa una leve profundización situándose en torno a 5 mts. para paulatinamente iniciar un proceso de ascenso culminando con profundidades no superiores a 1 mt. en la confluencia del Estero Los Angeles con el río Ali-cahue.

Consecuentemente con el gradual ascenso el sector bajo de la zona presenta varias vertientes que alimentan canales de regadío.

Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla.

A lo largo de toda la zona la profundidad del nivel presenta alta dependencia de la topografía. La directa conexión río-acuífero, condiciona la profundidad del nivel, encontrándose éste, en zonas de igual o similar cota a la del cauce, a una profundidad no superior a 1 mt. Hacia los flancos el nivel se profundiza alcanzando hasta 5 mts. En los entornos de Placilla la conexión se demuestra menos eficiente permaneciendo los niveles en todo caso sobre 2 mts. Hasta La Ligua es común la existencia de vertientes y aún cuando el sistema en todo su tramo es efluente esta es mayor en el sector final. La profundidad del nivel favorece la presencia de vegetación parásita.



■ ZONAS PRINCIPALES DE AFLORAMIENTO
--- LIMITE ACUIFEROS PRINCIPALES

HTS

CICA

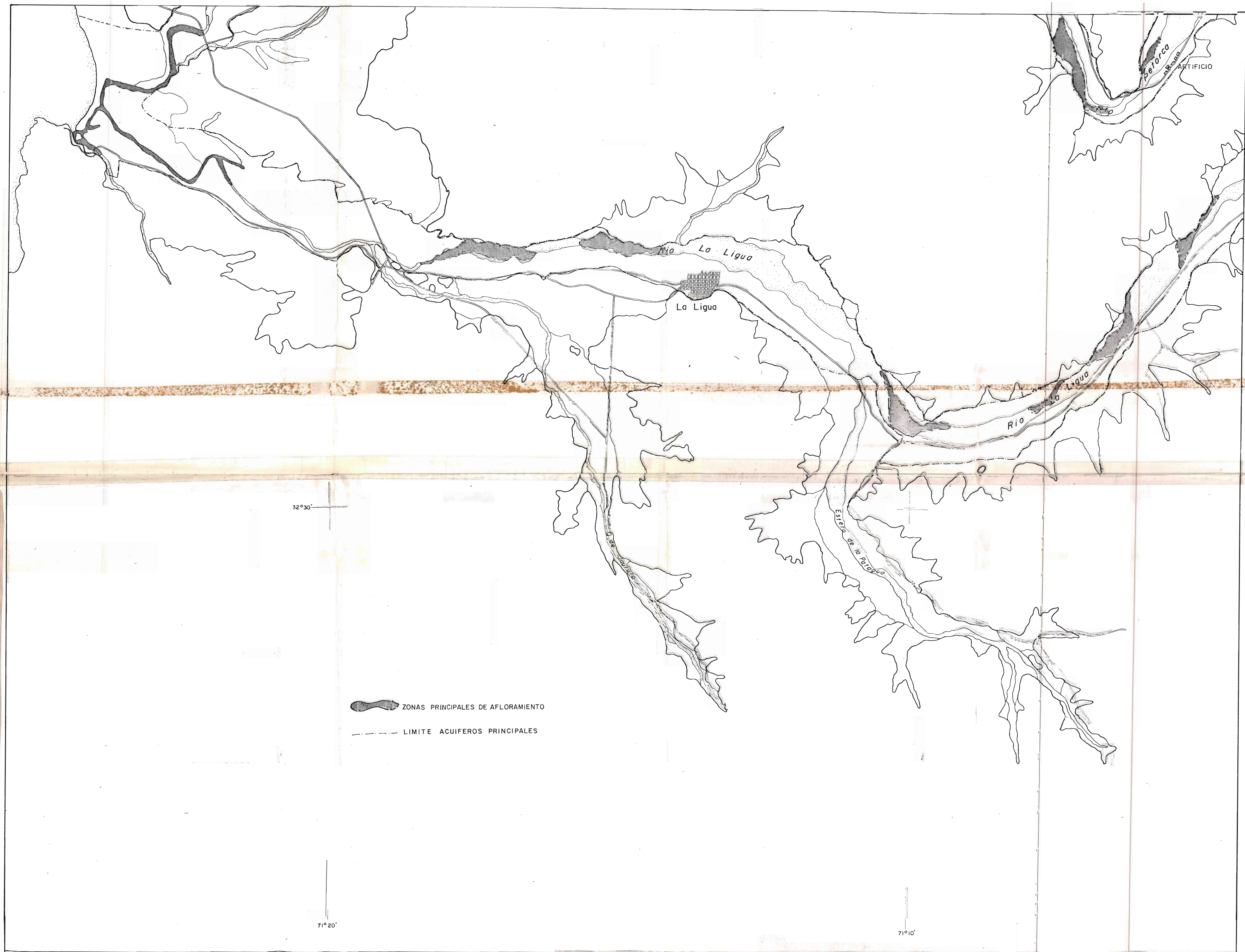
B & P

Proycto	P. Paleczek O.	Plano N°	02 - L - 163 b
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Marzo 1979
Dibujó	V. Bebin C.	Plano Base	Carta I.G.M.
INSPECTOR C.N.R.	V°B°	OBS	

ZONAS DE AFLORAMIENTOS PRINCIPALES
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA



 ZONAS PRINCIPALES DE AFLORAMIENTO
 LIMITE ACUIFEROS PRINCIPALES

Proyectó	P. Paleczek O.	Plano N°	02 - L - 163 a
Jefe Unidad	A. Hojas B.	Escala	1:50.000
Jefe Estudio	E. Lemaitre y B. Cox	Fecha	Febrero 1979
Dibujó	V. Bebin C.	Plano Base	Carta I.G.M.
INSPECTOR C.N.R.		V°B°	OBS.

ZONAS DE AFLORAMIENTOS PRINCIPALES
DE LOS VALLES LIGUA Y PETORCA

ESTUDIO INTEGRAL DE RIEGO
DE LOS VALLES
ACONCAGUA, PUTAENDO, LIGUA Y PETORCA
NIVEL FACTIBILIDAD V REGION

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO
SECRETARIA EJECUTIVA

HTS CICA B&P

4.6 FLUCTUACION DE NIVELES

El control sistemático y almacenamiento de la información de niveles estáticos en el valle, se inicia en forma masiva en el año 1971. La tarea emprendida por el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, fue mantenida hasta 1976. Pese a ello la densidad de sondajes y medidas sólo demuestra ser aceptable para el bienio 1975-1976. Durante dicho período el control abarca 12 sondajes distribuidos desde las cabeceras hasta Placilla, con ausencia de información para el sector Cabildo-Las Pataguas, tramo carente de sondajes. Los antecedentes se encuentran traspasados a limnigramas presentándose una selección de ellos.

