

SEDIMENTOS CUATERNARIOS Y AGUAS SUBTERRANEAS EN LA CUENCA DE SANTIAGO

JUAN KARZULOVIC K.*

RESUMEN

Este trabajo, realizado en el Instituto de Geología de la Universidad de Chile, analiza las características del relleno sedimentario y de la existencia del agua subterránea en el Valle de Santiago, comprendido, aproximadamente, entre los paralelos 33° 11' - 33° 38' y los meridianos 70° 31' - 70° 55'.

En la Cuenca se presentan, normalmente, bien diferenciadas las estaciones del Verano (meses de noviembre a abril) y del Invierno (meses de mayo a octubre). La temperatura media anual es de unos 14° C y la humedad relativa medio del 81 y 60%, para el invierno y verano, respectivamente. Las precipitaciones se producen tanto en forma de lluvias como de nieve; pero esta última alcanza, por lo general, hasta las cotas topográficas de los 1.000—1.100 metros, que corresponden a los primeros contrafuertes cordilleranos.

Todas las aguas superficiales concurren finalmente al río Maipo y éste tiene, hasta la zona de Talagante, una hoya hidrográfica de unos 10.000 kilómetros cuadrados sobre la cual caen, en primera estimación, del orden de 450 milímetros como lluvia promedio anual.

Las rocas que se reconocen en los cordones cordilleranos y que se estiman aparecerían en el lecho del valle, por debajo de la cubierta de relleno sedimentario, corresponden principalmente a rocas de la Formación Porfirítica que serían, según las ideas actuales, del Cretáceo Medio y Superior; se encuentran también algunas intrusiones de carácter andesítico, posiblemente terciarias, y rocas del Batolito Andino, cuyos afloramientos están, generalmente, un poco alejados del valle.

El espesor de relleno investigado correspondería a depósitos cuaternarios acarreados, principalmente, a lo largo de tres períodos glaciales entre los cuales se intercalarían otros tantos interglaciales o aluviales. Los tres períodos glaciales han depositado capas de permeabilidad deficiente y poco favorables para la existencia de acuíferos, mientras, dentro de los sedimentos de las épocas interglaciales, son corrientes capas fluviales altamente permeables y que contienen napas en las cuales se han aforado gastos de explotación superiores a los 100 litros/segundo.

Además de los acarrees propios de glaciares y ríos, existen otros en los cuales pueden incluirse sedimentos lagunares, cólicos, de escombros de faldas, de conos de rodados de quebradas, etc. Todo esto, unido al hecho de que los ríos principales han experimentado fuertes desplazamientos de sus cauces en el transcurso de los diversos períodos aluviales y que las diferentes glaciaciones alcanzaron distinta magnitud, conforma un relleno sedimentario bastante complejo y por ello, para la mejor comprensión del trabajo, dividimos toda el área de estudio en una serie de sectores regionales donde se mantienen, más o menos, condiciones similares de sedimentación y de ocurrencia de napas de agua.

Las principales fuentes de recarga de las napas subterráneas serían las infiltraciones de las precipitaciones caídas en la Cuenca (lluvias en la época invernal y aguas de derretimiento de las nieves en el período estival) y también, dentro de algunas zonas, infiltraciones provenientes de los caudales superficiales de ríos y esteros. La descarga de las aguas subterráneas se produciría por el drenaje de las mismas hacia la parte austral del Valle (Malloco) por descarga superficial a través de regiones de vegas o pantanos, donde el nivel de aguas subterráneas alcanza la superficie del terreno; por procesos de evaporación y de transpiración y, además, por la extracción en los sondajes y norias existentes.

*Geólogo del Instituto de Geología de la Universidad de Chile.

A la fecha existirían en Santiago unos 250 sondajes perforados con máquina de sondear de percusión y de ellos alrededor de la mitad han sido construidos por la Sección de Aguas Subterráneas del Departamento de Obras Civiles de la Corporación de Fomento de la Producción. Los gastos de explotación van desde cifras insignificantes hasta valores sobre 100 litros/segundo; un promedio ponderado sería de 40 litros/segundo y resultaría, entonces, una capacidad de extracción de 10 metros cúbicos/segundo. En realidad, existen muchos sondajes sin instalaciones de bombeo y son numerosos, por otra parte, aquellos que trabajan algunas horas solamente en el día; de acuerdo con esto, podemos establecer el cuadro estimativo siguiente:

<i>USO DEL AGUA</i>	<i>Capacidad de Extracción m³/seg.</i>	<i>Agua Extraída m³/seg.</i>
REGADIO	4.0	0.9
INDUSTRIAL	3.0	0.9
POTABLE	3.0	0.9
	10.0 m ³ /seg.	2.7 m ³ /seg.

Al valor de 2.7 metros cúbicos/segundo podríamos agregar, también como valor estimado, del orden de 500 litros segundo que se compondría del total de aguas extraídas en las numerosísimas norias poco profundas de la Cuenca de Santiago.

La calidad del agua subterránea es, para la inmensa mayoría de las perforaciones, satisfactoria en cualquier uso o susceptible de serlo con tratamientos relativamente sencillos. Eso sí, cabe señalar que el agua es corrientemente dura y, dentro de las zonas donde se ubican los centros fabriles, frecuentemente alcanza durezas totales de 500 a 700 partes por millón como carbonato de calcio; esto obliga, a menudo, a tratamientos de ablandamiento de alto costo.

I. INTRODUCCION

Historia del Trabajo: A comienzos del año 1955 el señor Director del Instituto de Geología de la Universidad de Chile, don Jorge Muñoz Cristi, nos alentó a iniciar, bajo su dirección, un estudio sobre el relleno sedimentario del valle de Santiago y ello con el fin de "coordinar las informaciones dispersas existentes a la fecha y colaborar al desarrollo, cada vez más creciente, del aprovechamiento de las aguas subterráneas de la zona".

Por las complejas condiciones de sedimentación observadas y también por el deseo de combinar el trabajo con la confección de una carta de sondajes, donde se incluyeran las principales características de los mismos, no era posible esperar que el estudio fuese completado dentro del tiempo dedicado a él durante 1955; además, el suscrito se retiró temporalmente del Instituto para ingresar en actividades de tipo particular, durante todo el año 1956 y parte de 1957. En este período, si bien siguió interesado en el asunto, pudo destinarle solamente una porción pequeña de tiempo hasta el momento en que, reincorporado al Servicio, se aceleraron los trabajos en forma de llegar a considerarlos como un aporte al mejor conocimiento de los sedimentos cuaternarios de la zona y de las napas de aguas subterráneas existentes en ellos.

El presente trabajo no puede considerarse definitivo, pues existen todavía numerosos puntos oscuros y llegamos, algunas veces, a interpretaciones que para su validez total necesitan de nuevos antecedentes, entre los cuales se destaca el conocimiento de las características y posición de las rocas fundamentales.

Gran parte de nuestras ideas sobre las condiciones hidrogeológicas del valle, aparecen en la Memoria de Prueba del Ingeniero Jaime Vivanco P. (1956,

pág. 168), a quien tuvimos el agrado de asesorar en lo referente al aspecto geológico de su Memoria; de ella hemos extraído, a su vez, algunos datos sobre Climatología e Hidrografía general de la Cuenca.

Las ideas expuestas en la Memoria mencionada y en informes realizados por el Instituto con relación a las condiciones de las aguas subterráneas en los terrenos ocupados por el Hospital del Salvador de Santiago y por el fundo de la Universidad de Chile en Rinconada de Cerda, han sido desarrolladas y completadas en este estudio.

Fuentes de Información: La primera etapa que nos fijamos fue la recopilación de todos aquellos datos dispersos referentes al tema. Así, recolectamos numerosos trabajos inéditos sobre las aguas subterráneas en diversas regiones de Santiago y pertenecientes, en su mayor parte, al doctor Bruggen; además, levantamientos topográficos con descripción de la cubierta superficial de terreno realizados por el Instituto de Geografía de la Universidad de Chile, para la parte alta del cono de rodados del cerro San Ramón; Memorias de Prueba sobre captaciones de aguas subterráneas; también, los datos de pozos y norias existentes y, en general, el máximo de información posible verbal o escrita. La tarea de reunir antecedentes sobre los pozos fue, con mucho, la más laboriosa y frecuentemente debimos conformarnos con datos parciales o fragmentarios; a este respecto, estamos muy agradecidos de los ingenieros de la Sección Aguas Subterráneas del Departamento de Obras Civiles de la Corporación de Fomento de la Producción y especialmente de los jefes de la misma, ingenieros Eugenio Celedón y Jaime Donoso, quienes pusieron a nuestra disposición el extenso y completo archivo de pozos perforados por corro en Santiago, dándonos las facilidades necesarias para visitar el terreno de las perforaciones y demostrando, en todo momento, un interés profundo en la marcha y conclusiones del trabajo. Del mismo modo, estamos agradecidos de la ayuda que nos prestaron los ingenieros del Ministerio de Obras Públicas en las Direcciones de Riego y Obras Sanitarias, entre los cuales debemos citar, en forma destacada, a los ingenieros R. Hucke y J. Zárate; también recibimos valiosas informaciones de los ingenieros Rosendo Caro y Eduardo Infante y del esñor Antonio Besa que se dedican, en forma particular, a la construcción de sondajes.

Cabe señalar aquí el auxilio inapreciable que nos significó el apoyo y consejo de nuestro director, ingeniero Jorge Muñoz Cristi, quien nos guió a lo largo de todo el trabajo y nos señaló, innumerables veces, el camino a seguir para aclarar nuestras dudas, entregándonos, en las muchas visitas comunes al terreno en estudio, enseñanzas prácticas de sus amplios conocimientos sobre la geología de Chile.

Extensión del Trabajo: La porción del valle investigado queda localizada, aproximadamente, por los siguientes límites geográficos:

Por el Norte, paralelo 33° 11'

Por el Sur, paralelo 33° 38'

Por el Este, meridiano 70° 31'

Por el Oeste, meridiano 70° 55'

Es decir, prácticamente la totalidad de la superficie comprendida en la hoja 1:100.000 Santiago y mitad oriental de la hoja, a igual escala, Malloco; ambas levantadas por el Instituto Geográfico Militar.

Limitaciones: En base a las informaciones obtenidas de los sondajes y, especialmente, de acuerdo con el resultado de numerosas excursiones al terreno, hemos tratado de entregar un esquema racional sobre la estratigrafía sedimentaria y los acuíferos presentes en la zona; con el mismo propósito se establecen, en el curso del trabajo, una serie de opiniones o deducciones cuya validez conclusiva queda subordinada, como hemos dicho, al logro de antecedentes no disponibles a la fecha.

Aplicaciones: La utilidad inmediata del trabajo, al margen de su interés como investigación pura que cae dentro de los objetivos fijados por la Universidad para sus institutos científicos, queda de manifiesto al señalar que el estudio de Rinconada de Cerda permitió fijar la ubicación de un sondaje, el cual, ya concluido, permite la extracción de un gasto de 70 litros/segundo en una zona donde se habían perforado cuatro pozos profundos, con rendimientos nulos o del orden de 1 litro/segundo, en busca de fuentes de abastecimiento que pudiesen suplementar las escasas disponibilidades de aguas superficiales.

II. ESQUEMA GEOGRAFICO

Ubicación: La cuenca queda situada dentro de los límites geográficos mencionados y ella cubre la mayor parte del Departamento de Santiago y parcialmente los Departamentos de San Bernardo y Talagante.

Población: Los habitantes del área abarcada suman alrededor de 1.800.000, los cuales se concentran, en un gran porcentaje, en la región que se extiende entre río Mapocho, por el Norte, y Zanjón de la Aguada, por el Sur.

Durante los últimos quince años la tendencia de la población ha sido de expansión hacia las comunas orientales, situadas al pie de la cordillera de los Andes, y también hacia el Sur a las comunas de San Miguel y La Cisterna; dicha expansión ha tenido un carácter casi exclusivamente de tipo habitacional, especialmente hacia el Oriente, y no ha traído consigo el desarrollo de sectores fabriles en las regiones nombradas. En la actualidad, el crecimiento más rápido corresponde a las zonas occidentales y ello con un neto carácter industrial que ha conducido al establecimiento de grandes poblaciones obreras; aquí, los consumos de aguas aumentan de año en año siendo satisfechos, cada vez en mayor proporción, a base de pozos profundos.

Hidrografía: El desagüe final de todas las aguas superficiales de la Cuenca se realiza a través del río Maipo, que tiene su nacimiento a los 34° 10' de latitud Sur, en los alrededores del Paso cordillerano del mismo nombre. Su curso superior corre con dirección Noroeste recibiendo como afluentes a los ríos Barroso, Negro, Alvarado, Volcán, Yeso y —casi en su entrada al valle— el Colorado. Después de un recorrido bastante largo sin recibir aportes, se le unen el estero Angostura y también, un poco más al Oeste, el río Mapocho; finalmente, como último afluente importante, toma las aguas del estero Puangue. Tiene su desembocadura en el Océano Pacífico, cerca de Lolleo, donde conduce todavía un gasto de más o menos 50 metros cúbicos/segundo.

Entre los afluentes del Maipo se destaca el río Mapocho que atraviesa la ciudad de Santiago, y se constituye en La Ermita; allí se unen, para formarlo, los ríos San Francisco y Molina. Al salir de la región cordillerana el Mapocho recibe las aguas del estero Arrayanes el cual drena, parcialmente, los cerros de Cordillera Españoles; en su recorrido por el valle tiene un afluente muy importante

en el río Lampa que se constituye, a su vez, con los caudales del río Colina y los esteros Chacabuco y Tiltil.

La hoya hidrográfica del río Maipo, hasta su desembocadura en el mar, es del orden de los 15.000 kilómetros cuadrados; considerando el área bajo estudio se tendría una superficie hidrográfica de unos 10.000 kilómetros cuadrados. A la última cifra contribuye el Mapocho con unos 4.200 kilómetros cuadrados.

III. CLIMA

Estaciones climáticas: En Santiago se tienen, normalmente, bien diferenciadas las estaciones del verano e invierno. La primera abarca los meses de noviembre a abril y, la segunda, los de mayo a octubre. La temperatura media anual es de aproximadamente 14° C que para los meses del verano sube a los 20° C y, para los meses invernales, baja a unos 8° C; el mes más caluroso es, corrientemente, el de enero, y julio el más frío; con este último se produce, usualmente, el mayor número de heladas. Las lluvias caen en los meses del invierno, preferentemente de julio a agosto; la humedad relativa media es de un 81% y de un 60%, para el invierno y verano respectivamente.

Vientos: Los vientos normales predominantes son los del Suroeste y del Sur, con los cuales se presenta, por lo general, el buen tiempo; los vientos de lluvias son los del Norte y del Noroeste.

Precipitaciones: La alimentación de las napas subterráneas de la Cuenca depende, fundamentalmente, de las precipitaciones caídas en ella; éstas se presentan en forma de lluvia o nieve, corrientemente en los meses de mayo hasta octubre aunque no son raros chubascos fuertes en el verano.

Las nieves alcanzan, por lo común, a las cotas de los 1.000-1.100 metros que corresponden a los primeros contrafuertes cordilleros; ellas son de consideración, por su magnitud, hacia la Alta Cordillera. En el período seco y caluroso del verano se tiene un fuerte derretimiento y estas aguas, provenientes de las nieves, constituyen la principal alimentación de las napas subterráneas en la época estival. No existen datos sistemáticos sobre la nieve caída cada año pero, en primera estimación, puede suponérsela a lo menos igual a los valores de aguas lluvias medidos por las estaciones pluviométricas cordilleranas.

Para dar una idea de las lluvias que recibe la cuenca hemos creído de interés copiar parte de un cuadro del ingeniero Vivanco (1956, pág. 62); allí se indican las coordenadas geográficas de la estación pluviométrica considerada, la cota o altura de la misma en metros sobre el nivel del mar, el número de años de observación y los promedios, aritmético y geométrico, de las sumas anuales de lluvias expresadas en milímetros. En el cuadro se muestran todas las estaciones cuyas lluvias influenciarían el área en estudio:

Estación	Latitud	Longitud	Cota	Nº años	Prom. Arit.	Prom. Geom.
Santiago	33° 27'	70° 42'	520	89	358	321
San Bernardo	33° 35'	70° 43'	573	40	428	392
Obras del Maipo	33° 35'	70° 30'	799	38	632	581
Polpaico	33° 10'	70° 53'	522	29	347	313
Malloco	33° 36'	70° 52'	407	25	397	373
Maitenes	33° 33'	70° 16'	1.140	24	498	461
Florida	33° 33'	70° 33'	665	21	478	448

Con un promedio ponderado de los valores anteriores, podríamos suponer que sobre la cuenca cae una lluvia media anual de 450 a 400 mms.; según nos refiramos a los medios generales aritméticos o geométricos respectivamente.

Para los últimos diez años, las sumas anuales de aguas lluvias determinadas en la estación Santiago, son las siguientes:

Año	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
Mms.	368	306	293	323	334	583	312	194	264	310

Resalta, en el segundo cuadro, el alto valor de 583 mms. para el año 1953. Dicho año se caracterizó por una serie de lluvias de alta intensidad y de duración relativamente poco prolongada; tal tipo de lluvias favorece un fuerte escurrimiento superficial y son, a igualdad de altura anual, menos favorables para la recarga de las napas subterráneas que aquéllas menos intensas y de mayor duración.

IV. LA CUENCA DE SANTIAGO

Generalidades: El valle de Santiago es una de las tantas depresiones que encontramos en el territorio chileno y que contribuyen a dar al paisaje una repartición tripartita entre Cordillera de los Andes, Cordillera de la Costa y Valle Central. Todas estas depresiones tienen, por lo general, una forma elíptica con su eje mayor orientado en dirección N.S.

La cuenca a la cual nos estamos refiriendo se cierra por el Norte en los cerros de Chacabuco y, por el Sur, en Angostura; es decir, tiene una longitud aproximada de 90 kilómetros y una anchura máxima del orden de los 36 kilómetros.

Pero, si examinamos el paisaje con mayor detención, no podríamos considerarla como una cuenca unitaria pues existen cordones transversales, ya en gran parte sepultados bajo los acarrees modernos, que la dividen en cuencas parciales y tendríamos así, desde el Norte hacia el Sur, la de Montenegro, Polpaico, la situada al Norte de los cerros de Renca y la de Santiago propiamente tal. Ellas están escalonadas, siendo la más elevada la de Montenegro; además, a medida que avanzamos al Sur, la configuración del relieve se hace más y más uniforme.

Los bordes de la cuenca y de los cerros islas que ella contiene, están constituidos por las rocas de la formación porfírica y, según las ideas actuales, en la parte que corresponde al Cretáceo Medio y Superior. Desde el punto de vista petrográfico, las rocas predominantes son lavas y piroclásticos de carácter andesítico y algunas intrusiones andesíticas, posiblemente terciarias; los afloramientos de rocas del batolito andino están, por lo general, relativamente alejados.

El origen de estas cuencas se estima como el resultado de los movimientos de encurvamiento, producidos durante la fase tectónica del Plioceno Superior a Cuaternario Inferior, que elevó los Andes a sus alturas actuales.

El relleno sedimentario: Sobre la cuenca, conformada por los movimientos del Plioceno a Cuaternario Inferior, se derramaron enormes cantidades de sedimentos y esto por condiciones muy favorables cuales serían áreas positivas altas accediendo a una depresión considerable. Seguramente, el hundimiento del valle se produjo en forma lenta y continuaría durante la depositación de las primeras capas de acarrees pero cuando ocurrieron los arrastres más importantes, a través de las épocas glaciales e interglaciales del Cuaternario, ya estaría totalmente configurado en sus rasgos generales.

Según se desprende de nuestras observaciones de la geología superficial del terreno y del examen de los pozos existentes, es probable que el relleno cuaternario de la cuenca de Santiago esté compuesto, principalmente, por los acarreoos correspondientes a tres períodos glaciales, entre los cuales se intercalan otros tantos aluviales o interglaciales; esta idea se muestra en el perfil de la figura N^o 1 y allí las capas más antiguas se atribuyen a la denominada Glaciación Primera.

En realidad, solamente tenemos manifestaciones más o menos claras de las dos últimas glaciaciones. Depósitos de la Tercera aparecen en los primeros contrafuertes de la Cordillera Andina, frente a la ciudad de Santiago, y los materiales de la Segunda, muy bien caracterizados por la naturaleza volcánica de sus componentes más abundantes, conforman lomajes típicos en las comunas de Maipú y Las Barrancas, al Poniente de Santiago.

Respecto de la Glaciación Primera, no hay antecedentes que nos permitan asegurar o desechar de plano su existencia o magnitud dentro de la cuenca y lo único cierto es que, a partir de cierto rango de profundidad, gran número de sondajes atraviesan capas de carácter brechoso, o bien conglomerádicas, con gran cantidad de arcillas, las cuales se presentan sin napas de agua y con una permeabilidad muy deficiente. La idea de la existencia de esta Glaciación Primera resulta muy atractiva para explicar los materiales indicados y también los gruesos espesores de arcillas, los cuales serían derivados glaciolacustres de la misma morrena antigua, que se encuentran en la zona inferior del valle del Colina y en algunas de las rinconadas de drenaje imperfecto dentro de la cuenca de Santiago.

En estas condiciones, y hasta el logro de mayores antecedentes, entre los que se incluye la perforación de sondajes de reconocimiento llevados a gran profundidad, hemos de estimar válida la ocurrencia, en gran parte de la cuenca, de un espesor de acarreoos impermeables, atribuido a la Glaciación Primera y cuyo horizonte superior constituiría el piso de las napas de aguas subterráneas de mayor magnitud.

La base de los depósitos cuaternarios es desconocida, por cuanto son potentes y en ninguna parte la erosión habría logrado descubrirlos totalmente; por otra parte, los escasos sondajes que alcanzan la roca fundamental quedan próximos a cordones rocosos y atraviesan entonces, hacia el fondo, una serie de capas atribuibles a escombros de faldas que alteran la interpretación. No obstante, el piso del Valle Central se levanta gradualmente hacia el Norte y ya en la zona de Rungue-Montenegro aparece bastante cerca de la superficie como para observar, en algunos cortes, la circa y la sobrecarga de relleno; en las regiones nombradas son comunes, inmediatamente sobre la roca, depósitos del tipo de bolsones que llevan como componentes más destacados rodados de la Formación Porfirítica envueltos en abundante arcilla. Siempre en la misma zona, se presentan también algunas cubiertas de aspecto fluvial que aparecen en la superficie de niveles aterrizados o mesetas. Estas cubiertas de apariencia fluvial quedan, frecuentemente, al margen de quebradas o cauces capaces de haberlas depositado y no parecen ligarse a la topografía actual del terreno. La situación descrita para la región de Rungue-Montenegro se repite en algunos sectores locales hacia la costa de la provincia de Santiago; así, son relativamente comunes depósitos de bolsones sobre la circa y cubiertas fluviales, o de aspecto fluvial, en mesetas que no se relacionan muy bien con los cauces actuales.

Si las condiciones recién expuestas se extienden a la zona que nos preocupa, podríamos concluir que sobre el piso rocoso de la cuenca es probable la existencia de materiales de bolsones y fluviales con repartición irregular. Esto quedaría real-

zado por la opinión, bastante generalizada, de que el clima de la tierra era en el Terciario más caluroso que el actual y que fue haciéndose paulatinamente más y más frío hasta culminar en las grandes glaciaciones cuaternarias de repartición prácticamente mundial, DUNBAR (1949, pág. 432).

Los bolsones corresponderían a las condiciones de sedimentación bajo un clima árido y de lluvias escasas o muy irregulares; los de naturaleza fluvial serían el resultado de la última transición climática precuaternaria, en la cuenca de Santiago, cuando el aumento y regularización de las precipitaciones permitió el desarrollo de cauces de aguas superficiales más o menos permanentes.

Ahora bien, de acuerdo a lo manifestado anteriormente, gran parte del espesor de estos materiales preglaciales habría sido levantado o hundido con los movimientos originarios de la cuenca actual y no mostrarán una gran extensión superficial en continuidad de cotas; los depósitos preglaciales que se hayan hundido conjuntamente con el valle o que fueron depositados por cauces ligados a la topografía actual estarían, a su vez, fuertemente removidos por los glaciares de la Glaciación Primera. En consecuencia y principalmente desde el punto de vista de la existencia de napas de aguas, hemos considerado, en nuestros perfiles de interpretación, los acarrees de la Morrena Primera apoyados directamente sobre la roca fundamental o sedimentos consolidados antiguos; es decir, creemos que donde se encuentren materiales permeables preglaciales ellos constituirían capas aisladas, no ligadas con áreas importantes de alimentación de aguas subterráneas, y con posibilidades relativamente pobres de captación.

Además de las capas de morrenas y materiales fluviales se encuentran, dentro del espesor del relleno cuaternario del valle, sedimentos depositados por otros agentes y a ellos nos referiremos más adelante.

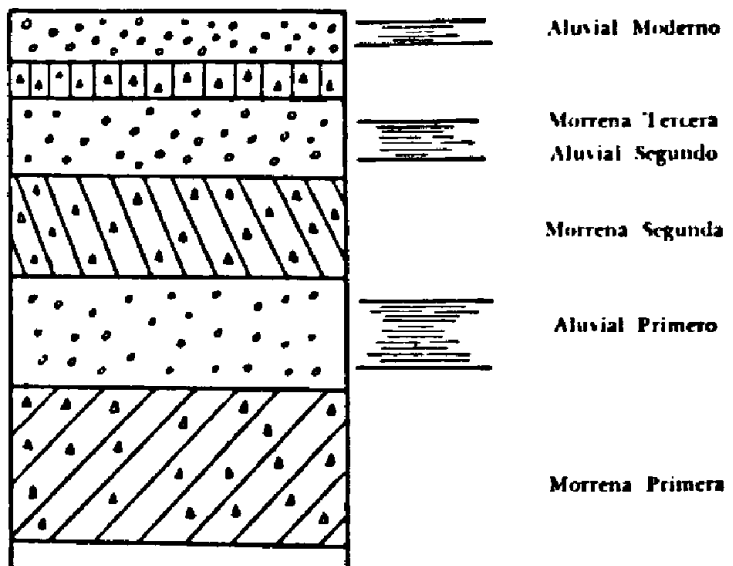


Fig. 1

Materiales de Glaciaciones y Ríos

Morrena Primera

Pensamos que el primer depósito de importancia, cuaternario, corresponde a los acarreo de una glaciación que fue capaz de cubrir gran parte de la cuenca. No poseemos antecedentes suficientes como para indicar, en forma nítida, la repartición de estas morrenas y tampoco para señalar la extensión alcanzada por el hielo en su avance hacia la costa. Sin embargo, suponemos que la Glaciación Primera fue del tipo llamado de Piedemonte y consistió en una serie de brazos de hielo que bajaron desde la Cordillera de los Andes y se abrieron ampliamente en el valle.

