



Ministerio de  
Obras Públicas

Gobierno de Chile



Agua



Aeropuertos



Arquitectura



Obras Hidráulicas



Obras Portuarias



Vialidad

# DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

## ESTUDIO

Estudio hidrogeológico cuencas Bío Bío e Itata.  
Cuenca Bío—Bío. Tomo IV: Informe final y anexos.

ZONA SUR



DICIEMBRE DE 2011



**Ministerio de Obras Públicas  
Dirección General de Aguas**

# **ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CUENCAS BÍO BÍO E ITATA**

**CUENCA BIO - BIO**

**TOMO III  
INFORME FINAL Y ANEXOS**

**REALIZADO POR:**

**AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA**

**S.I.T N° 258**

**Santiago, Diciembre 2011**

## ÍNDICE INFORME FINAL CUENCA BÍO BÍO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
1.1.	Introducción .....	1
1.2.	Objetivo General .....	2
1.3.	Etapas del Estudio. ....	2
1.4.	Contenido del Presente Informe.....	2
<b>2.</b>	<b>RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS E INFORMACIÓN .....</b>	<b>4</b>
2.1.	Labores Realizadas .....	4
2.2.	Estudios Recopilados de Carácter Regional o a Nivel Cuencas.....	4
2.3.	Expedientes de Aguas Subterráneas.....	10
<b>3.</b>	<b>CAMPAÑA DE TERRENO MEDICIÓN DE NIVELES .....</b>	<b>13</b>
3.1.	Consideraciones Generales .....	13
<b>4.</b>	<b>GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA CUENCA BÍO BÍO .....</b>	<b>15</b>
4.1.	Antecedentes Generales .....	15
4.2.	Metodología y Antecedentes Recopilados.....	15
4.3.	Geomorfología .....	16
4.4.	Geología .....	21
4.4.1	Antecedentes Generales .....	21
4.4.2	Rocas Estratificadas .....	22
4.4.3	Depósitos No Consolidados (Cuaternario).....	28
4.4.4	Rocas Intrusivas.....	30
4.5.	Estructuras .....	32
4.6.	Referencias .....	34
<b>5.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA PRELIMINAR CUENCA BÍO BÍO .....</b>	<b>36</b>
5.1.	Aspectos Generales .....	36
5.2.	Catastro de Pozos.....	36
5.3.	Definición de Acuíferos .....	37
5.4.	Parámetros Elásticos.....	38
5.5.	Profundidad de Niveles .....	39
<b>6.</b>	<b>RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE ANEXOS

### **CAPITULO 3      CAMPAÑA DE TERRENO**

**ANEXO 3-1**      Fichas Encuestas Pozos Cuenca Río Bío-Bío

### **CAPITULO 5      HIDROGEOLOGÍA PRELIMINAR CUENCA BÍO-BÍO**

**ANEXO 5-1**      Catastro de Pozos con Expedientes  
**ANEXO 5-2**      Planos de Construcción, Pruebas de Bombeo e Informes  
Técnicos de 196 pozos (Cuenca Río Bío-Bío)- Respaldo  
Magnético  
**ANEXO 5-3**      Transmisibilidad

## INDICE PLANOS

**Plano 4-1**      Geología Cuenca Bío Bío

**Plano 5-1**      Delimitación Acuíferos Cuenca Río Bío Bío y Catastro Pozos  
**Plano 5-2**      Transmisibilidades Cuenca Río Bío Bío  
**Plano 5-3**      Curvas Isofreáticas y zonas de Profundidad Nivel Estático  
Cuenca Río Bío Bío

## **1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

### **1.1. Introducción**

Dentro de las principales funciones que tiene la Dirección General de Aguas (DGA) está el estudio continuo de las fuentes de recursos hídricos, lo anterior con el principal objetivo de que sean aprovechados por el país de manera sustentable hoy y en el futuro.

Chile, al ser un país con una geografía diversa, distribuido entre latitudes tropicales y australes, dispone de recursos hídricos también diversos, presentes de forma muy dispar a lo largo y ancho del territorio. La zona centro Sur es una zona de transición, habiendo cuencas con avanzada explotación de aguas subterráneas y superficiales, y otras con explotaciones subterráneas incipientes.

Específicamente, las cuencas del río Itata y río Bío Bío en la región del Bío Bío y La Araucanía, son cuencas que si bien son aprovechadas principalmente de manera superficial, sus acuíferos están siendo cada vez más explotados, lo cual responde a demandas para el desarrollo de diferentes actividades productivas en el territorio, principalmente riego y agua potable.

En estos dos casos, el otorgamiento de derechos ha sido sólo de acuerdo a un análisis local, que ha involucrado la evaluación de la disponibilidad a nivel de la fuente a través de una prueba de bombeo. Este procedimiento se estima válido para el tipo de acuíferos en la zona sur, considerando que exhiben montos elevados de recarga y renovables anualmente.

En términos generales, estos acuíferos se observan sin problemas para satisfacer la demanda de agua subterránea. Sin embargo, es de interés conocer el balance hídrico general, el cual permita avanzar en el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de manera sustentable, que no comprometa ni la fuente ni a los usuarios.

Una evaluación preliminar de los antecedentes en esta materia, indica que para el caso de la cuenca del Itata existen más estudios y de mayor envergadura que para la cuenca del Bío Bío. Para la primera (Itata), se tienen antecedentes sobre estudios hidrogeológicos, estudios previos para modelación integrada de la cuenca y catastro de pozos. De esta forma, para la cuenca del río Itata el interés del presente estudio estará centrado en catastrar los pozos y su información de niveles, y sintetizar toda la Información hidrogeológica en un modelo conceptual.

Para el caso del río Bío Bío, los antecedentes son menores, por ende, los esfuerzos se centrarán únicamente en el catastro de pozos y en la información de niveles de agua que ellos entreguen, con lo cual se podrá representar de manera muy preliminar los flujos de agua subterránea, entre otras cosas.

## **1.2. Objetivo General**

El objetivo general y principal del estudio es el levantamiento de la información hidrogeológica, y a partir de ello, el desarrollo de un modelo conceptual del acuífero de la cuenca del río Itata. Además, para la cuenca del río Bío Bío, se consulta la generación de información hidrogeológica preliminar.

Por otro lado, los objetivos específicos son:

- a) Definir y caracterizar unidades acuíferas principales (Itata).
- b) Catastrar Niveles de Pozos (Itata, Bío Bío)
- c) Representar y estimar los flujos de agua subterránea (Itata, Bío Bío).
- d) Geometría del Acuífero Principal (Itata)
- e) Identificar las zonas de recarga y descarga (Itata).
- f) Obtener parámetros hidrogeológicos del acuífero (Itata, Bío Bío).
- g) Representar territorialmente los resultados del estudio en un Sistema de Información Geográfico (SIG, para Itata y Bío Bío).
- h) Definir un modelo conceptual del acuífero para la cuenca del Itata.

## **1.3. Etapas del Estudio.**

El desarrollo del estudio se dividió en 3 etapas.

- |                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Etapas</b>   |  |
| <b>Etapas 1</b> | Recopilación y Análisis de Antecedentes, Caracterización Hidrogeológica Preliminar Cuenca Río Itata. |
| <b>Etapas 2</b> | Caracterización Hidrogeológica Itata y Bío Bío.  |
| <b>Etapas 3</b> | Modelo Conceptual Acuífero Itata, Conclusiones e Informe Final                                       |

El presente documento corresponde al **Informe Final Cuenca Bío Bío**.

## **1.4. Contenido del Presente Informe.**

En los capítulos siguientes se describen las labores realizadas y los resultados obtenidos en cada una de las áreas de trabajo desarrolladas. A continuación se resumen el contenido de cada uno de los capítulos que conforman el presente Informe Final.

En el **Capítulo 2** se identifican y sintetizan los estudios recopilados y las fuentes de información utilizadas en el desarrollo de cada uno de los temas elaborados en el presente estudio, tanto para la Cuenca del río Itata como del Bío Bío.

En el **Capítulo 3** se describen las labores de terreno y resultados obtenidos en la campaña de medición de niveles efectuada en la cuenca del río Bío Bío (Catastro de 200 pozos).

En el **Capítulo 4** se presenta la descripción y caracterización Geológica y Geomorfológica de la Cuenca del Río Bío Bío, la cual incluye la presentación de planos Geológicos (escala 1:250.000)

En el **Capítulo 5** se presenta una caracterización hidrogeológica preliminar de la cuenca del río Bío Bío, basada en la estimación de parámetros elásticos del acuífero y profundidad de niveles estáticos.

Finalmente el **Capítulo 6** contiene las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas para la cuenca del río Bío Bío.

## **2. RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS E INFORMACIÓN**

### **2.1. Labores Realizadas**

Durante esta etapa se realizó una búsqueda y recopilación de información y antecedentes, la cual y para efectos de presentación y claridad se dividió en dos áreas:

- La primera se centro en buscar estudios relacionados a las materias de interés de la presente consultoría, desarrollados para entidades públicas y privadas, tales como DGA, DOH, CNR, CONAMA y Universidad de Concepción.
- La segunda fue la recopilación de antecedentes técnicos de pozos o sondajes construidos en el área en estudio, incluidos en las carpetas de los expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

En los puntos siguientes se describen las labores y principales resultados obtenidos durante el desarrollo de estas tareas. Cabe indicar que en el punto 2.2 siguiente (Estudios Recopilados) solo se presentan y describen los estudios desarrollados a nivel de cuencas o región con características o contenidos similares al de la presente consultoría; los estudios que involucran temas específicos (como por ejemplo hidrología, geología, etc.) serán citados y descritos en los capítulos correspondientes al desarrollo del tema en cuestión.

### **2.2. Estudios Recopilados de Carácter Regional o a Nivel Cuencas**

- REF 1. Proyecto Itata. PROITATA Asociación de Profesionales. (CNR, 1992).
- REF 2. Estudio Integral de Riego Proyecto Itata. Consorcio de Ingeniería INGENDESA -EDIC Ltda. (CNR, 1994).
- REF 3. Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG para el Manejo y planificación, Cuencas de Maule, Mataquito e Itata. GCF Ingenieros Consultores Ltda. (CNR, 2006).
- REF 4. Mejoramiento y Ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X. (Conic BF Ingenieros Civiles. - DGA. S.I.T. N° 223 Diciembre 2010)
- REF 5. Análisis Preliminar de Niveles de Aguas Subterráneas (INIA-DGA S.I.T 224 Diciembre 2010).

**REF 1. Proyecto Itata. PROITATA Asociación de Profesionales. (CNR, 1992).**

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar los estudios básicos que permitan conocer los recursos de clima, suelo y agua, y determinar la situación en que se encuentra la zona desde el punto de vista agropecuario, en la forma de un diagnóstico. Para conseguir lo anterior se desarrolló un modelo de balance hidrológico del área. Los resultados del diagnóstico permitieron la formulación de programas generales de desarrollo del sector agropecuario, donde quedaron definidas las obras de infraestructura de riego más adecuadas desde el punto de vista técnico y económico, modificaciones del patrón de cultivos o técnicas de riego, el uso de otras fuentes de agua tales como trasvases o aguas subterráneas, el drenaje de suelos, capacitación empresarial, etc.

Específicamente se realizó un estudio hidrológico que consideró el análisis de calidad y consistencia de estadísticas mensuales de 31 estaciones pluviométricas y 18 estaciones fluviométricas, luego se realizó una labor de relleno, corrección y extensión de dichas estadísticas, obteniéndose finalmente series definitivas para el período comprendido entre los años 1941 y 1988; dichas estadísticas fueron sometidas a un análisis de frecuencia, determinando la función de mejor ajuste de distribución, y valores de la variable para distintas probabilidades de excedencia.

En el capítulo de aguas subterráneas se caracterizó el acuífero, tomando como principal fuente de información los antecedentes recopilados del catastro de pozos efectuado, el cual ascendió a un total de 210 sondajes. Específicamente se analizó los datos de la prueba de gasto constante y/o variable de los pozos para determinar la permeabilidad y /o transmisibilidad; a partir de la estratigrafía indicada en los planos de construcción de los sondajes se trazaron perfiles estratigráficos, se trazaron curvas isofreáticas con la información de niveles medidos durante la campaña de terreno, también se estimaron volúmenes de extracción de aguas subterráneas por tipo de uso (potable, agrícola, industrial).

**Utilidad para el Presente Trabajo:** la información recopilada y procesada para la cuenca del río Itata en este estudio de referencia, representa una base importante de antecedentes en las áreas de hidrología (precipitaciones y escorrentía superficial), aguas subterráneas (hidrogeología cualitativa y cuantitativa), identificación de pérdidas y recuperaciones y caracterización agronómica (sectores de riego, demandas evapotranspirativas).

**REF 2. Estudio Integral de Riego Proyecto Itata. Consorcio de Ingeniería INGENDESA -EDIC Ltda. (CNR, 1994).**

El objetivo principal del estudio fue el de formular un programa de Desarrollo Integral de Los Recursos Naturales Disponibles en el área del río Itata. En general la zona se caracteriza por una ausencia casi total de obras de regulación, ya que las existentes son de poca relevancia frente al potencial regable. En una primera instancia se definieron y formularon las alternativas de obras de riego matrices, llegándose a seleccionar 7 embalses, los cuales fueron: Los Monos, Punilla, Quilmo, Boyen Bajo, Changaral, Andalién y Puyamavida, finalmente se realizó el dimensionamiento a nivel de anteproyecto, evaluación económica, financiera y de impacto ambiental de las mejores alternativas.

**Utilidad para el Presente Trabajo:** Desde un punto de vista de información y/o antecedentes relacionados a Ingeniería Básica (hidrología, agronomía e hidrogeología) en el área de la Cuenca del Río Itata, en este estudio no se generaron nuevos antecedentes a los ya existentes y desarrollados en el estudio de PROITA del año 1922; el principal objetivo del estudio fue el de desarrollar a nivel de anteproyecto las alternativas de obras de riego que permitirían aumentar la superficie y seguridad del riego en la cuenca del Itata, por los motivos anteriores este estudio no representa una base importante de antecedentes para el presente trabajo, solo se revisó algunos antecedentes de trabajos geofísicos realizados en las zonas de emplazamiento de los embalses.

**REF 3. Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG para el Manejo y planificación, Cuencas de Maule, Mataquito e Itata. GCF Ingenieros Consultores Ltda. (CNR, 2006).**

El objetivo principal de este estudio fue recopilar y generar información para ser ingresada a la aplicación SIG-MAGIC (CNR-DGA 2005) existente, para su aplicación en las cuencas de los ríos Maule, Mataquito e Itata y el mejoramiento de esta aplicación en aspectos de calibración y generación de caudales en cuencas sin control fluviométrico.

Específicamente las labores desarrolladas fueron:

- a) Analizar todos los antecedentes de recursos básicos existentes, tanto en modelos de estudios existentes, como de la información propia del SIIR de la CNR, para las cuencas de Maule, Mataquito e Itata.
- b) Estudiar y mejorar la aplicación Interfaz SIG-MAGIC (CNR-DGA 2005) desarrollada.