Zona 1: Quebrada Cerrada - Quebradas Vitahue-Quitalcura

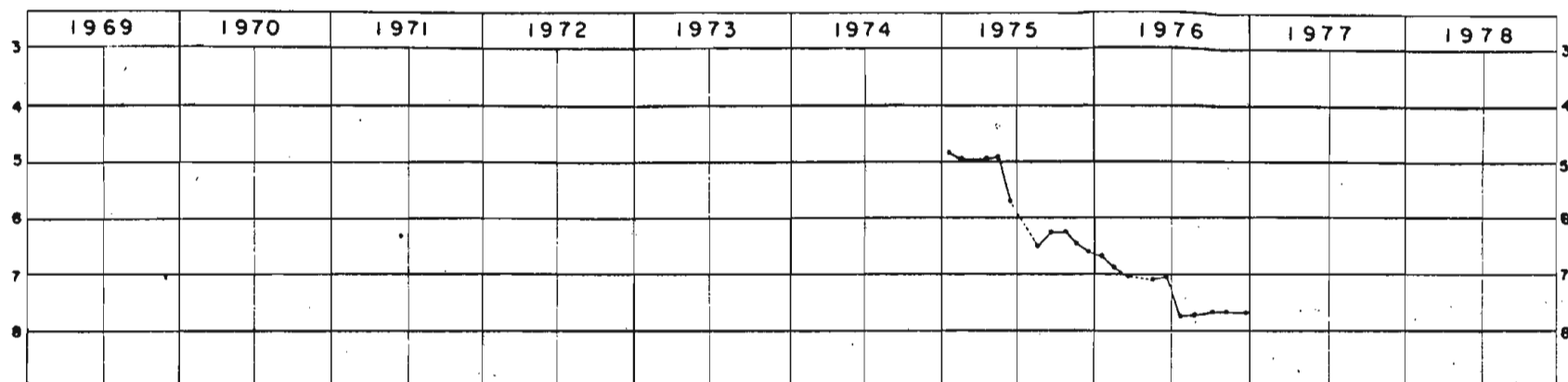
El comportamiento general de los niveles acusa fuertes fluctuaciones que comprometen en forma importante el espesor saturado del acuífero. Las fluctuaciones se demuestran más intensas en aquellos sondajes situados en las cercanías del río, atenuándose y desfasándose los efectos hacia los flancos. Igualmente hacia el tramo final de la zona las fluctuaciones disminuyen su intensidad producto del control que ejercen tanto la angostura como la menor permeabilidad de los sedimentos.

La influencia del río como factor principal de recarga se demuestra tanto por la mayor sensibilidad del nivel en sus cercanías como por la correspondencia de el comportamiento con el régimen del río.

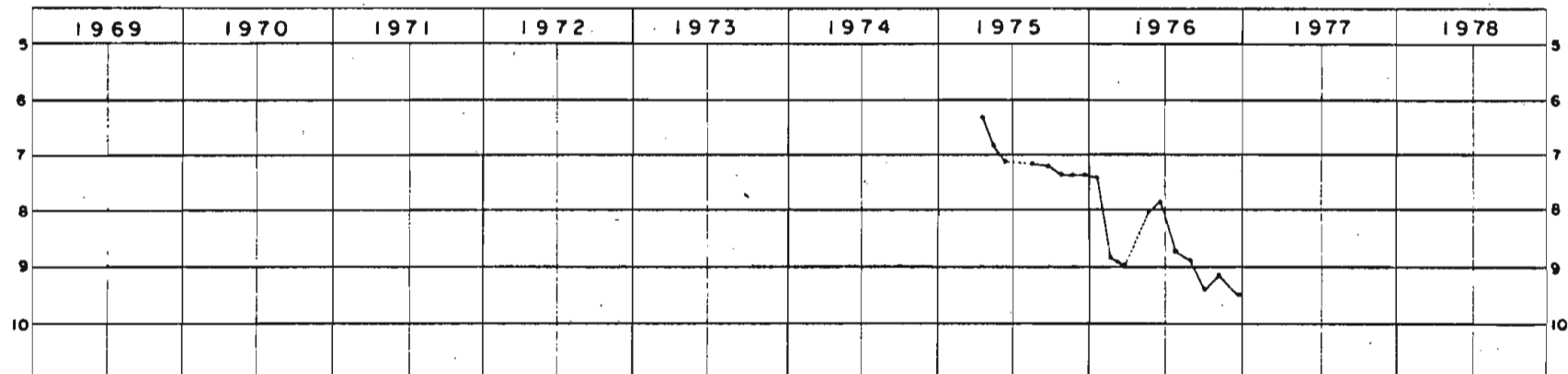
Así los niveles demuestran un rápido ascenso durante el período de invierno y deshielo, coincidiendo con los períodos de mayor caudal del cauce. El regadío en sí, no demuestra una influencia similar y aún cuando su contribución no puede considerarse despreciable es a todas luces inferior al drenaje natural del sistema (Figura N° 4.6.1).

A la luz de los antecedentes del bienio seleccionado unido a la información puntual de los años 72 y 73 el período de ascenso se concentra en 2 meses de invierno y 2 meses de finales de primavera seguidos por una prolongada recesión.

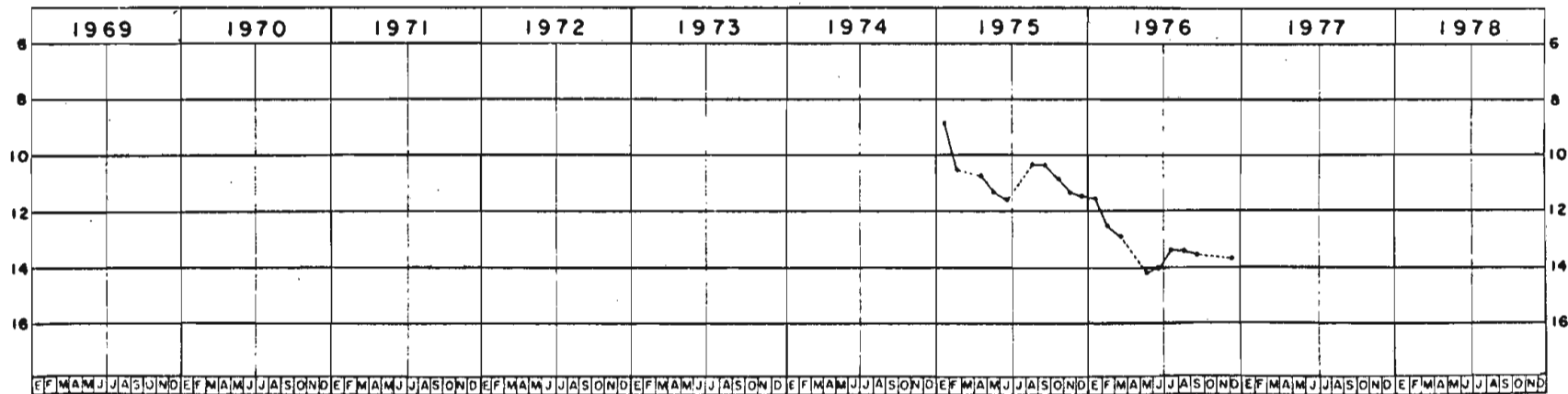
La magnitud de las fluctuaciones alcanza a un promedio de 2,5 mts. en las cercanías del río destacándose el área de Bartolillo con 3,5 mts. Hacia los flancos la magnitud desciende a un valor medio



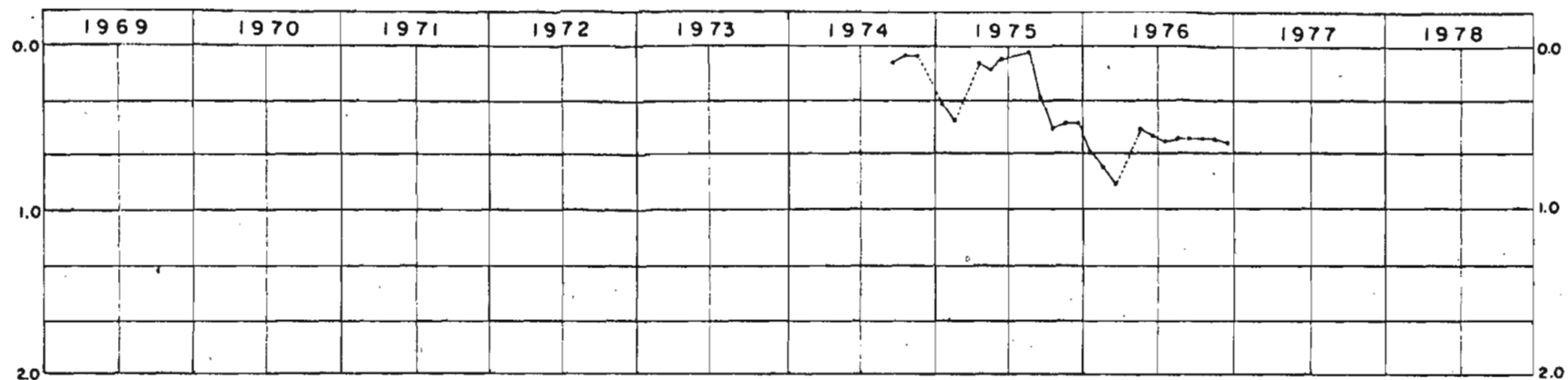
LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 B-2



