

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE RIEGO  
(CNR)

AGENCIA DE COOPERACION  
INTERNACIONAL DE JAPON  
(JICA)

ESTUDIO  
PARA  
EL DESARROLLO AGRICOLA Y MANEJO DE AGUAS  
DEL AREA METROPOLITANA

*VOLUMEN - II*

**ANEXOS**

Agosto, 1999

NAIGAI ENGINEERING CO., LTD.  
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

REPUBLICA DE CHILE  
ESTUDIO  
PARA  
EL DESARROLLO AGRICOLA Y MANEJO DE AGUAS  
DEL AREA METROPOLITANA

COMPOSICION DEL INFORME FINAL

1. RESUMEN EJECUTIVO

- PARTE I PLAN MAESTRO
- PARTE II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

2. INFORME FINAL

*(Volumen I)*

FOTOS  
ABREVIATURAS  
RESUMEN  
INFORME PRINCIPAL  
- PARTE I PLAN MAESTRO  
- PARTE II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
DOCUMENTOS ADJUNTOS

3. ANEXOS

*(Volumen II)*

ANEXO A	GEOLOGIA
ANEXO B	SUELOS Y USO ACTUAL DE SUELOS
ANEXO C	METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
ANEXO D	AGRICULTURA
ANEXO E	DESARROLLO DE RECURSOS HIDRICOS
ANEXO F	UTILIZACION DEL AGUA
ANEXO G	INFRAESTRUCTURA AGRICOLA
ANEXO H	INFRAESTRUCTURA RURAL
ANEXO I	SOCIEDAD RURAL, ORGANIZACION DE AGRICULTORES

*(Volumen III)*

ANEXO J	ECONOMIA AGRARIA
ANEXO K	DISEÑO Y ESTIMACION DEL COSTO
ANEXO L	EVALUACION DEL PROYECTO
ANEXO M	MEDIO AMBIENTE E HIGIENE
ANEXO N	ALCANCE DE TRABAJO

Moneda Local

El cambio de la moneda local es el siguiente

\$1,00 = US\$0,002083 = Yen 0,2352

Agosto 1998

***ANEXO A***  
***GEOLOGIA***

**ANEXO A**  
**GEOLOGIA**  
**CONTENIDO**

**PARTE I                    PLAN MAESTRO**

	Página
1 Geografía.....	A-I- 1
1.1 Perfil Geográfico de la República de Chile .....	A-I- 1
1.2 Area de Estudio.....	A-I- 1
2 Topografía .....	A-I- 1
2.1 República de Chile.....	A-I- 1
2.2 Zona de Estudio .....	A-I- 1
3 Geología.....	A-I- 4
3.1 Perfil Geológico del Area de Estudio.....	A-I- 4
3.2 Perfil del Plan de Desarrollo de Recursos Hídricos y Características Geológicas.....	A-I- 5

**LISTA DE FIGURAS**

Fig. A-I.1	Perfiles Transversales (Este - Oeste) Latitud 33 ° 27' S.....	A-I- 6
Fig. A-I.2	Mapa Topográfico por Bloques .....	A-I- 7
Fig. A-I.3	Mapa Geológico .....	A-I- 8

**PARTE II                    ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

1 Características Geográficas y Geológicas del Area del Estudio.....	A-II- 1
1.1 Generalidades del Area .....	A-II- 1
1.2 Geografía.....	A-II- 1
1.3 Geología .....	A-II- 1
2 Relaciones entre las Principales Instalaciones de Riego y las Características Geológicas .....	A-II- 2
2.1 Bocatoma Integrada .....	A-II- 2
2.2 Túnel .....	A-II- 4
2.3 Plan de Embalse de Regulación .....	A-II- 5
Bibliografía.....	A-II- 5

**LISTA DE FIGURAS**

Fig. A-II.1	Ubicación y Magnitud de los Túneles.....	A-II- 7
-------------	--	---------

**ANEXO A      GEOLOGIA**  
**PARTE I      PLAN MAESTRO**

**1      Geografía**

**1.1      Perfil Geográfico de la República de Chile**

La República de Chile ocupa una estrecha franja que se extiende de norte a sur entre los 17° 30' y los 55° 50' de latitud sur al lado oeste de la Cordillera de los Andes. De norte a sur tiene una longitud aproximada de 4.329 km y una anchura cuyo promedio es de 175 km.

El país está dividido en 13 Regiones administrativas. La zona central abarca las Regiones de V a X que están situadas entre los 32° 15' y 41° 28' de latitud sur. La Región Metropolitana está entre las Regiones V y VI, ubicándose en la parte central de la zona central. Entre las Regiones IV y VIII se desarrollan la agricultura mediterránea.

**1.2      Area de Estudio**

El área de estudio está enfocada en la Región Metropolitana y cubre desde el extremo sudoeste de la V Región hasta el norte de la VI Región con una longitud de norte a sur de casi 150 km entre los 32° 41' y los 32° 41' de latitud sur y con aproximadamente 190 km de este a oeste entre los 69° 49' y los 71° 47' de longitud oeste. La Cordillera de los Andes ocupa casi 70 km de ancho en la parte este del área de estudio y un total de 320.000 ha, de los terrenos agrícolas beneficiados con este estudio están dispersos en la mitad oeste del área de estudio.

El centro de la capital de la República, Santiago, está situada a los 33° 27' de latitud sur y los 70° 24' de longitud oeste, ubicándose a los 3° (a 330 km) al norte del paralelo que atraviesa el centro de la República (los 36° 05' de latitud sur). La ciudad se extiende en la falda de la Cordillera de los Andes y está situada a 110 km de la costa.

**2      Topografía**

**2.1      República de Chile**

La República de Chile ocupa una estrecha faja que se extiende de norte a sur en la parte oeste de la Cordillera de los Andes y su condición topográfica es casi idéntica en todo el territorio. En general, se puede dividir en 5 regiones morfológicas de este a oeste; el área de la Cordillera de los Andes, la Precordillera Andina, el Valle Central, la Cordillera de la Costa y la Planicie Costera. De norte a sur se repiten longitudinalmente estas unidades morfológicas.

**2.2      Zona de Estudio**

La topografía del área de estudio se divide de este a oeste en 5 rasgos morfológicos (Ver la Fig. A-I.1). La Cordillera de los Andes consta de los Andes y la Precordillera Andina. En el área de Precordillera, las montañas son menos altas que los Andes y la superficie de cuencas es más pequeña, asimismo la precipitación es menor. La topografía de Chile refleja las características y estructuras geológicas del país. Debido a que se repiten longitudinalmente casi las mismas características y estructuras geológicas, la topografía también adquiere la misma tendencia.

En cuanto a los ríos hay dos sistemas fluviales; un sistema desarrollado paralelo a la estructura geológica (valle longitudinal) y un sistema que atraviesa a la

estructura geológica (valle transversal).

El Río Maipo es la fuente de los recursos hídricos del área de estudio estando formado por los valles longitudinales y transversales y capta el agua de los Andes mediante los valles longitudinales y transversales. En el área de Proyecto, la fuente de agua procede de los valles transversales de la Precordillera Andina y escurre al Valle Central. La frontera que forma parte de la línea divisoria de aguas corre a lo largo de la Cordillera de los Andes, cuya altitud oscila entre los 3.800 y 6.100 m con una precipitación anual de unos 1.000 a 1.800 mm.

Los ríos que recorren la cuenca montañosa de la Precordillera Andina son el Lampa, el Colina, el Mapocho y el Angostura entre otros. Estos ríos son los afluentes del Río Maipo y cuentan con la línea divisoria de aguas de entre los 2.700 y 5.400 m de altura y con una precipitación anual de unos 700 a 1.000 mm.

La Cordillera de la Costa se extiende en un ancho aproximadamente de 100 km entre la costa y el Valle Central con una altura máxima de 1.000 a 2.200 m y con una precipitación anual de unos 500 a 700 mm.

El Valle Central está ubicado entre la Precordillera Andina y la Cordillera de la Costa. En contraste con el levantamiento topográfico de la Precordillera, esta área es relativamente baja, por lo tanto, se llama meseta o depresión intermedia. En esta área se encuentran esparcidas colinas aisladas formadas con basamentos. No hubo desprendimientos a partir de la época aluvial. Se elevó esta zona por el levantamiento de los Andes. Los 12 conos de deyección de diferentes superficies incluyendo el del Río Maipo fueron formados en la época diluvial y hoy en día forman terrazas (el ancho máximo de la cabecera del cono aluvial es de 25 m). En el cauce del río se encuentran depositadas las capas aluviales. A lo largo de los ríos en las zonas montañosas y por debajo de los conos de deyección se encuentran terrazas de dos niveles.

La Planicie Costera consta de terrazas marinas de unos 15 a 40 km de ancho con unos 80 a 500 m de altura. En el área la precipitación anual es de unos 400 a 500 mm. Los arroyos procedentes de las cuencas del vertiente occidental de la Cordillera de la Costa afluyen al mar, erosionando unos 30 a 200 m de estas terrazas. A continuación, se resumen los puntos de advertencia del Proyecto referentes a los factores topográficos (se incluyen parcialmente los factores geológicos, y se señala en la Fig. A-I.2).

- 1) El Río Maipo que recorre el área de los Andes cuenta con una cuenca muy amplia y con una precipitación anual bastante copiosa. Por lo tanto, se puede esperar un abundante caudal de afluencia. Dado que hay mucha diferencia de altura entre las cimas de montañas y el fondo del cauce del río y además el lecho tiene una gradiente fuerte, donde se depositan una gran cantidad de arenas y barros arrastrados de zonas montañosas (depósito de arenas). Como hay muchas gargantas topográficas, se pueden construir presas. Debido a que hay un gran volumen de arenas depositadas, es efectivo construir una presa con mayor altura de cresta si se permite un volumen mayor de almacenamiento.
- 2) Los ríos que recorren el área de la Precordillera Andina tienen poca superficie de cuenca, con una precipitación anual reducida. Debido a que las pendientes del cauce están muy inclinadas, no hay zonas llanas para que permanezcan aguas estancadas, por lo tanto, los sitios para construir presas están muy limitados.
- 3) Los ríos nacidos en la Cordillera de los Andes y la Precordillera Andina suministraron arenas y gravas en las salidas de zonas montañosas (valles transversales), formando conos aluviales a partir de cada salida. El río que

tiene la mayor superficie de la cuenca cuenta con el cono aluvial más amplio. Por consiguiente, el Río Maipo tiene el cono de deyección más grande, seguido del Río Mapocho. Desde el Río Chacabuco en el norte hasta el Río Codegua en el sur se encuentran formados 12 conos de menor tamaño. En las laderas de la Precordillera Andina se han desarrollado una serie de conos de deyección, formando un área de abanicos compuestos.