- c) Implementar la aplicación Interfaz SIG-MAGIC existente con la información recopilada y evaluar la información faltante para su generación, particularmente para la cuenca del Maule; Generar la información necesaria para el correcto funcionamiento del modelo de acuerdo a los requerimientos del presente Estudio; Calibrar y validar los Modelos Implementados.
- d) Desarrollar e incorporar una aplicación para el cálculo del mejor ajuste de calibración.
- e) Mejorar o Diseñar una aplicación que incorpore el cálculo de la escorrentía en cuencas no controladas, y que considere la mayor cantidad de información física disponible en el llenado de su base de datos.

Se realizó una recopilación de los antecedentes disponibles que tienen relación con los parámetros y tablas que considera el MAGIC y con los posibles datos que pudiesen adicionarse con el tiempo. Asociado a lo anterior se recopiló antecedentes respecto a estadísticas pluviométricas, fluviométricas y meteorológicas, coberturas bases (curvas de nivel, hidrografía, caminos, etc.), características de canales de riego, zonas de riego, acuíferos, catastros de pozos, embalses, centrales hidroeléctricas, entre otras. La recopilación de antecedentes se realizó principalmente a través de la revisión de información bibliográfica.

Se analizaron los modelos realizados en estudios anteriores y publicaciones existentes con el fin aprovechar la información útil, a nivel de topología, elementos y variables existentes. Se elaboró una reseña de los antecedentes analizados, entregando los datos relevantes que cada estudio, informe o documento proporcione.

Con los antecedentes recopilados, se realizó un análisis de suficiencia de información, con el propósito de poder calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar.

Las 51 tablas de datos que utiliza el programa MAGIC para realizar la simulación de caudales, pueden ser agrupadas en 13 tipos principales. Esta clasificación fue considerada como de referencia durante el análisis de los antecedentes disponibles, procurando identificar la información relevante para cada grupo definido. Se revisaron una serie de publicaciones asociadas a las cuencas de interés, siendo presentadas junto a una breve descripción de las materias, por grupos de cuenca donde pueden ser utilizados.

En base a las labores antes mencionadas se realizó la generación de Información en la Cuenca del Río Maule, para luego implementar **el Modelo MAGIC en la misma Cuenca.**

Finalmente se realizó la generación de información para la Cuenca **del Río Mataquito e Itata**.

**Utilidad para el Presente Trabajo:** la información recopilada y procesada para la cuenca del río Itata en este estudio de referencia, representa una base importante de antecedentes en las áreas de hidrología, catastro de pozos, caracterización de infraestructura (redes de canales, embalses), sectorización áreas o zonas de riego, y conformación tipológica o coberturas bases del SIG a desarrollar.

**REF 4 Mejoramiento y Ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X. (Conic BF Ingenieros Civiles. - DGA. S.I.T. N° 223 Diciembre 2010)**

El objetivo central del trabajo fue la formulación y/o proposición de una red de medición de aguas subterráneas para la zona comprendida entre el río Mataquito (VII Región) y el río Maullín (X Región de Los Lagos).

Dentro de las labores desarrolladas se efectuó, para cada región, una descripción Geológica e Hidrogeológica, incluyendo esta última aspectos tales como: catastro de captaciones, definición de acuíferos, profundidad de niveles y dirección de escurrimiento.

A continuación se resumen las consideraciones y resultados obtenidos en dos de las labores ejecutadas:

**Catastro de Captaciones**

- Los catastros recopilados consideraron los estudios más recientes efectuados, estudios que a su vez han recopilado todos los catastros efectuados en trabajos anteriores.
- Como los catastros recopilados usaban coordenadas de los pozos en distintos Datum, se transformaron al Datum WGS 84 Huso 19, de modo de trabajar con un Datum común. La transformación se realizó a través de un procedimiento que trae incorporado el software ArcGis 9.2.
- Respecto a la información del CPA, se eliminaron todas las captaciones con caudales constituidos menores que 3 l/s, y aquellos cuyos derechos de agua estaban pendientes y denegadas.
- Finalmente, se hizo un filtro eliminando aquellas captaciones que se repetían entre un catastro y otro.
- Específicamente el catastro de pozos constituido en las regiones VIII y IX alcanzó un total de 1.518 y 641 captaciones respectivamente.

## **Medición de Niveles de Aguas Subterráneas.**

- Para la red de pozos propuesta que conformaría la red de medición de Aguas Subterráneas, se realizó una campaña de terreno, la cual consideró entre otros aspectos la medición del nivel estático. En la región VIII y IX se seleccionaron 44 pozos, para los cuales se cuenta con el nivel del agua subterránea en diciembre del 2010, sin embargo solo 25 están dentro del área de las cuencas de los ríos Itata y Bío Bío.

**Utilidad para el Presente Trabajo:** la información que será de utilidad corresponde al catastro de pozos conformado, ya que se cuenta con una recopilación y georeferenciación de estas captaciones a un solo sistema (WGS 84 Huso 19). Específicamente los estudios o catastros utilizados para configurar el catastro final fueron:

- i. Estudio Catastro de Pozos Provincia de Ñuble, Dirección General de Aguas VIII Región del Bío Bío; Ayala, Cabrera y Asociados Ingenieros Consultores, 2006.
- ii. Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección, CNR, 2001
- iii. Catastro Público de Aguas

Adicionalmente la otra información de utilidad será los registros de niveles estáticos medidos en Diciembre del año 2010 en los pozos seleccionados como parte de la red y que están dentro del área en estudio. Esta última información permitirá visualizar el comportamiento de esta variable en el tiempo, ya que se cuenta con registro de niveles en otros períodos.

### **REF 5      Análisis Preliminar de Niveles de Aguas Subterráneas (INIA-DGA S.I.T 224 Diciembre 2010).**

El objetivo del estudio fue realizar un análisis preliminar de la situación de niveles de aguas subterráneas en las regiones del Bío-Bío, de la Araucanía, de los Ríos y de los Lagos, entre las cuencas de los ríos Itata y Bueno, ambas incluidas.

Se caracterizaron 140 pozos distribuidos en las regiones antes señaladas. En cada región se midieron al menos 20 pozos, en su mayoría profundos y algunos pozos someros (norias).

Para una adecuada caracterización de los pozos se completo una ficha con la siguiente información : nombre del informante, tipo de pozo, tipo de uso, ubicación (coordenadas UTM, huso, datum), características (pozo abierto, en caseta, con tapa, etc.), descripción del nivel de referencia, altura de la boca respecto de terreno, nivel estático, profundidad del pozo, diámetro del pozo,

fecha de medición, explotación (si/no), fotografías digitales que permitan describir el pozo y altura sobre nivel del mar.

La información obtenida fue presentada en forma de mapas y tablas para su uso por la Dirección General de Aguas (Proyecto SIG). Como parte del estudio también y a nivel general se describió la geología e hidrogeología de las cuencas de las regiones incluidas en área de cobertura de la propuesta

**Utilidad para el Presente Trabajo:** la información que será de utilidad corresponde a la medición de niveles estáticos realizada en Diciembre del año 2010 en los pozos profundos ubicados en las regiones del Bío Bío y la Araucanía, contando además con su ubicación en coordenadas WGS 84, lo cual permitirá una caracterización de la condición actual de esta variable y su comparación con registros anteriores (año 1992 Estudio Pro Itata)

### **2.3. Expedientes de Aguas Subterráneas**

Con el objeto de complementar la información existente relacionada a pozos, estratigrafías y pruebas de bombeo contenidas en los estudios y catastro indicados en el punto anterior, se procedió a realizar una recopilación y revisión de los antecedentes técnicos incluidos en los expedientes de las solicitudes de derechos de aguas subterráneas en el área en estudio. El procedimiento seguido fue el siguiente:

- i. Se solicitó a la DGA la información de derechos de aguas subterráneas existente para la VIII y IX región. La información entregada fue la base de datos de expedientes contenida en el CPA (Catastro Público de Aguas).
- ii. La base de datos entregada incluía el universo total de solicitudes, coexistiendo derechos otorgados, denegados, en trámite, etc., y provenientes también de orígenes disímiles (Artículo 4º y 6º transitorio, INDAP, Conadi, particulares, etc.), cabe señalar que la base de datos entregada y con la cual se trabajo no indica el tipo de captación asociada a cada solicitud, por lo cual no se sabe a priori cuales corresponden a pozo o sondaje, noria, dren, punteras, etc. Por las razones anteriores y dado el gran volumen de información, no toda de utilidad para los fines del presente estudio, se realizó una serie de filtrados y/o depuración de la base de datos, hasta llegar al universo de expedientes finalmente revisados.
- iii. Específicamente los filtros y consideraciones efectuadas en la depuración del listado inicial de expedientes entregados fue la siguiente:

- Se identificó para cada región las provincias que están dentro del área en estudio, que en este caso corresponden a:
 

**Cuenca Bío Bío:** VIII Región Provincia de Bío Bío (Código 02) y Provincia de Concepción (Código 03); IX Región Provincia de Malleco (Código 01).
  - Luego y considerando que la información entregada por el CPA clasifica el expediente por su origen o estado, se filtro en primera instancia todos aquellos expedientes aprobados y pendientes región, excluyendo aquellos denegados o pendiente legal o DARH, luego en una segunda instancia se excluyeron todos aquellos expedientes asociados al artículo 4º Transitorio, INDAP y Conadi, por tratarse de solicitudes de caudales pequeños y generalmente asociadas a captaciones someras (Norias).
  - De este modo quedaron en el listado o universo de expedientes a revisar los asociados a solicitudes de derechos de aguas subterráneas aprobados y pendientes región.
- iv. Una vez determinado el universo o número de expedientes de interés a revisar, se tomo contacto con las Direcciones Regionales de la DGA, con el objeto de coordinar las labores a realizar en sus dependencias, las cuales fueron básicamente: revisar cada uno de los expedientes seleccionados, de modo de clasificar en una primera instancia el tipo de captación involucrada; para los efectos del presente estudio se seleccionaron aquellos expedientes cuya captaciones son sondajes o pozos profundos, dejando fuera de nuestra búsqueda los expedientes asociados a captaciones del tipo punteras, drenes y norias, lo anterior básicamente porque las características de esas captaciones describen o entregan antecedentes del estrato supsuperficial del acuífero (primeros metros), en contra posición de los sondajes. Finalmente para los expedientes asociados a sondajes se fotocopió, siempre y cuando estuviese incorporada en la respectiva carpeta, la siguiente información: ubicación de la captación, plano de construcción del pozo, prueba de gasto variable o constante e informe técnico.
- v. En el Cuadro siguiente se muestra el número de expedientes iniciales entregados por la DGA, el número de expedientes seleccionados a revisar y finalmente el número de expedientes vinculados con captaciones del tipo pozo o sondaje, todo lo anterior se presenta por provincia:

**Cuadro 2-1 Número de Expedientes Analizados Por Provincia**

<b>Provincia</b>	<b>Nº Exped. Iniciales</b>	<b>Nº Exped. a Revisar</b>	<b>Nº Exped. con Pozo</b>	<b>Nº Exped. con Pozo en Cuenca</b>
Bío Bío	2.824	349	164	148
Concepción	1.146	238	48	12
Malleco	1.135	200	114	36
<b>Totales</b>	<b>5.105</b>	<b>787</b>	<b>326</b>	<b>196</b>

- vi. La información técnica fotocopiada por expediente o captación del tipo pozo o sondaje fue escaneada y se anexa en formato PDF en la presente entregada, de acuerdo a lo solicitado por la inspección del Estudio.
- vii. La información recabada de los pozos: niveles de agua subterránea, datos de pruebas de bombeo, estratigrafía e informes técnicos, fue utilizada en la caracterización de los acuíferos que se muestra en los capítulos siguientes del estudio.
- viii. Los sondajes identificados a partir de los expedientes revisados se incorporaron al catastro general de pozos en desarrollo, por consecuencia están georeferenciados e incorporados al SIG desarrollado. Específicamente en el plano 11-1 se muestra el catastro de pozos para la cuenca del río Bío Bío.

### **3. CAMPAÑA DE TERRENO MEDICIÓN DE NIVELES**

#### **3.1. Consideraciones Generales**

Se realizó una campaña de medición de niveles estáticos en pozos localizados en la cuenca del río Bío Bío, específicamente esta labor se desarrolló en el período comprendido entre el 20 de Julio y 16 de Septiembre del año 2011, se encuestaron y/o midieron 200 pozos en la cuenca, dicha labor fue realizada por tres técnicos de manera independiente, cada uno de ellos contaba con todos los implementos necesarios para un correcto trabajo de terreno:

- Movilización propia
- Pozómetro
- GPS
- Máquina Fotográfica
- Celular
- Ficha de Encuesta
- Planos con ubicación de pozos
- Carta Credencial


Cabe indicar que se alcanzó un rendimiento promedio de 5 pozos diarios efectivamente encuestados y/o medidos, es importante mencionar que al habitual escenario de desarrollo de esta actividad (el cual involucra visita a pozos sellados, imposibilidad de ubicar al propietario, no se permite el acceso, pozos abandonados, etc.), se sumo la variable climática en este período (precipitaciones abundantes) lo cual disminuyó el avance y/o rendimiento diario de pozos encuestados.

Para definir los pozos a encuestar se contaba con el catastro de pozos elaborado en la presente consultoría, el cual contiene entre otros antecedentes la ubicación en coordenadas UTM (Datun WGS 84 huso 19) de cada una de las captaciones. Cabe recordar que gran parte de la información elaborada fue incorporada al SIG, motivo por el cual fue posible visualizar la posición y/o ubicación espacial de las captaciones del catastro.

Específicamente en la cuenca del río Bío Bío la distribución espacial de los 321 pozos incluidos en el catastro inicial, no cubre de manera homogénea toda la cuenca, motivo por el cual no se realizó una preselección de los pozos a encuestar, como sí se hizo para la cuenca del río Itata. Cabe indicar que durante la campaña de terreno se identificaron nuevos pozos que fueron incorporados al catastro inicial.

Se encuestaron 200 pozos, en la página siguiente se adjunta la ficha tipo utilizada en la encuesta realizada y en el Anexo 3-1, se presenta cada una de las 200 fichas elaboradas.