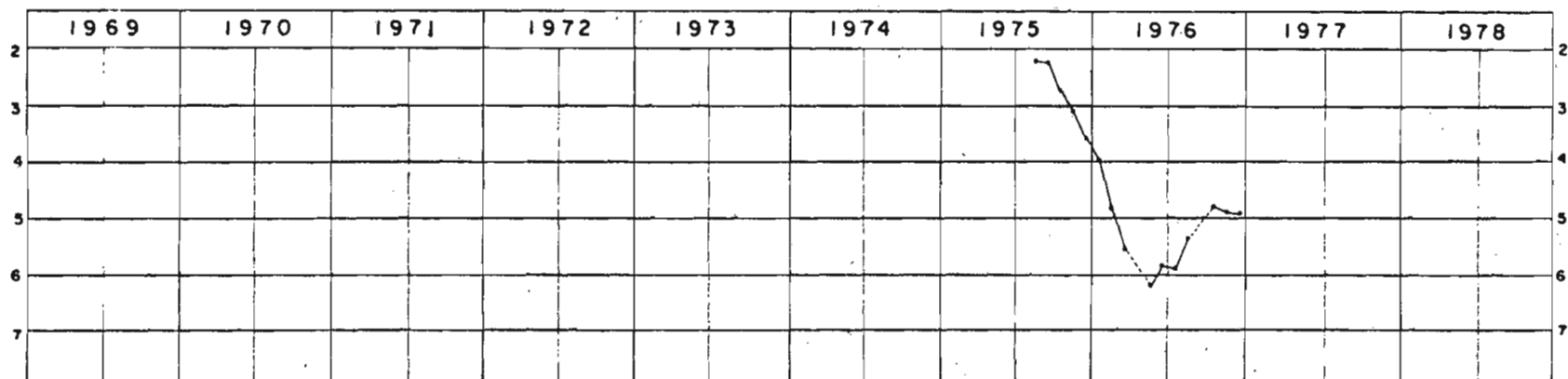
LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 B-3



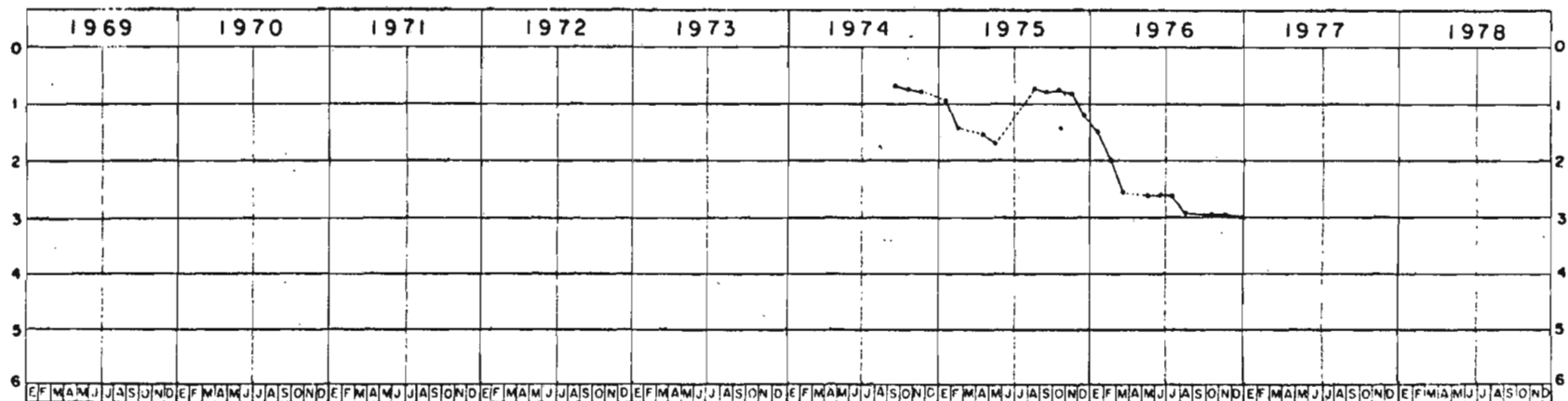
LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 B-4



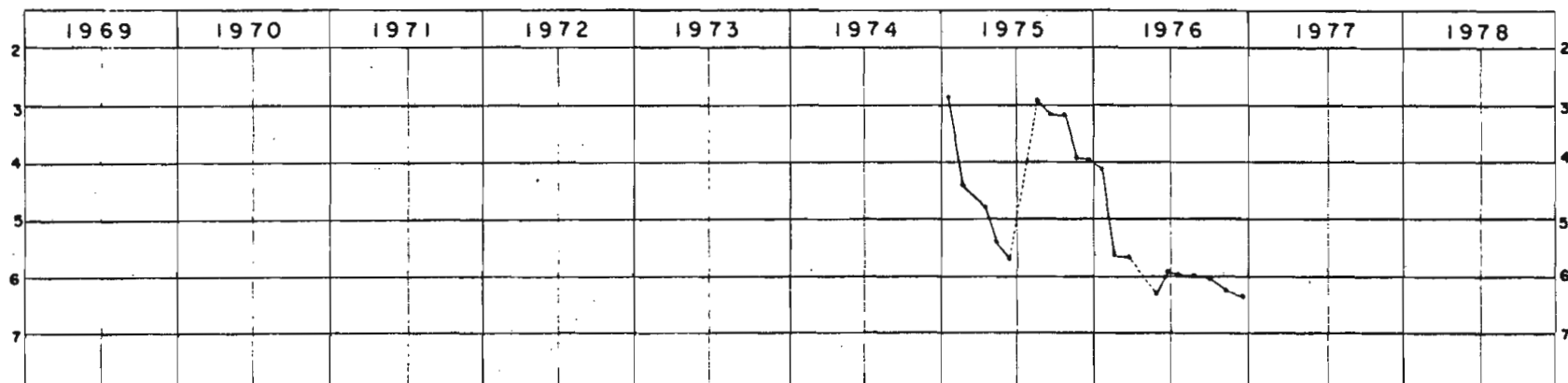
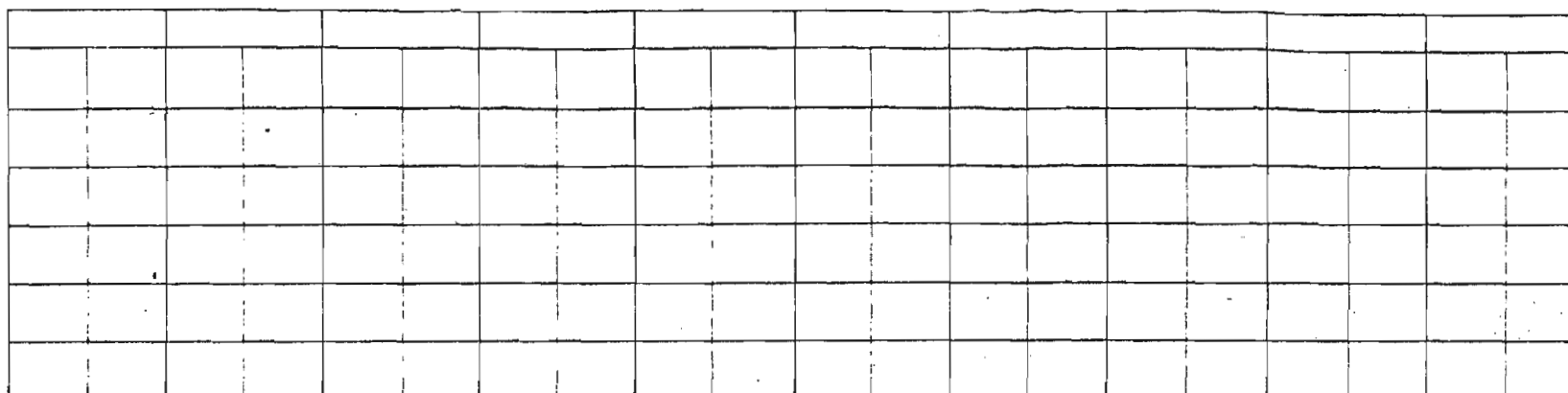
LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7110 C-1