- 4) Los sedimentos acumulados sobre conos aluviales son permeables y penetran fácilmente aguas fluviales y lluvias. Por lo tanto, se deben construir bocatomas en varios sitios para realizar la irrigación mediante aguas conducidas por canales hasta el abanico aluvial. Dado que el cono de deyección desarrollado durante la época diluvial está acompañado de terrazas, se requieren canales largos para irrigar hasta las terrazas. Las aguas filtradas desde la superficie del cono de deyección afloran en la parte final del abanico como aguas manantiales formando riachuelos. En la parte central y final del cono de deyección hay relativamente una abundante cantidad de aguas subterráneas.
- 5) Dado que el levantamiento de la Cordillera de los Andes y la Precordillera Andina es más grande que la Cordillera de la Costa y además la superficie de cuencas es mayor, hay abundante suministro de sedimentos sobre los conos de deyección desde la Cordillera de los Andes. Por lo tanto, el Río Lampa, el Colina, el Mapocho y el Angostura fueron empujados hacia el extremo oeste del Valle.
- 6) En el Valle Central donde se concentran las partes central o final de conos de deyección hay relativamente abundante cantidad de aguas subterráneas. En cambio, hay muy poca profundidad de basamentos en las laderas de montañas que rodean el Valle Central y en las zonas colindantes a las colinas aisladas dispersas dentro del Valle, por lo tanto, la cantidad de aguas freáticas no es tan abundante. Lo mismo se puede decir en los conos de deyección de pequeña escala.
- 7) La Cordillera de la Costa que se encuentra en la margen derecha del Río Maipo está dividida en dos partes por el Río Puangue. Este río cuenta con una cuenca muy amplia (unos 1.750 km<sup>2</sup> de superficie) siendo afluente del Río Maipo. El Río Puangue es un río que escurre dentro del valle longitudinal y tiene un ancho mayor debido a su relación con la superficie de sedimentación del Río Maipo y además la superficie de dispersión de sedimentos aluviales y diluviales es muy amplia. Por consiguiente, la cantidad de aguas subterráneas es muy abundante. La Cordillera de la Costa situada en la margen izquierda del Río Maipo no está erosionada por el valle longitudinal.
- 8) Los arroyos que tienen su recorrido por la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa avanzan hacia la costa erosionando las terrazas como valle transversal. La altura de cada terraza oscila entre 30 y 200 m. Debido a los efectos de la erosión muy activa, el ancho del lecho del río es muy angosto y la capa de sedimentos aluviales es muy fina. Por lo tanto, es difícil explotar mucha cantidad de aguas subterráneas desde el cauce. Aunque la condición topográfica es relativamente suave por ser de terrazas marinas, no hay suficiente precipitación. Por consiguiente, se han construido pequeñas presas (embalses) en la entrada de valles. La margen derecha del Río Maipo está erosionada por los Ríos Margamarga, Casablanca y Rosario. La margen izquierda también está erosionada por el Río Alhué que es el afluente de los Ríos Yali y Rapel. A lo largo de los sistemas fluviales de Casablanca, Yali y Alhué, se encuentran amplias formaciones aluviales y diluviales y se extienden capas de recarga freática. En la orilla izquierda del Río Maipo el espesor de

sedimentos acumulados por encima de terrazas marinas alcanza más de 70 m, en cambio, en la margen derecha este espesor apenas alcanza entre los 5 y 10 m. El basamento está formado por granitos, así como arenas, gravas y limos sedimentados por la discordancia durante los períodos terciario y cuaternario. Como este basamento está dividido por arroyos, carece de capas de recarga.

### **3 Geología**

#### **3.1 Perfil Geológico del Area de Estudio**

La República de Chile forma parte de la cadena volcánica y sísmica de la Cuenca del Pacífico. Debido al movimiento tectónico de placas del Océano Pacífico, fue ocasionada la elevación de la Cordillera de los Andes y surgieron zonas sísmicas y volcánicas.

La zona fronteriza donde se encuentran los macizos de los Andes está formada por rocas sedimentarias y volcánicas depositadas durante los períodos Jurásico y Cretáceo de la era Mesozoica. Estas rocas fueron plegadas drásticamente por los movimientos orogénicos de los Andes y fueron dislocadas por fallas. El eje de pliegue y la línea de falla se extienden de norte a sur no solamente en el área de estudio sino también en todo el territorio nacional. Estos movimientos orogénicos fueron muy activos desde el período Terciario hasta a principios del período Cuaternario. Uno de los efectos de este movimiento fue la intrusión de granodiorita en el Mioceno del período Terciario. Las rocas andesíticas expulsadas por erupción atravesaron las formaciones mesozoicas y formaron montañas altas en cadena, las cuales actualmente sirven como línea de frontera. Los volcanes que fueron activos durante el Terciario ya están inactivos. En cambio, los que hicieron erupción después del Cuaternario todavía están activos. En el curso superior del Río Volcán por donde se encuentra la frontera con Argentina hay 3 volcanes activos, uno de ellos es el Volcán San José (5.856 m.s.n.m.) que hizo erupción en 1960.

#### **(2) Precordillera de Los Andes**

La estructura geológica del área de la Precordillera Andina está formada por rocas sedimentarias del Cretáceo Superior de la era Mesozoica y rocas volcánicas expeditas del Mioceno al Plioceno de la época Terciaria. No existen volcanes nuevos. La estructura geológica se extiende de norte a sur igual que la formación de los Andes.

La zona fronteriza donde se encuentran los macizos de los Andes está formada por rocas sedimentarias y volcánicas depositadas durante los períodos Jurásico y Cretáceo de la era Mesozoica. Estas rocas fueron plegadas drásticamente por los movimientos orogénicos de los Andes y fueron dislocadas por fallas.

El eje de pliegue y la línea de falla se extienden de norte a sur no solamente en el área de estudio sino también en todo el territorio nacional. Estos movimientos orogénicos fueron muy activos desde el período Terciario hasta a principios del período Cuaternario. Uno de los efectos de este movimiento fue la intrusión de granodiorita en el Mioceno del período Terciario. Las rocas andesíticas expulsadas por erupción atravesaron las formaciones mesozoicas y formaron montañas altas en cadena, las cuales actualmente sirven como línea de frontera.

Los volcanes que fueron activos durante el Terciario ya están inactivos. En cambio, los que hicieron erupción después del Cuaternario todavía están activos. En el curso superior del Río Volcán por donde se encuentra la frontera con Argentina hay 3 volcanes activos, uno de ellos es el Volcán San José (5.856 m.s.n.m.) que hizo erupción en 1960.

La estructura geológica del área de la Precordillera Andina está formada por rocas sedimentarias del Cretáceo Superior de la era Mesozoica y rocas volcánicas expeditas del Mioceno al Plioceno de la época Terciaria, no existen volcanes nuevos. La estructura geológica se extiende de norte a sur igual que la formación de los Andes.

La gran parte del basamento del Valle Central consta de rocas sedimentarias del Cretáceo Superior. En la margen oriental del Valle Central se desarrolla una falla que se extiende de norte a sur, por lo que se entiende que se hundió la parte occidental de la falla. En la margen occidental del valle no se ve un grupo de fallas prominentes y la topografía no está accidentada. Aunque no existen datos sobre la época del hundimiento de este valle, se estima que ocurrió al principio de la época diluvial, generando más de 450 m de depresión.

Después de haber formado el Valle con basamentos, las gravas fueron arrastradas desde la Cordillera de los Andes y la Precordillera Andina hacia el Valle Central y formaron abanicos aluviales. Luego de la formación de conos aluviales, continuó el levantamiento de los Andes y la Precordillera Andina, por lo tanto, la superficie del cono fue erosionada y nacieron terrazas. En la entrada de abanicos fueron formadas terrazas de entre 25 y 30 m de altura. En el lecho del río se encuentran capas de gravas de la época aluvial.

La cordillera de la costa consta de la zona formada por rocas sedimentarias y volcánicas del cretáceo y de la zona con granitos intrusivos pertenecientes desde el cretáceo superior hasta la era terciaria inicial. Como fue retenida por un levantamiento grande que ocurrió al lado de terrazas, se observan ampliamente las capas aluviales y diluviales. Un caso representativo es el Río Puangue.

La planicie Costera consta de terrazas de entre 150 a 200 m de altura y el basamento de esta área está formada por granitos intrusivos paleozoicos. La superficie de terrazas marinas está cubierta con capas de gravas diluviales.

En lo referente a la construcción de embalses, es necesario estudiar la circunstancia especial del sitio de construcción, ya que el área de estudio está situada en una zona orogénica, además de ser una zona sísmica y volcánica. En cuanto al desarrollo de aguas subterráneas, se puede decir que la manta de recarga principal está formada por sedimentos depositados sobre conos de deyección del Valle Central, el cual fue formado por la depresión a causa de los movimientos orogénicos. (Se indica en la Fig. A-I.3)

### 3.2 Perfil del Plan de Desarrollo de Recursos Hídricos y Características Geológicas

Las características geológicas del área de estudio están resumidas en el siguiente cuadro.