## Ficha Catastro Pozos Utilizada

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CUENCAS BIO BIO E ITATA (AÑO 2011)			
REGISTRO DE POZOS			
<b>1.- UBICACIÓN</b>			
NUMERO DEL POZO :	2	EXPEDIENTE	ND-0801-1920-1/1
COMUNA :	San Carlos		
LOCALIDAD :	Monte Blanco		
NOMBRE DEL PREDIO:	Sitio Comité		
PROPIETARIO:	Comité APR Monte Blanco		
ENTREVISTADO :	Juan Quezada (Operador)		
COORDENADAS UTM	NORTE: 6.956.057	ESTE:	238.372
DATUM	WGS 1984	HUSO :	19
		COTA:	181 msnm
<b>2.- CARACTERISTICAS POZO Y DIAGNOSTICO A LA FECHA</b>			
NIVEL ESTATICO (m):	3,1	PROFUNDIDAD (m):	40
NIVEL DINAMICO (m):		DIAMETRO (pulg):	8
CAUDAL (l/s):	8	POTENCIA BOMBA	
FECHA CONSTRUCCIÓN.	1996		
DERECHOS DE AGUA:	Caudal otorgado de 9.5 l/s según expediente		
USO ACTUAL:	RIEGO ( ) POTABLE ( X ) INDUSTRIAL ( ) OTRO ( ) SIN USO ( )		
<b>3.- FRECUENCIA DE BOMBEO</b>			
<b>VERANO</b>	HORAS <u>18</u>	DIAS <u>30</u>	MESES <u>Octubre a Marzo</u>
<b>INVIERNO</b>	HORAS <u>9</u>	DIAS <u>30</u>	MESES <u>Abril a Septiembre</u>
<b>OBSERVACIONES:</b>	Abastece 238 Arranques actualmente. Se ampliarán a 35 más. Consumo invierno 80 m3 Consumo verano 155 m3		
<b>ENCUESTADOR:</b>	Luis Duque S.		
<b>FECHA:</b>	11-08-11		
			

## **4. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA CUENCA BÍO BÍO**

### **4.1. Antecedentes Generales**

En esta etapa del estudio se recopiló la información de la geología y geomorfología del área de interés, que se encontraba disponible, con el objeto de estructurar un mapa geológico a escala 1:250.000 que permitiera el trazado detallado del contacto roca-relleno. De esta forma es posible contrastar las unidades hidrogeológicas definidas por la DGA, con la información entregada en este informe.

El área de estudio se encuentra emplazada en la VIII Región del Bío-Bío y la IX Región de la Araucanía y comprende la cuenca hidrográfica del río Bío-Bío.

### **4.2. Metodología y Antecedentes Recopilados**

Para alcanzar el objetivo señalado se siguieron los pasos metodológicos que a continuación se indican:

- Recopilación de antecedentes públicos. Este trabajo se fundamenta principalmente en los mapas geológicos estructurados por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
- Luego se digitalizaron los Mapas Geológicos Preliminares de Chile denominados:
  - Hoja Concepción-Chillan, escala 1:250.000, Región del Bío-Bío, elaborada por Aníbal Gajardo el año 1981.
  - Hoja Los Ángeles-Angol, escala 1:250.000, Región del Bío-Bío, elaborada por Fernando Ferraris el año 1981.
  - Hoja Arauco-Lebu, escala 1:250.000, Región del Bío-Bío, elaborada por Fernando Ferraris y Ramiro Bonilla el año 1981.
- Para la zona andina se utilizaron las Cartas Geológicas de Chile, escala 1:250.000 denominadas:
  - Hoja Laguna del Maule, de las regiones del Maule y del Bío-Bío, del año 1984, elaborada por Jorge Muñoz y Hans Niemeyer.
  - Hoja Laguna de la Laja, Región del Bío-Bío, elaborada por Hans Niemeyer y Jorge Muñoz el año 1983.
  - Hoja Curacautín, regiones de la Araucanía y del Bío-Bío, elaborada por Manuel Suárez y Carlos Emparan el año 1997.
- Además se utilizó el Mapa Geológico de Chile en formato digital, del SERNAGEOMIN (2003), escala 1:1.000.000.

Por último se consultaron diversos estudios de la Dirección General de Aguas y memorias de la Universidades de Chile y de Concepción. Entre estos documentos cabe destacar el informe realizado por CADE-IDEPE a la DGA el año 2004, denominado "Cuenca del río Bío-bío" de acuerdo al diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad.

Como suele ocurrir en los casos en que se cuenta con información de diversos estudios que se pretende unificar, los calces laterales por lo general, son poco coincidentes. Para tener una mayor claridad en esta situación, se optó por consultar directamente al Sr. Aníbal Gajardo, Geólogo del SERNAGEOMIN y autor de la Carta Concepción-Chillán, quien gentilmente aclaró las diferencias fundamentales detectadas entre las distintas cartas.

### **4.3. Geomorfología**

Las regiones del Bío-bío y de la Araucanía cuentan con cinco unidades morfológicas mayores que de oeste a este son las siguientes: Planicies litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Central, La Montaña (o Precordillera) y la Cordillera Andina, (Ver Figuras 3-1, 3-2 y 3-3). También existe una unidad morfológica menor que se incluye en las anteriores, denominada Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional.

Las planicies litorales, se distribuyen en forma discontinua de norte a sur, con una altura variable entre 10 a 50 m.s.n.m. Las de mayor desarrollo están en el sector meridional, en la costa de la ciudad de Concepción y en las localidades de San Pedro y Escudrón.

Los Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional se distribuyen aledaños al curso distal del río Bío-bío, cercano a su desembocadura y corresponde a llanos de sedimentación fluvial de arenas negras provenientes de la actividad del volcán Antuco, que se depositan finalmente en las playas al norte del río por deriva litoral. Mientras que al sur de la desembocadura del río Bío-bío las arenas son blancas por la alteración del intrusivo granítico de la costa.

La Cordillera de la Costa corresponde a la Cordillera de Nahuelbuta, que constituye una unidad morfológica importante, con alturas que sobrepasan los 1.000 m.s.n.m. Al oeste de la misma y en el sector noroccidental del área, se encuentra un resto de la planicie costera de Arauco-Lebu. La vertiente oriental de la cordillera es abrupta y se encuentra bordeada por los ríos Vergara y Bío-bío, este último la atraviesa en el sector Nacimiento-Santa Juana. Esta cordillera se caracteriza por un lomaje moderado que deja una expedita comunicación entre la depresión central y la costa.

Por su parte la Depresión Intermedia corresponde a una "planicie fuertemente ondulada, con un relieve local que sobrepasa los 200m" (Fuenzalida, 1965). Hacia el sur del río Bío-bío, ésta se estrecha paulatinamente con relieves y lomajes menores, hasta quedar en contacto con la Cordillera de Nahuelbuta por el oeste.

Se encuentra intensamente regada por los cursos fluviales de la región. En esta sección de la cuenca se presentan depósitos fluvio-glacio-volcánicos arrastrados desde la Cordillera de Los Andes. Causados por fenómenos de transporte de las aguas o por aluviones; por efecto de avance y retroceso de glaciares o bien por la actividad volcánica de la zona. Estos materiales (bloques, rodados, arenas, limos y arcillas) se distribuyen en la cuenca en forma de cono.

El empalme entre la Cordillera de Los Andes y los Valles Longitudinales se estructura a través de la llamada "La Montaña" o Precordillera, cuya altura fluctúa entre los 300 y 850 m.s.n.m. Esta unidad tiene origen sedimentario y forma una acumulación caótica de materiales glaciales, volcánicos y fluviales dispuestos al pie de la cordillera. Se caracteriza por laderas abruptas, ríos encajonados, materiales arcillosos y otros muy permeables como rodados. Es un complejo sistema de conos superpuestos, siendo los más antiguos de origen glaciovolcánico, luego fluviovolcánico y las más recientes corresponde a hidrocineritas (cenizas volcánicas transportadas por el agua). Estos depósitos están marcados por bruscos procesos de acumulación y erosión desde la cordillera Andina.

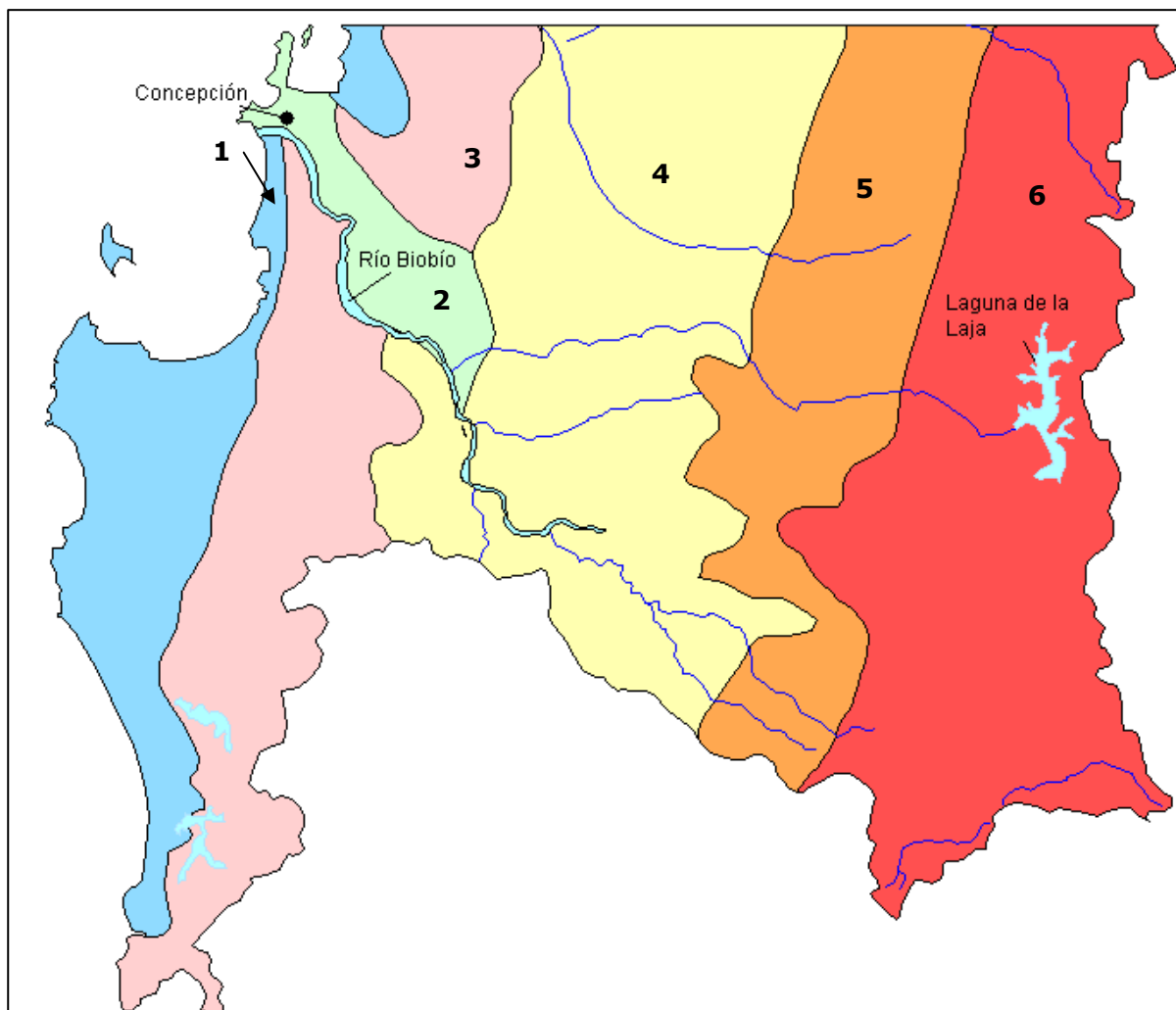
La Cordillera Andina está representada en la zona de estudio por sus contrafuertes más occidentales, que constituyen un relieve abrupto de difícil acceso. Sus alturas promedio fluctúan entre los 1.700 y 1.800 m.s.n.m. Se encuentra disectada por numerosos cursos menores y por grandes ríos (Bíobío, Duqueco, Laja y Cholguán), que la cruzan y constituyen grandes valles. En el sector cordillerano de la cuenca aparecen cadenas transversales y otras en forma de bisel o forma de arco montañoso. También se reconoce una hoya lacustre en las nacientes del río Bíobío (lago Gualletue). Una segunda característica es la ocupación de sus altos valles por recubrimiento glaciovolcánico.

En la Cordillera Principal se ubican numerosos volcanes activos, que de sur a norte se denominan Lonquimay, Tolguaca, Callaqui y Antuco. Además existe un volcán inactivo, el Sierra Nevada. Sus alturas máximas varían entre 1.800 a 3.100 m.s.n.m. Se presenta además, desde las nacientes del río Bíobío, el valle que forma este río, de extensión norte-sur (50 Km. aprox.), limitada aproximadamente entre el río Rahue por el norte y el cerro Bateamahuida por el sur.

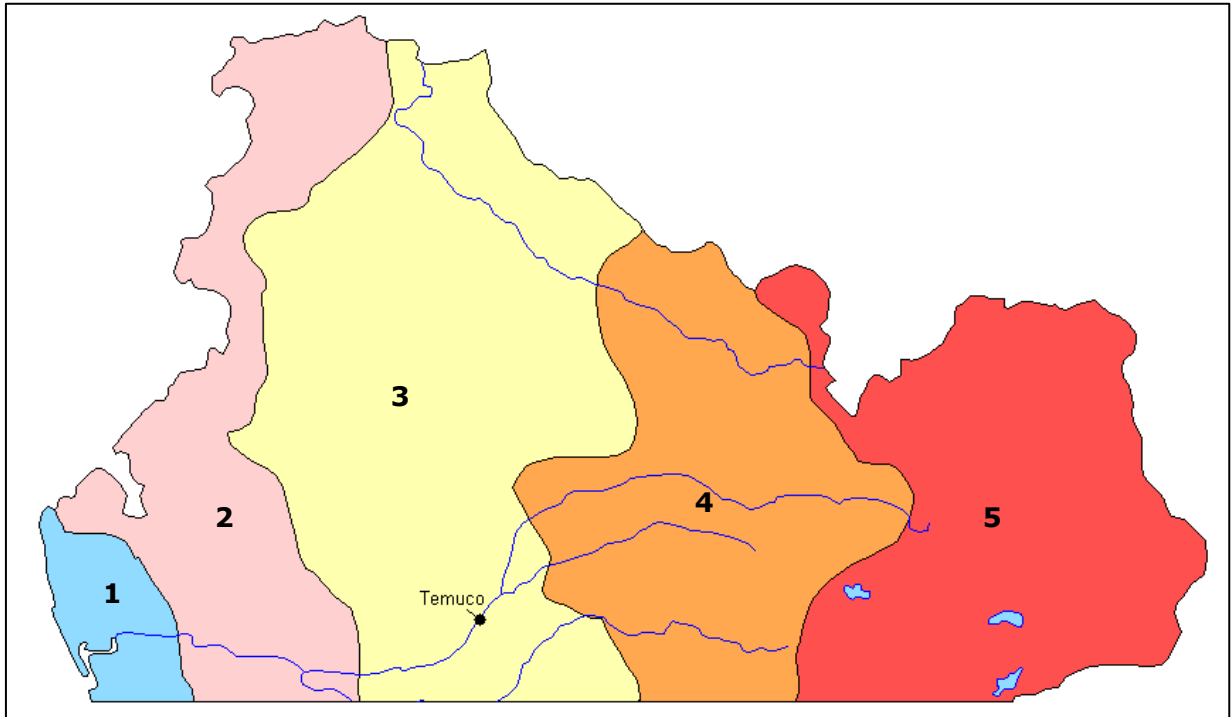
En la unidad Cordillera Andina se advierte la presencia de glaciares que cubren una reducida superficie y que se asocian a las cumbres de los estrato-volcanes (Llaima, Sierra Nevada y Lonquimay). Se observan además, numerosas lagunas, de diversos tamaños y formas, embalsadas en depresiones por depósitos morrénicos, emplazadas en circos glaciares o debido al tectonismo de la zona. La más importante dentro de la cuenca del río Bíobío corresponde a la Laguna de la Laja con un área de 128 km<sup>2</sup>.