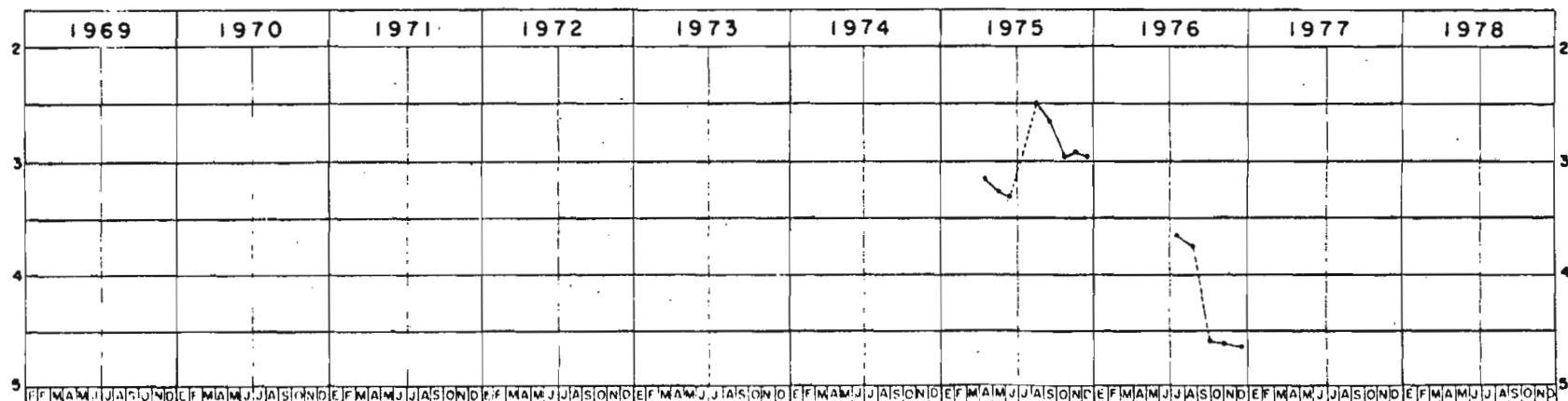
LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7110 D-4



LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7110 D-5

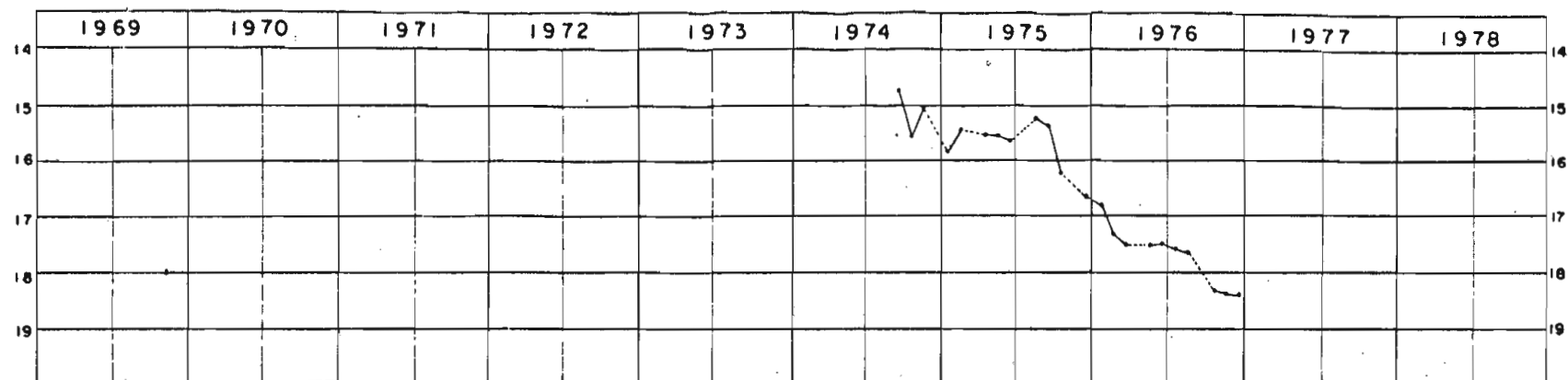


LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7040 A-1

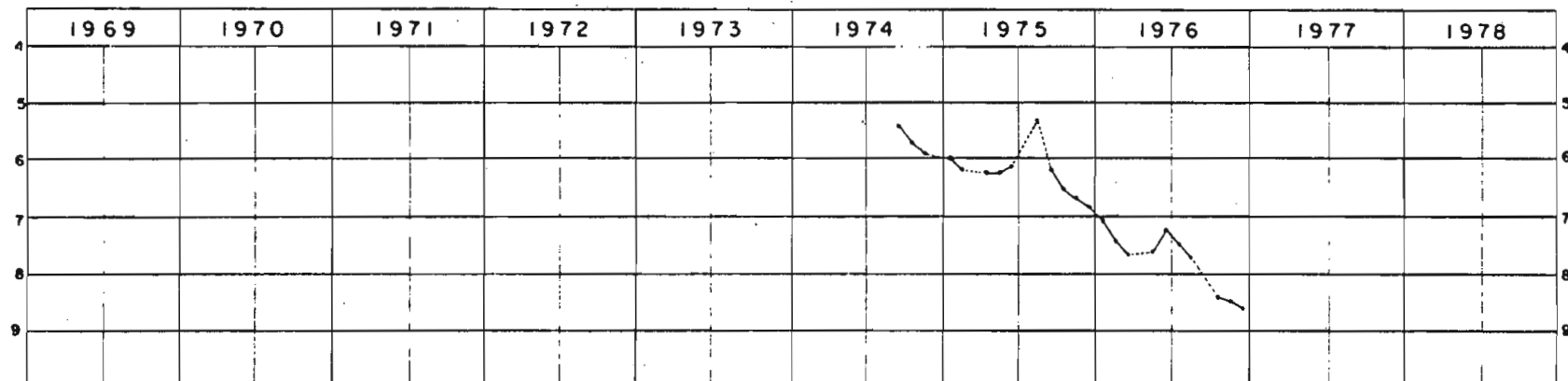


LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7040 A-2

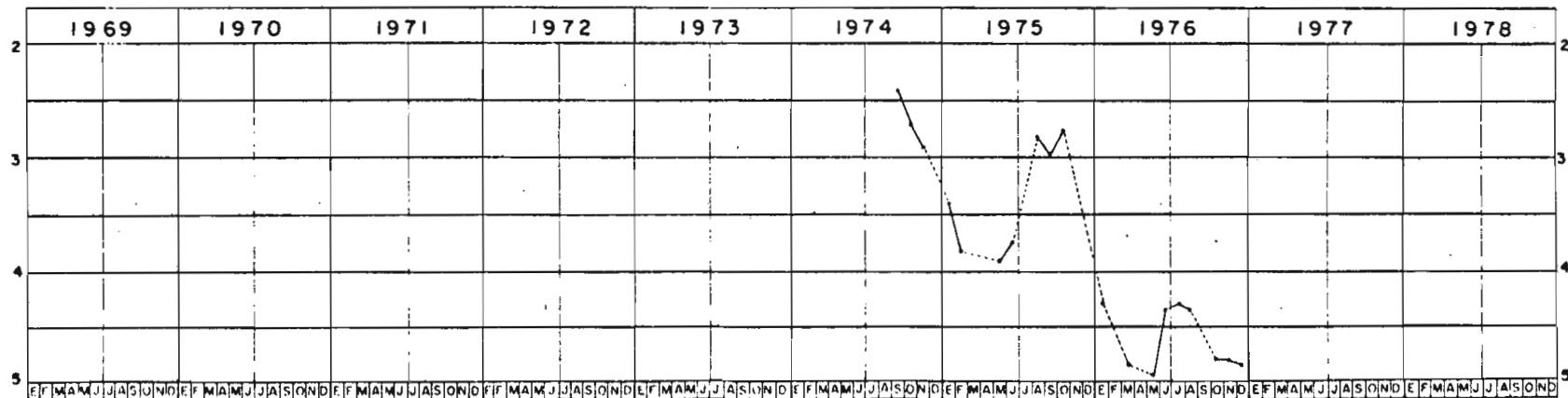
321



LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 C-5



LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 C-7



LIMNIGRAMA SONDAJE 3220-7050 C-15

322

de 0.7 mts. acusando igualmente un desfase que se hace más notorio a medida que aumenta la distancia al río.

La variación que experimenta el volumen almacenado producto de las oscilaciones durante el período 75-76, ha sido determinado a través de la asignación de áreas de influencia a cada uno de los sondajes con información. Los períodos considerados corresponden a una misma tendencia de los niveles y su efecto se demuestra en el cuadro siguiente :

CUADRO 4.6.1 Variación de Volumen Zona 1

Período	$\Delta V (10^6 \text{ m}^3)$
Ene 75 - May 75	- 5.1
Jun 75 - Jul 75	+ 0.9
Ago 75 - Abr 75	- 4.4
May 76 - Jun 76	+ 0.2

Las cifras indicadas confirman la baja capacidad de almacenamiento del sistema y sindicán al bienio como un período neto de recesión.

Zona 2 : Quebradas Vitahue-Quitalcura - Estero Los Angeles

En términos generales la zona muestra oscilaciones de magnitud inferior a la zona anterior pero coincidente en su identificación con el río como factor principal de alimentación.

Si bien la magnitud de las oscilaciones es más reducida ello no impide que afecten en forma importante al espesor saturado.

En forma similar a la zona anterior, los ascensos son coincidentes con el período de invierno y deshielo totalizando 4 meses, mientras que la recesión abarca los 8 meses restantes. Pese a que el área de riego adquiere mayor importancia su influencia no logra superar el drenaje natural del sistema. Aún cuando los antecedentes no son suficientes para afirmarlo categóricamente, es posible insinuar a diferencia de la zona anterior, la ausencia de un desfase hacia los flancos.

Ello estaría en concordancia con una distribución más homogénea de la transmisibilidad.

De acuerdo con ello las fluctuaciones demuestran ser similares a lo ancho de la sección alcanzando un máximo medio para el período seleccionado, en torno a 2 m. En sentido longitudinal ellas tienden a disminuir producto del control que ejerce el régimen de recuperaciones de la zona aguas abajo.

La variación experimentada por el volumen almacenado se refleja en el cuadro siguiente, estando su cálculo basado en iguales términos a la zona anterior.

CUADRO 4.6.2 Variación de Volumen Zona 2

Período	ΔV (10^6 m^3)
Ene 75 - May 75	- 0.2
Jun 75 - Jul 75	+ 2.0
Ago 75 - Abr 76	- 5.3
May 76 - Jun 76	+ 0.16

Zona 3 : Estero Los Angeles - Placilla

El tramo presenta antecedentes aislados que se resumen en cuatro sondajes ubicados en Cabildo, La Higuera, Ligua y Placilla. El primero de los sondajes señalados ($32^{\circ}20'$ - $71^{\circ}00'$ B3) posee sólo antecedentes para el segundo semestre de 1975, lo cual reduce la información sólo al sector bajo. Sin embargo, las características homogéneas del acuífero y el similar comportamiento demostrado a lo largo de todas las zonas permiten deducir un comportamiento cualitativo de las oscilaciones.

En general se ratifica a través de las fluctuaciones, al río como factor principal de recarga y su ocurrencia concentrada en los períodos ya anteriormente señalados. Las fluctuaciones demuestran ser inferiores a las ocurrentes aguas arriba, manteniéndose sin embargo en valores significativos en comparación con el espesor saturado. Más

allá de La Ligua y producto de la pérdida de permeabilidad del acuífero las oscilaciones se reducen considerablemente. Así es posible identificar como fluctuación media hasta La Ligua un valor de 1,5 - 1,8 mts. Caso especial constituye la captación 32°20'-71°10' D4 Recinto Agua Potable La Ligua, cuya oscilación para el período Agosto 1975 - Mayo 1976 muestra un descenso de 4.02 metros. Seguramente ello es producto de la explotación concentrada efectuada en el Recinto. Más allá de La Ligua las fluctuaciones descienden a un valor medio de 0.8 metros evidenciando a su vez influencia de recarga local.

La escasa densidad de los antecedentes ha impedido determinar la variación que experimentó el volumen embalsado durante el bienio. En todo caso dado la extensión del tramo los volúmenes involucrados superan a aquellos reseñados para las zonas anteriores.

4.7 BALANCE HIDROGEOLOGICO.

La pequeña potencia de su acuífero, los niveles estáticos superficiales y la alta permeabilidad de las capas superiores proporcionan al valle del Ligua condiciones especiales que a su vez exigen elaborar una metodología particular para poder determinar funciones que reflejen su operación. El sistema se caracteriza por un continuo intercambio río-acuífero que a su vez se traduce en recuperaciones en el lecho y vertientes, demostrando la calidad efluente del acuífero. Dichas recuperaciones representan un fenómeno de alta incidencia en los recursos del río y por ello concentran el interés de este capítulo.

El valle, a través de este estudio ha sido objeto de una zonificación que en forma global ha tomado como base singularidades del sistema y en especial condiciones que permiten la concentración de recuperaciones. Dichas zonas posibilitan a su vez plantear una ecuación simple de balance que permita generar recuperaciones dependiendo del estado del Embalse.

Para ello se ha recurrido a definir en cada zona dos secciones relativamente próximas, una de las cuales posee la particularidad de mantener un nivel estático con mínimas oscilaciones, lo cual significa un caudal subterráneo prácticamente constante. La otra, situada, aguas arriba, presenta variaciones en el caudal pasante ligadas a los distintos estados del embalse. La idealización descrita supone un fenómeno que ha sido debidamente comprobado, cual es la variación casi paralela de la superficie freática. Ello implica que la ocurrencia de las recuperaciones variará en sentido longitudinal a lo largo del lecho del río. Bajo esta situación el caudal subterráneo, en la sección que no presenta recuperaciones permanentes, variará no tanto en función del gradiente sino del espesor saturado. En las zonas de recuperación permanente, el caudal pasante se mantendrá prácticamente constante producto de un gradiente y espesor saturado, estable. Por otra parte las secciones se consideran suficientemente próximas de tal manera que la recarga entre ellas es desdeñable y esta se estima ocurriendo aguas arriba de la sección de entrada.

Las consideraciones anteriores nos conducen a plantear una ecuación simple tal como :

$$Q_R = Q_{SE} - Q_{SS}$$

donde Q_R representará las recuperaciones y Q_{SE} y Q_{SS} los caudales de entrada y salida del sistema. La existencia de recuperaciones quedará condicionada por lo tanto a $Q_{SE} > Q_{SS}$. Desde el punto de vista subterráneo la ecuación adquiere validez a partir de $Q_{SE} = Q_{SS}$ o bien $Q_R = 0$.