Período y época	Clase de rocas	Zona de distribución	Relación con el Plan
Cuaternario aluvial	Arena, limo y grava	Lecho de río, llanura de inundación y Valle Central	Desarrollo de aguas subterráneas
Cuaternario diluvial	Arena, limo y grava	Abanicos y terrazas	Desarrollo de aguas subterráneas
		Valle central y terrazas	Desarrollo de aguas subterráneas
Terciario Mioceno	Rocas sedimentarias	Cordillera los Andes	Embalse
		Precordillera Andina	Embalse
Mesozoico	Rocas sedimentarias	Basamento del Valle Central	
Terciario	Granodiorita	Cordillera los Andes	Embalse
Mesozoico	Granodiorita	Terrazas	Embalse
Paleozoico	Granodiorita	Terrazas	Embalse

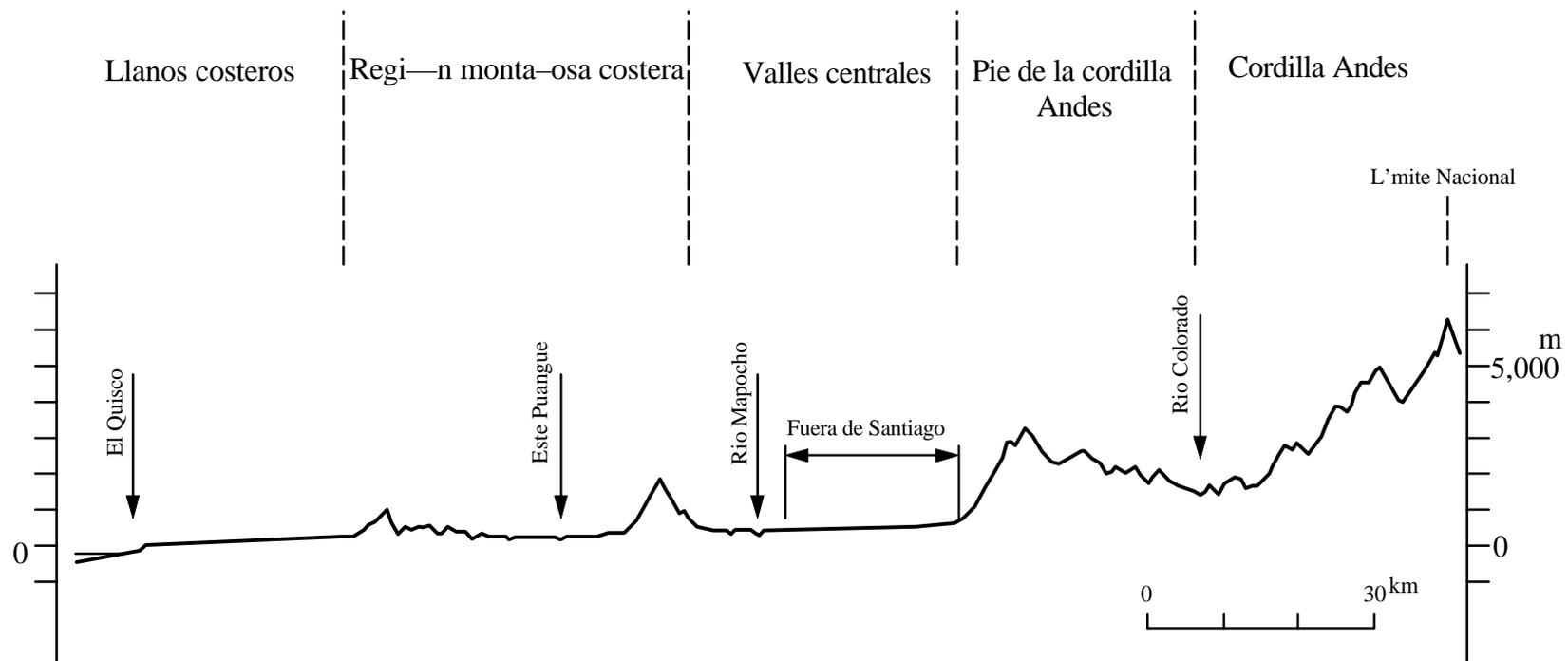
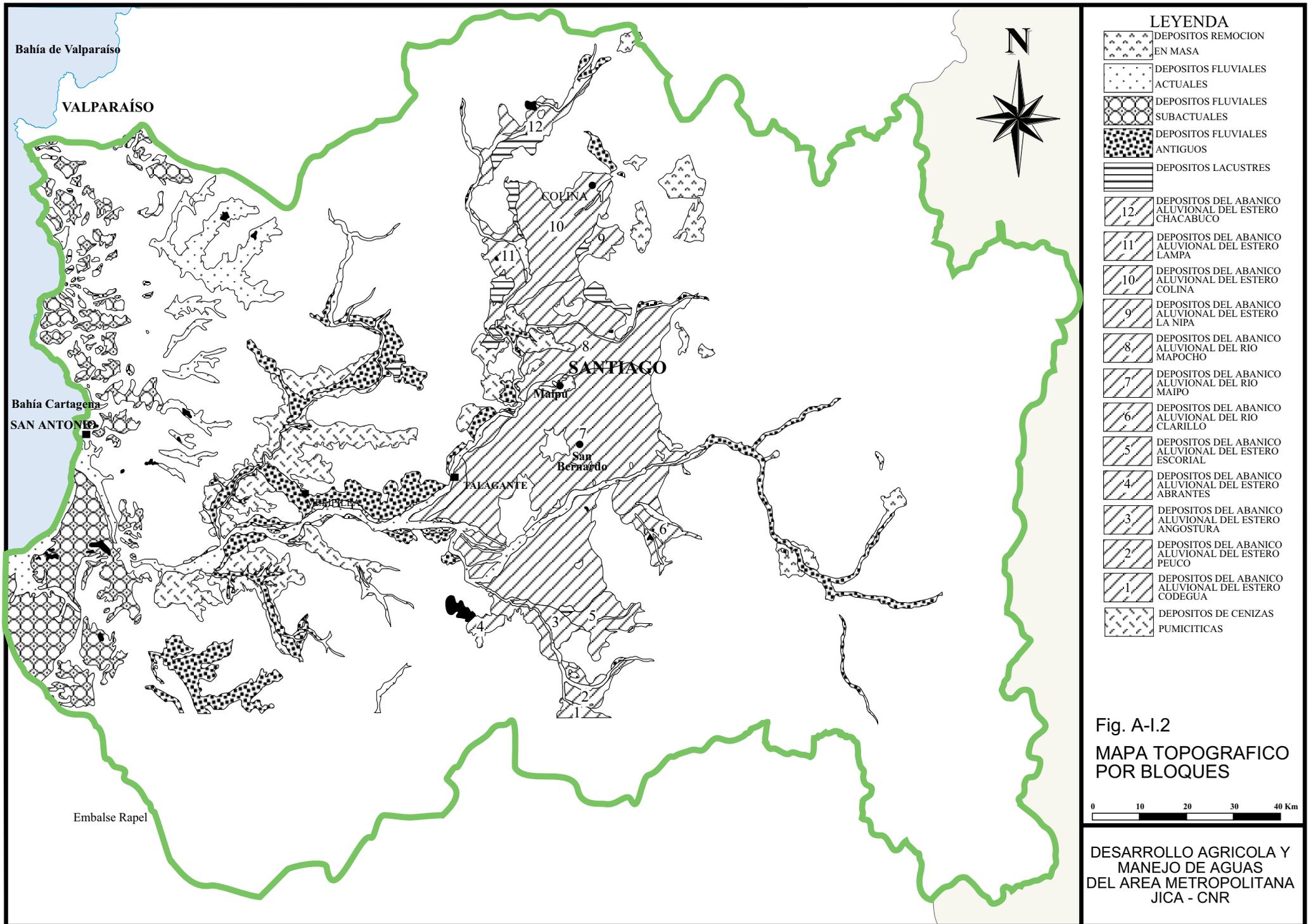
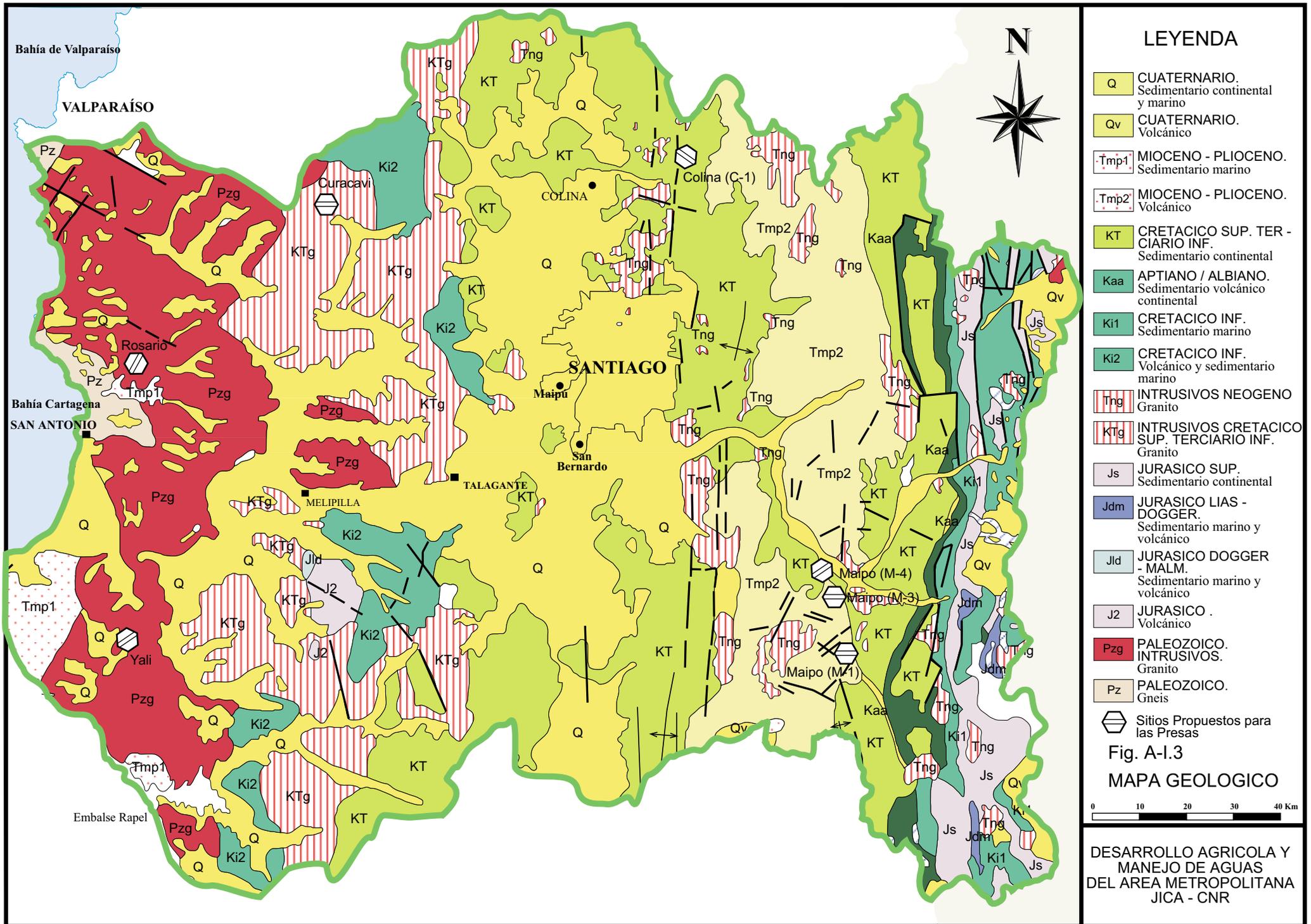