A continuación, en las Figuras 4-1,4-2 y 4-3, se pueden observar las unidades morfoestructurales previamente descritas. Las dos primeras corresponden a los

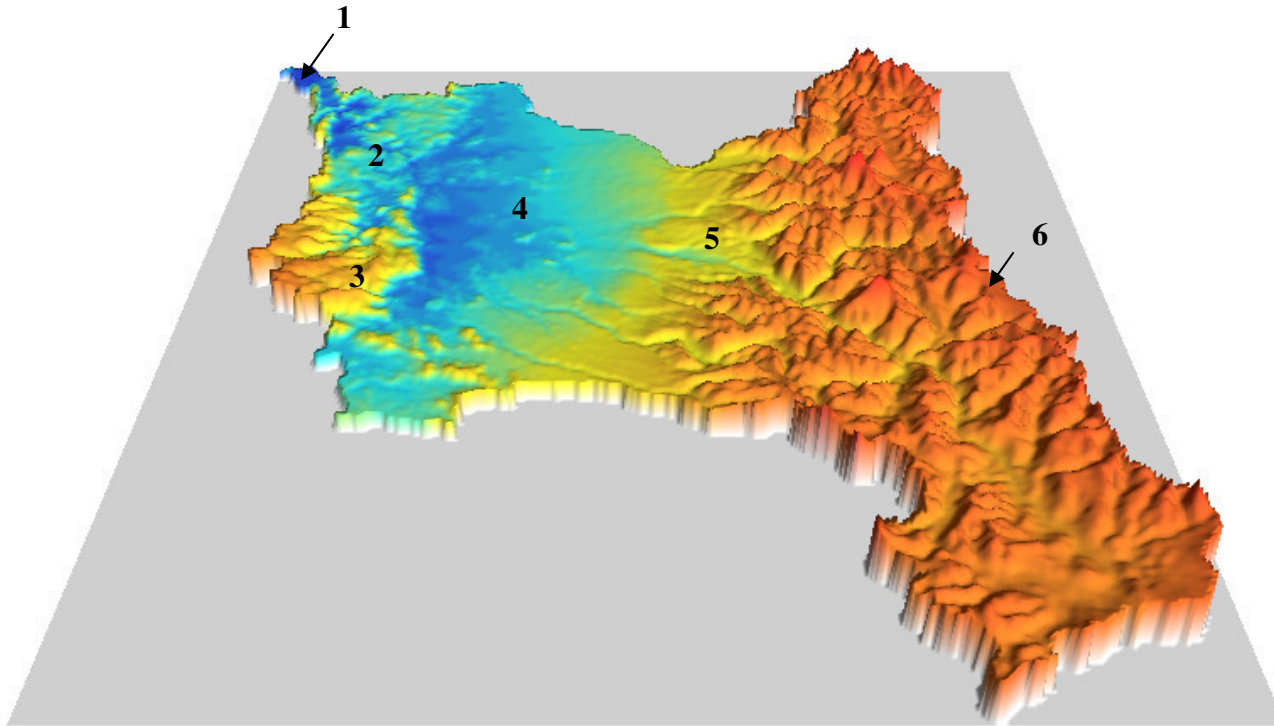
mapas geomorfológicos de las regiones VIII y IX respectivamente. La Figura 4-3, corresponde a un mapa 3D de la cuenca del Bío-bío, construido a partir de las curvas IGM con cotas cada 25m, mediante el Software Vertical Mapper.



**Figura 4-1. Geomorfología de la región del Bío-bío. Las unidades morfoestructurales que se observan corresponden a:** 1. Planicies litorales. 2. Llanos Fluviales. 3. Cordillera de la Costa. 4. Depresión Central. 5. 'La Montaña' o Precordillera. 6. Cordillera Andina. Fuente: Börgel, 1983.



**Figura 4-2. Geomorfología de la región de la Araucanía (hasta el límite sur de la cuenca del Bío-Bío). Las unidades morfoestructurales que se observan corresponden a:** 1. Planicies litorales. 2. Cordillera de la Costa. 3. Depresión Central. 4. 'La Montaña' o Precordillera. 5. Cordillera Andina. Fuente: Börgel, 1983



**Figura 4-3. Imagen 3D de la cuenca del Río BíoBío mediante el Software Vertical Mapper. Las unidades morfoestructurales que se observan corresponden a:** 1. Planicies litorales. 2. Llanos Fluviales. 3. Cordillera de la Costa. 4. Depresión Central. 5. 'La Montaña' o Precordillera. 6. Cordillera Andina

## **4.4. Geología**

### **4.4.1 Antecedentes Generales**

Estratigráficamente, las rocas más antiguas reconocidas en el área de estudio corresponden a rocas metamórficas paleozoicas, que se distribuyen principalmente en el sector occidental de la Cordillera de Nahuelbuta y conforman las series oriental y occidental según Hervé, (1977), depositadas probablemente en el paleozoico.

Discordantemente sobre ellas se exponen los Estratos de Pocillas-Coronel de Maule-Quirihue y rocas de la Formación Santa Juana, asignadas al Triásico y que incluyen sedimentitas clásticas y volcanitas, expuestas en el sector de Pocillas-Coronel de Maule-Quirihue, y sedimentitas marinas y continentales, en el extremo noroccidental de la cuenca del Bío-bío.

En la Cordillera Andina el Jurásico se expone mediante la Formación Nacientes del Bío-bío, correspondiente a una secuencia sedimentaria marina y volcánica marina-continental.

El lapso Jurásico-Cretácico Inferior, está representado por rocas volcano-clásticas, en la zona precordillerana de los Estratos Polcura-Cholguan. Durante el Cretácico superior ocurre la Formación Quiriquina, en la zona costera, correspondientes a rocas transgresivas marinas sobre el basamento metamórfico, y en la Cordillera Andina por potentes secuencias volcano-sedimentarias de la Formación Río Blanco.

La transición cretácica-paleógena se evidencia mediante el Complejo Vizcacha-Cumilao, que aflora en la Cordillera Andina y corresponde a secuencias principalmente volcánicas.

Las rocas terciarias corresponden a sedimentitas marinas y continentales (Formación Curanilahue), con mantos de carbón en la región costera, y a sedimentitas (Formación Cura-Mallín) en la Cordillera Andina. Sobre la unidad anterior se disponen, discordantemente, potentes coladas de lavas andesítico-basálticas atribuidas al Plioceno-Pleistoceno y sobre estas últimas se disponen volcanes y lavas (Pleistoceno Superior-Holoceno), conformadas por más de 1.000m de lavas andesíticas a basálticas y depósitos piroclásticos, calcoalcalinos, bien conservados. Desde el Plioceno, en la Cordillera Andina, se produce el depósito de gruesos espesores de lavas que constituyen, durante el Pleistoceno, un verdadero "plateau". Sincrónica a esta actividad volcánica se deposita, en la Depresión Central, una secuencia de sedimentos finos, tobáceos, la que constituye una unidad importante en el desarrollo de la morfología posterior.

Durante el Pleistoceno-Holoceno, las glaciaciones afectaron el área con la acumulación de potentes secuencias sedimentarias glacio-lacustres y morrénicas en la Depresión Central y Cordillera Andina (dando forma a 'La Montaña' o precordillera).

Finalmente, procesos eólicos, fluviales, volcánicos modernos y de erosión determinaron la acumulación y movimiento de materiales hasta alcanzar la morfología actual. Además de lo anterior, en la zona costera, existen depósitos de terrazas marinas desarrollados probablemente durante el Pleistoceno y Holoceno. También la mano del hombre ha conseguido variar, en parte, estos procesos, con el aumento de la erosión debido a la explotación de los bosques y la agricultura.

Las rocas intrusivas expuestas en superficie se han agrupado en cuatro fases magmáticas, desarrolladas entre el Carbonífero-Pérmico, el Jurásico, el Cretácico y el Terciario.

#### **4.4.2 Rocas Estratificadas**

A continuación se describen las unidades líticas estratificadas del área estudiada, ordenadas cronológicamente.

##### **Pz4a Serie Occidental del Basamento Metamórfico (Silurico-Carbonífero)**

Esta serie fue definida por Aguirre et al., (1972) en un estudio sobre el basamento cristalino de la Cordillera de la Costa del centro y sur de Chile. Comprende micaesquistos, metabasitas, metacherts y serpentinitas, que afloran entre Pichilemu y Valdivia. Las pizarras, filitas y metareniscas de ésta unidad presentan un metamorfismo de bajo gradiente presión/temperatura.

##### **Pz4b Serie Oriental del Basamento Metamórfico (Silurico-Carbonífero)**

Las rocas metamórficas que se distribuyen en la región más occidental del área, como una franja prácticamente continua de dirección general NNE-SSW, corresponden según Aguirre et al. (1972) a la serie oriental, compuesta principalmente por esquistos, filitas, gneises y metareniscas, cuyo grado de metamorfismo varía entre las facies esquistos verdes y granulita (alto gradiente presión/temperatura), y se caracterizan por la aparición sucesiva, de poniente a oriente, de biotitas, andalucitas y sillimanitas según el grado creciente de metamorfismo.

##### **DC4 Metareniscas y filitas (Devónico-Carbonífero)**

Corresponden a metareniscas, filitas y, en menor proporción, mármoles, cherts, metabasaltos, metaconglomerados y metaturbiditas con facies de 'mélange'.

**Tr1m Estratos de Pocillas-Coronel del Maule\_ Quirihue (Triásico Superior)**

Se distribuyen en el sector noroccidental de la Cordillera de la Costa, en forma de afloramientos prácticamente continuos, entre los 36°05' y los 36°22' de latitud sur. Los autores Moreno et al. (1976) y Lagno (1979) reconocen en estos estratos las siguientes litologías: lutitas pizarrosas, areniscas, lavas y brechas andesíticas, conglomerados de cuarzo, alternancia de andesitas porfídicas, areniscas cuarcíferas con intercalaciones de conglomerados de cuarzo, brechas volcánicas, riolitas y cherts.

**Trsj Formación Santa Juana (Triásico Superior)**

Corresponden a secuencias continentales y marinas, reconocidas en el curso inferior del río Bío-Bío. Sobreyace, en discordancia de erosión, al basamento granítico. Además, se encuentra en contacto por falla sobre la Serie Oriental del Basamento Metamórfico y, parcialmente, también lo sobreyace. Se divide en cuatro miembros de los cuales la litología principal corresponde a conglomerados de cuarzo, arcosas continentales, areniscas conglomerádicas, areniscas finas, lutitas, areniscas gruesas y arcillolitas de origen marino y brechas de origen continental.

**Pz-Trhi Estratos de Huinucal Ivante (Pre-Jurásico)**

Corresponde a una secuencia de 70m de espesor de metasedimentitas foliadas, como lutitas y metareniscas, que forman una gran inclusión en rocas graníticas del Grupo Plutónico Gualletué. Aflora en los lomajes adyacentes a la ribera sureste de la laguna de Gualletué.

**Jnb Formación Nacientes del Bío-Bío (Jurásico Inferior a Superior)**

Este nombre se utiliza para designar una secuencia sedimentaria marina y volcánica marina y continental, constituida, en su parte inferior y media, por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas, y lavas basálticas, de ambiente marino y, en su parte superior, por rocas volcánicas de ambiente subaéreo en su mayor parte (De La Cruz y Suárez, 1997). Esta unidad presenta un desarrollo litológico vertical, que caracteriza un ciclo marino regresivo de edad jurásica. La formación no presenta base expuesta. En el sector de la Laguna de Icalma y en la Cordillera de Lonquimay, está intruida por granitoides del Grupo Plutónico Gualletué, de edad jurásica superior-cretácica superior. Subyace con discordancia angular y de erosión a la Formación Cura-Mallín y al Complejo Vizcacha-Cumilao. En esta formación se distinguen tres miembros, donde se diferencian los basaltos submarinos y turbiditas, de las turbiditas volcanoclásticas marinas y de las sedimentitas volcanoclásticas, rocas calcáreas marinas y rocas volcánicas subaéreas con niveles marinos en la base.

**JKpch Estratos de Polcura-Cholguan (Jurásico Superior-Cretácico Inferior)**

Esta unidad sedimentaria comprende fragmentos de rocas volcánicas subangulares a subredondeadas y restos de cristales (plagioclasa, piroxeno y cuarzo). Incluye además, tobas brechosas de cemento vítreo con fragmentos líticos, volcánicos, plagioclasas y piroxenos. Aflora en la parte suroriental del mapa geológico (ver plano 10-1).

**Kq Formación Quiriquina (Cretácico Superior)**

Esta unidad geológica está constituida por areniscas conglomerádicas, areniscas finas y medias, y arcillolitas marinas, de color amarillo y verde, que sobreyacen, en discordancia angular y de erosión a las filitas y esquistos del Basamento Metamórfico y subyacente, también en discordancia, a la Formación Pilco (que aflora fuera del mapa geológico presentado en plano 10-1 anexo).

**KTvc Complejo Vizcacha-Cumilao (Cretácico-Paleógeno)**

Corresponden a secuencias principalmente volcánicas, compuestas por lavas andesíticas macizas y subordinadamente basálticas (que en ocasiones podrían ser cuerpos intrusivos) y rocas piroclásticas, generalmente alteradas y tectonizadas, con intercalaciones sedimentarias clásticas. El nombre de esta unidad alude a las dos localidades, el cerro Vizcacha y el estero Cumilao, donde se exponen litologías frecuentes en este complejo. En algunas localidades, se ha reconocido que rocas asignadas a esta unidad infrayacen discordantemente a la Formación Cura-Mallín y a lavas basálticas columnares asignadas a la Formación Malleco.

**Ec Formación Curanilahue (Eoceno Inferior)**

Definida por Muñoz Cristi el año 1959, aflora en el sector costero de Lota-Coronel y hacia el SSO, fuera del área de estudio, en el sector de Curanilahue-Pilpilco. Corresponde a una secuencia de areniscas y limolitas continentales, con carbón en su miembro superior e inferior. El miembro medio corresponde a areniscas de origen marino.

**Ebl Formación Boca Lebu (Eoceno)**

Corresponde a bancos de limonita arcillosa y calcárea con areniscas hacia la base. Se distribuye en la desembocadura del río Lebu, en el sector Cullinco-Pilpilco y en el sector de Curanilahue. Esta formación fue definida por Muñoz-Cristi el año 1946.

**Et                    Formación Trihueco (Eoceno)**

Se compone de areniscas con intercalaciones de lutitas y mantos de carbón. Se ubica en la costa al sur de Lebu, en el sector Cruz de Tierra-Los Ríos y al oeste de Pilpilco. Esta formación fue definida Muñoz-Cristi el año 1946.