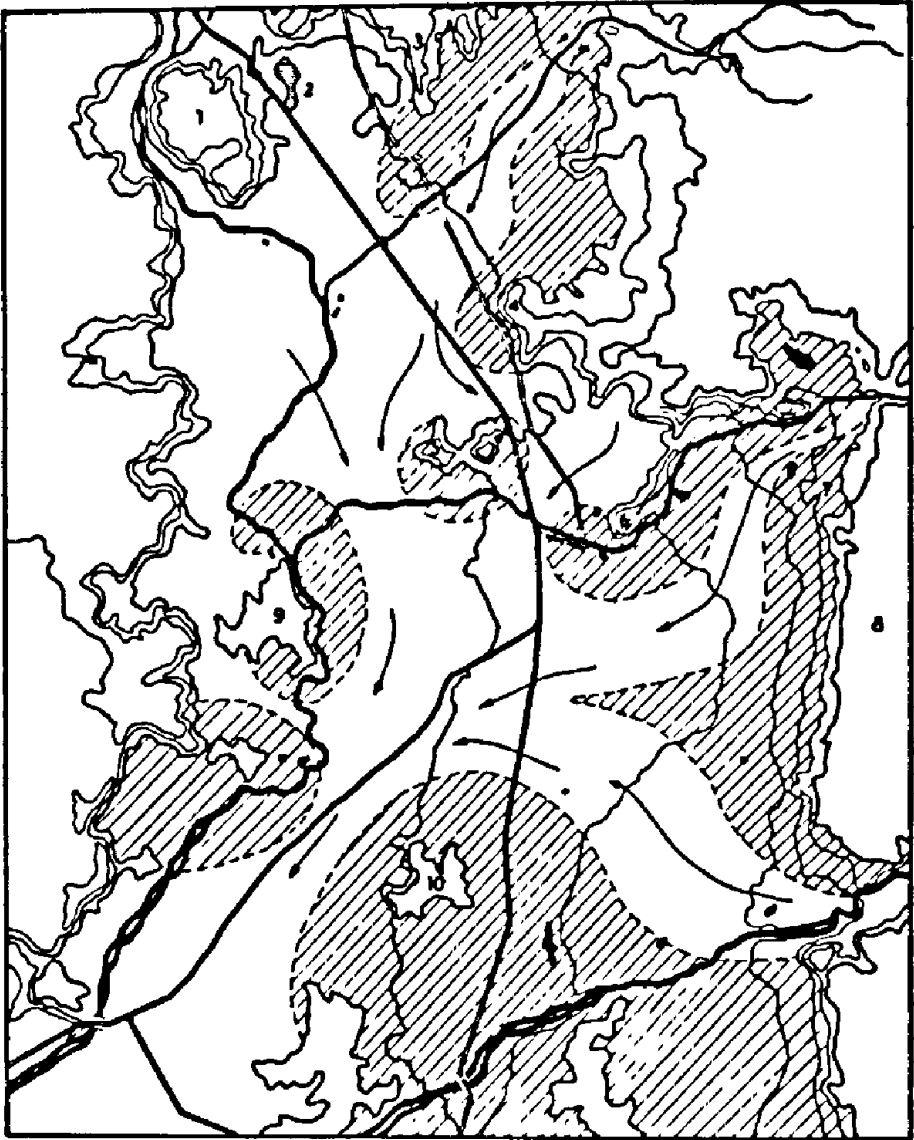
Los materiales supuestos de la Morrena Primera se localizan, de preferencia, aguas arriba de la cota de los 500 metros y no parecen encontrarse junto al cauce del río Maipo en la Cordillera de la Costa; pero, es posible que un brazo de hielo hubiese alcanzado más allá de la región de Malloco y que los acarreo correspondientes estuviesen destruidos por acciones de erosión u ocultos bajo otros posteriores. Aunque el avance de una lengua de glaciar habría depositado, en el transcurso de la Glaciación Segunda, los materiales volcánicos que se reconocen junto al lecho del estero Puangue, al Norte del pueblo de Melipilla BRUGGEN (1950, pág. 221), estimamos que la mayor parte del hielo de las dos primeras épocas glaciales tuvo su término, en la región de Santiago, en las proximidades de la curva topográfica de los 500 metros.

En el plano UMP o plano de ubicación de la Morrena Primera se ha indicado, en forma esquemática, la situación del relleno al término de esta época; entonces el valle mostraría un paisaje suavemente ondulado, con abundantes lomas de materiales morrénicos. Los espesores más potentes, señalados con achurado en el plano, se adosarían a los cordones de cerros; en partes, como morrenas laterales y, en partes, como morrenas de término, éstas últimas especialmente en las proximidades de la cota 500 metros. Morrenas centrales, las cuales resultan de la confluencia de dos glaciares que unen sus acarreo laterales, podrían ubicarse al pie de los cerros de San Ramón por la unión de los glaciares del Maipo y Mapocho; aquí se tendrían también depósitos morrénicos provenientes de glaciares, con mucho menor desarrollo, que bajarían por las quebradas más importantes de la zona, como las de San Ramón y Macul. El resto del valle estaría cubierto, hasta la línea de término del hielo, por las morrenas de fondo o basales.

Las flechas, dibujadas en el plano UMP, muestran el curso que seguirían las aguas del deshielo cuando la línea de nieves eternas retrocedió al interior de la Cordillera Andina.

A partir de los cordones morrénicos terminales, los cuales señalan el avance máximo de la masa de hielo de los glaciares, actúan las precipitaciones en forma de lluvias, incrementadas con las aguas provenientes de los deshielos locales, y se produce un lavado de los componentes más finos de la morrena mientras permanecen, in situ, los materiales más gruesos de la misma. Resultan así los depósitos llamados Glaciofluviales, de mucho mayor permeabilidad que los propiamente morrénicos, capaces de constituir acuíferos importantes cuando se ligen a zonas favorables para la alimentación de aguas subterráneas. Del examen de los pozos perforados en la cuenca parece desprenderse que, en el transcurso de la Glaciación Primera, existió una serie de avances y retrocesos de las masas de hielo; así se presentan, en diversos sondajes, lentes de materiales glaciofluviales más permeables intercalados entre capas netamente morrénicas y resultaría un engranaje en forma de cuña como el que se muestra en la figura N° 2.

PLANO UMP: Ubicación marrena primera



Base topográfica hoja 1 100000 Instituto Geográfico Militar

0 2 4 6 8 10 kms

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1) Cerro Chape; | 6) Cerro San Cristóbal; |
| 2) Laguna de Batuco; | 7) Cerro Apoquindo; |
| 3) Cordón del Manzano; | 8) Cerro San Ramón; |
| 4) Cerro Los Hornos; | 9) Cerros de Lo Aguirre, y |
| 5) Cerros de Renca; | 10) Cerro de Chena. |

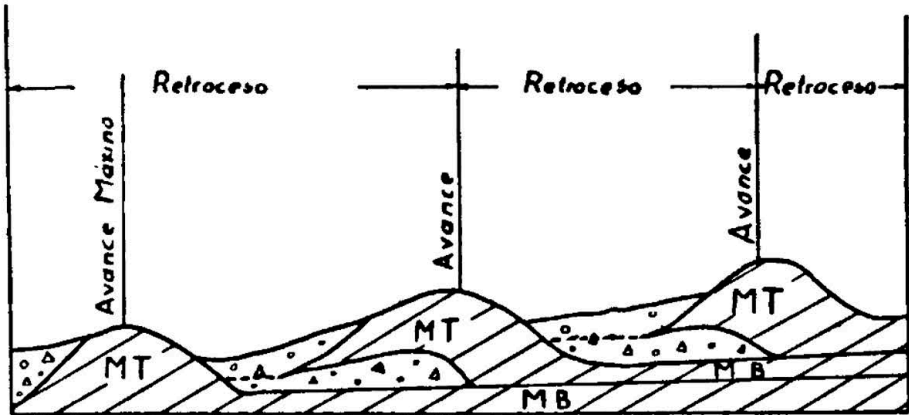


Fig 2

Según la figura anterior podemos indicar que, dentro de la amplia zona no achurada del plano UMP y correspondiente a la depositación de morrenas de fondo o basales, existirán también morrenas terminales y materiales glaciofluviales intercalados.

Depósitos superficiales, pertenecientes a la M.P., serían los que se encuentran en el interior de la rinconada La Dehesa situada inmediatamente al Norte del río Mapocho, en la parte en que este último entra al valle; tal rinconada, por su ubicación favorable, habría sido cubierta totalmente por el hielo y acarrees de este período los cuales conformarían los lomajes, cubiertos de arcillas en un espesor indeterminado, que se reconocen actualmente en la región. Posiblemente correspondan también a la M.P. las arcillas existentes en cerro Apoquindo y en las lomas del mismo nombre ubicadas al Sur de La Dehesa.

La existencia de otros depósitos superficiales de la M.P. ha quedado oculta por los acarrees posteriores y en las partes altas, favorables a la observación, ellos quedarían confundidos con los materiales de la Glaciación Tercera que tendrían características similares.

Capas de la M.P., cortadas por los sondajes de captación de aguas, se encontrarían, entre otros, en los lugares siguientes (Ver plano UPP o plano de ubicación de pozos y perfiles):

Sondaje N° 129 en Las Condes. Desde la profundidad de 52 metros hasta los 80 metros finales del pozo, en forma de un conglomerado arcilloso brechoso con bolones, bloques, ripio y piedras; esta capa tiene una permeabilidad baja y no conduce napas de aguas.

Sondaje E.M. en Las Condes. Desde los 115 metros hasta el término del pozo en 155 metros, como un conjunto de muy pequeña permeabilidad compuesto de arcillas y piedras chicas.

Sondaje N° 108 en Providencia. Aquí se presentan materiales con características morrénicas prácticamente desde la superficie hasta el fondo; existen algunas intercalaciones, de pequeño espesor, con acarrees de mayor permeabilidad y presumiblemente Glaciofluviales. Como material representativo de la M.P. debería considerarse la capa final 58-150 metros y que consiste en un material arcilloso brechoso bastante cementado por la arcilla; esta capa queda cortada a los 133-136 metros por una arenisca mal cementada, de granos subredondeados y que conduce una napa de gasto insignificante.

Sondaje U. 1 en Maipú. Desde los 56 hasta los 120 metros finales se cortarían sedimentos de la M.P. con intercalaciones Glaciofluviales; estas últimas, de mayor permeabilidad, contienen las tres napas atravesadas por el sondaje y que dan un gasto del orden de 1 litro/segundo.

Los materiales de la M.P. corresponderían a una arcilla de bloques, con predominio de arcillas y de características análogas a las establecidas para los bolsones; es decir, el conjunto resultaría de una permeabilidad muy baja como para constituir acuíferos, salvo en las zonas donde se intercalan depósitos Glaciofluviales. Al ojo desnudo, las muestras atribuidas a la M. P. presentan sus componentes gruesos constituidos fundamentalmente de rocas de la Formación Porfirítica y Basaltos; se encuentran también rodados de la Formación Batolítica aunque muy escasos.

Según un examen al microscopio, realizado por MUSOZ CRISTI (1954, pág. 19), se observaría lo siguiente en algunos granos del material del sondaje N° 108:

"Porfiritas con textura pilotaxítica, a veces cloritizados.

Queratófiros con esferolitas análogos a los que aparecen como lavas en Farellones.

Rocas de cuarzo, feldespato, turmalina, sericita y algo de hematita; este tipo de rocas es frecuente en la zona de alteración hidrotermal del distrito minero de Las Condes.

Tonalitas de anfíbola.

Granodioritas.

Granitos con textura grafogranítica.

Basaltos de labradorita y augita con masa fundamental entre pilotaxítica y hialopilitica, a veces vítrea a hialofítica. Algunos basaltos son vesiculares.

Piedra pómez en muy escasa cantidad".

En el espesor de relleno de la M.P. cabe esperar, como ya explicáramos, intercalaciones glaciofluviales contemporáneas y con un contenido mucho menor de arcillas que los depósitos netamente morrénicos. También es lícito suponer que parte de la masa de agua del deshielo, producida al término de la época glacial, entró a zonas de desagüe imperfecto en el valle y originó lagos o lagunas a partir de los cuales se habrá formado una fuerte depositación de materiales esencialmente arcillosos; zonas propicias para tal tipo de sedimentos serían las rinconadas de La Dehesa, Conchalí, Lo Aguirre, de Cerda y de Vial e igualmente toda la zona que se extiende al Norte de los cerros de Renca. La capa 110-177 metros de arcilla, cortada en el sondaje E. C. de Colina, señalaría un depósito glaciolacustre de la glaciación primera. En ciertas lomas de La Dehesa se encuentran sensiblemente arcillas sin piedras, ello se explicaría por la situación altamente favorable de la citada rinconada para constituir un lago con drenaje insuficiente; también se encuentran arcillas, con muy escasas piedras, sobre el cerro Apoquindo y las lomas del mismo nombre, pero esto se debería a la limpieza realizada a lo largo de años por los agricultores que cultivan la zona.

Muy importante debe haber sido el trabajo erosivo del hielo en este período y él modelaría los cauces, dentro de la Cordillera Andina, de los ríos de la cuenca que cubrieron posteriormente, con un potente espesor de acarreos, aquellos pertenecientes a la M.P.

Aluvial Primero

Porción importante del aluvial primero, como asimismo del segundo y moderno, debe considerarse en realidad como glaciofluvial; o sea, son sedimentos de origen glacial erodados por las aguas de los ríos y retransportados por éstos hasta su nuevo lugar de depositación. No es extraño entonces el hecho, muy común en la cuenca, de encontrar junto con materiales gruesos bien redondeados (ripio)¹, otros facetados y con claras manifestaciones de su origen glacial; del mismo modo, con frecuencia se ubican bastante aguas abajo de los ríos Mapocho y Maipo, bloques con tamaño muy superior al de los rodados que los acompañan y que son restos, in situ, de morrenas retrabajadas por aguas superficiales.

Durante este primer período interglacial, cuando el régimen de lluvias hizo posible la permanencia de los caudales superficiales, los ríos principales de la Cuenca avanzarían en el valle a través de cauces bastante diferentes de los que hoy les conocemos. Evidentemente, la depositación de materiales con menor contenido de finos arcillosos, más permeables y favorables para la existencia de acuíferos importantes, se habrá producido en o cerca de tales cauces; es interesante, entonces, conocer la estimación de los caminos seguidos por los ríos en aquella época y ellos están indicados en el plano UCP².

Río Lampa: Del examen superficial del valle de Lampa se desprende, como característica tipo, la granulometría en general fina y decreciente hacia aguas abajo de los acarrees más recientes; solamente en la parte de Chicauma, dentro de la zona alta y estrecha del valle, pueden reconocerse materiales gruesos. Desde aquí, hasta el lugar denominado Los Barros, los depósitos consisten principalmente en arenas finas muy permeables con escasos rodados superiores a 5 cms. de diámetro; a partir de Los Barros, hacia aguas abajo, los materiales son francamente arcillosos y conforman amplias zonas de vegas. De acuerdo con los sondeos perforados en Lampa, el esquema de sedimentación superficial se mantiene a profundidad y da la pauta de los materiales correspondientes tanto al aluvial primero como a los posteriores.

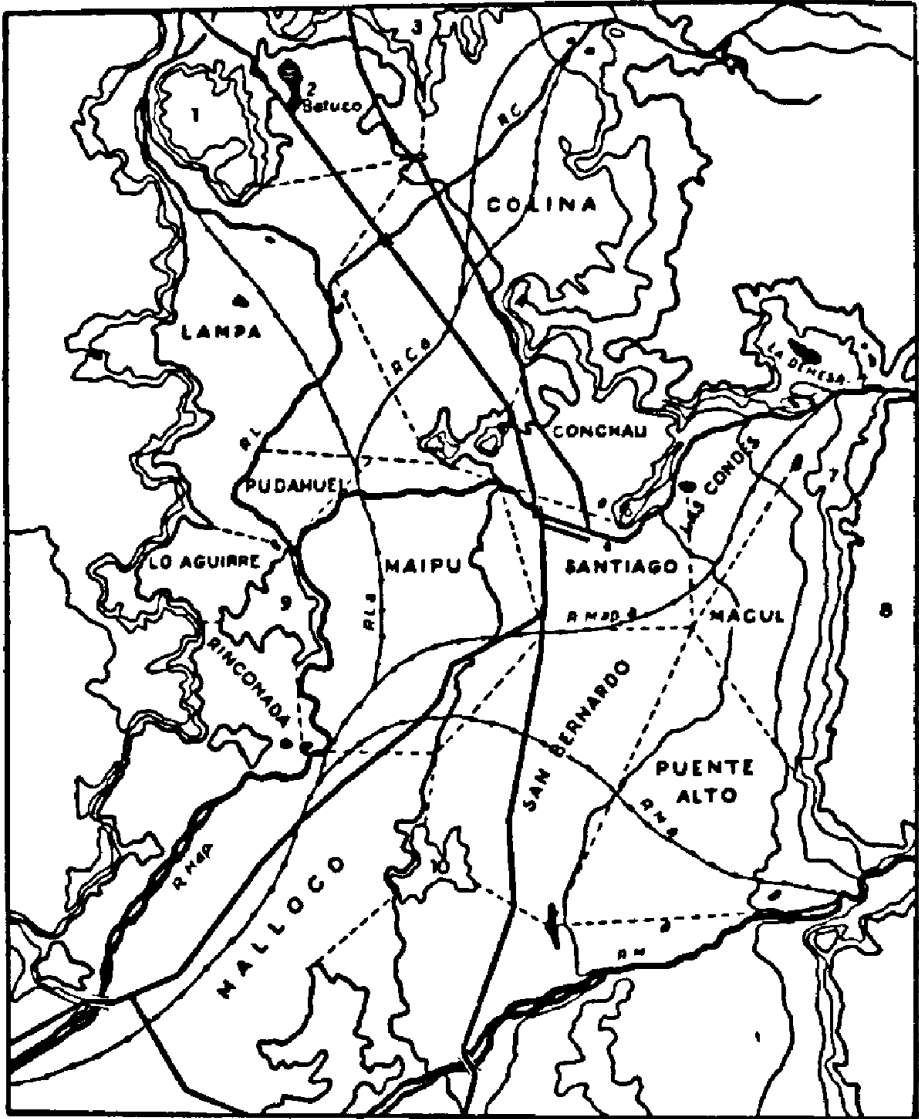
¹Antes de seguir adelante, deseamos dejar establecidas las características granulométricas a las cuales nos hemos ceñido para las distintas denominaciones de sedimentos que aparecen en el transcurso del presente trabajo y que corresponden, aproximadamente, a las empleadas por el personal de perforistas de la Corporación de Fomento de la Producción (Sección Aguas Subterráneas del Departamento de Obras Civiles):

Rango de partículas en milímetros		Clase de material	
0,02	—	0,5	Arena fina.
0,5	—	2,0	Arena gruesa.
2,0	—	25,0	Ripio fino o piedras chicas.
25,0	—	50,0	Ripio medio o piedras medianas.
50,0	—	100,0	Ripio grueso o piedras grandes.
100,0	—	200,0	Bolones chicos o bloques chicos.
200,0	—	500,0	Bolones grandes o bloques grandes.

Cuando predominan los cantos redondeados o suaves usamos las denominaciones de ripio o bolones; si son más abundantes los cantos agudos, tendremos piedras o bloques según sea el rango de tamaños.

²Por lo expuesto hasta ahora, puede comprenderse que el relleno sedimentario del valle es bastante complejo y variable en relación con la existencia de acuíferos o capas permeables conductoras de aguas subterráneas. Estos nos indujo a desarrollar, en el capítulo V, el estudio de áreas locales, con un análisis más detallado de sus características hidrogeológicas; dichas áreas, que hemos denominado Cuencas Parciales, aparecen indicadas y delimitadas en el plano UCP.

PLANO UCP: Ubicación cuencas parciales



Base topográfica hoja 1 100.000 Instituto Geográfico Militar

0 2 4 6 8 10 km

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1) Cerro Chape; | 6) Cerro San Cristóbal; |
| 2) Laguna de Batuco; | 7) Cerro Apoquindo; |
| 3) Cordón del Manzano; | 8) Cerro San Ramón; |
| 4) Cerro Los Hornos; | 9) Cerros de Lo Aguirre, y |
| 5) Cerros de Renca; | 10) Cerro de Chena. |

R.C.: Río Colina actual;

R.L.: Río Lampa actual;

R.Map.: Río Mapocho actual;

R.M.: Río Maipo actual;

R.C.a.: Río Colina antiguo;

R.L.a.: Río Lampa antiguo

R.Map.a.: Río Mapocho antiguo, y

R.M.a.: Río Maipo antiguo.

Agua abajo del cerro Chape, bajo condiciones de escurrimiento tranquilas a juzgar por el tipo de sedimentación, el río Lampa habría corrido hacia el Sur a través de una serie de brazos uno de los cuales, presumiblemente el más importante, aparece dibujado en el plano UCP. El Lampa habría conservado siempre esta tendencia a ramificarse y así hoy día pueden reconocerse, especialmente entre los dos cerrillos islas que se levantan en la región de Los Barros, varios cauces abandonados y secos.

Río Colina: El aluvial primero estaría representado en Colina por acarreo gruesos, agua arriba de la cota 500 metros, y por acarreo fino que pasan rápidamente de arenas a arcillas, agua abajo de la citada cota. Durante el período que nos ocupa el cauce se abriría, a la salida del cerro La Guaca, en dos brazos principales; uno pasaría entre los cerros isla de Camaleón y Lo Guzmán, y el otro al Norte de dichos cerros. En las épocas de crece actuales el río tiende a tomar, parcialmente, el segundo cauce indicado.

Río Mapocho: Como puede verse en el plano UCP, el río Mapocho mostraría un cauce bastante diferente del que presenta en la actualidad; a la salida del umbral entre los cerros Alvarado y Calán, se dirigiría al Suroeste, pasando cerca del Estadio Nacional y tomaría el Zanjón de la Aguada hasta la región de Maipú. Desde aquí correría, como un solo curso de agua con el río Maipo, hacia la costa.

Lo anterior correspondería, aproximadamente, a la situación del eje principal del río; naturalmente, se habrían presentado desplazamientos laterales que llevarían los acarreo del A. P. al Norte y al Sur del eje. Sin embargo, puede estimarse que entre cerro Calán y extremo austral del cerro San Cristóbal, la depositación tuvo su mayor desarrollo al Sur del eje; al Norte del mismo se encontrarían, en espesor potente, los materiales de la M. P. apoyados sobre el faldeo oriental de los cordones del Manquehue y San Cristóbal que impidieron una sedimentación muy grande. Agua abajo del cerro San Cristóbal, donde el río seguía la actual dirección del Zanjón de la Aguada, el espesor relativamente uniforme de la M. P. permitiría una depositación importante tanto al Sur como al Norte del eje del río.

En los períodos de grandes creces de agua, el A. P. del Mapocho habría alcanzado y rebasado el límite Norte actual del río entre los cerros San Cristóbal y Renca, también alcanzaría hacia el Poniente a la zona de Barrancas. Al Sur del pueblo de Maipú puede esperarse un gran desarrollo del A. P., tanto porque el valle presenta aquí un estrechamiento, como porque se unía la fuerza de transporte del Mapocho y Maipo.

Los sedimentos de esta época del río Mapocho se caracterizan por un buen redondeamiento de los rodados y por la granulometría gruesa que se mantiene agua abajo en el valle. En algunas zonas es notorio el gran porcentaje de rocas batolíticas, especialmente granodioritas, que se presenta, por lo general, en forma de ripio grueso y bolones con diversos grados de descomposición; se encuentra desde el material relativamente fresco hasta aquél totalmente transformado en maicillo.

Una cubierta superficial del A. P., depositada por el Mapocho, sería la que se ubica en la cima Norte del cerro Calán y puesta al descubierto con los trabajos de movimientos de tierra en la construcción del nuevo observatorio astronómico de la Universidad de Chile.

Río Maipo: Después de salir de la Cordillera Andina, el río Maipo correría al Norte de los cerros de Chena, siguiendo una dirección más o menos perpendicular a las curvas de nivel topográficas de los 600 y 500 metros. Pasaría por el lugar denominado La Cisterna hasta recibir su afluente principal, Mapocho, en la región de Maipú.

Este sería el eje del río, dibujado en el plano UCP, que llevaría sus acarreos a lo largo y ancho de todo el valle comprendido entre el cerro de Chena y el Zanjón de la Aguada; aguas abajo del pueblo de Mipú, los sedimentos del Maipo, mezclados con los del Mapocho, pudieron cubrir ampliamente la porción del valle, situada al Sur del pueblo de Padre Hurtado (ex Marruecos).

Los acarreos del Maipo presentan diferencias muy pequeñas en relación con los contemporáneos del Mapocho; ellas consistirían en un mayor porcentaje de ripio grueso y bolones. Es notable, eso sí, el enorme volumen del cono aluvial construido por el Maipo con respecto al del río Mapocho; esto se justifica por la hoya hidrográfica muy superior del primero, BRUGGEN (1950, pág. 74).