Fig. A-I.1 PERFILES TRANSVERSALES (ESTE - OESTE)  
LATITUD 33 ° 27 ' S





## PARTE II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

### 1 Características Geográficas y Geológicas del Area del Estudio

#### 1.1 Generalidades del Area

El área objetivo del estudio de factibilidad, es decir, las zonas de Popeta-Yali-Alhué y Mallarauco, se encuentra en la zona montañosa de la costa. Las zonas de Popeta y Mallarauco se extienden a lo largo de los esteros tributarios del Río Maipo, mientras que la zona de Yali se ubica aguas arriba del Río Yali, que desemboca directamente en el Océano Pacífico y la zona de Alhué se encuentra por el curso medio y bajo del Río Alhué, proveniente del Río Rapel que también llega al océano. El plano geológico y la estratigrafía de estas zonas se señalan en la Fig.A-II.1 y el cuadro de abajo respectivamente.

#### 1.2 Geografía

Los ríos que atraviesan estas zonas, corren de este a oeste en la zona plana de la costa. Toda la zona de Mallarauco y las planicies del curso medio y bajo de los ríos Popeta y Cholqui están cubiertas con las terrazas formadas por el flujo ígneo. Se observan depósitos coluviales en las faldas de los cerros ubicados aguas arriba del Río Popeta así como en las zonas de Yali y Alhué, mientras tanto existen terrazas y planicies aluviales a lo largo de los ríos. La altura sobre el nivel del mar de estas zonas oscila entre 100 y 250 m en la zona de planicie, y entre 250 y 2.000 m en la zona montañosa.

#### 1.3 Geología

En el cuadro siguiente se muestran la estratigrafía geológica y la distribución de capas del área del estudio, el cual fue citado de la Bibliografía 9, así como el plano geológico de la Fig. A-II-1.

Era	Geología	Símbolo	Distribución
Período Cuaternario Epocas Diluvial o Aluvial	Sedimentos marino y de agua dulce	Q	Planicie de cada zona
Era Mesozoica Parte superior del período Cretáceo o parte inferior del Terciario	Rocas sedimentarias tipo volcánico	KT	Zona montañosa del curso alto del Río Alhué
Era Mesozoica Parte superior del período Cretáceo o parte inferior del período Terciario	Granitos	KTg	Zona montañosa del curso medio de Mallarauco, Popeta, Yali y Alhué
Era Mesozoica Parte inferior del período Cretáceo	Rocas volcánicas y sedimentarias	Ki2	Zona montañosa del curso alto y medio de la cuenca del Río Popeta
Era Mesozoica Período Jurásico	Rocas volcánicas	J2	Zona montañosa entre las cuencas de Cholqui y Popeta
Era Mesozoica Período Jurásico	Rocas sedimentarias marinas y volcánicas	J1d	Zona montañosa entre las cuencas de Cholqui y Popeta
Era Paleozoica	Granitos	Pzg	Zona montañosa del curso bajo de la cuenca de Alhué

A continuación, se indican las relaciones que hay entre las principales instalaciones de riego, proyectadas en el estudio de factibilidad, y las características geológicas:

#### 1) Bocatoma integrada

La ribera izquierda está compuesta de andesitas (Ki2) del período Cretáceo de la era Mesozoica y desde el cauce hasta la ribera derecha existen sedimentos del cauce de la época Aluvial.

## 2) Túnel

Se proyectan 9 túneles con una distancia total de 20,8 km y 5 de los cuales alcanzan más de 1,0 km de largo. En cuanto a las características geológicas, se observa lo siguiente:

- Nº1: Rocas sedimentarias y volcánicas de la parte inferior del período Cretáceo de la era Mesozoica (Ki2),
- Nº3: Rocas sedimentarias y volcánicas del período Jurásico de la era Mesozoica (Jld/J2),
- Nº4 y 7: Granitos del período Jurásico de la era Mesozoica (Ktg)
- Nº9: Rocas sedimentarias y volcánicas de los principios del período Cretáceo de la era Mesozoica (ki2).

## 3) Embalse de regulación

Se proyectan 17 embalses de regulación, con una altura de muro aproximada de 12 m y un largo de muro de 300~1.000 m (señalados en la Fig. 1.2.4 del Estudio de Factibilidad). Los basamentos de estos sitios, se componen principalmente de depósitos coluviales distribuidos en las partes elevadas de los valles (épocas Diluvial y Aluvial del período Cuaternario).

## 2 Relaciones entre las Principales Instalaciones de Riego y las Características Geológicas

### 2.1 Bocatoma Integrada

#### (1) Plan general

Se planea la construcción de la bocatoma integrada para derivar el caudal que corresponde a 25 m<sup>3</sup>/seg del derecho de agua que posee la DGA en el curso medio del Río Maipo. Como plan relacionado, también se proyecta integrar algunos canales instalados en cada ribera del Río Maipo, habilitando una bocatoma con vertedero en ambas riberas.

#### (2) Situación fluvial del sitio de la bocatoma integrada

Las condiciones que se tuvieron en cuenta para seleccionar la ubicación de la nueva bocatoma integrada, son las siguientes: escurrimientos efectivos principales en un estado estable, velocidad de agua sin mucha variación, ruta recta de corriente, cauce equilibrado con un ancho reducido, etc., además debe ser un sitio que asegure la altitud para distribuir el agua a los terrenos beneficiarios de nuevo riego.

Limitando el área desde la confluencia de los Ríos Maipo y Mapocho hacia abajo, se destacan los alrededores de la bocatoma de Carmen Alto, ubicados 5km aguas abajo de la confluencia, donde es posible asegurar 223 m de altitud y realizar la conducción de agua por sistema gravitatorio.

Los escurrimientos efectivos principales de la cercanía de dicho sitio se han transformado considerablemente, comparando el plano de 1/10.000 de la C.N.R basado en las fotos aéreas del alrededor del 1979, y el mapa topográfico (Melipilla) de 1/50.000 de IGM basado en las fotos aéreas de alrededor del 1992. Sin embargo, las corrientes principales de los escurrimientos efectivos siguen con la misma tendencia de ubicarse hacia la orilla izquierda. Los escurrimientos efectivos pequeños están dispersos y al parecer, llevan mucha cantidad de arenas sedimentadas (en corriente), después de haber tenido gran cantidad de evoluciones.

Respecto a la bocatoma integrada, se planifica una compuerta tipo vuelco de 250 m de largo en la ribera izquierda, donde se muestra mayor estabilidad en las condiciones de los escurrimientos efectivos, asimismo una compuerta fija en el nivel alto de la ribera derecha, con la altura de bocatoma de 2 a 3 m.

### (3) Geografía y geología

En el lado izquierdo del eje de la bocatoma, existen los cerros empinados, que continúan hasta la superficie del agua (escurrimientos efectivos), compuestos de andesitas resistentes de la parte inferior del período Cretáceo. Las andesitas que componen los cerros, se profundizan precipitadamente al llegar al cauce de los escurrimientos efectivos, aunque es imposible afirmarlo debido a que está cubierto con gravas. De ahí hacia la ribera derecha, se observan los sedimentos de gravas del cauce del Río Maipo. El ancho de este cauce mide 1.400 m aproximadamente, uniéndose con las terrazas de 3~5 m de altura relativa.

### (4) Estudio geológico

Con el propósito de conocer tanto la geología de los basamentos como el nivel de resistencia del suelo, se realizaron dos sondajes, uno (sondaje 1) con una profundidad de 10 m, a 100 m hacia la ribera derecha desde la orilla izquierda, mientras que el otro (sondaje 2) se realizó con una profundidad de 20 m en la zona media del cauce actual (600 m desde la orilla izquierda).

Los resultados del estudio de basamentos para la fundación de la bocatoma integrada, son los siguientes:

- En el sondaje 1 no se pudo confirmar la existencia de rocas fundamentales a la profundidad de 10 m, por lo tanto es imposible construir la bocatoma tipo fijo en la ribera izquierda.
- Según los resultados del estudio de sondajes, los dos puntos consisten en capas de gravas (GP) que incluyen piedras redondeadas, con la excepción del tramo de 6 a 6,4 m de profundidad del sondaje 2, que consta de arenas (diámetro de partícula: 0,074~4,76 mm, SP-SM).
- Mediante la prueba de penetración estándar, se comprobaron las secciones que presentaron más de 50 en el valor N, ubicadas hasta 6 m de profundidad en el sondaje 1 y hasta 1m en el sondaje 2. En el nivel más profundo se indican más de 30 en ambos estudios, sin embargo, como se consideró que se podría asegurar un valor mayor a 50, se suspendió el estudio.
- En el núcleo de sondaje, el mayor diámetro de grava es de 12 cm aproximadamente, mientras tanto es más frecuente ver las gravas con un diámetro de 10 a 30 cm en el nivel superficial del suelo en la cercanía de los puntos de perforación
- De acuerdo con el análisis de partículas del núcleo extraído en la prueba de penetración estándar, se presentan arenas (diámetro: 0,074~4,76 mm) con una cantidad relativamente limitada de 0~11%, y todos los demás son gravas (diámetro: 4,76~76,3 mm). Por lo tanto, las capas son de características permeables, contando con pocas partículas finas.
- La densidad seca de las gravas es de 1,86~1,94 kg/cm<sup>3</sup> y la de arenas es de 1,80 kg/cm<sup>3</sup>, lo cual implica una condición normal.
- En conclusión, no hay problemas en cuanto a la fuerza de resistencia para la bocatoma integrada, sin embargo es necesario prestar atención para tomar las medidas preventivas de filtración.
- Este estudio geológico es para el diseño preliminar, por lo tanto al elaborar el diseño detallado, será indispensable ejecutar varios estudios básicos

(adición del estudio de sondajes, aumento de profundidad del sondaje, prueba in situ (es decir, prueba de penetración estándar y prueba de permeabilidad)).