**Em                    Formación Millongue (Eoceno Superior)**

Esta unidad corresponde a lutitas y limonitas con impresiones de flora fósil. Se distribuye entre Punta Millongue el sector de Punta Lavapié a Bahía Carnero. La definió Muñoz-Cristi el año 1946.

**OM2c                Formación Cura-Mallín (Eoceno-Mioceno Inferior)**

Está compuesta por una secuencia de rocas piroclásticas, sedimentitas clásticas, tobas, brechas y, subordinadamente, areniscas, conglomerados, lutitas y coladas de lava, de composición intermedia, de colores pardo-rojizas, violáceas, verde, gris, amarillo y blanco. Fue definida por González-Ferran y Vergara el año 1962. En la zona de estudio aflora en la parte oriental, siendo el principal afloramiento presente en la sección de la Cordillera Andina perteneciente a la cuenca del río Bío-bío.

**Mlh                  Lavas de Huelehueico (Mioceno Inferior)**

Corresponde a una secuencia de lavas andesíticas y basálticas, que afloran en sectores aislados de la Depresión Central, entre el río Laja y el pueblo de Collipulli. Los afloramientos más representativos se encuentran ubicados en el cerro Huelehueico y en la laguna de Los Alpes, al sur de Mininco, y comprenden andesitas de piroxena y andesitas basálticas de texturas porfíricas.

**Mn                    Formación Navidad (Mioceno Inferior-Superior)**

Esta formación fue definida como "areniscas amarillas de grano fino con venas ferruginosas y concreciones duras de areniscas calcáreas" por Darwin (1846) y reconocida en Chile Central y en el golfo de Arauco. Esta unidad aflora por un posible control tectónico sobre el complejo granítico y el Basamento Metamórfico. Comprende areniscas gris-blancas y amarillas y limonitas blancas, bastante alteradas.

**Mtt                    Formación Trapa-Trapa (Mioceno Medio-Superior)**

Se designa como Formación Trapa-Trapa a una secuencia de aglomerados volcánicos, lavas andesíticas y conglomerados, que se dispone de manera concordante y transicional sobre la Formación Cura-Mallín. Su techo está marcado por una discordancia angular que la separa de la Formación Cola de Zorro.

### **Msm            Formación Mitrauquen (Mioceno Superior)**

Esta unidad se compone de rocas volcánicas y sedimentarias continentales, con conglomerados, ignimbritas y lavas andesíticas, expuesta a lo largo de una franja ubicada al este del río Bío-Bío, principalmente entre el río Liucura y el río Mitrauquen. Incluye dos miembros: un miembro esencialmente conglomerádico, con intercalaciones de ignimbritas dacíticas y lavas andesíticas, y un miembro de lavas andesíticas y tobas.

### **Mpc            Formación Campanario (Mioceno Superior-Plioceno Inferior)**

Se define como Formación Campanario a una secuencia de tobas, tobas brechosas, brechas, ignimbritas y coladas de lavas andesíticas a dacíticas, que aflora en los alrededores y al norte de la laguna del Maule (Drake, 1976). Estas rocas, de color amarillo claro a gris, se proyectan hacia el sur alcanzando el área de estudio.

### **Pt              Formación Tubul (Plioceno)**

Se encuentra ubicada en la costa sur del golfo de Arauco, en la desembocadura del río Tubul. Corresponden a areniscas arcillosas y limonitas fosilíferas.

### **PPlim        Formación Malleco (Plioceno-Pleistoceno Inferior)**

En el mapa geológico (Plano 10-1), se distingue una secuencia volcánica continental de edad pliocena-pleistocena inferior. Se incluye en esta unidad un conjunto volcánico compuesto por diferentes asociaciones de facies volcánicas (brechas, tobas, lavas andesítico-basálticas y flujos piroclásticos) con algunas intercalaciones sedimentarias (areniscas, conglomerados, paraconglomerados y diamictitas), que aflora principalmente en el lado occidental de la Cordillera Principal. El área tipo de la Formación Malleco es el curso del río Malleco. Esta unidad sobreyace con discordancia angular al Complejo Vizcacha-Cumilao, a la Formación Cura-Mallín y a los Estratos de Huichahue y con discordancia de erosión al 'Stock' Pemehue y a granitoides del Grupo Plutónico Melipeuco. A su vez, la formación está cubierta por el Conjunto de Volcanes de la Cordillera Principal. Se subdivide en 4 unidades.

### **PPI3        Formación Cola de Zorro (Plioceno-Pleistoceno)**

Esta unidad tiene una gran distribución areal en la Precordillera y en la Cordillera Andina. Esta formación fue definida por González y Vergara (1962) y su composición litológica local es bastante homogénea y comprende rocas volcánicas correspondientes a lavas y piroclastos. Las primeras, vale decir las lavas, consisten en coladas de carácter andesítico y andesítico-basáltico, gris oscuras a negras, cuyos espesores varían entre 10-60m, con promedios de 30-50m. Las andesitas basálticas presentan estructura de disyunción columnar hexagonal. Las rocas piroclásticas son brechas gris-oscuras, principalmente con clastos

andesíticos, inter-estratificadas en las coladas de lavas. Según IIG-MMAJ (1979), la serie presenta también ignimbritas grises, de composición dacíticas y andesítica, ubicadas estratigráficamente en su parte alta y geográficamente, en el sector norte de los afloramientos. En el río Ñuble afloran conglomerados volcánicos de 50-80m de espesor, compuestos por clastos andesíticos y graníticos que infrayacen a coladas andesíticas con estructura columnar.

#### **PPIIm      Formación Mininco (Plioceno-Cuaternario)**

Fue definida por Muñoz Cristi el año 1960. Esta unidad se distribuye en la Depresión Central y sus afloramientos se observan, principalmente, en los valles de los ríos y esteros como también en los cortes de carreteras, caminos y vías férreas. Comprende sedimentitas lagunares y fluviales, representadas por areniscas tobáceas, limonitas y conglomerados, con intercalaciones de arcillolitas y tobas. El aporte es principalmente andesítico en las areniscas, encontrándose también cenizas en la matriz.

#### **PPIIbI      Formación Banco del Laja (Pleistocena-Holocena)**

Esta unidad fue definida por Brüggén (1913), in Hoffstetter et al. (1957), como "una roca de conglomerado o brecha, sin estratificación y potencia variable entre 1 y 40m". En general se trata de un banco de tobas brechosas, con clastos angulosos que varían de 1 a 50cm en una matriz cinerítica de composición andesítico-basáltica.

#### **PIHIm      Formación La Montaña (Pleistocena-Holocena)**

Esta unidad está conformada por una serie de depósitos morrénicos y aluviales, de composición relativamente uniforme, y bancos lenticulares de arcillas y arenas finas, todos ellos con poca compactación y sin cementación. Fue definida por Muñoz Cristi en 1960, como la "Formación Morrena de la Montaña"

#### **PIHca      Sedimentos Glacio-Lacustres Collipulli-Angol (Pleistocena-Holocena)**

Se define como una secuencia compuesta por niveles de arcilla, arenas y conglomerados, con potencias de 10-50cm, que aflora, principalmente, en el camino que une ambas localidades y se distribuye, en la zona central y meridional de la Depresión Central desde el río Laja hacia el sur. Los conglomerados y areniscas de esta unidad están formados por clastos de andesitas y basaltos, y matriz cinerítica.

#### **Q3i      Estratovolcanes y complejos volcánicos**

En el área de estudio se ubican asociados a los complejos volcánicos Lonquimay, Callaqui, Copahue y Antuco. Están compuestos por brechas y lavas andesítico-basálticas negras a gris-rojizas, que sobreyacen, en discordancia de erosión a la

Formación Cola de Zorro y cuyo límite superior corresponde a la superficie de erosión actual.

#### **4.4.3 Depósitos No Consolidados (Cuaternario)**

##### **Paa Depósitos de Areniscas y arcillolitas marinas (Plioceno?-Holoceno)**

Se ubican en la Península de Arauco, conformada por areniscas y arcillolitas. Su techo es la superficie actual y depósitos de dunas y playas, y su base es la Formación Tubul.

##### **PI3t Depósitos piroclásticos (Pleistoceno)**

Corresponden a flujos piroclásticos de composición riolítica, asociados a colapso de calderas volcánicas. Este depósito se ubica en la parte sur de la cuenca del río Itata.

##### **Q3av Depósitos de avalancha volcánica (Cuaternario)**

Asociados a colapso parcial de edificios volcánicos. Los clastos son de composición riolítica a andesítica, con tamaños que varían entre grava gruesa y sedimentos finos. La ubicación de este depósito corresponde a la zona suroccidental del área de estudio.

##### **Hcrl Depósitos del cono fluvial del río Laja (Pleistoceno-Holoceno)**

Esta unidad se compone de material piroclástico, proveniente de la actividad volcánica del volcán Antuco y centros adyacentes, cuyo transporte fue mixto, tanto fluvial (río Laja y tributarios menores) como eólicos. Estos materiales se abrían depositados en la Depresión Central, debido a la disminución en la capacidad de transporte de esos agentes, rellenando cuencas subacuáticas locales. Posteriores redistribuciones eólicas habrían originado las dunas que se reconocen en distintos sectores. De acuerdo al tipo de sedimentos y a la granulometría que definen otros autores, es posible estimar para estos depósitos fluviales permeabilidades variables entre  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  cm/seg.

##### **Q1t Sedimentos de terrazas fluviales (Holoceno)**

Esta unidad corresponde a los depósitos de gravas y arenas en niveles de terrazas, que se ubican en los ríos principales del área. Están compuestos por gravas y ripios, con clastos redondeados a subredondeados de andesitas y granitos de diámetro promedio entre 8 y 30cm, con fracciones variables de arenas y limos. Sus espesores máximos alcanzan a 20m. Conforme a la descripción que entregan los autores que han levantado la geología del área, es posible estimar para estos rellenos aterrazados, una permeabilidad promedio de más o menos  $10^{-3}$  cm/seg.

### **Q1m Terrazas Marinas (Pleistoceno-Holoceno)**

Estas unidades están cubiertas por sedimentos arenosos y limosos, parcialmente estratificados, compuestos por material proveniente de las erupciones volcánicas de la Cordillera Andina. Estos sedimentos se disponen a alturas máximas de 15 m.s.n.m. Según Veyl (1961) y podrían representar diversas cotas del nivel medio del mar en el pasado.

### **Q1g Depósitos glaciares Depósitos morrénicos, fluvio-glaciares y glacialacustres (Pleistoceno-Holoceno)**

En las riberas de los principales cauces de agua, los depósitos fluvio-glaciares forman varios niveles de terrazas discontinuas, adosadas a las laderas de los valles, que permiten un buen desarrollo de suelo y vegetación, útiles para la agricultura, la ganadería o para la implantación de casas y poblados. Los materiales que componen los depósitos se presentan relativamente bien estratificados, mal seleccionados e inmaduros, donde participan clastos, de tamaño bloque, grava y arena, englobados en una matriz arenoso-arcillosa. Es probable que la permeabilidad media de estos depósitos alcance unos 10-4 cm/seg.

Los depósitos de origen glacial están parcialmente desmembrados por la erosión o cubiertos por los depósitos fluviales. Se pueden reconocer morrenas mayores, asociadas a una glaciación antigua y pequeñas morrenas a glaciares actuales. Estas últimas están relacionadas con los glaciares que cubren las cumbres altas. Se reconocen depósitos morrénicos de más de 100m de potencia, que dan una típica morfología de lomajes suaves, compuestos por material clástico, anguloso, predominantemente volcánico, que yace en una matriz arenosa de colores gris-amarillento y rojizo. Los depósitos morrénicos mencionados fueron asignados al último período glacial o a su etapa de retroceso.

### **Q1fa Depósitos fluvio-aluviales antiguos (Pleistoceno-Holoceno)**

Corresponden a materiales no consolidados, representados por gravas, ripios y arenas, que constituyen el relleno de los cauces de los ríos y esteros. Se diferencian de los depósitos actuales al ser estos últimos asociados al cauce actual, mientras que los descritos corresponden a los depósitos generados en los paleocauces. Estos rellenos subactuales probablemente presenten permeabilidades entre  $5 \times 10^{-3}$  y  $10^{-3}$  cm/seg.

### **Q1e Depósitos piroclásticos (Pleistoceno-Holoceno)**

Los depósitos piroclásticos están asociados usualmente a depósitos lacustres en donde se mezclan con arenas arcillosas. Estos depósitos suelen formar niveles aterrazados.

### **Q1c Depósitos coluviales (Pleistoceno-Holoceno)**

Los depósitos de origen coluvial se localizan en las laderas de fuerte pendiente y sin vegetación, de los valles de origen glacial. Los depósitos de origen coluvial son muy inmaduros y los componen fragmentos rocosos, provenientes de las partes altas de las laderas, generalmente monomícticos y angulosos. Tienen forma de abanico irregular que, a causa de la inestabilidad gravitacional o por saturación de agua, provocan derrumbes. En términos hidrogeológicos estos depósitos constituyen áreas propicias de recarga que facilitan la infiltración de una fracción de las precipitaciones.

### **Q1 Depósitos fluvio-aluviales actuales (Pleistoceno-Holoceno)**

En el cauce actual de los ríos y esteros se encuentran depósitos fluviales, torrenciales, donde se mezclan bloques, gravas, arenas y arcillas. Estos depósitos, aunque tienen buen desarrollo sólo en los ríos principales, se encuentran también en cada uno de los cauces menores. Es frecuente observar, en la desembocadura de un cauce menor en otro mayor, abanicos fluviales donde se depositan importantes espesores de arenas y gravas. Estos rellenos actuales debieran tener permeabilidades entre  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  cm/seg.

#### **4.4.4 Rocas Intrusivas**

Los cuerpos intrusivos existentes en la zona de interés se describen a continuación.

### **CPg Intrusivos Carboníferos-Pérmicos tonalitas y granodioritas indiferenciadas**

Se distribuyen como una franja continua de dirección general NNE-SSO, al oeste de las rocas metamórficas descritas anteriormente, conformando gran parte de la Cordillera de la Costa. Está conformado por un complejo plutónico cuya composición petrográfica varía entre tonalita y granodiorita, con sectores menos extensos de diorita cuarcífera y granito. Este complejo plutónico fue definido por González-Bonorino, 1970; Hervé et al. 1976, como el Batolito de la Costa. Tiene una relación de contacto intrusivo con las rocas del basamento metamórfico e infrayace, con discordancia de erosión, a las series sedimentarias y sedimentario-volcánicas del Triásico.

### **Jkl Grupo Plutónico Gualletué (Jurásico Superior-Cretácico)**

Esta unidad se compone de monzogranitos, dioritas cuarcíferas y tonalitas que conforman una faja de rocas plutónicas en el sector sur oriental del mapa geológico (fuera de texto). En algunos lugares existen relaciones de intrusión entre los plutones que lo componen. Así, en el filo nororiental del cerro Cordán, que desciende al estero Pichirrucauco, una microdiorita cuarcífera de hornblenda

intruye a una tonalita de biótita, con la cual tiene una diferencia de 7Ma de acuerdo a sus edades radiométricas.