Morrena Segunda

La glaciación segunda está muy bien caracterizada por el origen volcánico de sus depósitos los cuales consisten en una especie de brecha, de color blanco cremoso, compuesta de aproximadamente un 60% de cenizas volcánicas, 20-30% de piedra pómez con tamaños variables entre pocos milímetros hasta 20 cmts, y 10-20% de piedras donde se encuentran trozos de 2-5 centímetros junto a bloques superiores a 1 metro de diámetro. Las piedras de la morrena segunda consisten en rocas de la formación porfirítica, basaltos y granodioritas, aproximadamente en el mismo orden en cuanto a sus porcentajes de ocurrencia; predominan los tamaños comprendidos entre 5-50 centímetros y corrientemente los rodados de granodioritas aparecen muy descompuestos.

Los materiales de cenizas volcánicas y piedra pómez se ubican, dentro del valle de Santiago, al Sur de los cerros de Renca y corresponderían a los glaciares que bajaron por los cauces cordilleranos de los ríos Maipo y Mapocho. En la región de Colina, salvo algunos rodaditos muy aislados de pómez, no hemos encontrado mayores manifestaciones; aquí la glaciación segunda, al igual que la primera, no habría alcanzado más allá de la cota 500 metros y sus acarreos corresponderían a una mezcla heterogénea de arcilla y piedras que hemos denominado, anteriormente, Morrena de Arcilla de Bloques. La menor extensión que alcanzarían los hielos en Colina se justifica por una menor hoya hidrográfica y también por la escasa pendiente que habría mostrado siempre el valle a la salida del cerro La Guaca.

El enorme volumen de los componentes volcánicos en la morrena segunda debe atribuirse a una intensa actividad volcánica caracterizada por lluvias de cenizas y emanaciones de gases donde el derrame de lavas es, por lo general, de poca importancia, MUÑOZ CRISTI (1950, pág. 124). De acuerdo al "Bosquejo Geológico de Chile", compilado por MUÑOZ CRISTI y FLORES WILLIAMS, los volcanes modernos se localizan en gran número entre el límite con el Perú y el paralelo 27°; desde esta región al Sur no se reconocen prácticamente centros eruptivos y ello hasta llegar frente a la ciudad de Santiago donde se inicia, dentro de la Cordillera Andina, una nueva cadena volcánica que se prolonga al Sur por todo el valle longitudinal. Los volcanes de la Cuenca: Tupungato,

San José y Maipo, quedan todos contiguos a la hoya hidrográfica superior del río Maipo y éste habría recibido, en consecuencia, el grueso de los materiales provenientes de cualquier erupción.

Lo anterior explicaría la ausencia de estos materiales en la región de Colina, como también el menor desarrollo que alcanzan en el valle cordillerano del Mapocho con relación al del Maipo; para este último aparecen en la confluencia con el río Yeso, en el Toyo, en el Manzano y también en la zona del Peral al Noreste de Puente Alto. En lo que respecta al cauce superior del Mapocho, las manifestaciones son reducidas y aisladas; por otra parte, éstas presentan, en general, un mayor contenido de finos y ello refuerza la idea de que los materiales volcánicos transportados por el glaciar del Mapocho, constituirían depósitos marginales llevados por el viento desde centros eruptivos cercanos al curso superior del Maipo.

Aunque creemos que la glaciación segunda avanzó en el valle encauzada en los lechos antiguos del Maipo y Mapocho, ella debe haber cubierto una parte importante de la cuenca comprendida entre los dos ríos citados; pero la casi totalidad de esos depósitos fueron posteriormente erodados y dispersados bajo la acción de los cursos de aguas, favorecida por el pequeño peso específico de los componentes principales: cenizas volcánicas y piedra pómez.

Al Poniente de la ciudad de Santiago (localidades de Pudahuel, Barrancas, Maipú y Cerrillos), se encuentran los espesores más importantes de la M. S., que han originado un paisaje de lomas bajas e irregulares constituidas, desde la superficie hasta una hondura promedio de 30-50 metros, por los materiales volcánicos nombrados; aquí se han conservado, relativamente intactos y como última manifestación del relleno sedimentario, por cuanto quedaron al margen de los cursos de aguas superficiales. La parte del río Mapocho actual que bordea el faldeo oriental de los cerros de Lo Aguirre, atravesándolos, es lo bastante reciente como para haber causado una erosión local y limitada al propio cauce del río; hoy en día puede verse cómo el Mapocho destruye sus riberas, compuestas de la M. S., en la región de nuestras referencias.

Fuera de los depósitos hasta ahora enumerados, los acarreo con ceniza y pómez volcánicas se encuentran en Macul, al pie del cerro de San Ramón y junto al camino que conduce a La Reina; en la quebrada de Apoquindo, contiguo a la cascada formada por las aguas de un canal de riego; en Las Condes, como una loma angosta y larga adosada al faldeo oriental del cerro Los Piques y también al frente de quebrada Los Arrayanes, sobre el camino a Farellones; además, como una pequeña terraza antepuesta al cerro de Chena, en la zona de San Bernardo.

Hacia la costa, los depósitos tienen un amplio desarrollo a lo largo del curso medio del estero Puangue, al Norte del pueblo de Melipilla y especialmente en la faja de terreno comprendida entre las localidades de Chorombo y Bustamante; ellos representarían los acarreo de un brazo de hielo del Maipo que avanzó desde Melipilla hasta apoyarse en los cerros que limitan, por el Norte, la faja de terreno citada. Un origen similar tendrían los materiales que se encuentran al Sur de Melipilla, en los primeros kilómetros del camino que va al pueblo de San Pedro.

Los acarreo de la glaciación segunda tienen una permeabilidad muy baja, motivada por el gran porcentaje de cenizas finas, como para permitir el desarrollo de acuíferos; sin embargo, son muy comunes las intercalaciones de del-

gados espesores con granulometría de arenas, más permeables, que permiten a veces la extracción de pequeños caudales de agua subterránea. Estas intercalaciones, de carácter glaciofluvial, y ya explicadas en el estudio de la glaciación primera, conducen el agua que alimenta las numerosas norias para gastos domésticos ubicadas en la región occidental de Santiago.

Aluvial Segundo

Parte importante de los materiales, depositados en este período por los ríos Maipo y Mapocho, deben considerarse como restos de la M. S., cuyos componentes livianos fueron dispersados por la acción de lavado de las aguas.

En el transcurso del Interglacial Segundo los acarrees del A. P. y luego aquellos de la glaciación Segunda, habrían obligado a los dos principales ríos de la Cuenca a desplazar sus cauces y a cubrir con sus sedimentos otras zonas. En esta forma, el río Mapocho sería empujado hacia el Norte, en la parte de su curso comprendida entre las curvas de nivel de los 600 y 500 metros, por el enorme cono de rodados del Maipo construido durante el primer interglacial; en la parte alta de su curso, en las zonas de Macul y La Reina, el Mapocho también fue desplazado hacia el Norte cuando los acarrees que bajaron desde las quebradas cordilleranas de San Ramón, Peñalolén y Macul, dieron gran desarrollo a la formación de Piedemonte que se ubica al pie de los cerros de San Ramón. Además, en la región occidental del valle, el importante depósito de morrenas de la glaciación segunda prácticamente cortó el cauce del río llegando a producir, presumiblemente, un estancamiento temporal de sus aguas entre el Zanjón de la Aguada, por el Sur, la curva de nivel de los 500 metros por el Oeste y los cerros de Renca y San Cristóbal, por el Norte.

Las condiciones anteriores obligarían al río a dividirse en una serie de brazos, entre los cuales estarían: el lecho del Zanjón de la Aguada hacia Rinconada de Cerda, el que seguiría por la Alameda Bernardo O'Higgins para tomar luego por Avenida Los Pajaritos hacia Maipú y el que correría más o menos según la dirección del cauce actual. El recorrido de estos cauces antiguos del Mapocho puede seguirse, en la región occidental de Santiago o zona con depósitos de la M. S., por el hecho de que a lo largo de los recorridos indicados se presenta, en lugar de la M. S., material grueso sin componentes volcánicos de cenizas y pómez.

En lo que dice relación con el río Maipo, éste cambiaría su curso debido a su propio y enorme cono de rodados que lo llevó a buscar un nuevo cauce no obstruido por sus sedimentos; lo mismo que para el Mapocho, el cambio se produciría a través de una serie de brazos capaces de hacer desaparecer la casi totalidad de los depósitos de la glaciación segunda repartidos a lo ancho del valle.

No cabe hacer diferencias petrográficas, o de otro carácter, entre los dos aluviales analizados hasta ahora, ya que ellos se presentan compuestos sensiblemente de los mismos tipos de materiales.

Morrena Tercera

Los acarrees de la Tercera o Última Glaciación alcanzan cierta magnitud únicamente en la región cordillerana; ellos pueden reconocerse con cierta cla-

ridad más allá de la cota 800-900 metros y en la línea que va desde cerro Apoquindo, por el Norte, hasta Puente Alto, por el Sur. Muestran mayor potencia a medida que nos acercamos hacia el río Maipo y ello se explica por la superior hoya hidrográfica de éste.

La M. T. quedaría caracterizada por un gran contenido de arcilla de color, por lo general café claro, junto a bloques y piedras irregulares; en muchas partes está ligada (región de Las Condes) a pequeños depósitos de cenizas volcánicas de la Morrena Segunda.

Cortes bastante interesantes, que corresponderían a estos acarrees, pueden observarse en los terrenos del fundo La Cruz, de Las Condes, contiguos al comienzo del camino a Farellones; en las quebradas de Apoquindo, San Ramón, Peñalolén y Macul y entre Puente Alto y El Peral, donde conforma una especie de "anfiteatro morrénico", BRUGGEN (1950, pág. 219).

Ya en los depósitos de la M. T. la granodiorita aparece en forma muy subordinada a los materiales más abundantes de basaltos y porfiritas.

Aluvial Moderno

Este período continuaría hasta la fecha y durante su desarrollo los ríos Maipo y Mapocho habrían terminado de construir los cauces que les conocemos ahora. En consecuencia, los depósitos del A. M. tendrán su mayor potencia en las cercanías de los cauces actuales.

Para los sedimentos del A. M. se puede observar, en general, una sensible gradación de tamaños, desde los gruesos en la parte alta hasta los finos en las partes más bajas; esto indicaría condiciones de escurrimiento tranquilas para este período aluvial.

Dentro de los depósitos actuales es notoria la escasez de rodados de granodioritas en comparación con aquellos del A. P. y del A. S.

Otros Depósitos Sedimentarios en la Cuenca

Conos de Rodados de Quebradas: Al pie de cada una de las quebradas que desaguan los cerros limítrofes de la Cuenca, se encontrarán depósitos que bajaron por ellas en épocas de grandes lluvias o avenidas y que han terminado por construir formaciones sedimentarias con forma de conos. Los vértices de tales conos se ubican a la salida de las quebradas mientras que, hacia aguas abajo en el valle, ellos se abren como un abanico con pendiente decreciente, tanto hacia el pie como hacia las márgenes del mismo.

Los materiales de los conos de quebradas son semejantes a los depositados por los ríos, aunque se diferencian por un menor redondeamiento de los rodados; una clasificación inferior y también porque prácticamente carecen de estratificación. Estas diferencias son motivadas por el hecho de que se han depositado a través de un transporte de tipo turbulento (avenidas o aluviones). En el vértice del cono se encontrarán los materiales más gruesos y la granulometría irá decreciendo avanzando aguas abajo y también hacia las zonas marginales.

Cuando se encuentran próximas quebradas de cierta magnitud terminan por unirse los conos de cada una y se constituyen finalmente las llamadas Formaciones de Piedemonte como la que puede reconocerse en la región oriental de Santiago, al pie de la Cordillera Andina, construida por las quebradas que se ubican entre los ríos Maipo y Mapocho. BRUGGEN (1950, pág. 69).

El Piedemonte de San Ramón es la manifestación más destacada de sedimentación por conos de rodados de quebradas en la Cuenca y queda limitado, aproximadamente, por el área en forma de domo dibujada en el plano CSS, que muestra la cubierta superficial del relleno de Sanitago.

Aguas abajo de la cota 600 metros sabemos, por los sondeos perforados, que los materiales propios del Piedemonte se apoyan sobre depósitos del A. P.; para estos últimos no tenemos antecedentes que nos permitan establecer, en forma clara, hasta dónde se encuentran aguas arriba. Sin embargo, de acuerdo con las suposiciones ya realizadas sobre los cauces primitivos de los ríos Maipo y Mapocho, creemos que se presentarán acarrees del primer interglacial a todo lo ancho del Piedemonte, más o menos hasta el Canal San Carlos; en las zonas marginales, ellos llegarían hasta el límite dado por el Canal El Bollo. Este A. P. marginal correspondería, en la parte Norte, especialmente al Mapocho y en la parte Sur al Maipo.

Los materiales con que ha sido construido el Piedemonte de San Ramón serían, en su gran mayoría, aquellos lavados o arrastrados de los depósitos morrénicos cordilleranos; tendremos entonces, representados en él, los acarrees de las tres épocas glaciales y así hemos podido constatar, para unos pozos de alcantarillado realizados en el aeródromo de Tobalaba, capas de 60 centímetros de espesor situadas a una profundidad de 20 metros y compuestas de cenizas volcánicas muy finas y homogéneas. Tales cenizas son, seguramente, producto del lavado de algún depósito de la M. S. cuyos componentes gruesos, de pómez y piedras densas, quedaron dispersados en el camino hacia aguas abajo hasta la zona de redepositación.

En gran parte de su extensión el Piedemonte presenta una cubierta superficial arcillosa y ello presupone que los sedimentos más recientes se depositaron bajo condiciones de escurrimiento de relativa tranquilidad. La cubierta arcillosa se mantiene prácticamente sin variaciones hasta la región del Canal

San Carlos a partir del cual, hacia aguas arriba, son más abundantes los materiales gruesos; casi al pie de la quebrada de San Ramón, se tiene una amplia extensión superficial de acarreo muy gruesos que se aprovechan para la extracción de agregados del concreto. Las excavaciones realizadas permiten apreciar la gran heterogeneidad de tamaños de los rodados, como también la estratificación deficiente y la mala clasificación de los mismos. Las piedras son poco redondeadas y abundan los tamaños superiores a 20 centímetros de diámetro, esto último ha originado la instalación de una planta de chancado para reducirlos a tamaños compatibles con su empleo como agregados. Las variedades petrográficas corresponden principalmente a rocas de la Formación Porfírica y Basaltos.

El Loess: El viento es un activo agente transportador y depositador de materiales finos y su acción puede reconocerse en varias zonas locales dentro de la cuenca.

Para que los sedimentos eólicos queden incorporados al terreno es preciso que no se tengan cursos de aguas que los laven y arrastren, como asimismo que existan pequeñas cubiertas vegetacionales o pastos capaces de retenerlos e impedir un nuevo transporte por corrientes de aire renovadas. Tales condiciones se habrían presentado en el pasado geológico de la cuenca y ahora sería posible reconocer, como probables depósitos de este tipo, algunas capas de la zona de Macul confundidas con las arcillas de lavado del Piedemonte de San Ramón; otros en la rinconada de Conchali, especialmente al Norte de la ubicación dada por el Hipódromo Chile; en la región de Batuco, en capas delgadas que se alternan con importantes depósitos lagunares; finalmente, en una zona bastante local situada al Oeste de la estación de ferrocarriles Alameda y más precisamente en la conjunción de Avenida Las Rejas con el camino Los Pajaritos, donde se construye una gran población obrera.

Los probables materiales eólicos de la Cuenca se caracterizan por tener granulometría de limos, ser de estructura porosa condicionada por huecos de pequeñas raíces, presentarse pulverulentos al tacto, dar poco olor a tierra mojada cuando se les echa el aliento y, fundamentalmente, por no contener componentes de tamaños superiores a los que definen las arenas finas.

Depósitos lagunares: Cuando se producen estancamientos de aguas, éstas terminan por evaporarse dejando, in situ, los materiales que llevan en suspensión; así se originan gruesos espesores de arcillas muy homogéneas, las cuales se reconocen, superficialmente, porque al continuar la evaporación hasta secamiento completo se parten en prismas hexagonales. Lo mismo vale para todos los depósitos arcillosos sometidos a humedecimientos y secamientos, pero, a diferencia de los de origen fluvial, aquí es posible observar espesores potentes compuestos exclusivamente de partículas finas.

En la depresión de Batuco estos sedimentos alcanzan gran desarrollo, de modo que, prácticamente desde la superficie hasta el lecho de rocas, se encuentran materiales lagunares con delgadas intercalaciones de loess, arenas y, hacia el fondo, posiblemente acarreo de bolsones.

Según lo expresado en el estudio de la Glaciación Primera, con el deshielo de las grandes masas de hielo una parte importante del agua ocupó las depresiones sin desagüe del valle y trajo consigo la sedimentación de importantes espesores de arcillas de este tipo. Ello ocurriría especialmente en las depresiones

de La Dhesa, Conchali, Lo Vial y Lo Cerda y también en toda la región situada al Norte de los cerros de Renca.

Escombros de faldas: Debemos señalar, por último, que al pie de los cerros que rodean la cuenca se producen continuamente arrastres, por las aguas lluvias, de la cubierta superficial rocosa meteorizada. Estos arrastres dejan, inmediatamente al pie de los cerros, los componentes más gruesos caracterizados por su heterogeneidad de tamaños y por su ninguno o escaso redondeamiento; aguas abajo de los faldeos van quedando los materiales más finos, de modo que los depositados a mayor distancia presentan granulometría arcillosa.

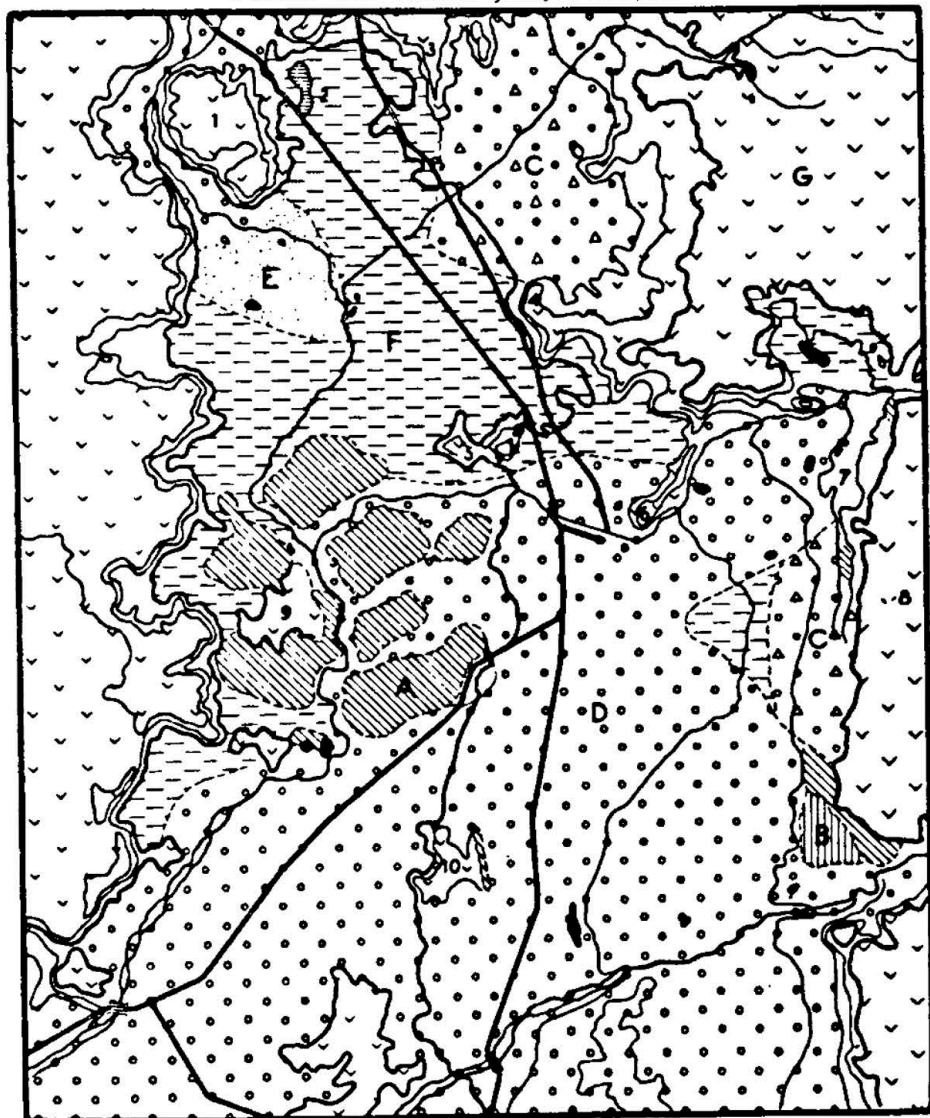
Esta clase de acarreo tendrá relativa importancia solamente junto a los cordones cordilleranos limitrofes y cerros islas que se levantan sobre el valle de Santiago.

Cubierta Geológica Superficial de Santiago: La repartición superficial de los distintos sedimentos de la Cuenca queda indicada, en cuanto a sus características granulométricas generales, en el plano CSS.

Las áreas señaladas por el plano en referencia deben considerarse como aproximadas ya que, especialmente en las zonas límites, se producen invasiones caprichosas de materiales de una zona en otra. Del mismo modo, para ciertos sectores interiores de algunas áreas, se presentan cambios que alteran el conjunto en forma demasiado local como para considerarlas en el plano CSS. Alteraciones repetidas se presentan, por ejemplo, en la porción occidental del valle; aquí, cursos de aguas temporales han lavado los depósitos de la Morrena Segunda de sus componentes volcánicos y han quedado, in situ, los más pesados produciéndose una cubierta de rodados o arenas permeables de apariencia fluvial.

No se ha considerado en el plano anterior la cubierta de suelo que ocupa, con espesor variable entre algunos centímetros y en general no más allá de 1,20 metros, la casi totalidad del valle.

PLANO CSS: Cubierta geológica superficial



Base topográfica: hoja 1 100000 Instituto Geográfico Militar

0 2 4 6 8 10 Km

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1) Cerro Chape; | 6) Cerro San Cristóbal; |
| 2) Laguna de Batuco; | 7) Cerro Apoquindo; |
| 3) Cordón del Manzano; | 8) Cerro San Ramón; |
| 4) Cerro Los Hornos; | 9) Cerros de Lo Aguirre, y |
| 5) Cerros de Renca; | 10) Cerros de Chena. |
| A.—Morrena Segunda; | B.—Morrena Tercera; |
| C.—Glaciofluvial; | D.—Ripio, y |
| E.—Arena; | F.—Arcilla. |

G.—Roca Fundamental;

Generalidades sobre el Agua Subterránea de la Cuenca

El Agua Subterránea en la Roca Fundamental: Los tipos de roca que son de esperar en el lecho del valle corresponderían, en su gran mayoría, a las de la Formación Porfirítica, Batolito Andino y rocas más modernas tales como basaltos y andesitas.

Los afloramientos cordilleranos de estas rocas se muestran, en general, densos e impermeables y es lógico suponer que tales características se mantendrán en la circa del valle; en consecuencia, existirán posibilidades de encontrar caudales subterráneos únicamente donde se tengan fracturas de origen tectónico o desarrolladas a través de procesos de meteorización. Respecto de las grietas tectónicas, ellas estarán asociadas especialmente a zonas de fallas las cuales, para el caso de la Cuenca en estudio, se ubicarían preferentemente junto a las márgenes occidental y oriental de las cordilleras de los Andes y de la Costa respectivamente.

Las fracturas de mayor magnitud, situadas a profundidad, tendrán un valor relativo para la existencia de grandes acuíferos, ya que ellas sufrirían un proceso de relleno por los materiales de la sobrecarga o bien por la abundante arcilla que usualmente se produce en los planos de fallas. Las grietas marginales, de mucho menor magnitud, desarrolladas cerca de la superficie como última manifestación de los movimientos tectónicos profundos, son susceptibles de ser agrandadas por procesos de meteorización y de quedar interconectadas unas con otras permitiendo la existencia de acuíferos de cierta extensión.

En el valle, donde las rocas fundamentales pronto fueron sepultadas bajo los potentes acarrees cuaternarios, la acción de meteorización estará limitada a una cubierta bastante superficial; por lo demás, aquí las fracturas de origen tectónico se ligarán con zonas de fallas transversales, las cuales, fuera de ser presumiblemente menos importantes que aquellas longitudinales ya nombradas, son difíciles de reconocer por los acarrees que las cubren.

Según todo lo anterior, dentro del valle es problemática la posibilidad de cortar napas de aguas en la roca fundamental y esta posibilidad quedaría limitada a la porción superior del lecho rocoso.

A la entrada de la Cordillera de los Andes se reconoce una serie de vertientes que afloran en grietas de la roca fundamental con gastos de aguas pequeños aunque sensiblemente constantes para todo el año. Las dos más conocidas de dichas vertientes son las siguientes:

Baños de Colina: Se ubican en los 33° 12' de latitud y 70° 37' de longitud, a una altura de más o menos 920 metros sobre el nivel del mar. Se distinguen en la zona dos grupos de vertientes; las más altas entregan aguas con temperatura constante del orden de los 32° C y las más bajas, situadas a unos 60 metros de las anteriores, aguas de unos 26° de temperatura.

A las aguas de estos baños se les atribuye propiedades medicinales y la región cuenta en la actualidad con una gran piscina, casetas de inmersión privadas y comodidades de alojamiento que la hacen muy concurrida en la temporada de verano.

Baños de Apoquindo: Están situados en los 33° 25' de latitud y 70° 32' de longitud, a una altura de 800 metros a la entrada de la quebrada del mismo nombre. Las aguas alumbran de cuatro puntos principales y sus temperaturas varían entre los 18-23° C.

También se las considera de carácter medicinal y son utilizadas por el Cuerpo de Carabineros de Chile que tiene en la región un Sanatorio para convalecientes de enfermedades pulmonares.