- Se señala el diseño general en el Anexo K.

## 2.2 Túnel

### (1) Plan de túnel

El agua de regadío, derivada de la bocatoma integrada, se conduce hasta la zona de Alhué por el canal principal que mide 75 km aproximadamente, abasteciendo el agua a las zonas de nuevo riego ubicadas a lo largo del mismo. Este canal principal se dirige desde la bocatoma hasta la zona de Alhué, penetrando la zona montañosa por túneles, a la vez rodeando las faldas de los cerros en canal abierto.

### (2) Geología de los túneles

Se proyectan 9 túneles, cuya distancia total alcanza 20,2 km. Entre ellos hay 5 túneles que tienen más de 2 km de largo (18 km en total).

En la Fig. A-II.1 se indica la ubicación de estos túneles y en el siguiente cuadro se muestran la dimensión y geología de túneles

Nº	Longitud (m)	Era geológica	Capas	Código	Observación
1	5.449	Principios del período Cretáceo	Rocas sedimentarias marinas y volcánicas	Ki2	
2	300	Principios del período Cretáceo	Rocas sedimentarias marinas y volcánicas	Ki2	Comparación con el canal abierto
3	3.350	Período Jurásico	Rocas sedimentarias marinas y volcánicas	J1d/J2	
4	3.210	Período Jurásico	Granitos	KTg	
5	730	Período Jurásico	Granitos	KTg	
6	2.500	Período Cretáceo Período Terciario	Granitos	KTg	
7	250	Período Cretáceo Período Terciario	Granitos	KTg	
8	490	Período Cretáceo Período Terciario	Granitos	KTg	
9	3.930	Principios del período Cretáceo	Rocas sedimentarias marinas y volcánicas	Ki2	
	20.209				

Las eras geológicas y capas, indicadas en el cuadro anterior y en la Fig. A-I.1, están basadas en el plano geológico de 1/1.000.000 (Bibliografía 9).

Los túneles 1, 2, 3 y 8 se componen de rocas volcánicas como rocas sedimentarias y andesitas, acumuladas en el mar desde los principios del período Cretáceo hasta el período Jurásico. Las capas, en general, presentan una inclinación aproximada de 15 grados hacia el este. El afloramiento de las andesitas se identifica al lado izquierdo del sitio de la nueva bocatoma integrada, las cuales son muy resistentes con vetas desarrolladas de 3 a 15 cm. Aunque no se pudo identificar el afloramiento de las rocas sedimentarias, se considera que tienen características bastante resistentes, suponiendo su origen de las capas de los cerros.

Los túneles 4~7 constan de granitos penetrados desde los finales del período Cretáceo hasta los principios del período Terciario. Existen algunas zonas donde las capas son relativamente mas nuevas y delgadas debido a la descomposición producida por el viento.

Todos los sitios de los túneles se definieron evitando las fallas indicadas en el plano geológico de 1/1.000.000.

Hasta este momento no se presentó ninguna condición que pudiera causar problemas para llevar a cabo la planificación de los túneles. Más adelante, en la etapa de diseño detallado, se aclarará más específicamente mediante la elaboración del plano geológico, estudios geofísicos, sondajes, etc.

### **2.3 Plan de Embalse de Regulación**

#### **(1) Ubicación de los sitios candidatos para embalses de regulación**

Todos los sitios candidatos para embalses de regulación, están ubicados aguas abajo del canal de conducción, ubicándose en el valle o el curso alto de los esteros, a la vez se definen en una hondonada larga para ser el volumen de almacenamiento planeado.

#### **(2) Condiciones geológicas**

Los embalses de regulación de N° 1, 4 y 9 se encuentran encima de los sedimentos coluviales de la época Diluvial (en parte, se incluye la época Aluvial: igual de aquí en adelante) que cubre las rocas fundamentales. Sin embargo, probablemente existe la distribución del depósito de flujo ígneo tipo pómez de la época Diluvial (similar al llamado shirasu), hacia aguas abajo de cada sitio. Si realmente éste existe, puede haber falta de resistencia o riesgo de socavación, así que se requiere eliminarlo.

Los sitios planeados para los embalses de regulación N° 5 y 7 se encuentran en un cauce amplio, donde se distribuyen capas de sedimentos coluviales y gravas del cauce de las épocas Diluvial y Aluvial. Los demás sitios están ubicados en las partes más elevadas de los valles, los cuales principalmente se componen de sedimentos coluviales de las épocas de Diluvial y Aluvial.

Respecto a estas capas de sedimentos coluviales y gravas, no hay problemas de falta de resistencia, en cambio habrá que abordar las medidas para minimizar el volumen de agua filtrada por la capa de gravas así como para prevenir el riesgo de socavación. Mientras más alto sea el dique, se presenta más riesgo en éstos. Sin embargo, para el muro del embalse de regulación se planea una altura baja, de 12 m aproximadamente, por lo tanto es viable realizar la construcción dependiendo del tipo de muro y el método de tratamiento de cimientos.

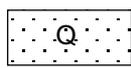
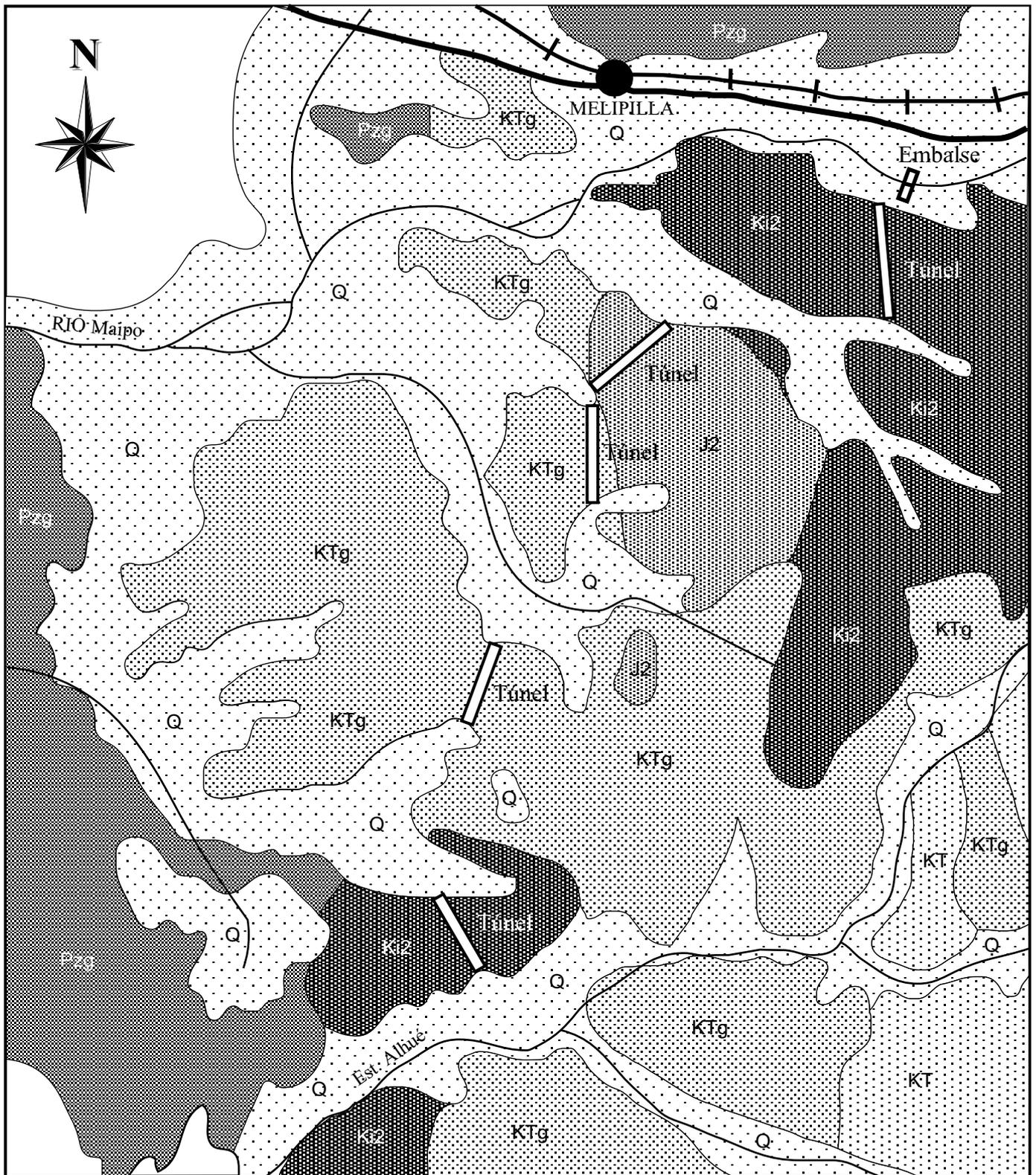
Para realizar el diseño del embalse de regulación más adelante, es necesario realizar varios estudios geológicos para definir las condiciones de los cimientos y los materiales del cuerpo del embalse de regulación.

### **Bibliografía**

1. CNR (1984): Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho.
2. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (1998): Estudio para el Desarrollo Agrícola y Manejo de Aguas del Area Metropolitana, Anexos E.
3. DGA (1998): Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, Catastro de Capacaciones Cuenca de los Ríos Maipo-Mapocho.
4. CNR (1984): Proyecto Maipo Estudio Hidrológico e Hidrogeológico y Album

de Planos, Areas de Igual Gasto Específico.