La ecuación señalada puede ser expresada a su vez como :

$$Q_{SE} : A m$$

donde A

$$A = L \cdot i \cdot K$$

L = ancho medio del valle en la sección (m)

i = gradiente del nivel estático

k = permeabilidad (m/día)

m = espesor saturado (m)

Por otra parte como $Q_{SS} : T \cdot i \cdot L = B = \text{cte.}$

donde T = Transmisibilidad ($\text{m}^2/\text{día}$)

luego :

$$Q_R = A \cdot m - B \text{ (m}^3/\text{día)}$$

Ahora bien para relacionar las recuperaciones con el estado del embalse se introduce :

$$\text{ESTADO EMBALSE (E.E.) : } m \cdot \Omega \cdot S$$

$$m : \frac{EE}{\Omega S}$$

donde

m : espesor saturado (m)

Ω : superficie de acuífero (m^2)

S : coeficiente de almacenamiento

EE : estado embalse (m^3)

finalmente $Q_R = C \cdot EE - B \quad (\text{m}^3/\text{día})$

donde $C = \frac{A}{\Omega S}$

y $B = T_{SS} \cdot i \cdot L_{SS}$

La ecuación general señalada se entiende válida entre :

$$0 \leq Q_R \leq Q_R \text{ máx.}$$

Ello significa que para la primera parte de la desigualdad :

$$EE = m_{ss} \cdot \Omega \cdot S$$

donde m_{ss} = espesor saturado en sección de salida.

Por lo tanto no existirán recuperaciones cuando EE sea producto de un espesor saturado igual al de la sección de salida.

A su vez en una relación similar las recuperaciones alcanzarán su máximo para un "m" tal, que todo el espesor acuífero se encuentra saturado. Sobre dicho límite las recuperaciones ocurrirán contemporáneamente con la recarga entendiéndose por contemporáneo un plazo de un mes. En términos prácticos significa que en estado de saturación del embalse, toda recarga se traducirá en recuperación.

Las consideraciones anteriores se han concretado en cada zona, de acuerdo a las características particulares de ellas, alcanzándose las ecuaciones presentadas en el siguiente Cuadro.

CUADRO 4.7.1 Recuperaciones por Sector

Zona	Sector	Q_R ($m^3/d\dot{a}$)	Rango EE ($10^6 m^3$)
1	Cerrada - Bartolillo	$Q_R = 6,4 \times 10^{-3}$ EE-21000	$3.3 \leq EE \leq 11.0$
1	Bartolillo-Vitahue	$Q_R = 2 \times 10^{-3}$ EE-14000	$7.0 \leq EE \leq 20.0$
2	Vitahue - Los Angeles	$Q_R = 1,2 \times 10^{-3}$ EE-18000	$15.0 \leq EE \leq 51.0$
3	Los Angeles - Placilla	$Q_R = 0.66 \times 10^{-3}$ EE- 4000	$6.0 \leq EE \leq 124.0$

4.8 RESERVAS DE AGUA SUBTERRANEA.

Las consideraciones generales expuestas en el capítulo 3.8 de este Informe, que explicitan la significación de cada uno de los conceptos utilizados y calculados, deben entenderse plenamente válidas para nuestro caso y por considerarse conocidas se omiten.

Bajo tales condiciones es necesario precisar sin embargo aspectos particulares, el más relevante de los cuales corresponde al relleno sedimentario útil que sirve de base para los cálculos. Atendiendo a las características de la zona se identificó como relleno sedimentario a aquel del valle principal excluyendo el de las quebradas afluentes a excepción del estero Los Angeles.

El Cuadro 4.8.1 resume para cada una de las zonas identificadas, el volumen almacenado total, aquel del acuífero, el volumen unitario y el volumen de regulación.

CUADRO 4.8.1 Volúmenes Acuíferos

Zona	Volumen Total	Volumen Acuífero (10^6 m^3)	Volumen Unitario (10^6 m^3)	Volumen Regulación (10^6 m^3)
1	160.0	20.4	2.0	4.1
2	271.0	40.7	2.7	8.1
3	1.067.0	100.6	8.8	12.1
5	345.0	53.1	3.5	10.6

Los valores del Cuadro que merecen atención especial se concentran en las dos últimas columnas. Ambas demuestran la reducida capacidad del sistema. En especial se destaca la baja capacidad de regulación que alcanza como máximo solo a tres veces el volumen unitario. Considerando que en ciertos sectores las fluctuaciones sobrepasan al volumen de regulación, el sistema ofrece escaso atractivo como embalse, que permita superar con éxito situaciones de prolongado déficit.

4.9 CAPTACIONES TIPO.

Las precisiones señaladas en el capítulo 3.9 de este Informe respecto a los alcances, bases y metodología sobre las cuales se ha fundado el cálculo, deben considerarse plenamente válidas y por ello estimándose conocidas, no se reproducirán. (En este caso sólo se agrega el valor unitario de las norias estimado en 150 US\$/m).

Igualmente a través de capítulos anteriores se ha proporcionado una caracterización hidrogeológica del valle que puede resumirse para los efectos inmediatos en la existencia de un acuífero freático sensiblemente constante en su espesor y con escasa variabilidad en su estratigrafía.

Dichas características favorecen el desarrollo de captaciones alternativas a los sondeos, identificadas como aquellas de construcción

manual o captaciones de mayor inversión como drenes.

La selección del tipo de captación a desarrollar dependerá de varios factores, muchos de los cuales se encuentran ligados a la si-
tuación particular de cada caso. Esto no impide sin embargo separar claramente la opción de un dren frente a norias o sondajes.

Los drenes, desarrollados con éxito en el valle, corresponden a una obra de inversión elevada y muy dependiente en sus caracterís-
ticas, de la demanda y ubicación en el valle. Las fluctuaciones que afec-
tan al nivel estático obligan a considerar profundidades adicionales en este tipo de obras, lo cual se traduce en un mayor costo.

Frente a demandas específicas el dren sólo se justifica en el caso que aquellas, superen largamente los rendimientos unitarios de sondajes y norias.

Bajo tales condiciones no se ha considerado un estudio detallado de dicha alternativa.

Las norias, ampliamente difundidas en el valle, poseen las ven-
tajas de presentar un volumen de regulación que puede enfrentar con relativo éxito las oscilaciones estacionales que afectan al acuífero.

Las características del valle conducen a recomendar su construc-
ción preferentemente en la Zona 3, sin desconocer que en las zonas restantes pueden desarrollarse igualmente ; sin embargo la Zona 3 presenta niveles estáticos en general superiores lo cual la torna más favorable para este tipo de obra. Como índice de una captación de es-
ta naturaleza se señala lo siguiente :

Diámetro	: 2 m
Profundidad	: 10 - 15 m
Caudal esperado	: 15 - 25 L/s
Nivel dinámico	: 7 - 10 m

Dado la importancia que posee la mano de obra en el costo total de este tipo de captaciones, este puede ser muy variable. Para el pre-
sente cálculo se ha tomado un valor medio representativo de los valles del Maipo y Aconcagua.

Los sondajes, entendiendo por ellos aquellas captaciones cons-
truídas con maquinaria especializada, se recomienda desarrollarlos preferentemente en las zonas 1, 2 y las características medias de

ellos serían las siguientes :

Profundidad	: 25 m
Caudal	: 20 L/s
Nivel dinámico	: 10 m

El costo del metro cúbico extraído para cada una de las captaciones señaladas se presenta en el Cuadro 4.9.1 .