En las visitas que hemos realizado a la zona de estos baños, tanto de Colina como Apoquindo, pudimos estimar que ellos entregan un gasto del orden de 50-80 metros cúbicos/día cada uno.

Un análisis, realizado por el Laboratorio del Servicio Nacional de Salud, el año 1945, sobre muestras de agua de los Baños de Colina, dio el resultado siguiente:

Temperaturas de las aguas		30-32° C	
Residuo seco a 180° C		426 mgrs./litro	
Reacción		Alcalina	
Aniones	mgrs./litro	Cationes	mgrs./litro
HCO ₃	69,300	Na	98,561
Cl	74,550	Ca	47,124
SO ₄	96,636	Mg	3,480
SiO ₂	29,118	Fe	4,900
		Li	No hay

En la región oriental de la Cordillera de la Costa o límite occidental del valle, también se encuentran vertientes que alumbran en grietas de la roca fundamental. Es interesante anotar el hecho de que en los piques de laboreo de la Mina Desengaño, ubicada junto al faldeo oriental del cerro Chape, y de la Mina La Africana, situada frente a Pudahuel, en los cerros de Lo Aguirre, la abundancia del agua subterránea constituye una molestia bastante grande en las faenas de extracción.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario. De acuerdo con el perfil de la figura 1, donde se han indicado las capas fundamentales del relleno sedimentario de la Cuenca, las napas de aguas subterráneas o acuíferos más importantes se ubicarán en los espesores de materiales permeables correspondientes a los Aluviales Primero, Segundo y Moderno.

El período Interglacial de mayor importancia y duración habría sido aquel que hemos denominado Primero y en consecuencia, las napas más ricas se ubicarán en los acarreo correspondientes al mismo.

Aguas arriba de la cota 500 metros, entre los cursos actuales de los ríos Maipo y Mapocho, la Morrena Segunda estaría reemplazada por sus propios acarreo gruesos no removidos por la acción de las aguas y por ello las napas del A. P. se confundirán con aquellas ubicadas en el A. S. En la misma zona anterior, donde no se tengan los materiales de la Tercera o última Glaciación ni tampoco los del Piedemonte de San Ramón, se cortarían con los sondajes sensiblemente capas aluviales o glaciofluviales y ello desde la superficie hasta la profundidad en que se alcancen los depósitos de la Morrena Primera o los depósitos preglaciales. Aquí las napas de aguas superficiales, o cercanas a la superficie, mostrarán tendencias a escurrir en forma vertical hacia el depósito permeable más profundo, es decir, el Aluvial Primero; salvo en aquellos sectores donde queden aisladas por capas fluviales arcillosas o donde los Aluviales

Moderno y Segundo entren directamente al contacto con los depósitos impermeables de la Morrena Primera.

Al poniente de la cota 500 metros el perfil de la figura 1 empieza, en la superficie, con los materiales volcánicos de la M. S. y, por consiguiente, las napas se localizarán dentro del espesor de relleno permeable del Interglacial Primero.

Al Suroeste del pueblo de Maipú, o sea, en la porción del valle comprendida entre la Cordillera de la Costa y los cerros de Chena y Lonquén, el relleno es fundamentalmente aluvial o glacioluvial; allí se tendrá, entonces, una serie de napas hasta el horizonte inferior de los acarrees fluviales más antiguos y donde las napas más ricas serán las situadas a mayor profundidad.

En la región situada al Norte de los cerros de Renca, se ubicarán napas ricas y profundas aguas arriba de la cota 500 metros dentro del relleno, con materiales gruesos y permeables, del primer periodo aluvial. Aguas abajo de la cota 500 metros, donde los sedimentos son fundamentalmente arcillosos, las napas se cortarían en las intercalaciones de arenas permeables, en general de pequeño espesor, depositadas en los periodos de grandes creces o a lo largo de los diferentes cauces construidos por los ríos de la zona.

V ESTUDIO DE CUENCAS PARCIALES

De acuerdo con la estratigrafía sedimentaria, esbozada en lo que antecede para el valle de Santiago, se deduce que las condiciones de sedimentación son muy variadas y, por tal motivo, estimamos conveniente entrar al estudio detallado de zonas locales para las cuales se mantienen, aproximadamente, ciertas características de relleno y de escurrimiento de napas subterráneas; naturalmente, dichas características hidrogeológicas variarán en forma gradual y en las cercanías del límite de dos regiones contiguas se presentarán transiciones entre las condiciones imperantes en una u otra.

A continuación se entregan, para la mejor comprensión del trabajo, algunas consideraciones de carácter general:

División del Terreno: El valle de Santiago, en la porción abarcada por este estudio, se ha dividido en tres zonas:

Santiago Norte o zona situada al Norte del río Mapocho.

Santiago Central o zona comprendida entre río Mapocho y Zanjón de la Aguada, y

Santiago Sur o zona ubicada al Sur del Zanjón de la Aguada.

A su vez, cada una de las tres anteriores se ha dividido en una serie de áreas que representan lo que hemos llamado, quizás algo impropriamente, Cuencas Parciales. Los límites de estas últimas aparecen señalados en el plano UCP.

Valuación de los Datos: Entre las características más importantes de los pozos, para un estudio como el presente, figuran los que dicen relación con los materiales atravesados y los niveles de aguas observados una vez ubicadas las napas productoras.

Con respecto de las capas atravesadas es del caso anotar que en la Cuenca se ha empleado esencialmente la Sonda de Percusión; esta máquina, por sus características de trabajo, produce una gran molienda de los tamaños más

gruesos y favorece también, mientras no se proceda a la entubación de la parte superior, la contaminación de las capas del fondo por derrumbes de las situadas más arriba. A esto se debe agregar que la extracción de los materiales se hace con "cuchara" y ésta requiere la mezcla de los sólidos con abundante agua, suministrada por el mismo pozo o desde la superficie, para formar un barro que tenga fácil acceso a la "cuchara". Resulta, entonces, prácticamente imposible obtener muestras no perturbadas y ello explica el por qué no figuran en este trabajo análisis granulométricos o de permeabilidad sobre tales muestras; ya que, se comprende, resultarían de un valor dudoso. Si bien no se han efectuado análisis de laboratorio, se observaron muestras de casi todos los sondajes utilizados y numerosas veces se reconstruyó la naturaleza de un material a través del examen cuidadoso de los trozos quebrados por la Sonda.

En cuanto a los niveles de aguas, que se entregan como datos de los sondajes en los cuadros respectivos, ellos son los mismos determinados por los constructores para el momento del Aforo o Prueba de Agotamiento. Se desprende de esto que entre algunos pozos pueden existir lapsos de años para las medidas respectivas; evidentemente, como la recarga de las napas subterráneas es función de las precipitaciones, los valores de los niveles de aguas dependerán de la temporada, lluviosa o seca, en que ellas fueron realizadas. Además, cualquier determinación en un pozo reciente quedará corrientemente afectada, en forma negativa, por el bombeo de los pozos cercanos más antiguos en proceso de explotación. De aquí se podría pensar en la confección de un cuadro, realmente comparativo, que elimine los factores de influencia; es decir, hacer las medidas para todos los sondajes existentes a la fecha, en un lapso tan corto que permita suponerlas todas afectadas del mismo régimen de precipitaciones y eliminar, al mismo tiempo, el bombeo de los pozos circundantes antes de cada una.

El trabajo anterior, que debería complementarse con un levantamiento topográfico cuidadoso de las cotas de los sondajes, es de subido costo con lo cual, fuera de quedar al margen de nuestras posibilidades materiales y de personal, no corresponde tampoco al campo normal de trabajos del Instituto de Geología. Sin embargo, existen algunas razones que permiten disminuir la utilidad de la tarea propuesta para las conclusiones entregadas más adelante, ellas serían:

a) En la Cuenca puede considerarse la existencia de curvas de niveles de aguas subterráneas teóricas, correspondientes al promedio de aguas lluvias anuales y en torno de las cuales fluctuarían los valores medidos en los pozos. Por exceso para los períodos con precipitaciones sobre el promedio anual y por defecto para las épocas con lluvias por debajo de dicho valor promedio.

b) Salvo para las zonas con napas superficiales o con áreas de alimentación reducidas, los datos obtenidos de los pozos en años diferentes permitirían la estimación de tales curvas teóricas, ya que las oscilaciones alrededor de ellas serían relativamente pequeñas.

c) Los descensos de niveles, motivados por interferencias mutuas de bombeo, no habrían llegado todavía al punto de ser de consideración, aunque se estaría alcanzando, dentro de ciertas zonas, una concentración crítica de pozos con el peligro, si su número aumenta en forma excesiva, de producir un sobrebombeo o extracción de un gasto superior al que recarga las napas subterráneas.

Resumiendo, podemos decir que hemos estimado suficientes, si no total-

mente satisfactorios, los datos tomados en periodos diferentes para la estimación de los niveles generales o Niveles de Aguas Normales. Nuestra estimación engloba, por otra parte, las consideraciones de escurrimiento de las napas en base a los perfiles sedimentarios deducidos para las diferentes cuencas parciales.

Es corriente en la Cuenca la existencia de napas que en ciertas partes de su curso corren como aguas de escurrimiento libre y en otras como napas confinadas sometidas a condiciones de artesianismo. Resulta entonces, muchas veces, que el nivel de aguas medido en el pozo es el resultado de la combinación de un Nivel Estático con un nivel piezométrico y a este nivel resultante lo denominaremos Nivel de Aguas Normal.

Perfiles de Interpretación: Los perfiles a través del terreno corresponden a los señalados en el plano de ubicación de sondajes y perfiles o plano UPP que se incluye al final del trabajo. Ellos no tienen escala de medidas uniformes, sino que se ha considerado, en cada caso, la escala más favorable de acuerdo a la longitud del perfil y de las capas sedimentarias que se desea destacar; tanto las medidas horizontales como las verticales se indican gráficamente para cada figura. Algunas veces, se encontrarán pequeñas variaciones entre las longitudes medidas a través del perfil y aquéllas reales dadas por el plano general de pozos; estas variaciones se deben a las interpolaciones realizadas para algunos sondajes incluidos en el perfil.

Las capas, señaladas en las figuras, siguen una representación gráfica uniforme que se ha indicado solamente en la primera figura utilizada para el estudio de cuencas parciales, perfil AA.

Cuadros de Sondajes: En éstos se incluyen, como datos característicos de sondajes regionales, los siguientes:

Número o abreviación de identificación donde los numerados corresponden a sondajes CORFO y están de acuerdo con la nomenclatura de esta Institución.

Denominación con relación al propietario o a la ubicación.

La profundidad alcanzada en metros.

La cota de la boca del pozo, en metros sobre el nivel del mar y deducidas de las planchetas 1:25.000 del Instituto Geográfico Militar.

La cota del fondo del pozo.

El Nivel de Aguas al estado de reposo medido en el pozo a partir de la superficie considerada como punto 0 metros.

La cota del nivel anterior.

El gasto expresado en litros/segundo determinado en la prueba de agotamiento.

La depresión o descenso del Nivel de Aguas para el gasto citado y expresada en metros, y finalmente

Las cotas de los horizontes superior e inferior de las napas cortadas.

A Cuenca parcial Colina

Ubicación: Es la región recorrida por el río del mismo nombre y situada unos 30 kilómetros directamente al Norte de la ciudad de Santiago. Sus límites son: por el Norte, cordón de cerros del Manzano que hacia el Este se prolongan en los cerros de Peldehue; por el Este, cerros de la cordillera andina;

por el Oeste, una línea que pasa por los cerros Leiva y Liray, dirigiéndose luego hacia el Sur como se indica en el plano UCP; por el Sur, Quilicura frente a los cerros de Renca.

Sistema Hidrográfico: El desagüe de las aguas superficiales se realiza a través del río Colina, que en su curso cordillerano queda conformado por varias quebradas o esteros que desaguan cumbres de hasta 3.500 metros. Frente al cerro La Guaca, el Colina recibe los aportes de la quebrada La Leonera la cual nace, a unos 1.500 metros de altura, en los cerros de Peldehue y corta una terraza aluvial, situada en su punto de confluencia y que constituye la única comunicación visible entre las cuencas de Colina y la ubicada inmediatamente al Norte o Peldehue.

Aguas abajo del cerro La Guaca el río recibe una serie de quebradas, normalmente secas, con sus nacimientos en los cerros limítrofes; de éstas las más importantes son aquellas que drenan los cerros de Chicureo, en la zona oriental, y la rinconada construida por el cerro Leiva y la Puntilla que se localiza al Noreste del mismo cerro.

Dentro de los límites de la cuenca, el río Colina cubre una hoya de aproximadamente 500 kilómetros cuadrados a los cuales contribuye, la quebrada La Leonera, con unos 30.

Generalidades Fisiográficas: El valle del río, desde cerro La Guaca hacia aguas arriba, es sumamente regular con una anchura de unos 600 metros y pendiente no superior al 2%; en las cercanías del cerro El Cepo el valle se estrecha hasta una amplitud no mayor de 150 metros. Más arriba, continúa el estrechamiento y el río entra a unirse con sus afluentes cordilleranos cambiando su curso superior, hasta aquí más o menos rectilíneo, por uno sinuoso al Noreste.

Entre los cerros La Guaca y El Cepo el valle es de apariencia glacial; el río no sigue un cauce definido, sino que presenta varias ramificaciones y varias de éstas han sido aprovechadas para canalizar el riego.

Aguas abajo del cerro La Guaca se encuentran los cerrillos islas de Coimaico y Lo Guzmán y entre ambos pasa el cauce actual del río que se dirige al Suroeste, hacia el río Lampa, pasando por la estación de ferrocarril Colina, junto al sondaje E.C. A partir de los cerrillos islas nombrados, el valle alcanza un ancho promedio de unos 6 kilómetros y luego se abre, hacia el Este con la Rinconada de Chicureo y también hacia el Oeste, donde se une al valle propio del Lampa, alcanzando su amplitud máxima la región de Santiago Norte.

Un poco al Sur, descienden desde la cordillera andina los cerros de Los Hornos y luego se encuentran los cerros de Renca, de modo que el drenaje de las aguas superficiales, desde Santiago Norte a río Mapocho, se verifica a través de una especie de umbral, de unos 10 kilómetros de ancho, conformado por los cerros de Renca y de Lo Aguirre.

En toda esta parte se tiene una pendiente en la dirección del escurrimiento del río Colina y también, algo más suave, desde el Este al Oeste; aguas abajo, hasta las cercanías de la cota 500 metros, la pendiente principal es poco superior al 1% y disminuye, desde la cota citada al Sur, en forma que la región austral de Santiago Norte presenta terrenos planos, del tipo de vegas, con escaso drenaje superficial.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En la Cuenca Parcial Colina se han perforado unos 30 sondajes, correspondiendo sobre un 80% a los realizados por CORFO. En el plano UPP aparecen los 23 cuyas características se reseñan en el cuadro I de la página 35; ellos están concentrados en las tierras altas del valle mientras que, aguas abajo de la cota 600 metros, se presentan más dispersos.

En el cuadro I los pozos están ordenados más o menos según el sentido de escurrimiento de las aguas subterráneas. Puede observarse que todos han resultado productores y la mayoría, salvo los N.os 96-186, se encuentra en proceso de explotación o en camino de estarlo. Respecto del sondaje E.C., no conocemos sus posibilidades de extracción reales; en la actualidad entrega un gasto de 2-3 litros segundo, sin empleo de bomba y con una pequeña surgencia. Para las épocas de muy escasas lluvias el gasto anterior se obtiene con el auxilio de una bomba reloj manual; en cualquier caso, se descarta la idea de lograr rendimientos superiores a los 10 litros/segundo para el pozo mencionado.

Los otros sondajes tienen gastos de explotación, indicados en el cuadro I, comprendidos entre 30-120 litros, segundo, con un rendimiento promedio algo superior a los 50 litros, segundo.

Las aguas extraídas se emplean fundamentalmente con fines de riego y se comprende, entonces, que los pozos serán explotados en forma intensa durante los meses de verano, cuando los abastecimientos superficiales se hacen insuficientes y es mayor la demanda de riego para los cultivos.

Cuadro Sedimentario General: En Colina, al igual que para el resto de la Cuenca de Santiago, los materiales que modelaron la disposición actual de los acuíferos son aquéllos depositados por las diferentes glaciaciones y períodos interglaciales.

La Glaciación Primera no se habría extendido aquí mucho más allá de la cota de los 500 metros y sus acarrees quedarían en la zona más alta del valle, tal como se señala de un modo esquemático en el plano UMP. Adosados a los cerros limítrofes se tendrían importantes espesores de morrenas laterales y en la parte ancha del valle morrenas basales, con una serie de cordones de morrenas terminales, según los diferentes avances y retrocesos del glaciar. Según se dijo anteriormente, los materiales de la Morrena Primera no podrían diferenciarse mayormente de aquéllos más antiguos y que pueden atribuirse a Bolsones; en consecuencia, aquí como en el resto del valle de Santiago hemos marcado en los perfiles la Morrena Primera, apoyada sobre el hecho recoso o sedimentos antiguos consolidados.

El Primer Interglacial trajo consigo el lavado de los materiales finos arcillosos de los acarrees morrénicos anteriores, dejando in situ, o redepositándolos a distancias no muy lejanas, los materiales más gruesos.

Los acarrees de la Glaciación Segunda tal vez no avanzaron muy abajo por la poca pendiente del valle y por la hoya relativamente restringida del glaciar en comparación con el Mapocho y el Maipo. La capa 530-520 metros, cortada en el sondaje N^o 107, podría corresponder a depósitos de esta época; esta situación se marca en el perfil CC, donde además se señala la poca extensión de tales acarrees hacia aguas abajo.

El Interglacial Segundo continuó con el lavado de los depósitos morrénicos y durante este período se habrían constituido los cauces actuales de los ríos de Santiago Norte. Es muy posible que la laguna de Pudahuel, ubicada en el

CUADRO I. SONDAJES COLINA

Nº	Denominación	Profundidad	Cota boca	Cota fondo	Nivel Agua	Cota N. Agua	Caso	Depresión	Cotas Horizontes Superior e Inferior Napas	
96	Fundo Santa Filomena . . .	1º 120,0	705	585,0	—	—	8	—	699,0 — 697,0	
161	Fundo Reina Norte. . .	2º 105,0	608	503,0	72,0	536,0	58	28,0	545,5 — 545,0; 524,8 — 523,8; 511,0 — 510,0	
186	Fundo Reina Norte . . .	4º 182,0	582	400,0	—	—	15	75,0	537,5 — 537,2; 525,0 — 524,5; 484,0 — 483,0; 473,0 — 472,0; 465,5 — 463,0	
152	Fundo Reina Norte . . .	1º 102,0	598	496,0	64,5	539,5	50	29,5	502,0 — 498,5	
175	Fundo Reina Norte . . .	3º 113,8	590	476,2	58,5	531,5	100	41,5	530,0 — 529,5; 523,0 — 522,0; 518,5 — 510,0; 499,0 — 485,0; 481,0 — 480,0	
126	Fundo La Reina . . .	3º 107,0	604	497,0	66,0	538,0	40	26,0	520,5 — 519,0; 515,5 — 513,5; 509,5 — 504,0	
138	Fundo La Reina . . .	4º 106,0	595	489,0	62,5	532,5	80	21,5	511,0 — 510,0; 497,5 — 494,0; 491,0 — 490,0	
82	Fundo La Reina . . .	2º 120,0	594	474,0	61,0	535,0	40	8,0	529,5 — 526,5; 522,5 — 519,0; 499,0 — 496,0	
172	Fundo San Luis . . .	2º 110,0	605	495,0	65,0	540,0	80	35,0	504,0 — 498,0	
104	Fundo San Luis . . .	1º 102,5	588	485,5	45,5	542,5	45	34,5	568,0 — 567,2; 566,0 — 564,5; 562,5 — 561,6; 518,0 — 512,0; 492,0 — 490,0	
115	Fundo Los Alamos . . .	1º 107,0	578	471,0	41,5	536,7	55	26,7	474,0 — 466,0	
151	Fundo Santa Ester . . .	2º 109,0	570	461,0	36,3	533,7	40	23,7	523,5 — 522,4; 517,5 — 517,0; 475,5 — 473,8; 468,0 — 463,0	
148	Fundo Santa Ester . . .	1º 64,0	570	506,0	37,7	532,3	30	22,3	521,0 — 520,4; 511,5 — 510,5	
107	Fundo Lo Arcaya . . .	1º 78,0	574	496,0	36,0	538,0	54	24,0	550,0 — 546,0; 520,0 — 519,0; 501,4 — 497,5	
115	Fundo Lo Arcaya . . .	2º 76,3	566	489,7	34,5	531,5	70	27,5	529,0 — 527,5; 522,0 — 521,0; 516,5 — 514,0; 503,0 — 499,0; 493,0 — 491,0	
237	Fundo Lo Arcaya . . .	3º 78,0	557	479,0	29,3	527,7	60	24,7	523,0 — 515,0; 502,0 — 486,5	
40	Huertos de Colina . . .	1º 51,0	552	501,0	20,5	531,5	70	17,5	513,0 — 511,0; 506,0 — 504,0	
149	Fundo San Vicente . . .	1º 63,3	542	478,7	15,4	526,6	120	20,6	501,0 — 500,0; 491,0 — 486,0; 481,5 — 479,0	
106	Fundo San José . . .	1º 55,0	530	475,0	7,8	522,2	50	16,2	495,6 — 492,7; 482,0 — 480,5	
124	Fundo Los Menores . . .	1º 54,0	510	456,0	0,8	509,2	60	49,2	494,5 — 491,5; 474,5 — 473,5; 460,0 — 457,5	
57	Chacra Verrailles . . .	1º 107,0	494	387,0	0,0	494,0	30	3,0	492,5 — 491,5; 464,5 — 462,5; 438,0 — 456,0; 441,0 — 438,0; 426,0 — 424,0	
E.C.	Estación Colina . . .	1º 192,0	480	288,0	0,0	480,0	3	0,0	442,0 — 437,0; 303,0 — 298,0	
38	Fundo Lo Campino . . .	1º 33,0	500	467,0	1,5	488,5	35	23,5	498,0 — 497,2; 482,5 — 481,5; 470,0 — 468,0	

curso inferior del río Lampa actual, se haya formado en el transcurso de este Interglacial por el estancamiento de aguas que produjo, en la zona de drenaje al Sur de los cerros de Renca y Lo Aguirre, el grueso espesor de morrenas volcánicas depositado en la región de Maipú por los glaciares del Maipo y Mapocho.

La Glaciación Tercera quedó limitada a las partes más altas, cotas 800-900 metros, y, en consecuencia, ella no se hizo sentir en la zona de Colina.

El Aluvial Moderno corresponde a los acarrees más recientes y ha contribuido a la cubierta superficial actual del valle en la forma que se muestra en el plano CSS, con materiales gruesos hasta la cota de los 500 metros aproximadamente, y materiales finos arcillosos hacia aguas abajo. En la parte superior del valle abunda el ripio, comprendido entre 5-15 cms. y, en menor proporción, bloques y bolones de hasta 1 metro de diámetro; las formas varían entre aquellas de huevillo fluvial hasta algunas caprichosas y que se catalogarían como glacio-fluviales. Entre las variedades petrográficas son numerosos los rodados de porfiritas con grandes fenocristales blancos de plagioclasas, porfiritas rojizas, rodados de lavas porfíricas, basaltos negros y dioritas de colores claros; los rodados de granodioritas son escasos.

Las características superficiales de Colina se mantienen para las capas del subsuelo, pudiéndose observar una gradación muy sensible de tamaños desde las cotas más altas hacia la parte plana y pantanosa del valle. Lo anterior indicaría que el río Colina, en el transcurso de su historia geológica, no fue nunca capaz de llegar con sus acarrees gruesos mucho más allá de la cota de los 500 metros; esto se debería, tanto a la existencia de caudales de aguas siempre relativamente pequeños, como a la amplitud que alcanza el valle a la salida de cerro La Guaca y que hace perder al río gran parte de su fuerza de transporte antes de la cota 500 metros.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Las napas de aguas se localizan en Colina en los materiales del Aluvial Primero y el piso de ellas estará dado por las capas de morrenas, o sedimento preglaciales, no erodados por la acción de los cursos superficiales de aguas; luego, los acuíferos de mayor importancia se cortarían en las cercanías o junto a los cauces antiguos indicados para el río Colina.

Descartada la influencia de los depósitos de la Glaciación Segunda, hacia arriba continuarán los acarrees de los aluviales segundo y moderno en cuyas capas más permeables también se ubicarán acuíferos. Estos últimos, por lo general, serán de menor importancia que aquéllos ubicados en los sedimentos del primer aluvial; en efecto, cuando los acarrees de los tres periodos interglaciales se sucedan a través de materiales permeables, las napas superiores manifestarán un escurrimiento de tipo vertical hacia las situadas más abajo y, cuando existan intercalaciones impermeables, las napas más superficiales constituirán muchas veces depósitos de aguas "colgados" que tendrán una buena alimentación únicamente para las temporadas de abundantes lluvias.