### **Kiag            Intrusivos Cretácicos**

En el sector oriental de la Cordillera de la Costa, se ha reconocido un conjunto de cuerpos graníticos, de composición en general semejante a los granitoides carboníferos y de textura más fina. Estos cuerpos se localizan en una franja en dirección general NNE-SSO y representan altos topográficos, que sobresalen del nivel promedio de las rocas graníticas del carbonífero.

### **Tl                'Stock' Lolco (Paleoceno)**

Esta unidad aflora en un tramo del río Bío Bío inmediatamente al este de la desembocadura del río Lolco, en el área de confluencia del estero Piedras Paradas y en el río Lomín, aguas arriba de su desembocadura. El 'Stock' Lolco incluye, principalmente, rocas monzograníticas y, en los afloramientos de los Baños de Lolco, sienogranitos. Son rocas de color rosado, sin inclusiones. Localmente, en el área situada al este de la desembocadura del río Lolco, las rocas de este 'stock' se presentan como cataclásticas.

### **Tm                Grupo plutónico Melipeuco (Mioceno)**

Se compone de rocas graníticas. Se ubican en la zona en torno al pueblo de Melipeuco, tanto por el lado del río Allipén, como hacia el norte del poblado. Entre los distintos componentes de estas rocas se han reconocido, muy localmente, las siguientes relaciones de contacto: tonalita intruida en una granodiorita en el río Renalco y una granodiorita emplazada en una tonalita en las cabeceras de la quebrada Nalcas, afluente del río Nalcas.

### **Ming            Intrusivos del Mioceno medio a superior**

Constituyen pequeños "stocks", filones y filones-manto de variada forma, dimensión del afloramiento y su composición, destacando sienogranitos, monzogranitos, granodioritas tonalitas, dioritas y monzodioritas cuarcíferas.

### **Mg                Intrusivos Miocénicos**

Corresponden a cuerpos plutónicos de tipo 'stock' que intruyen a las formaciones Cura-Mallín y Trapa-Trapa. Se encuentran cubiertos con discordancia de erosión por las volcanitas de la Formación Cola de Zorro. Estas rocas se destacan por su color gris claro u por la prominencia de sus afloramientos. La composición petrográfica de los 'stocks' corresponde a diorita, diorita cuarcífera y granodiorita.

### **Mr Stocks de Riodacita (Mioceno Superior)**

Se incluyen bajo este nombre a dos pequeños cuerpos riodacíticos, de color blanco-amarillento, que intruyen a las formaciones Cura-Mallín y Trapa-Trapa al oriente del estero Trapa-Trapa al oriente del estero Trapa-Trapa; además de algunos filones de similar composición ubicados aledaños al afloramiento principal.

### **PPlab Intrusivos Orientales (Pliocena Superior-Pleistocena)**

Las rocas intrusivas así denominadas constituyen pequeños "stocks", filones, filones-manto, lacolitos y cuellos volcánicos, desde andesíticos a basálticos, que intruyen a rocas de la Formación Cola de Zorro y de unidades más antiguas. Estos intrusivos tienen color gris a gris oscuro, textura porfírica, ocasionalmente vesicular a microvesicular, y masa fundamental intergranular, con marcada orientación de microcristales.

### **Prm Intrusivos Hipabisales de río Renaico y cerro Mocho (Plioceno)**

Se incluye a esta unidad diques, filones-mantos y cuerpos intrusivos irregulares, de andesitas y localmente basaltos y gabros, emplazados en unidades de edad pre-pliocena superior. Este nombre alude a la mayor concentración de intrusivos andesíticos porfídicos expuestos en las cabeceras del río Renaico y Vilcura y en la exposición de un gabro de piroxeno en el cerro Mocho, al este de la Laguna de Gualletué.

## **4.5. Estructuras**

En la cuenca del río Bío-bío se distinguen dos zonas donde se presentan las principales estructuras: en la Cordillera de la Costa, y en el conjunto conformado por la Precordillera y la Cordillera Andina.

En la primera unidad morfológica (Cordillera de la Costa) se observa que la Serie Oriental y la Serie Occidental del Basamento Metamórfico son las unidades que presentan los mayores plegamientos, con pliegues asimétricos, volcados y aún recumbentes. Sus ejes buzan en general, al oriente y tienen rumbos muy variables, predominantemente NNE. Las rocas sedimentarias marinas, formaciones Quiriquina y Curanilahue, están fuertemente basculadas y las rocas de la Formación Mininco se presentan suavemente basculadas o sub-horizontales y la Formación Santa Juana se presenta con un suave plegamiento.

El fallamiento y/o fracturamiento alcanza su mayor intensidad en el Batolito de la Costa, tanto en su porción central como periférica. En la Depresión Central, las trazas de estas estructuras están cubiertas por los depósitos pleisto-holocénicos,

mientras que en el flanco occidental de la Cordillera Andina, se observa un menor desarrollo relativo de estas estructuras.

Los sistemas de fallas principales son N-S a NNE-SSO y NNO-SSE. El primero controla, fundamentalmente, tanto los acantilados costeros, como los quiebres de pendiente locales entre la Cordillera de la Costa y la Depresión Central, manifestándose también en la Cordillera Andina. El segundo sistema (NNO-SSE) controla, mediante estructuras de mayor desarrollo aparente, los cauces principales y tributarios que atraviesan estas cordilleras, los cuales tienen una dirección general semejante y son sensiblemente paralelos entre sí. Por otra parte, estas estructuras que permitieron el levantamiento relativo de la Cordillera de la Costa respecto de la Depresión Central, son las responsables de las grandes acumulaciones sedimentarias que existen al oriente de la Cordillera de la Costa, debiendo los ríos, como el Bío-bío, abrirse paso a través de ésta mediante llanos relativamente estrechos.

En la segunda unidad morfológica, el conjunto de la Precordillera con la Cordillera Andina, se observa en general una tectónica compresiva y se caracteriza por pliegues más o menos amplios acompañados ocasionalmente, por fallas inversas de pequeña magnitud, que afectan a las formaciones de Cura-Mallín y Trapa-Trapa. En la zona suroriental de la cuenca se han reconocido fallas longitudinales que atraviesan la región y que han controlado el emplazamiento de volcanes y el desarrollo de rasgos importantes de la morfología actual, así como otras fallas menores, muchas extensionales, algunas inversas y otras probablemente de rumbo. Las rocas jurásicas de la Formación Nacientes del Bío-bío exhiben pliegues y fallas generadas probablemente en el Cretácico; el Complejo Vizcacha-Cumileo (Paleógeno) está fallado y localmente plegado; La Formación Cura-Mallín (Mioceno) presenta un plegamiento amplio, las formaciones más jóvenes, post-mioceno medio, son subhorizontales y están localmente cruzadas por fallas normales y por lineamientos. Localmente se han reconocido rocas de falla (milonitas y cataclasitas), principalmente en rocas graníticas.

En la Cordillera Andina presente en la cuenca del Bío-bío, existen grandes lineamientos de orientación norte-sur y nor-noreste, que corresponden a grandes sistemas de fallas. De estos destacan dos, que controlan parte importante de la morfología: el Sistema de Falla Liquiñe-Ofqui, de orientación nor-noreste (Hervé, 1976; Hervé, 1984; Hervé y Thiele, 1987) y el Sistema de Falla Bío-bío-Aluminé de orientación aproximada norte-sur a nor-noroeste (Muñoz y Stern, 1988).

#### 4.6. Referencias

- Aguirre, L.; Hervé, F.; Godoy, E. 1972. Distribution of metamorphic facies in Chile. An outline. *Kristalinikum*, N°9, p.7-19.
- Bravo, Francisco. 2006. Geología y Modelo Conceptual del Sistema Geotermal Nevados de Chillan. Memoria para optar al título de Geólogo, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- De la Cruz, R.; Suárez, R.1997. El Jurásico de la cuenca de Neuquén en Lonquimay, Chile: Formación Nacientes del Bío-Bío (38-39°S). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 24, N°1, p.3-24.
- Drake, R.E. 1976. The chronology of Cenozoic igneous and tectonic events in the Central Chilean Andes. In *Symp. Andean Antarct. Volcanol. Probl., Proc.*, p. 670-697. Santiago
- Ferraris, Fernando. 1981, Hoja Los Ángeles-Angol, escala 1:250.000, región del Bío-Bío. Mapa Geológico Preliminar de Chile, Instituto de Investigaciones Geológicas. N° 5, 26 p.
- Fuenzalida, P., H. 1965. Clima. In *Geografía Económica de Chile*. (Texto refundido). Edit. Universitaria, p. 98-151. Santiago.
- Gajardo, Aníbal. 1981. Hoja Concepción-Chillan, escala 1:250.000, región del Bío-Bío. Mapa Geológico Preliminar de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas. N° 4, 32 p
- González-Bonorino, F. 1970. Series metamórficas del basamento cristalino de la Cordillera de la Costa, Chile Central. Departamento de Geología, Universidad de Chile, Publicación., N° 24, 119 p.
- González, O.; Vergara, M. 1962. Reconocimiento Geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° Lat. Sur. Universidad de Chile, Inst. Geol., Publ., N° 24, 119p.
- Hervé, F.; Munizaga, F.; Mantovani, M.; et al. 1976. Edades Rb-Sr neopaleozoicas del basamento cristalino de la Cordillera de Nahuelbuta. In *Congreso Geológico Chileno*, N° 1, Actas, Vol. 2, p. F19-F26. Santiago.
- Hervé, F.1976. Estudio geológico de la falla Liquiñe-Reloncaví en el área de Liquiñe, antecedentes de un movimiento transcurrente (Provincia de Valdivia). In *Congreso Geológico Chileno*, N°1, Actas. Vol. 1. p. B39-B56. Santiago.
- Hervé, F. 1977. Petrology of the crystalline basement of the Nahuelbuta Mountains, South-Central Chile. In *Comparative studies on the geology of the*

- Circum-Pacific orogenic belt in Japan and Chile (Ichiwaka, T.; Aguirre, L.; eds). Japan. Soc. for Promotion of Sci, p. 1-51. Tokyo.
- Hervé, F. 1984. Rejuvenecimiento de edades radiométricas en la zona de falla de Liquiñe, antecedentes de un movimiento transcurrente (Provincia de Valdivia). In Congreso Geológico Chileno. N°1, Actas Vol. 1. p. B39-B56. Santiago.
  - Hervé, F.; Thiele, R. 1987. Estado de conocimiento de las megafallas en Chile y su significado tectónico. Comunicaciones, N°38, p.67-91.
  - Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG); Metal Mining Agency of Japan (MMAJ). 1979. Informe de reconocimiento geológico de la región andina situada al este de la ciudad de Concepción. Fase 1. (Inédito), 281 p.
  - Lagno, L.; Gana, P.; Moraga, J.; et al. 1979. Geología de las hojas Coronel de Maule y Pocillas, Cauquenes VII Región. Práctica de vacaciones. Departamento de Geología, Universidad de Chile, (inédito), Santiago.
  - Moreno-Roa, H.; Hervé, F.; Godoy, E.; et al. 1976. Reconocimiento geológico del área de Pocillas (Cauquenes, VII Región). Departamento de Geología, Universidad de Chile, (inédito), 9 p. Santiago.
  - Muñoz-Cristi, J. 1946. Estado actual del conocimiento sobre la geología de la Provincia de Arauco. In Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, An., N°3, p.64-70.
  - Muñoz-Cristi, J. 1959. Chile In Handbook of South American geology. (Jenks, W.F.;ed.), Geology Society of America, Mem. 65, p. 187-214.
  - Muñoz-Cristi, J. 1960. Contribución al conocimiento geológico de la Cordillera de la Costa de la Zona Central. Minerales, Vol. 15, N° 69, p.28-46.
  - Muñoz, J.; Niemayer, H. 1984. Hoja Laguna del Maule, escala 1:250.000, de las regiones del Maule y del Bío-Bío. Carta Geológica de Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería. N° 64, 98 p.
  - Muñoz, J.; Stern, C.R. 1988. The Quaternary volcanic belt of the southern continental margin of South America: Transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38°S and 39°S. Journal of South American Earth Sciences, Vol. 1. N°2, p. 147-161.
  - SERNAGEOMIN, 2003. Mapa Geológico de Chile en formato digital, escala 1:1.000.000.
  - Veyl, C. 1961. Contribución al conocimiento de la geología regional de la Provincia de Concepción. Minerales, Vol. 26, N° 72. p. 21-71.

## **5. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLOGICA PRELIMINAR CUENCA BÍO BÍO**

### **5.1. Aspectos Generales**

Para describir la hidrogeología de la cuenca del Bío Bío, se consideró la información recopilada, descrita y elaborada en los capítulos anteriores. Básicamente los aspectos que se caracterizaron son:

- Catastro de Pozos
- Definición de Acuíferos
- Transmisibilidades
- Profundidad de Niveles

En los puntos siguientes se describen las labores realizadas y resultados obtenidos en cada uno de los aspectos mencionados.

### **5.2. Catastro de Pozos**

El catastro de pozos para la cuenca del Bío Bío se confeccionó considerando las siguientes fuentes de información:

- Catastro de Pozos incluido en el estudio Mejoramiento y Ampliación de Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X. (Conic BF Ingenieros Civiles. - DGA. S.I.T. N° 223 Diciembre 2010) (REF 4).
- Recopilación de Expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas Provincia de Bío Bío, Concepción y Malleco.

Luego a partir de la información recopilada se realizó un procedimiento que permitió ordenar y filtrar la información, específicamente el proceso desarrollado fue el siguiente:

- El catastro de la REF 4 se encuentra georeferenciado y tienen asociada una base de datos con la información de las principales características de cada una de las captaciones. El total de captaciones en este estudio asciende a 220.
- Por otro lado se confeccionó una base de datos con la información de los 196 pozos seleccionados a partir de la labor de revisión de expedientes de captaciones subterráneas realizada (ver punto 2.3).
- Esta nueva base de datos de pozos con 196 captaciones y cuyo origen fue la revisión de expedientes se cruzó con la base de datos provenientes del catastro existente e indicados en el punto anterior (220 pozos). El criterio

de eliminación fue considerar aquellas captaciones que coincidían en ubicación y/o propietario.

- Finalmente se llegó a establecer un universo de 321 captaciones subterráneas, de las cuales 196 están asociadas a un número de expediente.

En el plano 5-1 se muestra la ubicación de las 321 captaciones subterráneas catastradas, diferenciado aquellos 196 sondajes que poseen respaldo de información proveniente de la revisión de los expedientes (plano de construcción, pruebas de bombeo, etc.) de aquellas que no lo poseen y cuya fuente de información son los catastros existentes.

Adicionalmente en el Anexo 5-1 se presenta el listado de las 196 captaciones recopiladas desde los expedientes incluyendo antecedentes tales como N° Expediente, nombre propietario, coordenadas UTM, Caudal solicitado, profundidad pozo, nivel estático y dinámico.

Toda la información técnica recopilada desde los expedientes (planos de construcción del pozo, pruebas de bombeo, informes técnicos, etc.) se encuentra debidamente escaneada y se incluye en el respaldo magnético (Anexo 5-2).