5. DGA (1998): Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, Derechos de Agua Subterránea Constituidos en la Cuenca de los Ríos Maipo y Mapocho.
6. DGA (1998) Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, Anexo 8.1, Producción Mensual Promedio Anual de Pozos.
7. DGA (1998) Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, Anexo, Liminigramas Sector 7.
8. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (1999): Informe Final del Catastro de Pozos de los Sectores de Popeta, Yali, Alhué.
9. SERNAGEOMIN (1982): Mapa Geológico del Chile, 1/1.000.000
10. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (1993): Mapa Geológico - Geomorfológico de la Zona Central de Chile, 1/250.000
11. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (1998): Estudio para el Desarrollo Agrícola y Manejo de Aguas del Area Metropolitana, Anexos E.
12. SERNAGEOMIN (1996): Mapa Geológico del Area de Santiago - Melipilla, 1/100.000



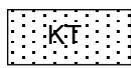
**Q** CUATERNARIO.  
Sedimentario continental  
y marino



**KTg** INTRUSIVOS CRETACICO  
SUP. TERCARIO INF.  
Granito



**Pzg** PALEOZOICO.  
INTRUSIVOS.  
Granito



**KT** CRETACICO SUP.  
TERCIARIO INF.  
Sedimentario continental



**Jd** JURASICO DOGGERMALM.  
Sedimentario marino y volcánico



**K2** CRETACICO INF.  
Volcánico y Sedimentario  
marino



**J2** JURASICO.  
Volcánico

***ANEXO B***

***SUELOS Y***

***USO ACTUAL DE LOS SUELOS***

**ANEXO B**  
**SUELOS Y USO ACTUAL DE SUELOS**

**CONTENIDO**

**PARTE I      PLAN MAESTRO**

	Página
1    Uso Actual de Suelos .....	B-I- 1
1.1    Objetivos.....	B-I- 1
1.2    Metodología.....	B-I- 1
1.3    Material Cartográfico Utilizado .....	B-I- 1
1.4    Uso Actual de Suelos .....	B-I- 4
2    Suelos .....	B-I- 5
3    Clasificación de los Suelos .....	B-I- 6

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro B-I.1    Uso Actual de Suelos en cada Comuna.....	B-I- 7
--	--------

**LISTA DE FIGURAS**

Fig. B-I.1      Uso Actual de Suelos .....	B-I- 8
Fig. B-I.2      Suelos.....	B-I- 9
Fig. B-I.3      Potencial de Suelos .....	B-I- 10

**PARTE II      ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

1    Zona de Popeta .....	B-II- 1
2    Area de Mallarauco .....	B-II- 2

**LISTA DE FIGURAS**

Fig. B-II.1      Uso Actual de Suelos, Zona Popeta y Area Mallarauco.....	B-II- 4
---	---------

## **ANEXO B SUELOS Y USO ACTUAL DE SUELOS**

### **PARTE I PLAN MAESTRO**

#### **1 Uso Actual de Suelos**

El trabajo que se realizó, consistente en definir el uso actual de la zona geográfica elegida, se hizo mediante la técnica de fotointerpretación. El área comprende la Hoya del Maipo y las Cuencas Costeras comprendidas entre el Estero Casablanca por el Norte y el Estero Yali por el Sur. Administrativamente comprende el territorio de la Región Metropolitana, la Provincia de San Antonio de la región de Valparaíso, y la subcuenca del Río Angostura que desarrolla parte de su hoya en la comuna de Mostazal provincia de Cachapoal, VI Región del Libertador.

##### **1.1 Objetivos**

El estudio de Uso Actual, fue desarrollado considerando los siguientes objetivos:

- Identificar los usos del suelo agrícola de acuerdo a las categorías definidas en "Leyenda de Uso.
- Establecer el perímetro actual de los centros urbanos existentes en el área del Proyecto Maipo.
- Para el Gran Santiago, establecer el límite urbano al año 1997 y contrastarlo gráficamente con aquel del año 1981
- Identificar las áreas de los loteos agrícolas con fines de segunda residencia o parcelas de agrado y establecer su delimitación perimetral.
- Establecer la superficies del uso actual a nivel comunal.

##### **1.2 Metodología**

El estudio de uso actual del suelo encargado para el área del Proyecto Maipo, se obtuvo de manera principal a partir de la interpretación de los fotogramas aéreos del vuelo Geotec 1996-97 escala 1:70.000, complementada con la incorporación de antecedentes de aquellos predios agrícolas insertos en el área del proyecto que tienen autorización de subdivisión otorgada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Como elementos de apoyo a la metodología desarrollada para obtener el Uso actual se emplearon antecedentes de los estudios de Catastro de Usuarios de Aguas y Catastro de Embalses, confeccionados por la Dirección General de Aguas, para localizar los loteos agrícolas, identificar áreas rururbanas y en general para delimitar el área de riego actual. En esta perspectiva, se utilizó información gráfica del Catastro Frutícola ejecutado por CIREN. Se generaron plots escala 1:50.000 con polígonos de huertos frutales para toda el área de estudio. Todos los antecedentes mencionados contribuyeron a servir de apoyo y de control de la actividad de fotointerpretación.

##### **1.3 Material Cartográfico Utilizado**

- (1) Cartografía IGM y que el área del proyecto.

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por el cliente, el área del proyecto está cubierto por 30 cartas IGM.

Revisados los Índices de Cartas IGM, se preparó el siguiente listado de

cartas escala 1:50.000 que cubren el área del Proyecto que contiene información del Uso Actual obtenido por la técnica de fotointerpretación.

Cartas IGM escala 1:50.000

ORDEN	SECCION	NÚMERO	NOMBRE
1	E	47	VALPARAISO
2	E	48	QUILPUÉ
3	E	49	QDA. ALVARADO
4	E	50	TILTIL
5	E	51	COLINA
6	E	54	ALGARROBO
7	E	55	CASABLANCA
8	E	56	CURACAVÍ
9	E	57	PUDAHUEL
10	E	58	SANTIAGO
11	E	59	FARELLONES
12	E	62	SAN ANTONIO
13	E	63	PUANGUE
14	E	64	MELIPILLA
15	E	65	TALAGANTE
16	E	66	SAN BERNARDO
17	E	67	SAN JOSÉ DE MAIPO
18	E	70	NAVIDAD
19	E	71	RAPEL
20	E	72	LONGOVILO
21	E	73	CHOLQUI
22	E	74	LAGUNA DE ACULEO
23	E	75	SAN FRANCISCO DE MOSTAZAL
24	E	76	EL INGENIO
25	E	77	EL VOLCAN
26	f	2	CENTRAL RAPEL
27	F	3	EL MANZANO
28	F	4	VILLA ALHUÉ
29	F	5	DOÑIHUE
30	F	6	RANCAGUA

(2) Fotografías Aéreas del Proyecto Geotec 1996-1997

Para cumplir con los objetivos solicitados, se adquirieron en el Servicio Aerofotogramétrico 184 fotografías aéreas en formato papel, cuyo detalle se aprecia a continuación

Santiago Sector 8 Escala 1:70.000

Línea	Rango	Total
1	Desde 2229 hasta 2241	13
2	Desde 2203 hasta 2217	15
3	Desde 2184 hasta 2199	16
4	Desde 2132 hasta 2146	15
5	Desde 2114 hasta 2129	16
6	Desde 1101 hasta 1116	16
7	Desde 3812 hasta 3831	20
8	Desde 4017 hasta 4032	16
9	Desde 3741 hasta 3757	20
10	Desde 3777 hasta 3794	18
<b>Total</b>		<b>165</b>

Santiago Sector 9 Escala 1:70.000

Línea	Rango	Total
11	2724	1
15	Desde 4136 hasta 4138	3
<b>Total</b>		<b>4</b>

Santiago Sector 30 Escala 1:50.000

Línea	Rango	Total
1	Desde 4690 hasta 4692	3
2	Desde 5475 hasta 5477	3
3	Desde 3539 hasta 3540	2
4	Desde 2542 hasta 2545	4
5	Desde 2555 hasta 2558	4
<b>Total</b>		<b>16</b>

El Palomo Sector 31 Escala 1:70.000

Línea	Rango	Total
2	Desde 4791 hasta 4792	2
<b>Total</b>		<b>2</b>
<b>Total General</b>		<b>186</b>

(3) Fotointerpretación de los fotogramas aéreos

Las líneas de vuelo se representaron en una cartografía escala 1:250.000 donde aparece graficada el área del proyecto y sus límites. Esta acción permitió llevar el control de avance y la coordinación necesaria para establecer las áreas activas de cada fotograma. Luego se procedió consignar los números de las fotos de la líneas vecinas que. Esta ultima acción es necesaria para conformar el mosaico fotográfico que contiene los usos del suelo fotointerpretados en cada área activa que deben ser transferidos a la cartografía georreferenciada escala 1:50.000. Se asignó las líneas y sus correspondientes fotogramas a los fotointerpretadores, los que utilizando estereoscopios de espejos determinaron el uso de acuerdo a la leyenda que contiene las siguientes clases y categorías de suelos urbanos y agrícolas

**I Clase Urbana**

U-81	Áreas Urbanas Gran Santiago año 1981
U-97	Áreas Urbanas Gran Santiago año 1997
UL	Áreas Urbanas con origen en loteos agrícolas destinadas a parcelas de agrado
U	Áreas urbanas insertas en el área de Proyecto

**II Clase Agrícola**

1.	Terrenos Hortícolas
2.	Huertos Frutales
3.	Terrenos con Cultivos Extensivos
4.	Todas las Praderas Naturales o Artificiales
5.	Terrenos de Bosques
6.	Terrenos Húmedos
7.	Terrenos sin Uso

(4) Traspaso de los usos identificados en los fotogramas a cartas IGM escala 1:50.000.

El traspaso consistió en transferir los polígonos con su respectivo código de Uso de acuerdo a la leyenda, resultantes de la fotointerpretación de los fotogramas aéreos a escala 1:70.000 a la carta IGM escala 1:50.000.

La técnica empleada fue el traspaso visual directo apoyado en compás de reducción. Este método permite comparar rasgos comunes presentes en la foto y la carta IGM que son los apoyos o referencias cartográficas (camino, linderos drenaje natural, canales de riego, accidentes geográficos, etc.) que permiten transferir la información con un criterio cartográfico adecuando las diferentes formas y tamaños que adquieren los elementos geográficos en la fotografía por el hecho de tener una escala distinta desde el centro hacia los bordes..

(5) Preparación de Overlays para escaneo.