CUADRO 4.9.1 Costo de extracción de Agua Subterránea

Sector	Características			Costos Iniciales US\$		Costos Anuales US\$				Volumen agua anual (m ³)	Costo m ³ agua (US\$)	Tasa de Interés %	Horas máx. bombeo al día
	Prof. Pozo (m)	Q (l/s)	H (m)	Pozo	Bomba y accesor	Inst. Eléct.	Man- ten- ción	Ener- gía	Equiv. Inv.				
Zonas 1 y 2									1.851 2.564 3.314		0.01606 0.02167 0.02756	10 15 20	12
Zonas 1 y 2	25	20	10	6.250	4.085	5.673	82	112		127.244			
							82	186	2.018 2.724 3.465	212.073	0.01078 0.01411 0.01760	10 15 20	20
Zona 3 (noria)									1.304 1.791 2.303	127.244	0.01151 0.01534 0.01936	10 15 20	12
	12	20	8	1.800	3.565	5.673	71	90					
							71	149	1.450 1.931 2.435	212.073	0.00788 0.01014 0.01252	10 15 20	20

4.10 EXPLOTACION ARTIFICIAL.

La explotación de agua subterránea se realiza en el valle a través de sondajes, norias y drenes. Dichas captaciones se distribuyen fundamentalmente en dos sectores : agua potable y regadío.

A este último sector le corresponde la mayor utilización del recurso subterráneo con un 93 % del volumen total que alcanza a 18.496.700 m³/año. El agua potable representa el 7 % restante. El sector industrial concentrado en la mina Las Pataguas, Pitipeu_{mo} y Planta Cabildo, no constituye un volumen de interés (inferior a 10 l/s continuos).

4.10.1 Agua Potable.

Se han perforado 15 sondajes destinados al abastecimiento de los distintos pueblos del valle. De dicho total cuatro se encuentran abandonados y cuatro no son utilizados.

Prácticamente la totalidad de la explotación se concentra en las plantas de Sendos, siendo desdeñable el abastecimiento doméstico a través de norias.

Actualmente se encuentra en construcción un dren en el sector de Cabildo destinado al abastecimiento de dicho pueblo.

El volumen extraído se ha determinado a través de una visita a los recintos, recogiendo la estadística del volumen explotado en 1977.

CUADRO 4.10.1 Volumen extraído para Agua Pótale

Ciudad o Pueblo	Volumen Extraído (10^3 m^3)
Placilla	178.00
La Ligua	616.50
Cabildo	535.70
TOTAL	1.330.20

El volumen anual extraído, expresado en caudal continuo es de sólo 42 l/s. Si comparamos esta cifra con la explotación de agua potable en el Valle Aconcagua, observaremos que solo alcanza al 1.7 % del volumen explotado en dicho Valle.

4.10.2 Regadío.

El regadío representa lejos el sector que mayores sondajes concentra en el valle. De un total de 63 sondajes perforados, 33 de ellos corresponden a dicho sector (52 %) de los cuales sin embargo solo 16 se encuentran en condiciones de operar. Las zonas 1 y 2 del valle concentran prácticamente la totalidad de los sondajes indicados como operables, contabilizando 15 sondajes.

En forma simultánea a la encuesta realizada en los recintos de agua potable, se intentó cuantificar el volumen extraído para el regadío. Lamentablemente solo agricultores aislados estuvieron en condiciones de responder en forma aproximadamente exacta, las consultas referentes a caudal y período de operación. Especialmente merece destacarse el hecho que un número importante de los encuestados, señaló no utilizar los sondajes desde hace dos años y no creer necesaria su operación durante el período de riego 78-79.

Bajo tales condiciones se ha extrapolado los antecedentes aislados a la totalidad de los sondajes.

Los antecedentes recogidos (Asentamiento Unión Aconcagua, San Lorenzo, La Vega) indican una utilización concentrada en los meses de enero y febrero y a un ritmo promedio de 16 horas diarias. Ello proporciona un volumen total anual de $1.087.488 \text{ m}^3$.

Por otra parte sin embargo, los sondeos no son las únicas captaciones que existen en el valle destinadas al abastecimiento de regadío. Paralelamente drenes y norias se han desarrollado en forma importante. Respecto a las segundas no existe un catastro exhaustivo y el rendimiento señalado en casos aislados, merece reservas.

Pese a ello y considerando que el catastro selectivo realizado (Ver capítulo 4.4) incluyó aquellas de mayor importancia se ha estimado el volumen extraído. Del total de 34 inventariadas sólo 20 se consideran en estado de operación y destinadas a abastecimiento de regadío. Adoptando un régimen de utilización similar al de los sondeos y un caudal medio de 15 l/s se obtiene un volumen total de $1.019.520 \text{ m}^3$.

La extracción a través de drenes se concentra en las obras La Viña y La Vega, La Puntilla, El Alamo, Cabildo y Montegrande, su volumen se ha determinado tomando en consideración las corridas de aforo durante las cuales fueron controlados, junto a una confirmación realizada durante la encuesta. El caudal medio extraído alcanza a $0.83 \text{ m}^3/\text{s}$ y el volumen que el representa se ha concentrado en el período de riego. De esa manera se ha alcanzado un volumen total de $15.059.520 \text{ m}^3$, que representa lejos la mayor fuente de extracción de agua subterránea del valle.

El Cuadro siguiente resume el volumen total extraído para regadío.

CUADRO 4.10.2.1 Volúme extraído para regadío.

Captación	Volumen extraído $10^3 \text{ m}^3/\text{año}$
Sondajes	1.087.5
Norias	1.019.5
Drenes	15.059.5
TOTAL	17.166.5

ANEXO N° 6

CATASTRO DE SONDAJES Y NORIAS SELECCIONADAS DEL
VALLE DE LA LIGUA, INCLUYENDO COTAS Y NIVELES ESTATICOS

C A T A S T R O
SONDAJES VALLE LIGUA

Coordenadas	Nombre	Constructor		Profundidad		Caudal	Uso	N. E	Cota NT msnn	Cota NE
				Perf.	Hab.					
				(m)						
32°20'-70°40'										
A1	Asto. Alicahue	CAPTAGUA	1204	30.00	22	10	R	2.02	742.00	739.98
A2	Paihuén	CAPTAGUA	1205	40.0	27	2	RSU	2.28	559.00	556.72
32°20'-70°50'										
B1	Asto. Unión Acong.	CORFO	867	36.0	36.0	10	R	3.34	384.8	381.46
B2	Asto. Unión Acong.	CELZAC	1185	39.0	34.0	10	R	3.79	375.2	371.41
B3	Asto. Pililén	CORFO	1128	45.70	45.0	5	R	4.76	431.30	426.54
B4	Asto. Bartolillo	CORFO	1145	46.30	37.0	15	R	7.62	492.80	485.18
C1	Asto. Sn. Lorenzo	CORFO	317	40.00	9.20	15.5	R	-	-	-
C2	Reserva La Parroq.	CORFO	327	62.10	22.64	23.0	R	0.98	276.0	275.02
C3	Asto. Sn. Lorenzo	CORFO	341	25.20	18.00	60.0	R	-	263.50	-
C4	Asto. Los Angeles	CORFO	498	128.00			E.ab			
C5	Fdo. El Molle	CELZAC	929	35.00	34.03	7.5	R	15.15	348.0	332.85
C6	Parcela Los Molles	CORFO	830	40.20	40.00	20.0	R	8.98	-	-
C7	Reserva La Vega	CORFO	841	47.50	47.00	8.0	0	6.66	310.0	303.34
C8	Reserva La Vega	CORFO	855	37.00	35.00	12.0	R	-	307.8	-
C9	Asto. Sa. Lorenzo	CORFO	856	57.50	57.50	56.0	R	3.23	264.80	261.27
C10	Asto. La Vega	CORFO	866	40.00	40.00	15.0	R	4.15	310.80	306.65
C11	Parcela El Pangue	S.y COBO	371	43.00	43.00	15.0	R	-	-	-
C12	Asto. Sn. Lorenzo	CORFO	869	59.00	59.00	18.0	R	3.45	-	-