### **5.3. Definición de Acuíferos**

Para definir los acuíferos en el área en estudio, se tomo como base la información geológica desarrollada en el capítulo 4 del presente Informe de Etapa, de este modo, y a nivel preliminar se consideró toda el área como un solo gran acuífero, el cual se subdividió en 3 zonas o sub acuíferos, las cuales se diferencian entre si por el tipo de relleno permeable presente o constituyente.

La extensión en planta del acuífero corresponde al límite roca-relleno definido y presentado en el Plano Geológico (ver Plano 4-1). A continuación se indica el tipo de relleno que conforma cada una de las unidades acuíferas definidas:

- Sub-Acuífero 1: Unidad **Q3av** Depósitos de avalancha volcánica
- Sub-Acuífero 2: Unidades
  - Q1** : Depósitos fluvio-aluviales Sedimentos de valles actuales
  - Q1fa** : Depósitos Fluvio-Aluviales antiguos
  - Q1m** : Terrazas Marinas (Pleistoceno-Holoceno)
  - Q1t** : Sedimentos de terrazas fluviales (Holoceno)
  - Hcrl** : Depósitos del cono fluvial del río Laja (Pleistoceno-Holoceno)
- Sub-Acuífero 3: Unidad PIHlm Formación La Montaña (Pleistocena-Holocena) y Unidad **PIHca** Sedimentos Glacio-Lacustres Collipulli-Angol (Pleistocena-Holocena)

En el Cuadro N° 5-1 se presenta un resumen para cada sub acuífero definido, con el tipo de relleno que lo constituye y su extensión.

**Cuadro 5-1 Definición Sub-Acuíferos Cuenca del Bío Bío**

<b>Sub- Acuífero N°</b>	<b>Unidad Geológica</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
1	Q3av	1.792,7
2	Q1, Q1fa, Q1t, Hcrl, Q1m	3.377,9
3	PIHca, PIHlm	4.003,3

En el Plano 5-1 Definición de Acuíferos (incluido en el Anexo de Planos) se muestra la delimitación y extensión de los 3 sub sectores o sub acuíferos definidos.

Cabe indicar que todos los planos confeccionados se están desarrollando en una plataforma SIG, con el objeto que al final del estudio se tenga un proyecto con toda la información generada.

#### **5.4. Parámetros Elásticos**

Para caracterizar el acuífero de manera preliminar se realizó el cálculo de la Transmisibilidad, tomando como base los antecedentes técnicos incluidos en los expedientes recopilados, específicamente con los datos de las pruebas de gasto variable y la relación de Dupuit, se estimó la Transmisibilidad para 192 pozos. En el Anexo 5-3, se adjunta los valores de transmisibilidad calculada y el valor adoptado para cada uno de los 192 pozos analizados. Con los valores obtenidos se pudo visualizar los rangos entre los cuales fluctúa la transmisibilidad en la zona en estudio, en el Cuadro 5-2 siguiente se muestran los rangos definidos y la cantidad de pozos existente en cada tramo.

**Cuadro 5-2 Rango de Transmisibilidades Obtenidas**

<b>Rango Transmisibilidad ( m<sup>2</sup>/día)</b>	<b>Cantidad de Pozos</b>	<b>% de pozos del Total</b>
< 150	101	52,6 %
150-250	22	11,5%
250-350	23	12,0%
350-450	15	7,8%
>450	31	16,1 %
<b>Totales</b>	<b>192</b>	<b>100 %</b>

Finalmente se confeccionó un plano (ver Anexo Plano 5-2) en el cual se visualiza espacialmente las zonas o sectores con los distintos rangos de transmisibilidad definidos. Específicamente para generar este plano se utilizó el método de

interpolación Natural Neighbor incluido como alternativa dentro de las opciones de herramienta del software ARGIS.

## 5.5. Profundidad de Niveles

Durante la campaña de terreno realizada en esta etapa (entre Julio y Septiembre del año 2011), se procedió entre otras labores, a medir el nivel estático de 211 pozos localizados en la cuenca del río Bío Bío; cada pozo fue georeferenciado en coordenadas UTM ( Datum WGS 84) y en cota a través de un GPS navegador. (ver descripción capítulo 3).

Con la información de profundidad de niveles estáticos medidos se generó un plano con sectores o zonas comprendidas en un mismo rango de profundidad. De acuerdo a los datos incluidos en las fichas de catastro (ver Anexo 3-2). En el Cuadro 5-4 siguiente se presenta para cada uno de los pozos catastrados su ubicación (coordenadas, cota), la profundidad del nivel estático medido y la cota del nivel estático. De acuerdo a los datos mostrados en el Cuadro 5-4, se estratificó en cinco tramos la profundidad del nivel estático, en el Cuadro siguiente se muestran los rangos de cada uno de los tramos definidos y la cantidad de pozos existente en cada tramo.

**Cuadro 5-3 Tramos Con Rangos de Profundidad Nivel Estático Definidos**

<b>Rango Profundidad Nivel Estático ( m)</b>	<b>Cantidad de Pozos</b>	<b>% de pozos del Total</b>
0-5	101	48,3 %
5-10	47	22,5 %
10-25	41	19,6 %
25-50	17	8,1 %
>50	3	1,4 %
<b>Totales</b>	<b>209</b>	<b>100 %</b>

En el Plano 5-3 se muestra la distribución espacial de los sectores definidos para cada rango de profundidad del N.E en la cuenca del Bío Bío, adicionalmente en este mismo plano se muestran las curvas isofreáticas generadas. Cabe indicar que el método de interpolación utilizado para generar este plano fue Natural Neighbor, el mismo utilizado anteriormente.

### Cuadro 5-4 Identificación de Pozos Encuestados

Nº	Comuna	Propietario	WGS 84 H19		Cota (msnm)	NE (m)	Cota NE (m)
			Norte	Este			
1	Nacimiento	ESSBIO S.A.	5.843.593	175.834	54	7,44	46,56
2	Nacimiento	ESSBIO S.A.	5.843.446	175.891	51	5,22	45,78
3	Santa Juana	Bosques Arauco S.A.	5.878.165	148.118	50	2,70	47,30
4	Santa Juana	Jose Luis Saenz Leiva	5.879.605	148.550	42	11,90	30,10
5	Santa Juana	José Luis Saenz Leiva	5.879.651	148.511	44	11,28	32,72
6	Los Sauces	Bosques Cautin S.A.	5.788.571	159.980	126	17,95	108,05
7	Los Sauces	Soc. Agrícola Ganadera y Forestal San lorenzo LTDA.	5.779.560	173.155	145	3,10	141,90
8	Los Sauces	Municipalidad de Los Sauces	5.789.351	162.846	114	5,90	108,10
9	Ercilla	Agrícola y Forestal Loreley LTDA.	5.779.425	209.781	367	9,40	357,60
10	Ercilla	Agrícola Los Angeles S.A.	5.778.206	211.482	373	1,45	371,55
11	Ercilla	Comité APR Pidima	5.787.237	199.400	295	5,67	289,33
12	Collipulli	Aguas Araucanía	5.811.517	194.381	176	73,29	102,71
13	Collipulli	Aguas Araucanía	5.811.757	195.008	103	3,90	99,10
14	Collipulli	Comité APR Encinar	5.777.475	226.879	381	1,20	379,80
15	Collipulli	Gerhard Rudolf Schmidt Loosu	5.792.702	212.287	341	62,50	278,50
16	Collipulli	Gerhard Rudolf Schmidt Loosu	5.792.272	212.420	324	31,30	292,70
17	Collipulli	Carlos Elmo Subiabre Riso	5.788.145	224.226	439	6,50	432,50
18	Collipulli	Roberto Barrueto Estrecon	5.799.578	203.282	238	0,70	237,30
19	Collipulli	Comité APR Loncura	5.812.843	195.667	92	1,20	90,80
20	Collipulli	Comité APR Quilquihueno	5.804.924	204.250	128	1,75	126,25
21	Collipulli	Comité APR Esperanza	5.805.962	201.596	124	1,80	122,20
22	Mulchén	Comité Aurora de Enero	5.820.740	195.180	110	1,70	108,30
23	Mulchén	ESSBIO S.A.	5.818.948	215.776	138	6,60	131,40
24	Mulchén	ESSBIO S.A.	5.818.764	215.922	143	7,20	135,80
25	Mulchén	CMPC maderas S.A.	5.822.264	212.776	172	45,00	127,00
26	Mulchén	Comité APR Munilque	5.835.697	197.367	95	7,10	87,90
27	Mulchén	Luis Soto Navarrete	5.835.352	193.878	87	6,35	80,65
28	Mulchén	Sociedad Agrícola Munilque LTDA.	5.831.258	196.680	85	9,70	75,30
29	Quilaco	Comité A.P.R. Rucalhue	5.822.070	244.116	271	3,30	267,70
30	Quilaco	Colbun S.A.	5.820.979	251.196	333	30,30	302,70
31	Angol	Comité A.P.R. El Parque los Alamos	5.802.289	178.316	85	0,50	84,50
32	Quilaco	Agrícola Ancali Ltda.	5.822.406	249.908	294	0,87	293,13
33	Quilaco	Agrícola Ancali Ltda.	5.824.767	251.197	304	13,53	290,47
34	Quilaco	ESSBIO S.A.	5.824.772	235.420	230	2,95	227,05
35	Quilaco	Comité A.P.R. Campamento	5.824.736	224.730	211	1,45	209,55
36	Santa Bárbara	ESSBIO S.A.	5.826.329	234.389	217	4,25	212,75
37	Santa Bárbara	Vicente Caruz	5.852.324	238.321	233	6,90	226,10
38	Santa Bárbara	Comité A.P.R. Junquillos	5.827.342	247.180	319	0,00	319,00
39	Santa Bárbara	Comité A.P.R. El Huachi	5.830.530	254.670	417	27,50	389,50
40	Negrete	Comité A.P.R. Coigüe	5.837.762	182.399	73	10,75	62,25
41	Negrete	Comité A.P.R. Rihue	5.829.617	182.806	71	11,84	59,16
42	Negrete	Armando Balotta	5.831.271	179.733	66	1,45	64,55
43	Negrete	ESSBIO S.A.	5.834.462	189.055	66	7,30	58,70
44	Negrete	Comité Habitacional El Consuelo	5.838.209	179.371	67	0,50	66,50
45	Renaico	Aguas Araucanías S.A.	5.824.343	183.143	66	5,10	60,90
46	Renaico	Comité A.P.R. Manzanares	5.813.804	186.891	66	1,90	64,10
47	Renaico	Comité A.P.R. Huelehueico	5.810.630	190.062	77	1,30	75,70
48	Renaico	Comité A.P.R. Tijeral	5.816.234	182.438	89	1,30	87,70
49	Angol	Agrícola Frutera San Fernando S.A.	5.816.234	182.438	87	5,22	81,78
50	Angol	Comité A.P.R. Los Confines	5.809.021	177.433	69	2,55	66,45
51	Angol	Tomás Hemderson Espoz	5.807.648	177.212	72	3,22	68,78
52	Angol	Forestal Santa Elena Ltda.	5.804.482	179.913	75	1,92	73,08
53	Renaico	Comité A.P.R. Casa Blanca	5.823.615	188.259	84	7,90	76,10
54	Angol	Empresa Forestal Mauricio Leonelli	5.801.675	178.558	76	0,90	75,10
55	Angol	Comité A.P.R. Santa Elena	5.802.536	184.272	75	0,90	74,10
56	Angol	Comité A.P.R. Itraque	5.809.005	180.572	75	1,33	73,67
57	Nacimiento	CMPC Maderas S.A.	5.842.126	176.406	65	7,44	57,56
58	Mulchén	Ricardo Basaure	5.832.102	210.748	130	1,50	128,50
59	Ercilla	Empresa de Servicios Sanitarios de la Araucanía S.A.	5.782.283	204.164	302	18,50	283,50
60	Ercilla	Forestal Maren SA.	5.780.573	208.121	350	41,60	308,40
61	Ercilla	SENDOS	5.787.237	199.403	267	8,60	258,70
62	Ercilla	Laura Espinoza	5.787.170	199.650	266	0,00	265,60
63	Ercilla	Forestal Maren SA.	5.779.260	207.934	370	15,40	354,60
64	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.895.911	198.303	115	2,00	113,00
65	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.895.875	198.280	120	1,55	118,45
66	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.889.591	194.925	113	1,10	111,90
67	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.895.952	198.340	120	1,85	118,15
68	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.889.645	194.893	115	1,10	113,90