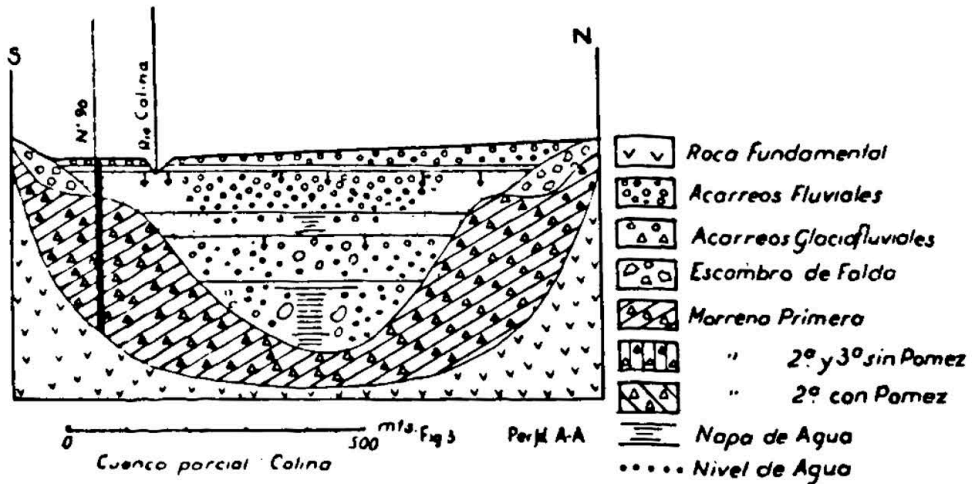
Todo lo anterior es válido para la parte superior del valle, donde se manifiestan sensiblemente materiales gruesos permeables; aguas abajo de la cota 500 metros, estas capas permeables disminuyen de espesor, acuífándose, y son reemplazadas por depósitos de carácter arcilloso mucho menos permeables. De este modo, ya no se tendrán acuíferos de amplia extensión superficial sino lentes de tipo longitudinal y con repartición irregular según los desplazamientos laterales que habría experimentado el Colina. Aquí se encontrarán, frecuentemente, napas

confinadas las cuales, al ser cortadas por los sondajes, llevarán el Nivel de Aguas Normal cerca o sobre la superficie del terreno, de acuerdo con la gradiente de pendiente del mismo que se muestra en el perfil BB de la figura 4.

En la Rinconada Chicureo existe un verdadero Cono de Rodados formado por las quebradas que drenan los cerros del mismo nombre y, según lo ya establecido para este tipo de formaciones sedimentarias, los materiales más gruesos se encontrarán en la zona oriental de la Rinconada y los más arcillosos, de menor permeabilidad, hacia el poniente. En Chicureo, donde se tiene una hoya de unos 70 kilómetros cuadrados, las napas pueden ser lenticulares debido a la migración de los cauces en la superficie del Cono de Rodados; es muy posible, entonces, que al ubicar sondajes cercanos al límite occidental se corten únicamente materiales impermeables secos. Ahora, si los sondajes se ubicaran demasiado cerca del límite oriental, donde se encuentran los materiales más gruesos y permeables, no se captaría con ellos la alimentación de aguas provenientes de las diversas quebradas de la zona. Se deduce de todo esto que la ubicación más favorable se localizaría en la parte media de la Rinconada donde, además de mantenerse con cierto espesor las capas permeables, se tendría la posibilidad de cortar el suministro de aguas subterráneas de más de una quebrada.

A continuación se discute una serie de perfiles a través de la cuenca.

Perfil AA (Caso del sondaje N° 96)



En la figura N° 3 se muestra un corte, Norte-Sur, a través del valle del Colina en la zona donde se encuentra el sondaje N° 96 que cortó una napa entre las profundidades de los 4-6 metros y luego se prolongó, con fines de estudio, hasta los 120 metros de hondura sin encontrar nuevos acuíferos. El pozo atravesó, en los primeros 30 metros, materiales de tipo aluvial y luego una serie de capas de conglomerados arcillosos hasta tocar, presumiblemente, la roca fundamental en los 120 metros de su profundidad total.

En el perfil AA la Roca Fundamental se ha dibujado con sección transversal en forma de U o "Cajón", tal como habría sido labrada por el Glaciar Primero durante su etapa erosiva; sobre ella quedaría apoyado un grueso espesor de acarreos impermeables, depositado cuando el hielo se retiró a la Alta Cordillera.

Hacia las márgenes del valle o extremos N. y S. del perfil, la situación

elevada del lecho de rocas habría permitido la depositación de morrenas laterales a mayor altura que aquéllas situadas hacia la región central donde, además de encontrarse la base rocosa a mayor profundidad, se tendrían fundamentalmente morrenas basales o de fondo. En consecuencia, se ha supuesto que los cursos de aguas superficiales más antiguos corrieron por la parte baja y central del valle erodando y reemplazando la morrena con acarreos gruesos fluviales y glaciofluviales los cuales, por su permeabilidad favorable, contendrán las napas principales de aguas subterráneas.

Los acarreos de los sucesivos periodos interglaciales terminaron por sobrepasar las morrenas de mayor altura y emparejaron el nivel del terreno en forma que, para el aluvial moderno o más reciente, el río Colina se ha desplazado indistintamente desde una margen a otra del valle cubriéndolo, a todo su ancho, con una capa superficial de acarreos fluviales permeables. En esta capa se localiza la única napa cortada por el sondaje N° 96 y que se alimentaría de las infiltraciones provenientes del caudal superficial del río Colina actual; este acuífero superficial es un ejemplo de napa colgada, situada sobre el Nivel de Aguas Normal de la zona y posiblemente, tal como se indica en el perfil AA, se extiende desde un extremo a otro del valle, mostrando tendencia, especialmente en la región central donde siguen hacia abajo capas permeables, a un escurrimiento de tipo vertical.

En la parte superior del perfil AA, en ambos extremos, se muestran los depósitos de escombros de faldas lavados de los cerros cercanos y a través de los cuales se producirán pequeñas infiltraciones de aguas lluvias que contribuyen, para el caso del sondaje N° 96, parcialmente al gasto de 8 litros/segundo aforado.

Perfil BB

En la figura N° 4 queda indicada la situación sedimentaria de los sondajes ubicados entre los N.os 172-57 y para lo cual se han interpolado algunos de los señalados en el perfil.

Según BB el Nivel de Aguas Normal estaría dado, en el sondaje N° 172, por la cota 546 metros y desde allí hacia el sondaje N° 57 descendería, con pendiente de unos 0,5%, hasta tocar la superficie del terreno.

A lo largo del perfil BB, la ubicación de las napas principales estaría dada por la franja limitada por el Nivel de Aguas Normal y la línea de trazos inferior; con esta última se ha querido indicar la posible base de los materiales del aluvial primero.

En la figura se observa, en forma gráfica, la granulometría decreciente de los materiales hacia aguas abajo y en este sentido debemos hacer las consideraciones siguientes con respecto a la señalización gráfica de los sedimentos en el perfil BB.

Los materiales más finos que las arenas (inferiores a 0,02 milímetros de diámetro) se indican con achurado oblicuo; las arenas, con puntos; el ripio, con círculos pequeños; los bolones, con círculos más grandes y, las piedras, con triángulos. Cuando existen varios materiales en una misma capa se establecen divisiones verticales indicando, en primer lugar, el estimado más abundante y, a continuación, los que le siguen en abundancia. Si la mezcla de varios materiales presenta cierto grado de cementación, no hacemos divisiones verticales y señalamos todos los materiales presentes; éste es el caso de algunas capas conglomerádicas que aparecen en el perfil BB.

En el perfil BB queda de manifiesto la existencia de algunas napas colgadas

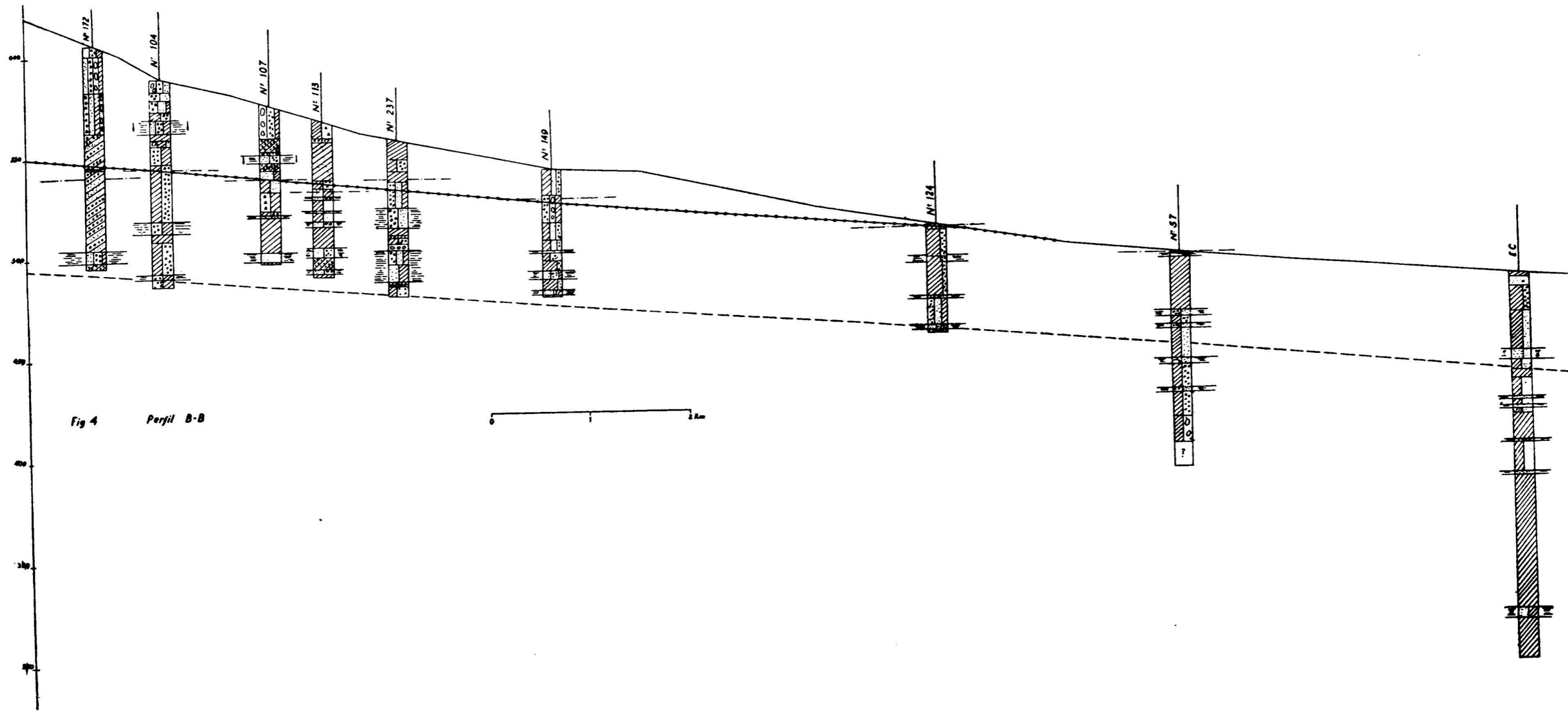
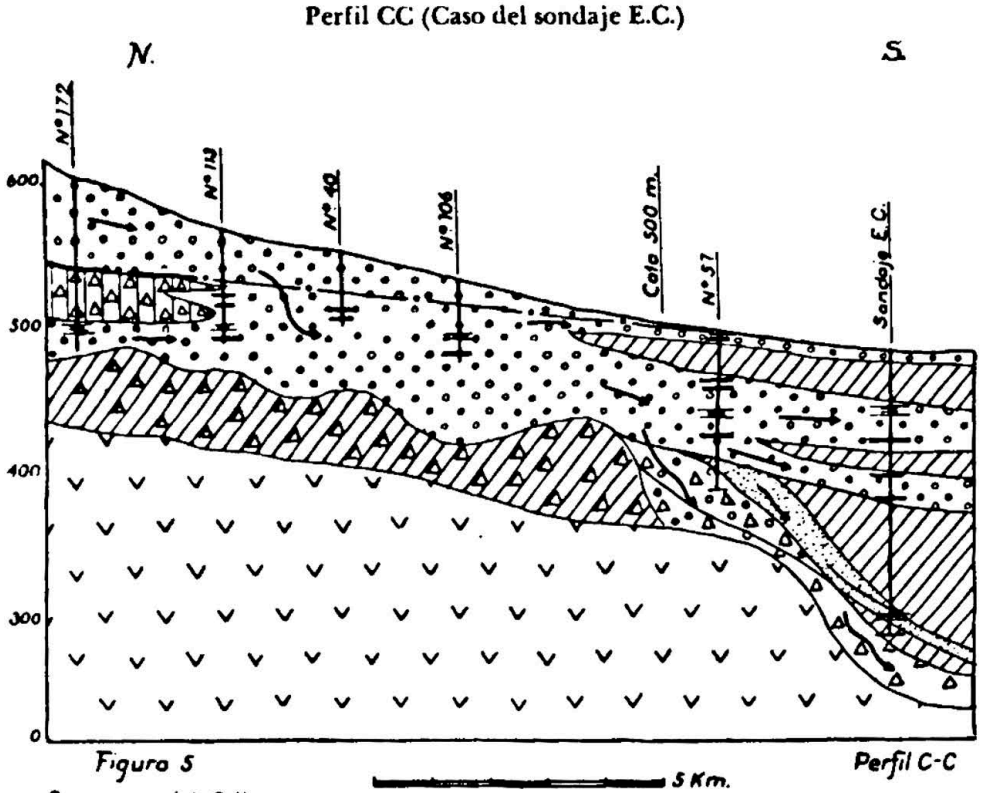


Fig 4 Perfil B-B

0 1 2 km

como la de los sondajes N.os 104-107. La situación estratigráfica de este mismo perfil está señalada en la figura N° 5, perfil CC, que es un corte del terreno supuesto entre los sondajes N° 172 y E.C. y donde se han interpolado los datos del pozo N° 57.



El sondaje E.C., construido hace muchos años por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, tiene una profundidad de 192 metros a lo largo de los cuales se cortaron materiales de granulometría arcillosa con solo delgadas intercalaciones de arenas permeables finas y algo de ripio, también fino; dichas intercalaciones se presentan en los primeros 100 metros de profundidad y contienen las napas de agua indicadas en el perfil BB anterior. En las profundidades de los 110-177 metros se cortó una capa, prácticamente continua, de arcillas muy homogéneas y sin inclusiones de materiales gruesos que estaría indicando una fuerte sedimentación de carácter lacustre o lagunar (ver página 16). Luego, entre los 177-182 metros, se ubicó una capa de arenas finas permeables que contenía una napa de rendimiento presumiblemente pobre y, finalmente, hasta el fondo del pozo en los 192 metros, se cortaron otra vez arcillas del tipo de la capa 110-177 metros.

De acuerdo con MUÑOZ CRISTI (Información Verbal), sería posible reconocer en la región de la Cuesta del Manzano, junto a la Carretera Panamericana y en la parte en que ésta atraviesa Batuco, la acción de un falla que habría "levantado" capas calizas poniéndolas en contacto con un grueso paquete de conglomerados estratigráficamente más altos; actualmente, se observan cortes muy cla-

ros, en el camino, de las capas de conglomerados y también, inmediatamente al poniente del mismo camino, las calizas que están atravesadas por un socavón minero abandonado.

La falla de nuestras referencias levantaría el lecho de rocas en la zona de las calizas y haría descender el ubicado al Este. Por otra parte, en la región de Batuco y más precisamente a lo largo del faldeo oriental del cerro Chape, se tendría la acción de otra falla, BRUGGEN (1950, Fig. 19).

En base a lo anterior, podemos considerar la posibilidad de que el sondaje E.C. se encuentre ubicado sobre una depresión del lecho de rocas, motivada por una prolongación o escalón de alguna de las fallas supuestas, la cual estaría agrandada por procesos de erosión. Naturalmente, dentro del estado actual del conocimiento de las profundidades y características de la circa rocosa en la cuenca de Santiago, el perfil CC debe ser considerado con grandes reservas.

Según la figura del perfil CC, se tendría, hasta las cercanías del sondaje N° 57, una pendiente normal del lecho de rocas y sobre éste se apoyarían los acarreo de la Glaciación Primera, en forma que los cordones de morrenas terminales se ubicarían un poco aguas arriba del sondaje citado. A partir de estos cordones morrénicos, se encontrarían materiales glaciofluviales, los cuales se manifestarían en los últimos metros del pozo N° 57, y quizás ellos ocupen parte del fondo de la zona hundida que se ha dibujado debajo del sondaje E.C.

Al final de la época glacial las grandes masas de agua del deshielo ocuparían la zona depresionaria, aguas abajo del pozo N° 57, y formarían una especie de lago que depositaría la capa de 67 metros de espesor de arcillas en la zona del sondaje E.C. Una vez que el relleno de la depresión alcanzó el nivel del terreno, hacia aguas abajo, se restablecerían las condiciones de escurrimiento y sedimentación fluviales, resultando la situación de relleno señalada en el dibujo; es decir, capas arcillosas que aumentan de espesor al Sur y capas de materiales gruesos, más permeables, que disminuyen de potencia en la misma dirección.

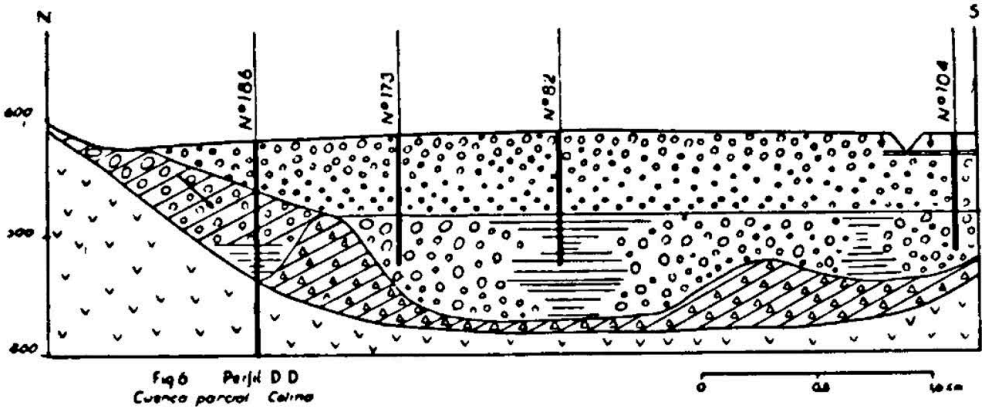
Los depósitos arcillosos más cercanos a la superficie, localizados en los primeros metros de los sondajes E.C. y N° 57, pueden atribuirse en parte importante al estancamiento de las aguas superficiales de Santiago Norte y que se habría producido con la depositación, durante la Glaciación Segunda, de las morrenas con materiales volcánicos en las regiones de Maipú y Pudahuel.

En el extremo izquierdo del perfil CC se ha dibujado, con carácter de depósito morrénico, una capa que correspondería a la Glaciación Segunda en Colina. Estos acarreo parecen encontrarse solamente en la parte alta del valle de Colina y ellos se habrían localizado en las capas conglomerádicas del sondaje N° 172 y en la capa, de las profundidades 42,0-54,0 metros, con arcilla y piedras del sondaje N° 107 (Ver perfil BB).

Respecto de la ubicación de los acuíferos, ellos están señalados con flechas de escurrimiento en el perfil CC; las napas más ricas estarán contenidas en los materiales del Aluvial Primero, precisamente por debajo del depósito recién nombrado y supuesto de la Glaciación Segunda. Se observa en el perfil que, a partir del sondaje N° 57 y aguas abajo del mismo, estas napas del aluvial primero quedan limitadas, en sus horizontes superior e inferior, por capas arcillosas impermeables que les confieren el carácter de napas confinadas o artesianas. A mayor profundidad se ha supuesto, siempre siguiendo el perfil CC, la existencia de napas de agua ligadas con las intercalaciones glaciofluviales contemporáneas con los acarreo de la Glaciación Primera; pero, a juzgar por los resultados alcanzados en los sondajes N° 57 y E.C., ellas son de importancia secundaria o bien

no han sido alcanzadas con las profundidades de dichos sondajes. Finalmente, el perfil es bastante explícito en lo que dice relación con la alimentación de aguas y el desarrollo de napas superficiales en la zona.

Perfil DD (Caso del sondaje N° 186)



El sondaje N° 186 se profundizó hasta los 182 metros, con fines de estudio, cortando la circa rocosa a partir de los 120 metros. Por sobre la roca fundamental se ubicaron 5 napas de aguas, indicadas en el cuadro I, que aforadas dieron un gasto conjunto del orden de los 15 litros/segundo. La situación profunda del Nivel de Aguas y la gran depresión causada por el bombeo en la prueba de agotamiento, decidieron al propietario del pozo a no realizar las inversiones necesarias para su habilitación como productor de agua.

La situación del sondaje, en la zona marginal de los cauces antiguos del río Colina, se habría traducido en una menor erosión de los materiales morrénicos de la Glaciación Primera y en la depositación, en el lugar, de materiales conglomerádicos de baja permeabilidad, originados no ya por la acción de las aguas del río Colina, sino por la acción, de mucho menor importancia, de las aguas lluvias que descenderían desde el cordón de cerros limítrofes del Manzano.

El resultado neto sería aquél marcado en el perfil DD donde, entre el N° 186 y N° 173, se tiene una elevación de morrenas, no trabajadas por las aguas superficiales, que actúa como divisoria entre las napas ricas ubicadas al Este de la elevación y la zona que se extiende al poniente de la misma. La alimentación de las napas cortadas por el sondaje N° 186 se produciría a través de infiltraciones desde las napas más altas del Este y también por infiltraciones, desde el Norte, de las aguas lluvias caídas sobre el cordón de cerros del Manzano.

Nivel de Aguas Normal: En la cuenca parcial Colina, el Nivel de Aguas Normal corresponde más o menos al señalado en el perfil BB; en las tierras altas baja a profundidades sobre los 50 metros y luego desciende, con pendiente menor que el terreno, hasta tocar la superficie en las cercanías de la cota 500 metros.

Para la confección de un plano de curvas de nivel de aguas subterráneas en esta región, debe considerarse que se presentarán direcciones preferenciales de escurrimiento, perpendiculares a las curvas, según los cauces antiguos estimados para el río Colina. Además, en las proximidades del cauce actual, existirían pequeñas elevaciones o crestas de los niveles originados por infiltraciones desde el caudal superficial del río.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Si todos los sondeos de Colina se consideran en funcionamiento simultáneo, ellos extraerían del orden de los 1.500 litros segundo; la misma situación, para los sondeos ubicados en la cuenca parcial Conchalí, daría un gasto muy similar. Al comparar ambas hoyas hidrográficas, Colina con 500 kilómetros cuadrados y Conchalí con unos 80 kilómetros cuadrados, se deduce que la potencialidad de las napas subterráneas en la primera debe ser bastante superior a la de la segunda; en consecuencia, cabría la posibilidad de construir nuevos sondeos en la zona que no alterarían el equilibrio entre la extracción y la recarga de agua de las napas.

Sin embargo, como puede observarse en el plano general de pozos, en la parte superior del valle existe ya una concentración grande de sondeos y es muy posible que al construir otros se produzcan interferencias mutuas, deprimiéndose los niveles y disminuyendo el rendimiento general de aguas extraídas; parecen muy atinados, entonces, los propósitos de la comuna de oponerse a la habilitación de nuevos sondeos en esta parte del valle.

Respecto de las zonas donde en la actualidad no existen sondeos o ellos se encuentran a distancias apreciables unos de otros, cabrían las estimaciones siguientes: la región ubicada al poniente de los cauces antiguos del río Colina es potencialmente pobre; aquí, las morrenas impermeables estarán poco erodadas y la situación relativamente elevada de las capas permeables dará origen a napas de tipo superficial y con alimentación de aguas reducidas; una ubicación, posiblemente ventajosa para un sondeo, sería aguas abajo de la pequeña rincónada conformada por el cerro Leiva y la puntilla que se localiza al Noreste del mismo. Para la región de Chicureo puede aplicarse lo escrito en la pág. 41.

Aguas abajo de la cota de los 500 metros, el agua subterránea se difunde en el valle a través de lentes permeables de tipo rectilíneo y repartición irregular; aquí la zona más favorable será la contigua al cauce antiguo supuesto para el río Colina y tendría mucho interés, especialmente desde el punto de vista de reconocimiento o estudio, la perforación de sondeos en la región delimitada por los cerros de Los Hornos, el cauce antiguo supuesto y los cerros de Renca. Ellos podrían aclarar nuestra idea de que parte del agua subterránea de Colina entra, a la cuenca de Conchalí, a través del umbral entre los cerros de Renca y de Los Hornos.

Los Terrenos Pantanosos: Según se observa en el plano CSS, de la cubierta geológica superficial, gran parte de los terrenos de Santiago Norte presentan materiales de granulometría arcillosa; lo anterior, unido a condiciones de drenaje insuficientes, origina para los periodos de grandes lluvias el desarrollo de extensas regiones pantanosas. En Colina el Nivel de Aguas Normal toca la superficie del terreno en las cercanías de la cota 500 metros y teóricamente se tendría, hacia aguas abajo, todo el valle cubierto con una lámina de agua descargada desde las capas saturadas del subsuelo; en realidad, el agua aflora sólo en áreas muy locales y en los terrenos restantes permanece confinada a las lentes permeables. Pero, cualquier precipitación de aguas lluvias anega las tierras bajas y, hecha exclusión de la eliminación por evaporación, el agua permanece por largo tiempo estancada sin escurrir hacia aguas abajo por la escasa pendiente y sin infiltrarse tampoco en el subsuelo ya saturado.

Se deduce, de todo esto, que el saneamiento de los terrenos pantanosos de Colina sería posible únicamente a base de un sinnúmero de drenes, los cuales recogerían y canalizarían las aguas lluvias; acompañado lo anterior de una ex-

plotación intensiva de las napas, ubicadas aguas arriba de la cota 500 metros, capaz de deprimir fuertemente el Nivel de Aguas Normal. Una solución del tipo propuesto difícilmente se justificaría por su elevado costo y resulta mucho más ventajoso el adaptar estos terrenos a cultivos acordes con sus características; al respecto, es interesante destacar que en los últimos años se han dedicado grandes extensiones a cultivos de arroz y las plantaciones pueden observarse, en ambos costados de la Carretera Panamericana Norte, a la salida de los cerros de Renca.

B Cuenca Parcial Batuco

Ubicación: Comprende la Rinconada situada al Noroeste de Santiago, a unos 17 kilómetros al Oeste del pueblo de Colina. Está limitada, al Norte, por los cerros Altos de Polpaico; al Este, por el cordón de cerros del Manzano y sus prolongaciones cerro Leiva y cerrillo Liray; al Oeste, por el cerro Chape y, al Sur, por la línea indicada en el plano UCP.