Coordenadas	Nombre	Constructor		Profundidad		Caudal	Uso	N.E.	Cota NT msnn	Cota NE
				Perf.	Hab.					
				(m)						
C13	Asto. La Vega	CORFO	878	50.00	30.00	2.0	O	-	-	-
C14	Asto. La Vega	CORFO	908	45.00	37.50	25.0	R	3.08	305.00	302.32
C15	Asto. Sn. Lorenzo	CORFO	1109	59.90	59.00	10	R	2.69	271.80	268.81
C16	Asto. Unión Acong	CORFO	1168	31.65	28.0	8	R	13.80	339.80	326.00
C17	Asto. Sn Lorenzo	CORFO	1169	40.00	40.00	15.0	R	2,55	271.00	268.45
C18	Asto. La Vega	CORFO	1185	42.80	42.80	15	R	3.33	299.80	296.47
C19	La Herradura	CELZAC	1405	60.00	60.00	25	R	8.89	325.00	316.11
C20	La Herradura	CELZAC	1408	25.00	25.00	-	AB	18.80	-	-

Coordenadas	Nombre	Constructor		Profundidad		Caudal	Uso	N.E.	Cota NT msnm	Cota NE
				Perf.	Hab.					
(m)										
32°20'-70°50'										
D1	La Viña Parc. 3	CORFO	816	71.40	40.00	20.0	R	-	-	-
D2	Asent. Unión Aconc.	CORFO	857	36.00	36.00	15.0	R	9.14	358.50	349.36
32°20'-71°00'										
B1	Rec. A. P. Cabildo	CAS	-	27.00	-	-	AP	-	-	-
B2	Asto. Los Molinos	CELZAC	1179	80.00	50.00	20.0	R	3.68	197.50	193.82
B3	Ap. Cabildo	SACO	453	35.00	35.00	10.0	AP	3.49	184.00	180.32
B4	Ap. Cabildo	SACO	454	-	-	-	-	-	-	-
B5	Soc. Agr. Los Molinos	SACO	519	64.00	62.5	2.5	R. s. u.	9.54	205.50	195.96
C1	Fdo. El Ingenio	CORFO	163	79.00	-	-	R. ab	-	-	-
C2	Fdo. El Ingenio	CORFO	175	93.60	-	-	R. ab	-	-	-
C3	Fdo. El Ingenio	CORFO	181	16.10	-	-	R. ab	-	-	-
C4	Asent. La Higuera	CORFO	197	75.00	18.10	20.0	R.	-	-	-
D1	Rec. A. P. Cabildo	CAS	-	8.00	8.00	15.0	P.	-	-	-
D2	Rec. A. P. Cabildo	CAS	-	24.80	-	-	P. ab	-	-	-
D3	Rec. A. P. Cabildo	CAS	-	8.00	8.00	15.0	P.	-	-	-
D4	A. P. Cabildo	SACO	443	-	-	-	-	-	-	-

Coordenadas	Nombre	Constructor	Profundidad		Caudal	Uso	N.E.	Cota NT Cota NE		
			Perf.	Hab.				msnm		
(m)										
32° 20' - 71° 10'										
C1	Rec. A. P. Papudo y Zap.	CELZAC	386	80.00	60.03	10.0	P	0.40	-	-
C2	Rec. A. P. Quinquimo	CELZAC	410	81.00	80.00	22.0	P.	-	-	-
C3	Rec. A. P. Quinquimo	CELZAC	453	75.00	65.00	22.0	P.	-	-	-
C4	Rec. A. P. Quinquimo	CELZAC	467	73.50	65.00	27.5	P. s/u	-	-	-
C5	Rec. A. P. Quinquimo	CELZAC	473	66.00	65.00	36.0	P. s/u	-	-	-
C6	Quinquimo	CELZAC	755-A	46.00	-	-	P. ab	-	-	-
C7	Quinquimo	CELZAC	755-B	27.00	26.30	3.0	P.	-	-	-
C8	Fdo. Quebradilla	CORFO	495	128.75	-	-	E. ab	-	-	-
C9	Fdo. Rinconada de Queb.	CORFO	521	30.75	-	-	R. ab	-	-	-
C10	Asto. Quinquimo	CORFO	1105	80.00	80.00	20.0	R	0.45	-	-
C11	Asto. Quinquimo	CORFO	1134	79.50	-	-	AB	-	-	-
D1	P. Cuatro Esquinas	CELZAC	766	44.40	43.00	13.0	P.	5.03	67.80	62.47
D2	Rec. A. P. La Ligua	DOS	-	-	-	-	P. s/u	-	-	-
D3	Rec. A. P. La Ligua	DOS	-	-	-	-	P. s/u	-	-	-
D4	A. P. La Ligua	DOS	-	-	-	-	-	2.64	48.15	45.51
D5	Asto. La Higuera	CORFO	1090	20.00	20.00	15.0	-	1.99	84.90	82.91

Coordenadas	Nombre	Constructor		Profundidad		Caudal	Uso	N.E.	Cota NT msnm	Cota NE
				Perf.	Hab.					
				(m)						
32°20'-71°20'										
D1	Asent. Pullalli	CORFO	918	62.00	-	-	R.ab	-	-	-
32°30'-70°50'										
B1	Planta Petipeumo	CELZAC	1001	82.50	82.04	0.6	1 s/u	-	-	-
B2	Planta Petipeumo	CELZAC	1014	90.00	89.50	4.1	1	-	-	-
B3	Planta Petipeumo	CELZAC	1031	45.00	44.30	5.0	1	-	-	-
32°30'-71°00'										
A1	Planta La Patagua	CELZAC	1013	85.00	70.00	0.5	1 s/u	-	-	-
A2	Mina La Patagua	CELZAC	1034	75.00	39.00	-	1 s/u	-	-	-

NORIAS SELECCIONADAS VALLE LIGUA

Coordenadas	Nombre	N. E. (mts)	Cota (m. s. n. m.)	Cota N. E.
32°20' - 70°5'			M. terreno	
NB1	-	4.94	366,00	361.06
NB2	Asto. Bartolillo	5,58	463,80	457.92
32°20' - 71°00'				
NB1	Asto. Los Molinos	16.55	222.00	205.45
NC1	La Higuera	2.30	105.50	103.20
NC2	El Ingenio	3.18	110.20	107.02
NC3	El Ingenio	3.53	121.00	117.47
NC4	Esc. Peña Blanca	4.02	140.50	136.48
NC5	Monte Grande	1.30	145.50	144.20
NC6	Baldevenito	0.80	159.50	158.70
ND1	Pta. del Viento	0.50	228.00	227.80
ND2	Reserva La Parroquia	2.50	247.80	245.00
ND3	Cabildo	2.10	167.00	164.90
ND4	J. Wencke	3.02	178.00	174.98
32°20' - 71°10'				
NC1	-	2.90		
NC2	Hto. Brito	2.56		
NC3	Asto. Quínquimo	6.22		
NC4	C. Fernández	0.70		
NC5	Los Molinos	0.55		
NC6	-	0.28		

Coordenadas	Nombre	N. E. (mts.)	Cota (m. s. n. m.)	Cota N. E.
ND1	M. Romero	3.74	48.50	44.76
ND2	Valle Hermoso	11.79	68.00	65.21
ND3	-			
ND4	Las Rosas	0.95	36.80	35.85
ND5	Casa Leppy	1.68	39.00	37.32
ND6	La Higuera	2.58	55.50	52.92
ND7	D. O. S.	4.78	65.50	60.72
ND8	La Junta	3.23	75.00	71.77
ND9	La Higuera	5.10	102.00	96.90
32°20' - 71°20'				
NB1	Caleta Ligua	1.12		
NB2	Pullally	3.45		
ND1	C. Díaz	4.30		
ND2	P. Ordenes	3.82		
ND3	C. Berríos	2.85		
ND4	O. Torres	1.80		