Se dibujó sobre la cartografía escala 1:50.000 en papel poliéster los polígonos o amebas con sus respectivos códigos que identifican cada categoría de uso actual del suelo representada. Los overlay se prepararon para escaneo con cuatro crucetas que indican las coordenadas norte y este. Se anotó al margen el código y nombre de la carta

### 1.4 Uso Actual de Suelos

A continuación, se muestra el desglose de la utilización de tierra para el objetivo agropecuario dentro del área objeto del estudio:

Subcuenca	CENSO 92		Agricultura (ha)			Praderas (ha)	Bosques (ha)	Urbano (ha)	Otros (ha)	Total (ha)
	(Agro. Total)	Terrenos Hortícolas	Huertos Frutales	Cultivos Extensivos	Total					
1. Río Maipo Alto	3.489	1.226	1.159	1.936	4.321	553	33	4.310	497.353	506.570
2. Río Clarillo	7.105	3.030	4.658	814	8.502	651	123	471	34.373	44.120
3. Río Mapocho Alto	9.795	8.422	2.073	3.189	13.684	5.150	450	51.746	131.630	202.660
4. Estero Lampa	19.482	10.521	5.534	5.432	21.487	13.321	401	25.164	146.247	206.620
5. Río Mapocho Bajo	28.111	11.753	15.657	4.586	31.996	2.076	30	11.583	16.275	61.960
6. Río Angostura	56.325	12.092	29.132	19.224	60.448	6.562	13.130	6.464	113.066	199.670
7. Estero Alhué	15.404	2.389	2.500	5.385	10.274	3.752	725	288	143.735	158.774
8. Cuenca Melipilla	30.492	9.070	10.706	17.547	37.323	8.635	522	2.133	85.277	133.890
9. Río Puangue	13.235	8.738	2.394	6.711	17.843	5.549	290	1.649	83.139	108.470
10. Estero Yali	17.884	311	7	30.313	30.631	20.687	25.977	1.373	53.792	132.460
11. Cuenca San Antonio	16.177	214	26	23.787	24.027	5.303	15.931	3.493	26.166	74.920
12. Estero Casablanca	17.084	605	2.362	29.165	32.132	16.882	37.802	4.623	30.241	121.680
<b>Total</b>	<b>234.583</b>	<b>68.370</b>	<b>76.206</b>	<b>148.089</b>	<b>292.668</b>	<b>89.121</b>	<b>95.414</b>	<b>113.295</b>	<b>1.361.294</b>	<b>1.951.794</b>

Fuente: CENSO 92, SAF-CIREN

En cuanto a la evolución de la utilización del suelo se menciona que alrededor del área metropolitana y la zona urbana regional, los terrenos de cultivo se han transformado rápidamente en terrenos para viviendas y de uso comercial e industrial. Por otra parte, la agricultura a gran escala ha extendido sus tierras hasta en los terrenos de pastos y los bosques de la zona de cerros, donde se está llevando a cabo una gran explotación de huertos. Además, el Area Metropolitana se ha ampliado usurpando los terrenos agrícolas periféricos. En el siguiente cuadro, elaborado sobre la base de los materiales de SEREMI-MINVU, se puede observar la evolución de dicha ampliación.

Año	Población (miles)	Superficie (ha)	Densidad (Hab/ha)
1940	952,1	11.340	84,0
1952	1.354,4	15.570	86,9
1960	1.907,4	22.880	83,4
1970	2.779,5	29.480	94,3
1982	3.937,3	38.364	102,6
1992	4.676,9	46.179	101,3

## 2 Suelos

Los suelos de área consisten en suelos aluviales profundos y coluviales de origen de material aluvional glaciario, y algunos depósitos lacustres. Ellos se clasifican como suelos recientes o azonal y muestran poco desarrollo de perfil.

Los suelos del área son neutrales a ligeramente alcalinos con reacción a una tendencia a volverse más alcalinos con la profundidad. Los suelos derivados de granito pueden ser ligeramente ácidos. La capacidad de intercambio es generalmente satisfactoria y es excepcionalmente buena en el caso de los suelos del tipo grumusol que se encuentran en la precordillera de los Andes y en la parte norte de la área del proyecto. Como los valores pH indican, que estos suelos están bien suministrados con bases, especialmente de calcio y magnesio, aunque puede haber formaciones de soda bajo condiciones localizadas de desague insuficiente sin crear, sin embargo, problemas serios o de gran alcance. En general los suelos son invariablemente bajos en nitrógeno y comúnmente deficientes en fósforo, pero el contenido de potasio es normalmente bueno.

Las condiciones económicas que predominan en el área son claramente favorables para una amplia selección de cosechas excepto en lo que respecta a las lluvias, una desventaja sería que se puede superar por medio de un riego adecuado. La combinación de un clima estable pronosticado, con bastante sol y calor, con un suelo intrínsecamente fértil, unido con el riego es equivalente a la cultivación de cosechas bajo un ambiente controlado. Tales ventajas son raramente paralelas en otros países.

A continuación se presentan los símbolos de referencia de suelos;

Símbolos	Caracteres	Físico - Química
1	Suelo Aluviales: limos y arcillas negros a pardo oscuro	AD, LN, ME, LY, LT, LH, RS, SK, YL BR, CV, UN, SV
2	Sedimentos aluviales: limos pardo pálido y arcillas areniscas finas	R, AC, CR, CG, CW, RE, H LR, HN, PZ, MO, NI, PP, SF, SA, TL, TO, GD, ON, EJ LC RN, EI, HA, PB, PV, TA, GR, LO, UL
3	Sedimentos aluviales: arcillas y limos pesados desde pardo pálido a pardo grisáceo	AA, AU, BC, CM, TU, HP, VR, MA, PJ, PI
4	Sedimentos aluviales: limos de origen granítico color pardo pálido a gris	KD, RR, LCH, LG, MX, TY
5	Terrazas de río permanentes	LC, RN
6	Suelos coluviales: arcillas de fina textura pardo a gris	AB, LX, MJ, RG, SX, ED, PD
7	Suelos coluviales: arcillas color gris oscuro derivadas de depósitos de arcilla	KB, HC, TO, KH
8	Suelos lacustre: suelos detriticos areniscos color pardo rojizo, arenas sobre arcilla	CN, SL, EP, EC, LP, AC, FT, MS, PC, TB, P
9	Suelos lacustre: sedimentos arcillos pardos	KA, UR
10	Suelos pumiciticas: suelos sueltos de textura fina color amarillo-pardusco pálido a rojo	PH, PH
11	Sedimentos graníticos: suelos areniscos abiertos, rojizos	BO, RD, PY, UL, QM, SE, CUZ, VJ
12	Arenas cuarzosas: arcillas areniscas y arenas suelos color pardo pálido	CQ, KV, SO, LD, MB, GU, MS, RT, DU
13	Suelos altamente alcalinos y salinos con drenaje restringido	CI, EV

### 3 Clasificación de los Suelos

La clasificación de capacidad de uso de suelos adoptada por CIREN comprende a ocho (8) clases que están identificadas por los números romanos de I a VIII. Los suelos que están regados por canales pero solamente con riegos ocasionales, debido a las limitaciones existentes, pero sin embargo, son capaces de ser corregidos por suelos apropiados y prácticas de conservación. Se les dá dos clasificaciones indicando sus valores con riego y también sin este.

La Definiciones breves de las clases principales se muestran en el siguiente cuadro:

Clase	Definiciones
I	Suelo cultivable con muy pocas limitaciones de uso, suelos profundos, bien drenados, fácilmente arables, y con buena capacidad de retención de humedad. Suelo plano ó con pendientes moderadas, no sujetos a inundaciones y con muy pequeño riesgo de erosión por el viento ó el agua. Bueno para cultivos de todos los tipos.
II	Suelo cultivable con algunas limitaciones de uso. Suelos similares a los de la Clase I, pero superficie de más pendiente o con moderados riesgos de inundación, ó erosión por el viento ó el agua.
III	Suelo cultivable con moderados, limitaciones de uso, corregible por medio de buenos métodos de labranza. Las limitaciones más comunes son profundidades menores de suelo, o pendientes moderadamente fuertes, con riesgos aumentados de erosión o inundación, o drenaje pobre.
IV	Suelos cultivables con limitaciones más severas y difíciles de corregir. Las limitaciones usuales son pendientes más fuertes o susceptibilidad a erosión o suelos poco profundos, o drenaje defectuoso. Los suelos pueden ser mejorados por siembra en contorno y drenaje, pero su uso principal es para pastoreo permanente y huertos.
V	Suelo generalmente más adecuado para pastos o forestales. Suelos sujetos a inundaciones frecuentes o llenas de piedras, o con limitaciones climáticas.
VI	Suelo adecuado principalmente para pastos o forestales, con limitaciones motivadas por pendientes fuertes, o riego de severa erosión, o erosión severa en el pasado, o suelos pedregosos o poco profundos. Pueden ser mejorados por métodos de control de erosión.
VII	Suelo generalmente limitado a forestales, menos frecuentemente conveniente para pastos. Limitaciones similares a la Clase VI, pero más severas.
VIII	Suelo no agrícola. Suelo adecuado solamente para protección de hoyas hidrográficas, recreo, de belleza escénica, etc.