Sistema Hidrográfico: El drenaje de las aguas superficiales es muy imperfecto y se realiza mediante una serie de canales artificiales, de los cuales el único de cierta importancia es aquel que desagua, parcialmente, el extremo austral de la laguna de Batuco y escurre al Sur, hacia la Estación de Ferrocarril del mismo nombre. La hoya hidrográfica ocupa una superficie cercana a los 70 kilómetros cuadrados.

Generalidades Fisiográficas: Rasgo distintivo de la cuenca es la laguna adosada, con disposición Norte-Sur, al faldeo oriental del cerro Chape; ella se extiende en aproximadamente 500 hectáreas de terreno y en los veranos, especialmente aquéllos de muy escasas lluvias y fuertes calores, se reduce notablemente quedando en el terreno cubiertas de sales blancas, sulfato de sodio principalmente, que se repiten en toda la cuenca. Los terrenos muestran escasa pendiente y ella se manifiesta en forma suave hacia el Sur y también con dirección Este-Oeste hasta tocar la laguna; desde aquí, la pendiente se invierte y sube al poniente hacia el cerro Chape.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En la cuenca parcial Batuco conocemos 8 sondajes, los cuales aparecen indicados en el plano general y en el Cuadro II. Los gastos máximos de explotación son de 35 litros/segundo y existen algunos sondajes, como los B1-B3 y N° 13, cuyos pobres rendimientos no justifican la instalación de equipos de extracción de aguas.

Los pozos B han sido construidos por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas y los restantes por la CORFO; se destaca el N° 190 por ser el más profundo, con 222 metros, perforado hasta la fecha en la Cuenca de Santiago.

Fuera de los 8 sondajes profundos existe una serie de norias, con pequeña profundidad y gastos limitados a los usos domésticos, las cuales cortan las napas mas superficiales.

Cuadro Sedimentario General: Según se desprende de los planos UMP y UCP, la cuenca siempre quedó aislada de la acción directa de los glaciares y ríos presentes en Santiago Norte.

CUADRO II. SONDAJES BATUCCO

Nº	Denominación	Profundidad	Cota boca	Cota fondo	Nivel Agua	Cota N.A.	Caso	Depresión	Cotas Horizonte Superior e Inferior Napas.
13	Fundo San Hernán	50,0	490	440,0	—	—	—	—	Sin Napas
B3	Fundo Cadellada	88,0	488	400,0	0,0	488,0	—	—	Filtraciones 485,0—484,2; 452,0—450,8
B2	Fundo Cadellada	65,0	488	423,0	0,0	488,0	35	40,0	477,8—477,3 Continúan napas delgadas hacia abajo.
B1	Fundo Cadellada	107,0	488	381,0	0,0	488,0	—	—	Filtraciones 445,0—444,3; 409,3—407,7
10	Fundo San Hernán	50,0	490	440,0	2,0	488,0	35	18,0	481,0—476,0; 466,4—464,4;
229	Fundo Fontecilla	46,0	496	450,0	2,5	493,5	20	24,5	476,3—475,3; 462,5—457,5; 453,5—451,5
233	Fundo Fontecilla	60,0	493	433,0	4,0	489,0	20	—	479,2—472,0; 464,0—462,5; 456,6—453,0; 444,9—443,4; 440,0—436,7
190	Fundo Batuco	222,0	488	266,0	0,8	487,2	20	30,0	Napas 479,5—475,7; 463,6—457,5 Filtraciones 345,0—342,0; 339,5—338,5; 303,0—300,0

La Glaciación Primera habría alcanzado a sobrepasar, en muy pequeña extensión, el umbral que debe levantar el lecho de rocas del valle entre cerro Leiva y cerrillo Liray; tampoco entraría a Batuco el glaciar desde el Sur, ya que la línea de avance máximo del hielo estaría, de acuerdo con lo establecido anteriormente, en las cercanías de la cota de los 500 metros. En estas condiciones, los depósitos morrénicos impermeables se localizarían únicamente en el límite Sureste de la cuenca y contiguos a los cerros nombrados.

Parte del agua del deshielo, al término del primer período glacial, habría formado en los terrenos de escaso drenaje de Batuco una extensa laguna y, a partir de ella, se habría depositado un grueso espesor de arcillas impermeables.

El Aluvial Primero, como asimismo los posteriores, alcanzarían a entrar en Batuco con sus acarreos gruesos solamente en las épocas de creces extraordinarias de los ríos Lampa y Colina, depositándose ellos con granulometría decreciente hacia el Norte. Después de estas creces, una vez que los ríos nombrados recuperaban sus caudales y cauces habituales, quedaría un exceso de aguas estancadas por la situación depresionaria de Batuco, las cuales, al evaporarse, depositarían sus materiales en suspensión en forma de cubiertas arcillosas; el proceso anterior, repitiéndose numerosas veces a lo largo del tiempo geológico, dio margen finalmente al grueso paquete de materiales finos arcillosos que se han cortado con los sondajes actuales. En el transcurso de lapsos prolongados sin lluvias o con precipitaciones escasas, se depositarían pequeños espesores de loess transportados por el viento y ellos podrían reconocerse como intercalaciones delgadas a lo largo del sondaje N° 190.

El esquema anterior se completa con los acarreos provenientes de los cordones de cerros limítrofes; éstos estarán representados, hacia el piso de la cuenca, por materiales de Bolsones que se adelgazarán y mostrarán granulometría más fina a medida que nos alejemos de los cerros. Los acarreos del tipo de Bolsones quedarán confundidos, en las zonas marginales de la cuenca, con los escombros de falladas más recientes. Además, a partir de las quebradas que nacen de los cordones limítrofes, se encontrarán pequeñas formaciones del tipo de Conos de Rodados, en los cuales pueden existir lentes permeables; estos últimos tendrán una repartición irregular según la dirección tomada por los cursos de aguas temporales que drenan las quebradas citadas.

Perfil EE

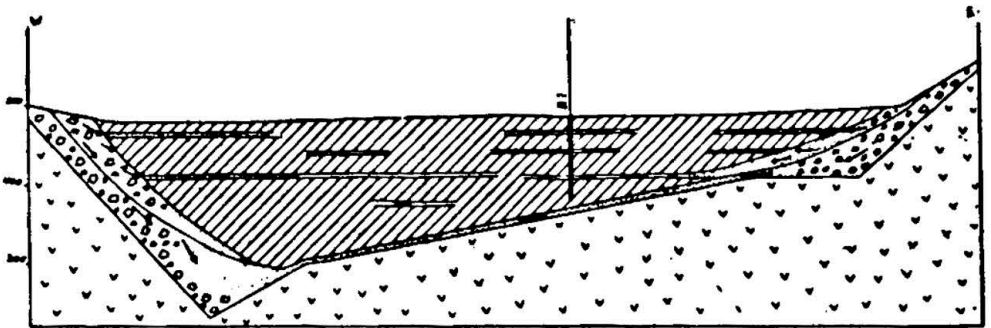


Fig. 7 Perfil E-E

Cuenca parcial Batuco

100m

En la figura N° 7 se muestra un perfil W-E, por la parte central de la cuenca parcial Batuco y con indicación del sondaje BI de 107 metros perforado por el Ministerio de Obras Públicas.

En el dibujo se ha exagerado, en forma poco natural, la disposición rectilínea del lecho rocoso con el propósito de acentuar nuestra suposición de la existencia de dos sistemas de fallas a lo largo de las márgenes oriental y occidental de la Cuenca.

Ambos extremos del perfil llevan indicación del relleno conformado por los materiales antiguos de Bolsones y los escombros de faldas recientes. El resto del dibujo queda ocupado por materiales, francamente arcillosos, entre los cuales se intercalan delgadas espesores de lentes permeables que contienen las napas de aguas subterráneas; esta situación está comprobada con el perfil del sondaje B1 que ha cortado, en sus 107 metros de profundidad, potentes espesores de arcillas, y arcillas limosas, y dos capas delgadas de arena y ripio muy fino que contiene napas muy pobres.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: El sondaje N° 190, continuado con propósitos de estudio por la CORFO hasta la circa, constituye un antecedente valioso para la estimación de las posibilidades de aguas subterráneas en Batuco pues representa, con sus 222 metros de hondura, toda la historia del relleno de la cuenca.

Según el sondaje citado, en los primeros 50 metros se encuentran abundantes materiales del tipo de conglomerados arcillosos que se asocian con los acarreos más recientes lavados de los cerros vecinos y con aquéllos provenientes de las últimas avenidas del río Lampa; hacia abajo sigue una sucesión, prácticamente continua, de capas arcillosas hasta los 160 metros y que comprenden los depósitos de tipo lagunar e impermeables ya descritos. Luego, hasta el fondo del pozo, se tienen nuevamente materiales de granulometría más gruesa donde abundan las arenas y piedrecitas esquinadas; estas últimas capas estarían asociadas a los acarreos de Bolsones y posiblemente también a los provenientes del lavado de las morrenas que se ubicarían en el límite Sureste de la cuenca. En el sondaje N° 190 las napas se localizan en las capas permeables de los 8,5 - 12,8; 22,4 - 30,5; 143,0 - 146,0 y 148,5 - 149,5 metros. Las dos primeras son las más ricas y las dos últimas tienen un rendimiento muy pobre como para considerarlas con posibilidades de explotación.

En todos los sondajes de Batuco se observa que las napas productoras quedan comprendidas entre la superficie y los 50 metros de profundidad, siendo alimentadas, como se muestra en el perfil EE, especialmente por infiltraciones a través de las capas superiores de los acarreos gruesos contiguos a los cerros limítrofes.

Nivel de Aguas Normal: En la cuenca parcial que nos preocupa, el Nivel de Aguas que muestran los pozos es sensiblemente igual a la cota del terreno, y, algunas veces, se tienen pequeñas elevaciones del nivel sobre la citada cota. Las alturas alcanzadas por el agua subterránea en los sondajes de Batuco quedan comprendidas entre los 487-492 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Según lo anterior, el relleno de la cuenca puede considerarse prácticamente saturado de agua; pero aquella que puede extraerse comercialmente está limitada a la contenida en las delgadas capas permeables. En los gruesos espesores de arcilla, si bien existe potencialmente mucha agua almacenada, la permeabilidad es muy baja como para influir en los caudales de los sondajes.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Para las captaciones de la zona se tendría un gasto total del orden de los 130 litros/segundo; en esta estimación queda incluido el gasto del sondaje N° 233, del cual no poseemos datos precisos, con un valor similar al del pozo N° 229 situado en sus cercanías. Aun tomando con exceso la extracción efectuada por medio de las norias domésticas, no se alcanzaría una producción total de 200 litros/segundo.

Los nuevos sondajes que se proyectaran en Batuco no necesitarían bajar más allá de los 60 metros para cortar las mejores posibilidades de napas y las ubicaciones más seguras serían aquellas que consideren la zona marginal de la cuenca, dentro de las áreas de alimentación; naturalmente, al escoger los lugares de perforación deberá tratarse de cubrir el mayor número posible de los cursos de aguas secos o quebradas que acceden a la cuenca. En este sentido, serían interesantes las ubicaciones siguientes: un poco al Este de la puntilla situada inmediatamente al Norte de los sondajes N.os 229-233; al Sur y aguas abajo del pozo N° 10 y, finalmente, al Sureste del N° 190.

En general, las posibilidades de Batuco en cuanto a suministros subterráneos de aguas son pobres, tanto por la naturaleza del relleno predominante como por el hecho de que la superficie hidrográfica presenta, casi en un 35%, una cubierta arcillosa, la cual favorece una alta evaporación e impide una infiltración adecuada hacia las capas permeables del subsuelo.

Los Terrenos Pantanosos: Con las lluvias caídas todos los años sobre la cuenca se forman, por el drenaje imperfecto y la escasa infiltración a través del suelo arcilloso, lagunas de aguas estancadas (además de la laguna principal), que permanecen en el terreno hasta desaparecer por evaporación y dejan una cubierta de barro; esta última pierde lentamente el agua contenida y, finalmente, se originan las grietas de secamiento acompañadas de una concentración de sales. Para los años de precipitaciones abundantes el ciclo termina, generalmente, en la cubierta de barro y solamente en los veranos secos y calurosos se producen las grietas de secamiento.

En los años de muy pocas lluvias, el terreno queda cubierto de sales que se concrecionan muy pronto y protegen el agua almacenada más abajo de una evaporación excesiva; de este modo, el Nivel de Aguas Normal quedará siempre en las cercanías de la superficie y no más allá de una profundidad del orden de los 3 metros que es, corrientemente, el valor para el cual son aún sensibles los movimientos de ascensión capilar que elevan el agua, desde el nivel subterráneo, hasta la superficie donde puede eliminarse por evaporación.

Sería muy dificultoso, entonces, lograr el saneamiento de los terrenos pantanosos de Batuco y pueden aplicarse aquí las consideraciones hechas al caso de las regiones de vegas en la cuenca parcial Colina.

C Cuenca Parcial Lampa

Ubicación: Corresponde a la zona recorrida por el río Lampa, y queda situada en el extremo noroccidental de la Cuenca de Santiago. El pueblo del mismo nombre se localiza al poniente del río y a unos 30 kilómetros al Noroeste de la ciudad de Santiago. Los límites de esta cuenca parcial aparecen indicados en el plano UCP.

Sistema Hidrográfico: El río Lampa se constituye, en el extremo septentrional del cerro Chape, por la unión de los esteros Tiltil y Chacabuco;

en su camino hacia el valle recibe los aportes de una serie de quebradas, que drenan la Rinconada de Chicauma, entre las cuales se destacan las de Carrizo y Peumo. Ya en el valle, toma las aguas del río Colina para vaciarse en el Mapocho junto al pueblo de Pudahuel.

La superficie de la hoya hidrográfica del Lampa es de unos 2.000 kilómetros cuadrados y a este valor contribuyen las ya mencionadas de Colina y Batuco.

Generalidades Fisiográficas: Durante la parte de su curso que bordea el cerro Chape, el valle del Lampa es relativamente estrecho y en la amplia Rinconada Chicauma, abierta al poniente, las posibilidades de expansión lateral del cauce del río se han visto limitadas por los conos de rodados conformados por las quebradas que desaguan las elevadas serranías de Chicauma.

Al Sur del cerro Chape, el valle se amplía considerablemente y se encuentran numerosos cauces secos que señalan los desplazamientos laterales experimentados por el río a través de su historia.

Aguas abajo del pueblo de Lampa se encuentran algunas elevaciones rocosas totalmente rodeadas por el relleno sedimentario; el más alto de estos cerrillos islas es el que se ubica al Sur de la región denominada Los Barros, con 586 metros de altura y 116 metros sobre el plan. Al Norte del anterior y también al Sureste, en los cerrillos de Lo Castro, se tienen cerros islas de 501 a 521 metros de altura (20 y 46 metros sobre el plan).

Todo el valle de Lampa muestra pendientes suaves con dirección Norte-Sur; al Oriente se confunde con el ya descrito para la Cuenca Colina y, hacia el poniente, sube con los primeros cerros de la Cordillera de la Costa.

Además de la Rinconada de Chicauma mencionada, en el límite occidental están la Rinconada Lipangue con un extenso sistema de quebradas y la de El Noviciado, con mucho menor desarrollo.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En la zona del valle de Lampa, que se extiende desde Los Barros hacia aguas arriba, conocemos la existencia de 12 sondajes, de los cuales uno ha sido perforado por el Departamento de Riego del Ministerio de Obras Públicas y los 11 restantes por CORFO. En el plano general de ubicación y en el Cuadro III se indican las características de los 9 mejores conocidos por nosotros; éstos han resultado todos productores de agua y el promedio de gasto es del orden de los 80 litros/segundo, que se dedican, en su mayor parte, al riego de los cultivos de la zona. La explotación es intensa, especialmente en los meses del verano cuando el río Lampa trae escaso caudal superficial.

En la región denominada El Peralillo en el plano general, más precisamente unos 2 kilómetros al Noroeste del puente sobre el río Lampa y junto al camino que lleva desde El Peralillo hacia el pueblo de Lampa, se tienen dos pozos perforados por el Departamento de Riego del Ministerio de Obras Públicas, y para los cuales sabemos aproximadamente lo siguiente: Fueron construidos a fines del año 1952 con profundidades de 74 metros el primero, y 105 metros el segundo; ambos cortarían, fundamentalmente, materiales arcillosos con intercalaciones de arenas y ripio fino permeables, que contienen napas de aguas subterráneas de tipo artesiano, donde el nivel de aguas habría subido a 0,50 metros sobre la superficie. Estos pozos nunca fueron puestos en explotación, presumiblemente por falta de dinero para cubrir los gastos de

CUADRO III. SONDAJES LAMPA

Nº	Denominación	Profundidad	Cota boca	Cota fondo	Nivel de Agua	Cota Nivel Agua	Gasto	Depresión	Cotas Horizontes Superior e Inferior Napas
17	Hacienda Chicauma 1º	98,7	505	406,3	5,20	499,8	100	—	492,0-491,0; 483,5-482,5; 473,5-468,0; 462,5-458,5; 430,0-426,0
73	Hacienda Lo Vargas 1º	51,0	495	444,0	3,0	492,0	90	17,0	483,0-478,0; 474,0-470,0
25	Hacienda Lampa 1º	78,0	480	402,0	4,0	476,0	60	21,0	458,0-452,0; 424,0-420,0; 410,0-406,0
63	Hacienda Lampa 2º	36,0	480	444,0	3,0	477,0	80	12,0	458,0-452,0
68	Hacienda Lampa 3º	50,0	480	430,0	2,5	477,5	90	27,5	442,0-435,0
127	Hacienda Lampa 4º	23,3	480	456,7	4,0	476,0	90	7,0	470,6-458,2
131	Hacienda Lampa 5º	53,0	480	427,0	2,6	477,4	—	—	464,0-459,0; 451,2-450,9; 435,0-434,5; 433,3-427,8
154	Hacienda Lo Vargas 3º	61,0	470	409,0	S	472,0	120	50,0	423,3-422,7; 420,3-419,6; 417,2-416,5
147	Hacienda Lampa 6º	57,0	478	421,0	1,1	476,9	100	8,9	432,0-421,5

los equipos de bombeo, y se estima que ellos rendirían del orden de los 15-20 litros segundo cada uno; en la actualidad se encuentran totalmente abandonados por sus propietarios.

Además de los pozos profundos perforados con máquina de percusión, hay numerosas norias profundizadas manualmente y de pequeña hondura; ellas son abundantes, especialmente en el pueblo de Lampa donde casi no hay casa o grupo familiar que carezca de una para sus necesidades domésticas de agua.

Cuadro Sedimentario General: Hasta la región de los cerrillos de Lo Castro la cubierta de acarreos superficiales corresponde, más o menos, a la indicada en el plano CSS; con materiales gruesos en la parte alta y arenas al Sur del pueblo. A partir de aquí, la cubierta es francamente arcillosa y se forma una serie de vegas o pantanos al igual que en Batuco y parte inferior del valle de Colina. La gradación de tamaño en los acarreos se mantiene para las capas del subsuelo; pero estas últimas alcanzan con materiales gruesos mayor distancia dentro del valle.

No se ha considerado la acción de las glaciaciones dentro de la zona de Lampa porque no hemos encontrado manifestaciones de las mismas y también porque, de haber existido, ellas alcanzarían pequeña extensión y se limitarían a la región de los cerros más altos.

Durante el período de la Glaciación Primera se habrían depositado en la cuenca sedimentos del tipo de aluviones o avenidas, no diferenciados de aquéllos denominados de Bolsones más antiguos. Estas capas, por su heterogeneidad de tamaños, son de escasa permeabilidad y los acuíferos quedan reducidos a espesores pequeños con alimentación de aguas, por lo general, bastante restringida.

En el transcurso del Aluvial Primero, con precipitaciones más regulares y cuando los ríos llevarían caudales permanentes, se depositarían acarreos de acuerdo al perfil típico de Santiago Norte; es decir, sedimentos gruesos en la parte alta que se acúan, disminuyendo de espesor, con la distancia hacia aguas abajo y son reemplazados por materiales de granulometría fina.

Según se expuso en la página 36, es muy probable que las morrenas de componentes volcánicos, depositadas por la Glaciación Segunda en la región de Maipú, hayan estancado las aguas de los ríos de Santiago Norte y conducido a la depositación de gruesos espesores de arcillas impermeables, especialmente durante el Aluvial Segundo y hasta que las aguas superficiales se abrieron camino erodando la morrena.

Finalmente se tiene, dentro del cuadro sedimentario de la cuenca parcial Lampa, el relleno del aluvial moderno con la disposición señalada en el plano CSS.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: En la cuenca las napas más ricas se localizarán en las capas permeables del aluvial primero y el piso de éstas parece encontrarse antes de los 60 metros de profundidad; hacia la superficie, existiría una zona intermedia con materiales poco permeables depositados, a partir de condiciones de estancamiento de aguas, por el aluvial segundo. Ya en las cercanías de la superficie se ubicarán los acarreos más recientes y en ellos, especialmente en las cercanías del cauce actual del río Lampa, algunos acuíferos de muy poca profundidad.

Los perfiles que se discuten a continuación tienden a aclarar estos conceptos:

Perfil FF

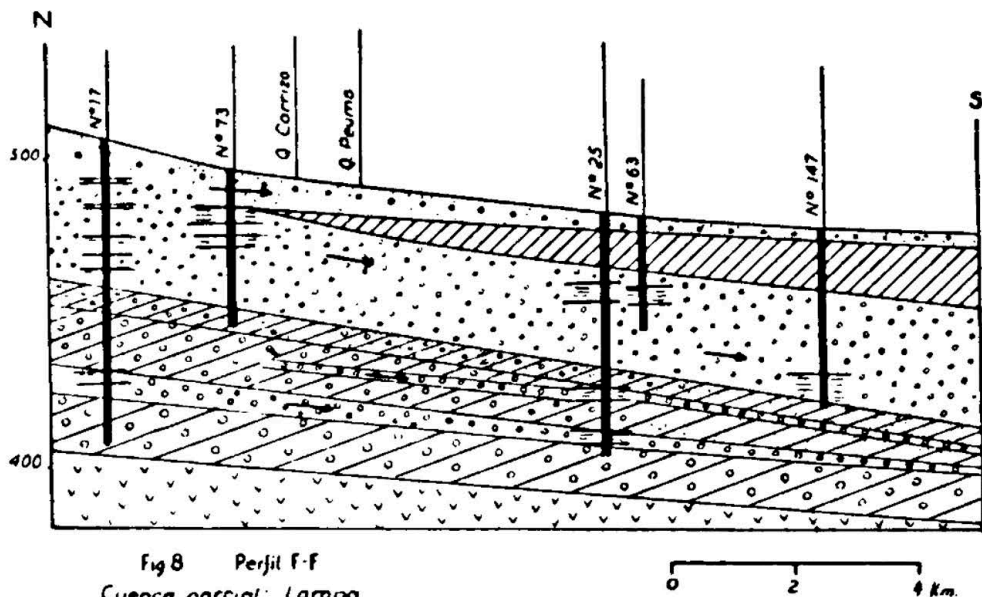


Fig 8 Perfil F-F
Cuenca parcial: Lampa

0 2 4 Km.

En la figura N° 8 se tiene un corte por el terreno, desde el sondaje N° 147 hacia valle arriba, con interpolación de los datos entregados por los pozos N.os 73-17.

En el Perfil FF se ha marcado, inmediatamente sobre las rocas fundamentales, un conjunto de capas conglomerádicas que constituyen los acarreos atribuidos a Bolsones y Aluviones posteriores; en ellos se indican algunos acuíferos, como los cortados por los sondajes N.os 17-25, de rendimientos presumiblemente pobres.

Sobre los conglomerados se apoyarían los materiales del Aluvial Primero que en el curso superior del valle son gruesos y altamente permeables originando una serie de napas; hacia aguas abajo, los acarreos del primer aluvial presentan variaciones de permeabilidad y disminuye el número y espesor de los acuíferos.

El espesor de arcillas impermeables dibujado en el perfil y que se acuña, adelgazándose, hacia valle arriba, correspondería a una capa depositada durante el Aluvial Segundo bajo condiciones de escurrimiento muy tranquilas o de estancamiento. Esta cuña arcillosa actúa como divisoria de aguas, en forma que las napas más superficiales de las tierras altas entran al espesor de relleno del último aluvial o reciente; así se explicarían las napas poco profundas cortadas por las norias del pueblo de Lampa y las cuales son alimentadas también por las infiltraciones a través del cauce actual del río.

En el perfil se indica la situación de las quebradas más importantes de la Rinconada Chicauma; estas quebradas, especialmente las de Carrizo y Peumo, deben contribuir en forma importante a la alimentación de las napas subterráneas que se localizan aguas abajo de las mismas.

Perfil GG

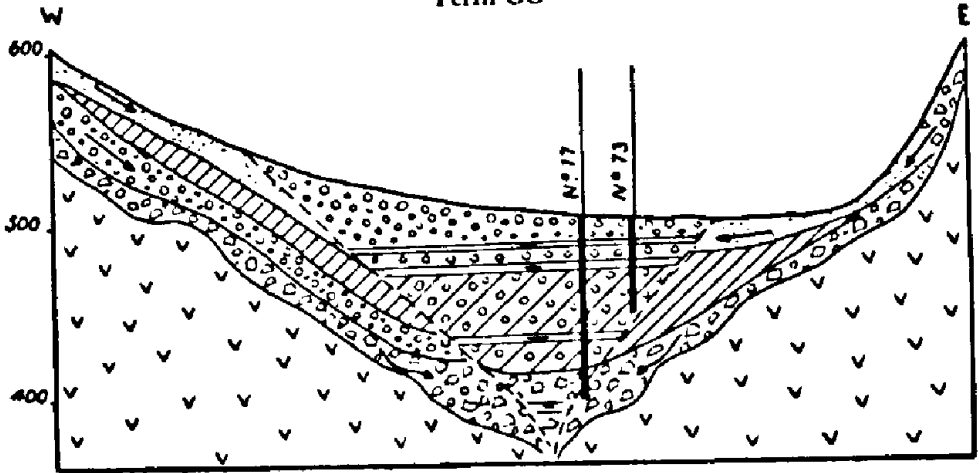


Fig 9. Perfil G-G

Cuenca parcial: Lampa

0 0,5 1 Km.