### (Continuación) Cuadro 5-4 Identificación de Pozos Encuestados

N°	Comuna	Propietario	WGS 84 H19		Cota (msnm)	NE (m)	Cota NE (m)
			Norte	Este			
69	Cabrero	ESSBIO S.A.	5.895.946	198.244	120	2,10	117,90
70	Cabrero	Comite A.P.R. El Aromo	5.894.137	196.693	113	2,85	110,15
71	Cabrero	Comite A.P.R. Estero Los Sapos	5.890.236	190.466	92	7,85	84,15
72	Yumbel	Comite de Agua Potable Rural Pte. Tapihue-Misque	5.882.212	192.408	109	1,00	108,00
73	Yumbel	Comité de Agua Potable Rural La Aguada	5.876.681	194.933	113	17,05	95,95
74	Yumbel	ESSBIO S.A.	5.885.667	184.380	77	3,30	73,70
75	Yumbel	ESSBIO S.A.	5.885.688	184.429	80	4,05	75,95
76	Yumbel	ESSBIO S.A.	5.885.697	184.497	74	3,60	70,40
77	Yumbel	Comité de Agua Potable Rural Cerro Parra-Santa Rosa	5.881.425	179.890	70	2,05	67,95
78	Yumbel	ESSBIO S.A.	5.883.860	185.253	89	3,05	85,95
79	Yumbel	ESSBIO S.A.	5.883.892	185.323	93	3,30	89,70
80	Los Angeles	Ministerio de Bienes Nacionales	5.840.865	206.144	118	1,80	116,20
81	Los Angeles	Hormibal Ltda	5.845.084	199.743	131	19,60	111,40
82	Los Angeles	Fisco, Direccion De Obras Hidraulicas	5.848.741	191.705	92	1,10	90,90
83	Los Angeles	Inmobiliaria Alianza Ltda	5.846.879	190.749	91	6,10	84,90
84	Los Angeles	Sociedad Inversiones Hortisur S.A.(Hortifrut S.A)	5.852.746	189.456	93	8,38	84,62
85	Los Angeles	Sociedad Copeval Agroindustrias S.A.	5.840.579	206.606	137	6,75	130,25
86	Los Angeles	Sociedad Inversiones Hortisur S.A.(Hortifrut S.A)	5.851.318	189.213	90	2,30	87,70
87	Los Angeles	Maria Eugenia Besnier Diez	5.851.316	199.603	123	3,60	119,40
88	Los Angeles	Sociedad Inversiones Hortisur S.A.(Hortifrut S.A)	5.849.543	188.666	89	2,35	86,65
89	Los Angeles	Comite de Agua Potable Rural Virquenco	5.848.599	189.591	88	0,70	87,30
90	Los Angeles	Coord. Comites de Allegados Comuna de Los Angeles	5.848.100	199.163	154	16,10	137,90
91	Los Angeles	SENDOS	5.854.853	197.044	110	5,30	104,70
92	Los Angeles	SENDOS	5.854.910	197.048	114	5,95	108,05
93	Los Angeles	Comite A.P.R. Los Troncos	5.868.902	196.118	117	0,75	116,25
94	Los Angeles	Ramon Orlando Garcia Cuevas	5.847.256	194.029	99	2,55	96,45
95	Los Angeles	Ramon Orlando Garcia Cuevas	5.847.048	194.019	96	2,05	93,95
96	Los Angeles	Embalajes Standard S.A.	5.846.532	193.623	111	1,95	109,05
97	Los Angeles	Claudio Ricardo Moraga Godoy Agricola Eirl	5.847.495	184.188	75	0,98	74,02
98	Los Angeles	Comité de Agua Potable Rural de Millantu	5.854.634	180.731	56	5,85	50,15
99	Los Angeles	Comité de Agua Potable Rural de Millantu	5.850.277	183.052	76	0,00	76,00
100	Los Angeles	Sara Del Carmen Alvarez Ortiz	5.844.486	182.280	79	1,60	77,40
101	Los Angeles	Soc. Agricola y Comercial Jeyo Ltda	5.848.006	181.585	77	0,40	76,60
102	Los Angeles	Neo Silva Ltda (Vivero)	5.848.403	181.476	76	3,25	72,75
103	Los Angeles	Ministerio de Bienes Nacionales	5.856.333	202.396	131	7,30	123,70
104	Los Angeles	Municipalidad de Los Angeles	5.844.194	198.938	121	7,70	113,30
105	Los Angeles	Fernando Venegas Cuevas	5.847.118	178.433	114	0,60	113,40
106	Los Angeles	Comite A.P.R. Santa Fe	5.847.320	183.297	79	1,20	77,80
107	Los Angeles	Neo Silva Ltda (Vivero)	5.848.736	181.590	77	0,30	76,70
108	Los Angeles	Comite de A.P.R. La Montaña	5.844.905	176.337	52	7,65	44,35
109	Los Angeles	Villa Los Castaños	5.854.466	180.110	75	2,85	72,15
110	Laja	Comunidad la Colonia	5.867.342	181.688	99	3,25	95,75
111	Laja	Comite de A.P.R. Violeta Parra	5.868.041	176.461	83	1,30	81,70
112	Los Angeles	Hortifrut S.A	5.847.639	185.558	76	1,05	74,95
113	Laja	Jose Patricio Galvez	5.860.547	187.003	108	4,55	103,45
114	Laja	Comité A.P.R. El Progreso	5.860.053	186.860	110	1,50	108,50
115	Laja	Comite A.P.R. Puente Perales	5.871.498	187.638	79	7,00	72,00
116	Cabrero	Comité APR de Chillancito	5.877.193	202.266	130	4,31	125,69
117	Cabrero	CMPC Maderas SA	5.880.653	197.589	119	1,68	117,32
118	Cabrero	CMPC Maderas SA	5.880.618	197.568	117	1,37	115,63
119	Cabrero	CMPC Maderas SA	5.880.594	197.266	127	1,20	125,80
120	Cabrero	Campanario Generacion SA	5.888.365	207.447	159	4,31	154,69
121	Chiguayante	Masisa SA	5.905.331	141.791	47	13,95	33,05
122	Chiguayante	Masisa SA	5.905.323	141.781	48	9,40	38,60
123	Chiguayante	Estadio Español de Concepcion SA	5.908.784	140.745	22	2,40	19,60
124	Concepción	Ilustre Municipalidad de Concepcion, Parques de Chile	5.917.404	136.373	9	5,30	3,70
125	Hualpén	Indura SA	5.922.423	131.312	3	1,33	1,67
126	Hualqui	Comité APR Unihue	5.884.351	149.203	49	19,59	29,41
127	Hualqui	Comité APR Quilacoya	5.891.742	147.801	38	12,96	25,04
128	Hualqui	Comité APR Unihue	5.884.347	149.193	51	19,05	31,95
129	Hualqui	Comité APR Quilacoya	5.892.101	147.641	19	2,32	16,68
130	Los Angeles	Inversiones Los Alerces del Arrayan Ltda	5.845.437	219.560	206	1,83	204,17
131	Los Angeles	Agricola Llahuen	5.839.074	211.412	139	5,00	134,00
132	Los Angeles	Agricola Llahuen	5.838.791	211.383	141	8,24	132,76
133	Los Angeles	Nestle SA	5.845.958	203.840	133	9,25	123,75
134	Los Angeles	Claudio Contreras	5.863.832	202.005	144	18,87	125,13
135	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.847.027	204.141	139	40,44	98,56
136	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.847.102	204.175	115	39,73	75,27

**(Continuación) Cuadro 5-4 Identificación de Pozos Encuestados**

N°	Comuna	Propietario	WGS 84 H19		Cota (msnm)	NE (m)	Cota NE (m)
			Norte	Este			
137	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.847.137	204.087	130	39,33	90,67
138	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.847.011	204.083	134	40,25	93,75
139	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.847.061	204.261	127	40,18	86,82
140	Los Angeles	Comité APR de Paraguay	5.877.665	212.750	153	19,65	133,35
141	Los Angeles	Coala Industrial Ltda	5.854.899	203.521	133	14,85	118,15
142	Los Angeles	Forestal y Agrícola Monte Aguila SA	5.846.386	205.051	138	10,10	127,90
143	Los Angeles	Forestal y Agrícola Monte Aguila SA	5.846.507	205.048	147	3,83	143,17
144	Los Angeles	Forestal y Agrícola Monte Aguila SA	5.846.502	205.002	144	3,92	140,08
145	Los Angeles	Salmones Antartica SA	5.839.270	216.897	165	0,00	165,00
146	Los Angeles	Johannes Georg Eiberger	5.858.544	201.986	131	3,00	128,00
147	Los Angeles	CMPC Celulosa SA	5.861.960	200.605	134	13,01	120,99
148	Los Angeles	Laminadora Los Angeles SA	5.855.488	203.191	140	9,94	130,06
149	Los Angeles	Municipalidad de Los Angeles	5.855.984	203.729	139	9,33	129,67
150	Los Angeles	Johannes Georg Eiberger	5.859.451	201.711	132	11,50	120,50
151	Los Angeles	Compañía de Petroleos de Chile SA	5.868.331	202.651	134	10,96	123,04
152	Los Angeles	Fisco, Direccion de Obras Hidraulicas	5.858.891	221.456	215	1,21	213,79
153	Los Angeles	Agropecuaria Leche del Bio Bio SA	5.870.563	219.759	220	4,48	215,52
154	Los Angeles	Inversiones Los Alerces del Arrayan Ltda	5.845.791	219.725	209	1,45	207,55
155	Los Angeles	Inversiones Los Alerces del Arrayan Ltda	5.846.702	219.344	208	4,50	203,50
156	Los Angeles	Comité APR San Carlos de Puren	5.834.166	210.856	148	76,52	71,48
157	Los Angeles	Comercial Greenvic SA	5.842.509	206.603	151	24,28	126,72
158	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.848.454	205.943	143	38,56	104,44
159	Los Angeles	Agrícola Llahuen	5.839.151	211.204	138	2,55	135,45
160	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.848.515	205.998	140	38,48	101,52
161	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.848.588	205.950	142	38,92	103,08
162	Los Angeles	Comité APR Rarincó - Natre Santa Clara	5.854.177	207.179	145	6,61	138,39
163	Los Angeles	Claudio Contreras	5.852.665	205.847	159	18,25	140,75
164	Los Angeles	Claudio Contreras	5.852.673	205.845	159	18,42	140,58
165	Los Angeles	Agrícola Mollendo SA	5.873.706	204.736	145	9,29	135,71
166	Los Angeles	Compañía de petroleos de Chile SA	5.839.344	207.513	116	1,22	114,78
167	Los Angeles	Conservas Los Angeles Ltda	5.853.071	204.299	140	1,16	138,84
168	Los Angeles	Cooperativa Agrícola Lechera Bio Bio Ltda	5.849.315	205.664	134	7,30	126,70
169	Los Angeles	Petroleos Trasandinos SA	5.863.350	201.902	148	22,11	125,89
170	Los Angeles	Sociedad Pesquera Landes SA	5.858.217	226.879	238	-	-
171	Los Angeles	Comité APR Chacayal Norte-Sur	5.852.809	224.721	261	8,47	252,53
172	Los Angeles	Juan Damian Marti Verdu	5.877.456	211.542	174	12,17	161,83
173	Los Angeles	Cooperativa Islajacoop Ltda	5.849.001	205.564	133	3,20	129,80
174	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.848.384	205.909	144	-	-
175	Los Angeles	ESSBIO S.A.	5.848.277	205.961	142	33,65	108,35
176	Los Angeles	Inversiones Inmobiliaria El Panul Ltda	5.853.421	205.330	131	0,00	131,00
177	Los Angeles	Nestle SA	5.845.869	203.611	137	11,03	125,97
178	Los Angeles	Iansagro SA	5.846.261	202.425	152	27,50	124,50
179	Los Angeles	Iansagro SA	5.846.288	202.530	166	24,17	141,83
180	Los Angeles	Iansagro SA	5.846.149	202.409	145	28,52	116,48
181	Los Angeles	Comité APR El Peral	5.846.493	215.623	170	2,66	167,34
182	Los Angeles	Inversiones Andina Ltda	5.849.686	204.683	137	0,60	136,40
183	Los Angeles	Conservas Los Angeles Ltda	5.847.620	204.663	148	22,10	125,90
184	Quilleco	Agrícola Ancali Ltda	5.839.979	223.905	210	2,05	207,95
185	Quilleco	Comité APR Canteras	5.856.297	233.539	303	11,50	291,50
186	Quilleco	La Esperanza SA	5.872.370	230.772	266	12,03	253,97
187	Quilleco	Sociedad Agrícola Miura Ltda	5.857.800	243.561	383	24,33	358,67
188	Quilleco	Aridos El Boldal	5.865.817	235.166	311	16,07	294,93
189	Quilleco	La Esperanza SA	5.872.842	230.335	270	10,89	259,11
190	Quilleco	ESSBIO S.A.	5.849.129	236.058	318	13,93	304,07
191	Quilleco	Fisco, Dirección de Obras Hidráulicas	5.859.806	234.623	286	0,20	285,80
192	Quilleco	Comité de Viviendas Villa Futuro	5.855.171	235.209	323	7,28	315,72
193	Quilleco	Forestal Cholguan SA	5.856.210	233.266	294	3,54	290,46
194	Quilleco	La Esperanza SA	5.872.003	229.597	256	11,27	244,73
195	Quilleco	Comité APR Villa Mercedes	5.855.907	236.652	331	29,52	301,48
196	Quilleco	Comité APR San Lorencito	5.850.564	236.469	322	9,60	312,40
197	Quilleco	Comité APR Villa Mercedes	5.855.911	236.664	335	8,62	326,38
198	Quilleco	ESSBIO S.A.	5.849.199	236.039	316	13,34	302,66
199	San Pedro de la Paz	Papeles Norske Skog Bio Bio Ltda	5.915.595	134.996	3	10,63	-7,63
200	San Pedro de la Paz	Papeles Norske Skog Bio Bio Ltda	5.915.538	134.928	12	9,56	2,44
201	San Pedro de la Paz	Papeles Norske Skog Bio Bio Ltda	5.915.515	134.924	16	9,29	6,71
202	San Pedro de la Paz	Papeles Norske Skog Bio Bio Ltda	5.915.655	134.890	28	9,44	18,56
203	Yumbel	Santuario San Sebastian de Yumbel	5.896.375	184.089	106	1,71	104,29
204	Yumbel	Juan Gutierrez Millan	5.904.097	184.976	107	0,00	107,00
205	Yumbel	Juan Gutierrez Millan	5.904.099	184.986	108	0,00	108,00
206	Yumbel	Dos Andes SA	5.898.589	185.910	107	19,32	87,68
207	Yumbel	Pedro Tapia Toro	5.896.957	184.057	108	1,58	106,42
208	Yumbel	Dos Andes SA	5.899.045	185.979	104	2,73	101,27
209	Yungay	Forestal Celco Ltda	5.881.949	227.849	230	5,90	224,10
210	Yungay	Comité APR El Roble	5.881.305	219.995	193	19,29	173,71
211	Yungay	Comité APR La Esperanza	5.882.333	226.958	213	8,98	204,02

## **6. RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES**

En el presente capítulo se resumen las principales labores realizadas y resultados obtenidos, además se entregan algunas conclusiones y recomendaciones respecto al trabajo realizado y sobre futuras labores a considerar.

### **Cuenca Río Bío Bío**

En base a los antecedentes existentes, recopilados y elaborados se realizó una caracterización hidrogeológica preliminar avanzada para la cuenca del río Bío Bío, la cual consideró las siguientes labores y resultados:

- Se revisaron 787 expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas asociados a las provincias de Bío Bío, Concepción y Malleco, de los cuales se seleccionaron 326 por corresponder a captaciones tipo pozo profundo, de este último universo 196 se ubican en la cuenca del río Bío Bío.
- Se cuenta con la información técnica incluida en el expediente (plano de construcción del pozo, prueba de gasto constante y/o variable, etc.) para los 196 sondajes (se anexa escaneada en formato PDF). A partir de la información de las pruebas de gasto variable se calculó la transmisibilidad en cada pozo, elaborando un plano de transmisibilidades (zonas con diferentes rangos)
- Se realizó una campaña de medición de niveles en pozos profundos, durante los meses de Junio a Septiembre del año 2001, el total de pozos medidos fue de 209. En base a esta información se confeccionó un plano de isofréaticas y un plano de profundidades del nivel estático.
- Se elaboró y describió la geología con un detalle a escala 1:250.000, confeccionando un plano geológico y uno de acuíferos, según tipo de relleno.
- Finalmente toda la información antes mencionada está disponible en una plataforma GIS, la cual se elaboró con el software ARGIS 9.2 de SRI

Con el objetivo de seguir avanzando y profundizando en la caracterización y conocimiento del comportamiento del acuífero asociado a la cuenca del río Bío Bío, se requiere elaborar estudios tendientes a conocer y evaluar las siguientes variables:

- Profundidad del manto rocoso (Estudio Geofísico: Gravimétrica u otro)
- Estratigrafías del relleno y profundidades (Perfiles Estratigráficos en base a planos de construcción de pozos y estudio geofísico como complemento)

- Estimación y/o evaluación de las recargas al sistema subterráneo, en base a antecedentes actualizados (Modelación del sistema superficial).
- Identificación y cuantificación (campañas de terreno) de sectores de afloramiento y recuperación.
- Catastro completo de captaciones subterráneas existentes con indicación del uso real de los recursos.
- Implementación red de medición de niveles.