Las clases de suelos en el área se muestran en el siguiente cuadro:

Subcuenca	Unidad: ha				
	I	II	III	IV	Total
1. Río Maipo Alto	520	774	2.824	204	4.322
2. Río Clarillo	622	4.965	1.483	1.431	8.501
3. Río Mapocho Alto	4.121	3.803	4.840	919	13.683
4. Estero Lampa	3.632	7.597	7.649	2.608	21.486
5. Río Mapocho Bajo	722	21.554	8.437	1.283	31.996
6. Río Angostura	10.704	22.357	23.389	3.998	60.448
7. Esero Alhué	0	5.505	4.346	424	10.274
8. Cuenca Melipilla	413	16.820	13.672	6.418	37.323
9. Río Puangue	1.060	7.454	7.831	1.496	17.842
10. Estero Yali	0	11.535	19.097	0	30.632
11. Cuenca San Antonio	0	13.035	8.485	2.507	24.027
12. Estero Casablanca	0	27.171	4.961	0	32.132
Total	21.795	142.569	107.014	21.288	292.666

Cuadro B-I.1 Uso Actual de los Suelos en cada Comuna

	Comuna	Hortícolas	Frutales	Cultivos	Agro Total	Naturales	Bosques	Húmedos	Sin Uso	Otro Total	Urbano				Urbano Total	Total	
		1	2	3		4	5	6	7		U	U-81	U-97	UL			
1	1	Paquete Alto	862,52	881,43	1.147,49	2.891,44	293,83	32,98		1.788,50	1.821,48	30,96	1.348,97	2.432,42		3.812,35	8.819,10
1	2	San José de Maipo	367,21	281,73	794,03	1.442,97	260,71			150.297,26	150.297,26	354,69			159,74	514,43	152.515,37
		(sub-total)	1.229,73	1.163,16	1.941,52	4.334,41	554,54	32,98	0,00	152.085,76	152.118,74	385,65	1.348,97	2.432,42	159,74	4.326,78	161.334,47
2	1	Pirque	3.058,38	4.701,34	821,31	8.581,03	657,04	124,16		34.696,91	34.821,07	204,46			270,54	475,00	44.534,14
3	1	Santiago				0,00					0,00		2.244,53			2.244,53	2.244,53
3	2	Independencia				0,00					0,00		738,67			738,67	738,67
3	3	Conchalí				0,00					0,00		1.037,96	35,42		1.073,38	1.073,38
3	4	Huechuraba	210,00	72,93	132,78	415,71	501,71	61,73		2.541,99	2.603,72	132,62	367,08	457,19		956,89	4.478,03
3	5	Recoleta				0,00	2,41	143,25		84,58	227,83		1.383,03	8,18		1.391,21	1.621,45
3	6	Providencia				0,00		136,72			136,72		1.300,68			1.300,68	1.437,40
3	7	Vitacura				0,00		84,06			525,03		1.739,07	481,96		2.221,03	2.830,12
3	8	Lo Bamechea				0,00				57.510,47	57.510,47	48,54	829,04	2.877,39		3.754,97	61.265,44
3	9	Las Condes				0,00				5.605,85	5.605,85		3.255,07	1.074,62		4.329,69	9.935,54
3	10	Nuñoa				0,00					0,00		1.687,61			1.687,61	1.687,61
3	11	La Reina				0,00				503,98	503,98		1.626,59	214,42		1.841,01	2.344,99
3	12	Macul		0,13		0,13					0,00		1.289,82	0,23		1.290,05	1.290,18
3	13	Peñalolén		419,68	19,47	439,15				2.177,14	2.177,14		943,12	1.857,55		2.800,67	5.416,96
3	14	La Florida	28,85	91,76	267,86	388,47	43,67			3.022,16	3.022,16		2.572,24	1.055,89		3.628,13	7.082,43
3	15	San Joaquín				0,00					0,00		974,89			974,89	974,89
3	16	La Granja				0,00					0,00		873,91	138,70		1.012,61	1.012,61
3	17	La Pintana	1.138,06	82,89	496,27	1.717,22		0,80			0,80	7,38	831,68	501,13		1.340,19	3.058,21
3	18	San Ramón				0,00					0,00		619,52	31,49		651,01	651,01
3	19	San Miguel				0,00					0,00		953,46			953,46	953,46
3	20	La Cisterna				0,00					0,00		1.004,55			1.004,55	1.004,55
3	21	El Bosque				0,00					0,00		1.304,74	103,89		1.408,63	1.408,63
3	22	Pedro Aguirre Cerda				0,00					0,00						
3	23	Lo Espejo				0,00	0,12				0,00		693,13	25,33		718,46	718,58
3	24	Estación Central				0,00					0,00		1.312,73	102,26		1.414,99	1.414,99
3	25	Cerrillos	353,92		10,94	364,86	169,99				0,00		1.278,61	285,37		1.563,98	2.098,83
3	26	Maipú	3.639,13	347,11	929,44	4.915,68	855,32			4.451,33	4.451,33	149,87	1.396,12	1.533,12		3.079,11	13.301,44
3	27	Quinta Normal				0,00					0,00		1.238,33			1.238,33	1.238,33
3	28	Lo Prado				0,00					0,00		667,05	5,52		672,57	672,57
3	29	Pudahuel	2.462,84	639,10	453,94	3.555,88	2.290,64		326,14	11.462,19	11.788,33	892,21	574,74	641,90		2.108,85	19.743,70
3	30	Cerro Navia		158,87		158,87				60,05	60,05		818,38	75,97		894,35	1.113,27
3	31	Renca	290,64	169,34	97,24	557,22	220,22	23,91		347,02	370,93	2,12	985,08	278,85		1.266,05	2.414,42
3	32	Quilicura	378,92	103,48	810,83	1.293,23	1.128,54	12,92	709,74	796,20	1.518,86	860,81	14,12	934,42		1.809,35	5.749,98
		(sub-total)	8.502,36	2.085,29	3.218,77	13.806,42	5.212,62	463,39	1.035,88	89.087,99	90.587,26	2.093,55	36.555,55	12.720,80	0,00	51.369,90	160.976,20
4	1	Colina	3.016,05	1.777,37	2.244,87	7.038,29	3.915,02	396,80		45.739,43	46.136,23	12.936,62		68,43	4.047,39	17.052,44	74.141,98
4	2	Lampa	6.765,15	1.164,08	804,19	8.733,42	5.520,62		4.444,96	22.225,95	26.670,91	830,80		761,41	2.671,36	4.263,57	45.188,52
4	3	Tiltil	776,77	2.598,53	2.387,20	5.762,50	3.916,07	4,47		34.849,06	34.853,53	403,21		101,38	3.367,16	3.871,75	48.403,85
		(sub-total)	10.557,97	5.539,98	5.436,26	21.534,21	13.351,71	401,27	4.444,96	102.814,44	107.660,67	14.170,63	0,00	931,22	10.085,91	25.187,76	167.734,35
5	1	San Bernardo	1.351,60	4.326,12	1.247,62	6.925,34	1.039,38	24,41		3.666,05	3.690,46	351,67	1.504,49	1.993,19	6,30	3.855,65	15.510,83
5	2	Calera de Tango	910,38	3.386,18	505,31	4.801,87	47,19			874,53	874,53	143,01			1.466,83	1.609,84	7.333,43
5	3	Talagante	3.148,23	2.834,28	1.087,33	7.069,84	381,88	5,83		2.967,05	2.972,88	605,36			1.519,18	2.124,54	12.549,14
5	4	Peñaflor	1.608,55	3.763,04	1.752,19	7.123,78	532,80			4.243,96	4.243,96	1.368,69			1.732,38	3.101,07	15.001,61
5	5	El Monte	4.782,85	1.382,38	1,11	6.166,34	78,90			4.566,88	4.566,88	259,78			740,02	999,80	11.811,92
		6 Padre Hurtado															
		(sub-total)	11.801,61	15.692,00	4.593,56	32.087,17	2.080,15	30,24	0,00	16.318,47	16.348,71	2.728,51	1.504,49	1.993,19	5.464,71	11.690,90	62.206,93
6	1	Graneros	311,51	1.461,19	4.607,07	6.379,77	43,87	861,87		3.545,88	4.407,75	386,62				386,62	11.218,01
6	2	Mostazal	525,66	2.996,24	3.210,84	6.732,74	1.163,03	6.287,00		36.848,95	43.135,95	491,38				491,38	51.523,10
6	3	Codegua	481,58	2.220,35	3.923,44	6.625,37	617,14	646,38		12.567,83	13.214,21	142,40				142,40	20.599,12
6	4	Buín	3.262,68	8.464,12	2.407,41	14.134,21	1.040,34	33,35		3.866,63	3.899,98	837,37			412,81	1.083,85	21.408,56
6	5	Paine	5.671,06	10.530,72	3.296,90	19.498,68	2.528,70	5.204,14		38.832,40	44.036,54	942,81			18,10	768,46	67.793,29
6	6	Isla de Maipo	1.881,75	3.557,60	1.804,27	7.243,62	1.183,87	114,97		8.920,97	9.035,94	482,31			919,58	1.401,89	18.865,32
		(sub-total)	12.134,24	29.230,22	19.249,93	60.614,39	6.576,95	13.147,71	0,00	104.582,66	117.730,37	3.282,89	0,00	430,91	2.771,89	6.485,69	191.407,40
7	1	Las Cabras	1.957,93	1.535,58	3.529,71	7.023,22	1.729,57	213,31		28.818,85	29.032,16	104,17				104,17	37.889,12
7	2	Alhué	432,50	964,52	1.863,79	3.260,81	2.031,36	513,87		78.440,30	78.954,17	184,55				184,55	84.430,89
		(sub-total)	2.390,43	2.500,10	5.393,50	10.284,03	3.760,93	727,18	0,00	107.259,15	107.986,33	288,72	0,00	0,00	0,00	288,72	122.320,01
8	1	Melipilla	9.109,47	10.752,58	17.624,16	37.486,21	8.672,62	523,99		85.652,27	86.176,26	366,29	488,15	136,03	1.151,60	2.142,07	134.477,16
9	1	María Pinto	4.271,29	915,44	5.048,59	10.235,32	3.569,57	86,55		24.846,36	24.932,91	118,38			636,97	755,35	39.493,15
9	2	Curacaví	4.494,76	1.485,76	1.685,57	7.666,09	1.998,44	204,79	125,46	58.424,76	58.755,01	23,05		298,82	577,50	899,37	69.318,91
		(sub-total)	17.875,52	13.153,78	24.358,32	55.387,62	14.240,63	815,33	125,46	168.923,39	169.864,18	507,72	488,15	434,85	2.366,07	3.796,79	243.289,22
10	1	Santo Domingo	240,53	3,70	13.703,29	13.947,52	3.228,67	13.700,94		16.972,62	30.673,56	1.344,29				1.344,29	49.194,04
10	2	San Pedro	70,86	3,46	16.586,91	16.661,23	17.434,06	12.259,11		32.357,85	44.616,96	28,38				28,38	78.740,63
		(sub-total)	311,39	7,16	30.290,20	30.608,75	20.662,73	25.960,05	0,00	49.330,47	75.290,52	1.372,67	0,00	0,00	0,00	1.372,67	127.934,67