En la figura N° 9 se muestra un perfil, desde la región de Chicauma hacia el cerro Chape, con el cual se bosqueja la relación existente entre los acarrees propios del río Lampa y aquéllos provenientes de los cerros limítrofes. Se ha interpolado en el perfil la ubicación del sondaje N° 17 y ello para recalcar nuestra idea de que las condiciones del relleno, entre la ubicación real del pozo y la zona del perfil, se mantienen sensiblemente constantes.

En la margen izquierda del dibujo aparecen los materiales que han formado un verdadero cono de rodados en Chicauma y que entran luego al contacto con aquéllos depositados por el río Lampa. A través de las capas más permeables del cono llegarán, a los acuíferos del Lampa, las aguas subterráneas provenientes de la rinconada Chicauma; estos aportes harán sentir su influencia positiva sobre el gasto de los sondajes, especialmente en las cercanías de los cauces de las quebradas principales como las de Carrizo y Peumo ya nombradas.

En la margen derecha se indica la disposición estimada para los materiales provenientes del cerro Chape y valen, dentro de una escala más reducida, las consideraciones establecidas para Chicauma.

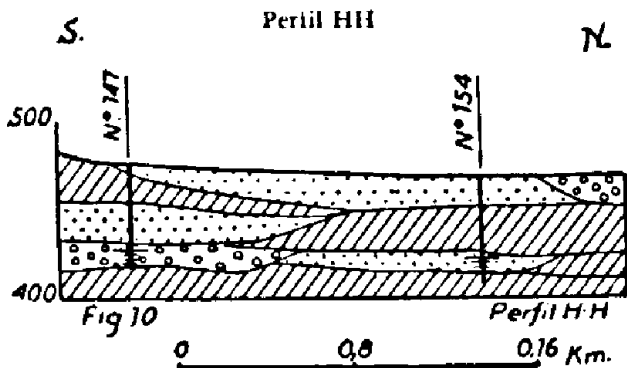


Fig 10

Perfil H-H

Cuenca parcial: Lampa

0 0,8 0,16 Km.

En el Perfil FF de la figura N^o 8 tal vez no se comprenda bien la discontinuidad de napas observadas en dos pozos relativamente cercanos, N.os 25-147; esta situación está justificada porque, a la salida del cerro Chape, el río Lampa ha tenido amplias oportunidades, dentro de un valle que se ensancha bruscamente, para desplazamientos laterales de su cauce y estos desplazamientos producen cambios de permeabilidad que desvían las aguas subterráneas.

En la figura del Perfil HH la disposición de capas, atribuidas a cambios laterales del río, queda gráficamente expresada según los materiales cortados por los sondajes N.os 147-154. Con achurado oblicuo se indican los acarreos arcillosos de muy baja permeabilidad; con puntos, los arenosos finos de permeabilidad media y finalmente, con círculos, las capas de materiales más gruesos y permeables.

Los sondajes indicados en el Perfil HH terminan, hacia el fondo, en materiales arcillosos que consideraremos como punto de partida para la interpretación del mismo perfil. Sobre este lecho de arcillas se apoyarían los sedimentos depositados por el río Lampa, o por un brazo de éste, que pasaría cerca o al Sur del sondaje N^o 147; tales depósitos serían más gruesos en la proximidad del cauce, arenosos hacia la región del pozo N^o 154 y, a mayor distancia, arcillosos. Sobre las capas nombradas se tendría ahora, por un nuevo desplazamiento del río, materiales arenosos junto al pozo N^o 147 y arcillosos en el N^o 154. Por último, los acarreos más superficiales corresponderían al río Lampa actual, que pasa un poco al Norte del sondaje N^o 154 y se encontrarían acarreos más gruesos en las proximidades de dicho cauce, arenosos en la zona del sondaje N^o 154 y arcillosos en la del N^o 147.

Nivel de Aguas Normal: Como puede observarse en el Cuadro III, los niveles de aguas medidos en los pozos de la zona quedan próximos a la superficie del terreno y ellos descienden, con pendiente suave e inferior a la del terreno, hacia el pueblo de Lampa. Ya aguas abajo de los cerrillos de Los Barros, el nivel de aguas debe confundirse con el de la superficie y en las zonas depresionarias se cortarían napas de tipo artesiano con pequeña surgencia, especialmente, cuando las napas se ven confinadas por gruesos espesores de arcillas como es el caso del sondaje N^o 154.

La situación elevada de los niveles de aguas subterráneas en Lampa se explica por las razones siguientes: la hoya hidrográfica es considerable y en la parte superior del valle, dentro del curso del río que bordea el cerro Chape, se tiene un relleno altamente permeable prácticamente desde la superficie hasta los 60 metros de profundidad aproximadamente; este relleno no solamente recibe los aportes de aguas subterráneas de la cuenca sino también, en proporción importante, los provenientes de las infiltraciones de las aguas superficiales del río. Además, cabe agregar la situación favorable del río con respecto a la Rinconada Chicauma y que permiten considerarlo como un verdadero dren subterráneo de la misma.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Según nuestros datos, en Lampa se estarían extrayendo, para una explotación intensiva de los sondajes existentes, alrededor de 1.000 litros/segundo, a los que se podrían agregar, en una estimación ligera, unos 100 litros más correspondientes a las norias construidas manualmente. Al comparar esta producción con la de la cuenca parcial Colina, de hoya hidrográfica bastante menor, se deduciría que es posible la construc-

ción de nuevos sondajes sin alterar el equilibrio Recarga-Extracción.

En la parte estrecha del valle, aguas arriba del pueblo de Lampa, pueden indicarse, como posibilidades interesantes de ubicación de nuevos sondajes, la ribera occidental del río donde acceden los acarreos permeables actuales de las quebradas Carrizo y Peumo y también la ribera oriental, frente a la quebrada más importante del faldeo occidental del cerro Chape que aparece indicada en el plano general de pozos.

A la salida del cerro Chape, los nuevos sondajes se podrían indicar siguiendo el cauce antiguo estimado para el río Lampa y, además, a la salida de las Rinconadas de Lipangue y Noviciado, las cuales contribuirían, con sus aportes, al aumento de los caudales subterráneos.

Cualquier nuevo sondaje perforado en la cuenca tendría expectativas interesantes dentro de los primeros 60 metros de hondura; hacia abajo se encontrarían, de acuerdo con lo establecido anteriormente, materiales de permeabilidad baja y potencialmente pobre en napas productoras.

D Cuenca Parcial Pudahuel

Ubicación: Se ha situado la cuenca denominada Pudahuel en una especie de triángulo formada por el curso inferior del río Lampa, parte del curso del Mapocho antes de su confluencia con el anterior y la línea Este-Oeste señalada en el plano UCP.

Sistema Hidrográfico: Según los límites indicados más arriba, la cuenca está influenciada tanto por la hoya hidrográfica del Lampa como del Mapocho y el drenaje de sus aguas superficiales se realiza a través de ambos.

Generalidades Fisiográficas: Pudahuel tiene, como rasgo fisiográfico más importante, la laguna del mismo nombre que se ha formado en el propio cauce del río Lampa. En el terreno se destaca una serie de elevaciones y depresiones de poca magnitud conformadas por los acarreos septentrionales de la Glaciación Segunda y que se apoyan sobre la superficie como última manifestación de relleno sedimentario.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En la región se construyó allá por el año 1934, una serie de sondajes de reconocimiento para el estudio de un tranque y con profundidades de hasta 50 metros; no tenemos datos precisos sobre los mismos y por eso no están incluidos en nuestros cuadros de datos. Sin embargo, podemos indicar que la gran mayoría cortó napas de aguas siendo, algunas de ellas, surgentes o artesianas.

En las casas del lugar hay algunas norias, con profundidad no mayor de 6 metros, que cortan napas superficiales intercaladas, muchas veces, dentro del espesor de morrenas con materiales volcánicos.

Cuadro Sedimentario General: La región de Pudahuel es de interés porque ella constituiría, de acuerdo con los planos UMP y CSS, el límite Noroccidental de los depósitos de las glaciaciones Primera y Segunda presentes en los valles del Maipo y Mapocho.

Aquí se tendrá, en las cercanías de la roca fundamental, capas impermeables correspondientes a los acarreos de la Glaciación Primera. A continuación, aquéllas depositadas durante el Aluvial Primero y con granulometría, por lo

general fina, que correspondería a la de los acarreo más distantes del río Lampa o a los materiales marginales de las grandes creces del río Mapocho antiguo; en estas capas se ubicarán, dentro de las intercalaciones más permeables, los acuíferos principales de la zona.

Hacia la superficie se presentan los depósitos de la Glaciación Segunda, con materiales volcánicos abundantes, que en partes aparecen como última manifestación del relleno y en otras están reemplazadas por terrazas arcillosas del Aluvial Segundo o bien por acarreo del Aluvial Moderno.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Por su ubicación, dentro de la zona que sirve de desagüe a las aguas subterráneas de Santiago Norte, el subsuelo de Pudahuel está saturado de agua y por ello se comprende la existencia de napas, generalmente de muy pequeño caudal, en las capas más arenosas y con menor contenido de cenizas volcánicas finas de la Morrena Segunda.

Naturalmente, el agua susceptible de alimentar los sondajes con gastos adecuados o de rendimiento comercial será aquella contenida en las capas o acuíferos más permeables y éstos se ubicarán, en la zona de Pudahuel, en intercalaciones delgadas dentro de gruesos espesores de carácter arcilloso.

Nivel de Aguas Normal: La alimentación de las napas subterráneas en Pudahuel se verifica, principalmente, a través del escurrimiento subterráneo de las cuencas estudiadas de Lampa y Colina; la alimentación desde el Este, proveniente del cauce actual del río Mapocho, se hará notar únicamente en la porción austral de la cuenca. Luego, el Nivel de Aguas Normal estará dado por aquellos indicados para Lampa y Colina; en Pudahuel, se encontrará alrededor de los 460-470 metros que son las cotas superficiales que corresponderían a la zona según la pendiente general de los terrenos de Santiago Norte.

En algunas zonas de Pudahuel la superficie del terreno está "levantada" por las lomas de las morrenas con pómez, hasta los 485 metros en la parte más alta, y aquí el nivel de aguas quedará a varios metros de profundidad. Por otra parte, existen también algunas áreas depresionarias donde el nivel de aguas puede subir por encima de la superficie del terreno al realizar perforaciones.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: De acuerdo con el relleno sedimentario estimado para la zona de Pudahuel, los sondajes deberán cortar todo el espesor de morrenas con materiales volcánicos o de la Glaciación Segunda antes de entrar a los acuíferos principales. Estos quedarían ubicados en las capas permeables del Aluvial Primero y, posiblemente, no más allá de la cota de los 400 metros.

Toda la región presentará más o menos iguales posibilidades y puede recomendarse la ubicación de los sondajes de explotación en las áreas depresionarias donde, además de cortar napas superficiales en los acarreo más permeables que reemplazarían la morrena de pómez erodada, se necesitaría perforar un menor número de metros para alcanzar los acuíferos importantes. Como lugar interesante, para un sondaje de estudio, podría indicarse el extremo oriental de la cuenca donde se ha supuesto situado el cauce antiguo del río Lampa.

E Cuenca Parcial Maipú

Ubicación: En esta cuenca parcial se han reunido las regiones de Santiago denominadas Las Barrancas, Maipú, Los Cerrillos y también, parcialmente,

Renca y Quinta Normal. Ella queda limitada, más o menos, en la forma siguiente: al Norte, con las cuencas parciales ya nombradas de Pudahuel y Lampa; al Oeste, por los cerros de Lo Aguirre y la cuenca parcial Rinconada; al Sur, por una línea Este-Oeste que une el extremo austral de la cuenca Rinconada con la cota de los 500 metros y, al Este, por una línea quebrada que se extiende al Oriente de la cota de los 500 metros y aparece dibujada en el plano UCP.

Sistema Hidrográfico: El drenaje de aguas superficiales de la cuenca está regulado por el río Mapocho, que corre a lo largo de sus márgenes norte y occidental; además, por el denominado Zanjón de la Aguada, que la atraviesa en su parte central y por una serie de canales de riego que nacen o mueren en el río Mapocho.

Generalidades Fisiográficas: Al igual que la cuenca recién estudiada, la zona de Maipú está caracterizada, topográficamente, por una serie de lomajes irregulares de poca altura que son el resultado de los depósitos morrénicos de la Glaciación Segunda y dan al paisaje una fisonomía muy especial con sus grandes extensiones cubiertas de materiales de color blanco cremoso.

Entre las lomas de cenizas y piedra pómez, se intercalan varias depresiones o "valles" cubiertos superficialmente con rodados gruesos o arenas permeables depositados, en el transcurso de los Aluviales Segundo y Moderno, por las aguas superficiales que erodaron la morrena.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En Maipú existe una fuerte concentración de pozos para captación de aguas subterráneas, principalmente en la zona fabril que se extiende al Sur del Zanjón de la Aguada y donde gran parte de las industrias cuenta con sus propias fuentes de abastecimiento. En nuestro cuadro hemos indicado 17 sobre los cuales tenemos informaciones más precisas.

No aparecen en el Cuadro IV alrededor de 20 sondajes de los que disponemos de datos muy fragmentarios y cuyas características generales estarían de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas establecidas para la región. Entre estos podemos señalar los existentes en las industrias Cobre Cerrillos, Curtiembre Dagorret e INSA; en esta última hay otro sondaje más antiguo que el citado en el Cuadro IV, ambos perforados por el ingeniero Rosendo Caro. Al igual que el pozo con que cuenta la Población Las Encinas, construido por el señor Antonio Besa, los recién nombrados se ubican junto al camino Cerrillos que va desde Santiago al pueblo de Maipú.

En la zona de Quinta Normal, junto al límite Nororiental de la cuenca, pueden citarse los pozos de la Fábrica Nacional de Aceites e Industria Textil Vía.

Debemos añadir que CORFO tiene en avanzado proceso de construcción cuatro nuevos sondajes y ellos son los siguientes: N° 268 contiguo al N° 198 indicado en el Cuadro IV; N° 264 del Fundo Santa Elvira y que se sitúa al final de la calle La Estrella (calle donde se ubica la Municipalidad), de la Comuna Las Barrancas; N° 265 para la Municipalidad de Maipú, que se construye en los terrenos de la población 5 de Abril y, finalmente, N° 259 situado en las inmediaciones de los N.os 41-157.

Aunque no hemos señalado gasto para el pozo N° 48, tenemos entendido

CUADRO IV. SONDAJES MAIPU

Nº	Denominación	506	456,8	11,5	494,5	40	7,6	Sin datos. Se habrían cortado varias napas a partir de los 9,4 mts.
R1	Carrasca/Lo Espinoza	49,2	456,8	11,5	494,5	40	7,6	Sin datos. Se habrían cortado varias napas a partir de los 9,4 mts.
Q.N.	Calle Bosa/J. J. Pérez	55,5	449,5	10,0	495,0	70	13,6	495,0 — ;483,4 — ;463,8 — †
70	Ciudad Jardín Lo Prado	67,0	431,0	13,4	484,6	95	19,6	461,5 — 460,5;440,0 — 434,0
94	Cía. Productos de Acero	32,0	480,0	15,8	496,2	60	10,2	485,8 — 483,8
56	Calle Cinco de Abril	47,5	454,5	15,0	487,0	100	5,0	483,0 — 481,0;477,5 — 476,5;474,5 — 455
52	Curtiembre Maiza	42,0	470,0	23,0	489,0	45	11,0	479,2 — 474,0
41	Cerrillos	85,0	430,0	40,2	474,8	50	11,8	473,0 — 467,5;463,0 — 458,0;456,0 — 451,0;447,5 — 446,6;444,0 — 438,0
157	Cerrillos	67,3	447,7	39,6	475,4	90	5,4	469,0 — 448,0
C.C.	Conservera Copihues	46,0	454,0	32,5	467,5	25	3,0	Sin datos. Las napas se ubicarían entre los 466,0 — 454,0 metros
164	Laboratorio Pfizer	58,0	440,0	30,5	467,5	120	9,5	450,2 — 443,4
F.P.	Fábrica Pizarreño	54,0	439,0	26,0	467,0	37	0,5	Sin datos
198	Fundo Loma Blanca	15,6	448,4	1,5	462,5	60	10,5	463,5 — 456,0
174	Parcela E. Altamirano	15,0	455,0	2,0	468,0 **	30	2,0	451,2 — 430,1
48	La Copa Maipú	56,3	428,7	18,5	466,5	—	—	—
22	Chacra San Martín	78,0	389,0	5,0	462,0	70	13,0	435,3 — 433,8;429,0 — 428,0;408,5 — 406,0
162	Fundo Maipú	67,0	415,0	22,0	460,0	120	20,0	434,0 — 428,0;420,2 — 415,0
I	Fábrica INSA	42,0	441,0	23,0	460,0	35	1,0	Sin datos

† Para el pozo Q.N. se indica la cota del techo de cada una de las tres napas loca lizadas, ya que no pudimos averiguar el espesor de ellas.
 ** En el sondaje Nº 174 se tiene un Nivel de Aguas anormalmente alto; esto se debe, probablemente, a que la napa cortada aquí estaría influenciada por infiltraciones provenientes del Zanjón de la Aguada.

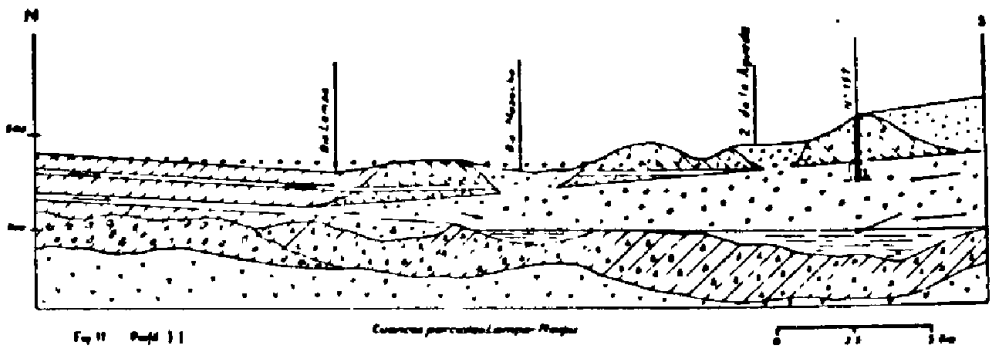
que debe rendir sobre 50 litros/segundo y con esto resulta que todos los son-
dajes del Cuadro IV son buenos productores de agua.

Si se considera la totalidad de los sondeos de Maipú, ellos deben rendir
un gasto conjunto del orden de los 1.600 litros/segundo; a la cifra anterior
debe agregarse una cantidad de, por lo menos, 200 litros/segundo que se compo-
ne de los pequeños gastos extraídos de las norias poco profundas que son nume-
rosísimas en la cuenca. Puede citarse en este aspecto el caso de la densamente
poblada Comuna de Las Barrancas donde los pobladores, en un porcentaje muy
alto, se abastecen exclusivamente a base de norias que usualmente no pasan de
los 10 metros de hondura.

Cuadro Sedimentario General: Para Maipú se tienen condiciones de relleno
similares que para la región ya descrita de Pudahuel; aquí, a medida que avan-
zamos hacia el Sur, los depósitos de la Glaciación Primera se encontrarán bas-
tante erodados y reemplazados por los acarreo de los ríos Mapocho y Maipo
antiguos. También los extensos lomajes superficiales, de la Glaciación Segunda,
se encuentran parcialmente erodados y reemplazados por los materiales corres-
pondientes a los Aluviales Segundo y Moderno; especialmente en las cercanías
del cauce actual del Mapocho y en ciertas áreas interiores que indicarían los
cauces formados por este río cuando sus aguas fueron estancadas por las mo-
rrenas con pómez (pág. 22).

Los perfiles de las Figuras N.ºs 11-12 que se discuten a continuación,
como también el de la Figura N.º 13 que considera la zona de Rinconada,
permiten caracterizar muy bien la región en lo que se refiere al relleno se-
dimentario.

Perfil II



En la Figura N.º 11 se ha representado un corte por el terreno desde
la región de Lampa hasta el sondeo N.º 157 que se ubica en Cerrillos; éste
alcanzó una profundidad de 67,3 metros, su nivel de aguas se localiza a unos
40 metros de la superficie y entrega un gasto de 90 litros/segundo con una de-
presión de 5,4 metros del nivel de aguas al estado de reposo. Tanto el sondeo
N.º 157 como el N.º 41, ubicado muy próximo al anterior, fueron perforados
por la CORFO a partir de antepozos con profundidades del orden de 40 me-
tros cada uno.

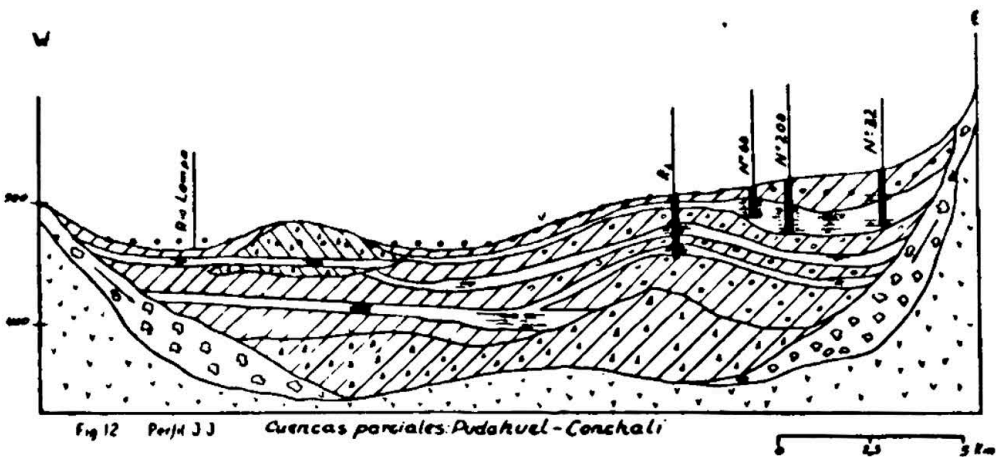
En el Perfil II, desde la margen izquierda del dibujo hasta el punto donde
se corta el cauce actual del río Lampa, se indican los acarreo propios de la

región del mismo nombre. Esto es, depósitos poco permeables en la parte inferior compuestos de materiales de aluviones y del lavado de las morrenas más antiguas que se situarían en Colina; hacia la superficie se encuentran las capas, de granulometría por lo general arcillosa, depositadas en el transcurso de las diferentes épocas aluviales y en las cuales se intercalan delgados espesores de mayor permeabilidad que contienen las napas más importantes.

Desde el río Lampa al Sur se tienen, en la zona más profunda del relleno, los materiales impermeables de la Glaciación Primera confundidos con aquéllos más antiguos de Bolsones. Sobre éstos se encuentran los acarrees del Aluvial Primero que aumentan de espesor hacia el sondaje N° 157; es decir, a medida que nos acercamos a los cauces antiguos estimados para los ríos Maipo y Mapocho. Más arriba de las capas del Aluvial Primero, se localizan en partes los acarrees no erodados de la Glaciación Segunda o bien los correspondientes a los Aluviales Segundo y Moderno, que reemplazan aquéllos; tal como puede observarse en las zonas donde el Perfil II corta los cauces actuales del río Mapocho y Zanjón de la Aguada. Al Sur del sondaje N° 157 desaparecen las manifestaciones superficiales de la Morrena Segunda, con materiales volcánicos, pues está totalmente erodada por la acción de las aguas de los ríos Maipo y Mapocho.

Finalmente, se muestra la situación del Nivel de Aguas Normal a lo largo del Perfil II que permite apreciar la posibilidad de cortar, en algunas zonas, napas surgentes con las perforaciones.

Perfil JJ



La figura N° 12 señala la situación del relleno, entre la región de El Noviciado y el cerro San Cristóbal, a través de un corte Oeste-Este que entra a la cuenca parcial Conchalí y donde se marcan cuatro sondajes correspondientes a esta última.

En las orillas, izquierda y derecha del dibujo, están indicados materiales de escombros o lavados de los cerros de El Noviciado y San Cristóbal que se ubican, conjuntamente con aquellos preglaciales más antiguos, sobre la Roca Fundamental. Hacia la zona central del Perfil JJ se encuentran, apoyados en la circa rocosa, depósitos impermeables de la Glaciación Primera confundidos con escombros de características similares.

Encima de las capas ya nombradas se localizan las correspondientes al Alu-

vial Primero que se continúan, hasta la superficie, con materiales análogos depositados por los aluviales posteriores. En este conjunto sedimentario, de naturaleza fundamentalmente arcillosa en la región Occidental del perfil y del tipo de conglomerados arcillosos hacia la parte Oriental, se presentan intercalaciones de mayor permeabilidad que contienen las napas de aguas subterráneas.

Al Este del cauce actual del río Lampa aparece, en el perfil JJ, un depósito superficial aislado de la Morrena Segunda que no se prolonga al Poniente, tanto porque la Glaciación Segunda no habría avanzado mucho en esta dirección como por la acción erosiva del mismo río. A la derecha del perfil tampoco se encuentran manifestaciones dignas de consideración de la Morrena de componentes volcánicos la cual, además de haber sido fácilmente removida por las aguas del Mapocho, no se habría depositado en forma apreciable dentro de la cuenca de Conchalí.

El Agua Subterránea en el R-leno Sedimentario: En el Plano UMP, donde se indicó en forma esquemática la posible ubicación de los espesores más notables de la Glaciación Primera, se señaló mediante flechas las tendencias de escurrimiento que manifestarían, al término de la época, las aguas del deshielo que empezaron a construir los futuros cauces subterráneos. De acuerdo con dicho plano, se observa la situación altamente favorable de la cuenca en estudio hacia la cual convergen las aguas subterráneas, de prácticamente toda la Cuenca, en su avance a la costa.

Lo anterior debe reflejarse en los acuíferos; especialmente en los que se localizan en las capas permeables del Aluvial Primero, los cuales estarán potencialmente llenos de agua. Esto también justifica el hecho de que, en las zonas donde el Nivel de Aguas Normal queda próximo a la superficie, se cortan en el espesor de relleno de la Morrena Segunda pequeñas napas o filtraciones como las que alimentan las innumerables norias de la región y que escurren, con velocidades muy bajas, a través de las intercalaciones algo más permeables que presentan menor contenido de cenizas volcánicas finas.

En las áreas para las cuales la Morrena Segunda ha sido lavada de sus componentes más finos, los materiales gruesos y permeables remanentes constituirán acuíferos superficiales que entregarán, para sondajes muy poco profundos, suministros interesantes de aguas subterráneas mientras no se tengan períodos prolongados de sequía que tiendan a bajar el Nivel de Aguas Normal; este tipo de acuífero estaría representado en el sondaje N° 198.

Nivel de Aguas Normal: La altura que alcanza éste en los sondajes de Maipú queda comprendida entre las cotas de los 500-450 metros y el grado de variación se explica mejor con la observación de los datos entregados en el Cuadro IV. Los niveles más altos se ubican en la porción Nororiental de la cuenca, contigua a la cota de los 500 metros, en forma que ellos descienden tanto al sur como al poniente; en esta zona, la Cuenca de Maipú recibe principalmente los aportes de aguas subterráneas que desaguan la Cuenca de Conchalí y los niveles quedan ligados a los correspondientes a la última donde alcanzan la cota 500-505 metros.

Los terrenos ubicados en la parte occidental de la cuenca, se alimentan especialmente con las aguas subterráneas que provienen de Santiago Norte y el Nivel de Aguas Normal varía entre las cotas de los 470-460 metros. Es interesante anotar el hecho de que el río Mapocho actual ha cortado, en al-

gunas partes, napas superficiales que provienen de Santiago Norte; así, frente a la Mina La Africana, se tienen afloramientos en forma de vertientes ubicados en ambas riberas y a mayor altura que el nivel de aguas superficiales del río.

Hacia el límite Sur de la Cuenca de Maipú, donde se reúnen las napas subterráneas provenientes de Santiago Norte y Conchalí con aquellas que escurren por los cauces antiguos de los ríos Mapocho y Maipo, el amplio espesor que alcanzan las capas permeables del Aluvial Primero ha permitido el escurrimiento libre del agua subterránea y el desarrollo de una gradiente de pendiente inferior a 1°. Así se han determinado 475,4-467, 0-460,0 y 422,5 metros como cotas de los niveles en los sondajes N.os 41, 164, INSA y N° 26, este último ubicado en la cuenca parcial Malloco que se extiende más al Sur.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: La amplia recarga que experimentaría el agua subterránea en la cuenca de Maipú, permite considerar la construcción de nuevos sondajes sin que se produzcan interferencias notables entre éstos y aquéllos ya realizados; especialmente, en la zona prácticamente no explotada que se extiende al Norte del Zanjón de la Aguada y al Poniente de la cota topográfica de los 500 metros.

Así como el pozo CORFO N° 70 abastece de agua a los pobladores del sector denominado Ciudad Jardín Lo Prado, podría muy bien perforarse uno o dos pozos que diesen un suministro adecuado a los habitantes de la comuna Las Barrancas en la región, densamente poblada, que se extiende al Poniente de Lo Prado. Ellos harían posible eliminar el empleo de norias domésticas, generalmente ubicadas a escasa distancia de pozos sépticos de profundidad similar, cuyas aguas superficiales de fácil contaminación han dado a la comuna fama de ser sanitariamente muy deficiente y presentar un alto porcentaje de mortalidad infantil. Los sondajes, ubicados en la comuna, probablemente encontrarían los máximos rendimientos de aguas subterráneas para profundidades del orden de los 80 metros o menores.

En el perfil de la figura N° 11 se ha insinuado la posibilidad de cortar, a mayor profundidad que la alcanzada hasta ahora por los sondajes, napas potencialmente muy ricas en las capas permeables inferiores del Aluvial Primero y las cuales se situarían en las cercanías de los cauces antiguos estimados para los ríos Maipo y Mapocho. Puede insinuarse, entonces, la idea de realizar un sondaje de reconocimiento en la región del límite austral de la cuenca parcial Maipú; esta perforación, para que cumpla plenamente su objetivo, debería tratar de alcanzar la circa rocosa o en su defecto, la máxima profundidad permitida por la máquina sondeadora.

F Cuenca Parcial Lo Aguirre

Ubicación: La Rinconada de Lo Aguirre está conformada por la porción Oriental de la cordillera de la Costa y por los cerros de Lo Aguirre que se extienden al Este de la misma; sus límites están señalados en el plano UCP.

Sistema Hidrográfico: La región presenta un drenaje de aguas bastante imperfecto y no existen cauces superficiales de aguas permanentes; los escurrimientos se limitan a los de algunos canales y esteritos marginales del río Lampa además de un pequeño cauce, de escaso caudal, que se sitúa al interior de la cuenca en la región de la Cuesta Lo Prado. La hoya hidrográfica es de aproximadamente 60 kilómetros cuadrados.

Generalidades Fisiográficas: La cuenca se destaca por su aspecto de sequedad durante los meses calurosos del verano y por los pequeños lomajes de materiales de cenizas y piedra pómez que se ubican en la parte septentrional contigua al río Lampa. Hacia el interior, desaparecen paulatinamente los depósitos de color blanco cremoso de la Morrena Segunda y se presenta una cubierta de naturaleza arcillosa lavada de los cerros limitrofes.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En Lo Aguirre existe un solo pozo profundo que fue construido, para la compañía propietaria del Mineral de Cobre La Africana, por el ingeniero Rosendo Caro. Este sondaje está totalmente abandonado y, de acuerdo con las informaciones verbales que nos proporcionara el jefe de faena, habría alcanzado una profundidad de 140 metros; los primeros 30 metros consistirían de materiales volcánicos como los que caracterizan la Morrena Segunda y luego se habría cortado una sucesión, prácticamente ininterrumpida, de materiales finos arcillosos. Aunque el nivel de aguas se localiza a unos 4 metros debajo de la superficie del terreno, el sondaje solamente atravesó napas de importancia secundaria que entregan un gasto demasiado reducido como para tratar de explotarlas con equipo de bombeo.

En las cercanías del pozo nombrado, siempre al costado Sur del camino, se tienen dos norias domésticas, con profundidades inferiores a los 6 metros, las cuales entregan gastos de agua pequeños. Hacia el interior de la cuenca, próximo al portezuelo que la separa de la Rinconada de Cerda, hay otras dos norias de características similares.

Cuadro Sedimentario General: En Lo Aguirre, el relleno sedimentario estaría compuesto casi exclusivamente de acarreos muy poco permeables. En efecto, a partir de la roca fundamental se tendrían depósitos de escombros antiguos y sobre ellos los correspondientes a la Glaciación Primera en forma, principalmente, de materiales arcillosos que entraron a la cuenca con las aguas barrosas del deshielo. Hacia la superficie, se encontrarán las capas depositadas durante la Glaciación Segunda también con pequeña permeabilidad.

Entre ambos espesores de capas derivadas de las dos primeras épocas glaciales, se localizarán aquéllas del Aluvial Primero las cuales, por corresponder a depósitos marginales del río Lampa, mostrarán una granulometría esencialmente arcillosa y poco favorable a la formación de acuíferos. Los materiales transportados por los aluviales posteriores serán de naturaleza similar, ya que siempre habría constituido Lo Aguirre, con su escaso drenaje, una región propicia para formar lagunas de aguas estancadas en las grandes creces o avenidas del Lampa.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Dentro del cuadro sedimentario estimado y hecha consideración de su pequeña hoya hidrográfica, las posibilidades de extracción de aguas subterráneas son pobres en la cuenca Lo Aguirre; ellas quedarán limitadas a la zona septentrional, más próxima al cauce actual del río Lampa, y a la región más interior de la cuenca, donde empieza a subir el camino que conduce a la Cuesta Lo Prado, en la cual cabría esperar napas superficiales en los últimos acarreos lavados de los cerros de la cordillera de la Costa.

G Cuenca Parcial Rinconada

Ubicación: Esta cuenca comprende las Rinconadas denominadas De Cerda

y De Vial. Está limitada al Norte por los cerros de Lo Aguirre; al Este, por el cauce actual del Mapocho; al Oeste, por los cerros de la Cuesta Lo Prado y al Sur por el cerro Los Ratones y su prolongación denominada Puntilla del Viento.

Sistema Hidrográfico: El drenaje superficial de la cuenca se verifica a través del río Mapocho y también por una serie de canales de riego que nacen y mueren en el mismo río; pero, al igual que todas las rinconadas del valle de Santiago, el desagüe es imperfecto y en los períodos de grandes lluvias las aguas permanecen estancadas largo tiempo.

Los cerros que constituyen el límite Occidental son drenados por tres quebradas de las cuales, la de mayor desarrollo e importancia, es la denominada La Plata que normalmente lleva caudales superficiales todo el año y recibe en su curso superior las aguas de vertientes de poco gasto.

La hoya hidrográfica es ligeramente inferior a la de la cuenca Lo Aguirre y también del orden de los 60 kilómetros cuadrados.

Generalidades Fisiográficas: La zona interior de Rinconada se mantiene con cotas sensiblemente iguales a los 440 metros que sube hacia los cerros limítrofes. Los depósitos superficiales de la morrena segunda han construido lomas irregulares, de poca altura, que se presentan en la mitad septentrional de la cuenca y también, con extensión más reducida, en la Puntilla del Viento. Como se indica en el plano CSS, gran parte de la zona Suroriental de los cerros Lo Aguirre, denominada cerro Bandera, está constituida por materiales de la Glaciación Segunda o de componentes de origen volcánico. En el límite Suroccidental de la cuenca se levanta, como cerro isla rodeado por el relleno sedimentario, la cumbre de 458 metros de altura llamada cerro Divisadero.

Las cuencas de Rinconada y de Lo Aguirre, recientemente estudiadas, están separadas por un portezuelo de unos 470-480 metros de altura que une los cerros de Lo Aguirre con los cordones de la cordillera de la Costa situados al Poniente.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En la región septentrional de la cuenca, denominada Rinconada De Cerda, se ubican los terrenos del Fundo de la Universidad de Chile y dependiente de la Escuela de Agronomía; aquí se ha perforado una serie de pozos y los cuatro mejor conocidos por nosotros aparecen en el Cuadro V y en el plano general.

Los primeros sondajes se materializaron en dos pozos situados junto a las casas del fundo, U1 en el plano, que distan 8 metros uno del otro y los cuales rendían en conjunto un gasto del orden de 0,5 litros/segundo. Posteriormente, uno de ellos dejó de producir y se habilitó un tercero en las cercanías, el año 1950; de acuerdo con los datos verbales que nos entregara el señor Raúl López, ex administrador del fundo, el pozo antiguo aún en producción y el más reciente entregan un total de 27 metros cúbicos/día, es decir, poco menos de 0,5 litros/segundo. De estos tres sondajes figura solamente el más profundo en nuestro cuadro; éste alcanzó una hondura de 120,7 metros y los materiales atravesados aparecen muy detalladamente descritos por BRUGGEN (1942, pág. 11), en su informe, inédito, sobre el Agua Subterránea en el Fundo de Rinconada De Cerda. Los dos restantes tienen profundidades de más de 100 metros y presentan características similares; es decir, también cortan napas artesianas profun-

das que permiten obtener los gastos ya nombrados sin empleo de bombas y con una pequeña surgencia sobre el nivel del terreno.

Durante 1955 el Departamento de Riego del Ministerio de Obras Públicas, que también construyó los sondajes arriba citados, dio comienzo a la perforación de otros dos que aparecen señalados en el plano general. El U3 llegó hasta 71,8 metros; termina en la roca fresca y no cortó napas de agua. El U2, ubicado en el sector denominado Campolindo, alcanzó 87 metros y cortó dos napas las cuales, aunque no sabemos que hayan sido aforadas, parecen ser de rendimiento insignificante; tenemos entendido que existe el propósito de seguir con esta perforación hasta alcanzar la roca fundamental pero, a la fecha, sigue paralizado.

A raíz del poco éxito logrado con los sondajes U2-U3, se requirió al Instituto de Geología de la Universidad para que informara e indicara el lugar más favorable a una nueva perforación. El informe pedido, en el cual tuvimos oportunidad de colaborar con el señor Jorge Muñoz Cristi, fue entregado a fines del año 1955 y él se tradujo en la perforación del pozo U4 que entrega 5 litros/segundo con descarga surgente y 70 litros/segundo para una depresión de 28 metros.

Por último, en el verano de 1957, el ingeniero Ricardo Hucke dio término a la construcción de otros dos sondajes. El primero está situado unos 600 metros al Norte del U4 e inmediatamente contiguo al río Mapocho; tiene 48,6 metros de profundidad, entrega también un pequeño gasto surgente, pero su rendimiento de explotación es del orden de 30 litros/segundo para una depresión de 34 metros. El segundo quedó ubicado junto a la ribera Occidental del río Mapocho, a la salida del puente en el camino Maipú-Rinconada y a unos 500 metros al Noreste de los sondajes localizados en U1; este pozo, también de carácter artesiano, tendría una profundidad de 69 metros y entregaría 15 litros/segundo para una depresión de 26 metros.

Resumiendo, en la cuenca parcial Rinconada hay 8 sondajes, ubicados todos en los terrenos del Fundo de la Universidad de Chile y de los cuales solamente los tres más recientes entregan caudales que justifican su explotación.

Además de los pozos perforados con máquina, hay algunas norias construidas manualmente que tienen profundidades inferiores a 10 metros y con gastos reducidos. De éstas, una está ubicada en las cercanías del cerro Divisadero y las restantes en el Fundo de la Universidad, junto al camino que va desde las casas del fundo hacia la quebrada La Plata.

Cuadro Sedimentario General: Por su ubicación y características topográficas, la Cuenca de Rinconada recibió importantes espesores de acarreos provenientes de las dos primeras glaciaciones que se presentaron en el valle de Santiago.

La Glaciación Primera habría entrado con sus materiales preferentemente al límite Sur de Rinconada, tal como se indica en el plano UMP; posteriormente, parte del agua del deshielo cubriría la cuenca formando una laguna temporal que dejaría depósitos arcillosos, poco permeables, sobre una base de morrenas también impermeable.

Durante el Aluvial Primero las capas de mayor permeabilidad corresponderían: por el Este, a los acarreos marginales de los ríos Maipo y Mapocho antiguos y, por el Oeste, a los de las quebradas occidentales. Tanto las capas

CUADRO V. SONDAJES RINCONADA

Nº Denominación	Profundidad	Cota boca	Cota fondo	Nivel Agua	Cota N. A.	Gasto	Deprec.	Costas Horizontes Superior e Inferior Napas.
U1 Fundo Universidad	120,7	440	319,5	0,0	440,0	0,5	0,0	459,5 — 459,5; 396,8 — 332,6; 321,0 — 319,5
U2 Fundo Universidad	87,0	440	353,0	—	—	—	—	Filtraciones de poca importancia
U3 Fundo Universidad	71,8	470	398,2	—	—	—	—	Filtraciones
U4 Fundo Universidad	47,0	458	391,0	0,0	438,0	70,0	26,0	434,5 — 428,0; 394,0 — 391,0. La segunda napa entrega 5 litros/seg. en forma surgente.

permeables provenientes de los ríos nombrados como de las quebradas situadas al poniente, quedarían intercaladas entre gruesos espesores de arcillas ya que, repetimos, al término de grandes creces de aguas se formarían lagunas temporales y de allí depósitos de granulometría fina por evaporación del agua; naturalmente, las intercalaciones permeables más potentes se localizarán junto a la desembocadura de las quebradas occidentales y en las cercanías del cauce actual del Mapocho, mientras hacia el centro de la cuenca quedarán especialmente materiales finos como es el caso del sondaje U2, que ha cortado, desde los 56 metros hasta la profundidad final alcanzada, arcillas limosas de apariencia lagunar.

La Glaciación Segunda parece haber conformado una especie de umbral de morrenas con pómez entre cerro Bandera y Puntilla del Viento a partir del cual entraron, al interior de la cuenca, materiales lavados de la misma y que no se distinguen petrográficamente de los que compondrían la verdadera morrena. La situación de los depósitos superficiales de cenizas y pómez, señalada en el plano CSS, indicaría además que antes de la Glaciación Segunda el piso de Rinconada estaría fuertemente levantado hacia el Sur y presumiblemente por un mayor espesor de los acarreos de la Glaciación anterior; esto originaría, en consecuencia, un mayor desarrollo de los materiales de componentes volcánicos en la zona septentrional de Rinconada.

Los periodos aluviales posteriores erodaron, parcialmente, el umbral de la morrena segunda en la región oriental y reemplazaron aquella con los materiales permeables más recientes del Mapocho. Por otra parte, en la región occidental se ubicaban los depósitos arrastrados por las aguas de las quebradas y también aquellos lavados de los cerros vecinos. Lo mismo que para el Aluvial Primero, en la zona central estos acarreos más nuevos son de naturaleza fina arcillosa.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Las napas subterráneas más importantes se localizarán preferentemente en las intercalaciones permeables correspondientes al Aluvial Primero, las cuales, de acuerdo a lo expresado más arriba, serán más potentes junto al cauce actual del río Mapocho y también al pie de las quebradas occidentales. Esta situación se comprende mejor con el perfil que se discute a continuación:

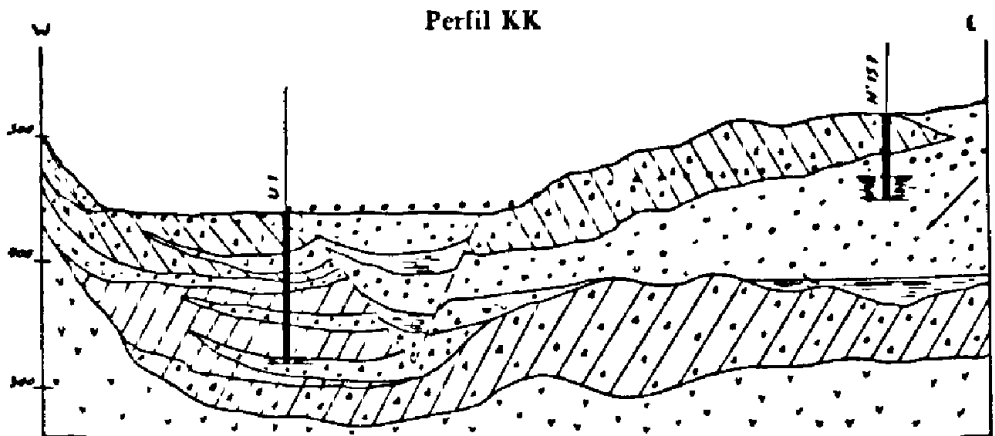


Fig. 13 Perfil K-K
Cuencas parciales Rinconada-Mapo

0 4.5 9 km

El dibujo muestra un corte por el terreno, con dirección Este-Oeste, entre la zona de quebrada La Plata y el lugar del sondaje N^o 157; se han interpolado los datos entregados por el pozo U1, que alcanzó 120 metros de profundidad con resultados muy pobres en cuanto se refiere a producción de agua.

Sobre la roca fundamental se apoyarían los acarreos impermeables de la Glaciación Primera. Más arriba se encuentran las capas del Aluvial Primero que en la parte occidental del perfil, o depresión de Rinconada, son francamente arcillosas y se confunden con los depósitos glaciolagunares contemporáneos de la Glaciación Primera mientras, más allá del límite oriental de la cuenca, están constituidas por materiales gruesos de alta permeabilidad depositados por los ríos Maipo y Mapocho antiguos.

A continuación, quedan indicados en el Perfil KK los sedimentos correspondientes a la Glaciación Segunda y ellos aparecen, desde el sondaje N^o 157 hasta donde se inicia la depresión de la Cuenca Rinconada, como un lomaje irregular que va desde la superficie hasta una hondura promedio de 40 metros. Este lomaje está cortado hasta la región del sondaje U1, por el cauce actual del río Mapocho cuyas aguas superficiales erodaron la Morrena Segunda y han dejado, en su reemplazo, los componentes más gruesos y densos de la misma conjuntamente con los propios acarreos del río. A partir del sondaje U1 aparecen nuevamente, al Poniente del pozo citado, las capas de la Morrena Segunda; en partes como última manifestación superficial del relleno y en partes cubiertas por espesores delgados de los acarreos más recientes de quebrada La Plata, como se observa en la parte superior del extremo izquierdo del perfil.

Nivel de Aguas Normal: En la región occidental de los terrenos de Rinconada el Nivel de Aguas Subterráneas, que se materializaría en las norias existentes, queda a unos 4-5 metros de la superficie para la época del verano y parece estar controlado por las aguas que se infiltran en el subsuelo desde las quebradas que drenan los cerros de la Cuesta Lo Prado, además de aquéllas provenientes de los cerros de Lo Aguirre y Los Ratones. En las proximidades del límite oriental, los acuíferos quedarían condicionados a los suministros subterráneos que escurren, hacia el Sur, por debajo del cauce actual del río Mapocho y que se componen con las infiltraciones del caudal superficial del río, con las napas subterráneas alimentadas desde Santiago Norte y también con las que provienen desde el Este a través de la cuenca parcial Maipú. Luego, aquí debe tenerse un Nivel de Aguas acorde con los presentes en la región Occidental de Maipú y que, según lo establecido anteriormente, están alrededor de la cota de los 460 metros.

Sin embargo, los terrenos de Rinconada quedan próximos a la cota de los 440 metros, bastante inferior a la existente al Este del río Mapocho, y aunque la pendiente descendente del terreno se traduce en una disminución de la altura de los niveles de aguas subterráneas, existen amplias posibilidades de cortar, con los sondajes ubicados en las cercanías del cauce actual del Mapocho, napas confinadas que entreguen suministros surgentes o artesianos; tal como se ha comprobado con algunos de los pozos del Fundo de la Universidad de Chile.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: La zona más favorable a la ubicación de sondajes es aquélla contigua al cauce actual del río Mapocho; esto ha quedado demostrado con el pozo U4 y también con los dos últimos con-

truidos por el ingeniero Ricardo Hucke (Antecedentes pág. 63). Según los cauces antiguos estimados para los ríos Maipo y Mapocho sería favorable la perforación de un sondaje, entre el U4 y Puntilla del Viento, que podría ubicarse a mitad de camino entre ambos lugares; aquí, se tendría un mayor desarrollo de las capas permeables del Aluvial Primero ligadas, hacia la superficie, con materiales también permeables derivados del lavado de la Morrena Segunda.

En la zona interior de la Cuenca Rinconada, las posibilidades de aguas subterráneas son potencialmente malas y, dentro de este cuadro pesimista, se destaca con interés la perforación de un sondaje al pie del cono de rodados que se reconoce a la salida de la quebrada La Plata y el cual cortaría los mejores suministros de aguas subterráneas que se originan en la porción occidental de la hoya.

H Cuenca Parcial Conchalí

Ubicación: La región de Conchalí queda situada inmediatamente al Norte de la ciudad de Santiago y está limitada por los cerros de Huechuraba en el Norte; cerro San Cristóbal, en el Este; cerros de Renca en el Oeste y cauce actual del río Mapocho en el Sur.

Sistema Hidrográfico: El drenaje de las aguas superficiales se produce hacia el umbral conformado por los cerros de Huechuraba y los cerros de Renca y también, con dirección suroeste, hacia la cuenca parcial Maipú. La hoya hidrográfica de la cuenca es de aproximadamente 80 kilómetros cuadrados.

Generalidades Fisográficas: En la Cuenca de Conchalí se destaca, sobre el relleno sedimentario, el cerro Blanco cuya posible prolongación rocosa hacia el cordón del San Cristóbal aparece oculta por los acarreo. Esta cumbre constituye un ejemplo típico de los numerosos cerros islas que pueden reconocerse en el valle de Santiago y el origen de los cuales se debería, muchas veces, a que el relleno sedimentario ha sobrepasado y cubierto áreas depresionarias de los cordones rocosos que entran, por lo general en forma de puntilla hacia el interior del valle.

Dentro de la misma cuenca parcial Conchalí, se tiene una situación geológica que ha permitido a BRUGGEN (1950, pág. 76) realizar una interpretación muy interesante sobre la formación de los cerros islas. En efecto, al pie del cordón del San Cristóbal, en la región denominada El Salto, junto al límite nor-oriental de la cuenca, el relleno sedimentario del valle queda más o menos en la cota de los 520 metros y hay que subir unos 140 metros para alcanzar la cima del San Cristóbal en esta parte; ahora bien, al Este de El Salto el relleno correspondiente al valle del Mapocho alcanza, prácticamente, la cota 660 y faltan muy pocos metros para sobrepasar el cordón del San Cristóbal. Siguiendo siempre al autor recién citado, si continuara la depositación de acarreo del Mapocho este río terminaría por caer a la cuenca de Conchalí produciéndose, dada la diferencia apreciable de cota entre ambos valles, una renovación muy fuerte de la acción erosiva que profundizaría rápidamente el cauce del río hacia el Este y arrastraría gran cantidad de materiales hasta el valle más bajo. Con el transcurso del tiempo los terrenos se nivelarían a una cota de relleno intermedia y el San Cristóbal mos-

traría su extremo austral separado, en forma de cerro isla, del cordón de cerros del Manquehue al cual se liga en la actualidad.

En la cuenca de Conchalí el terreno muestra variadas condiciones de pendiente; así, un observador colocado en el lugar que ocupan los sondajes N.os 30-32 vería que la cota topográfica superficial desciende gradualmente, desde los 525 metros del lugar de observación, hasta los 500 metros con dirección al límite occidental de la Cuenca. Directamente al Este los terrenos se mantienen prácticamente sin variaciones, mientras, hacia el Nororiente, ellos bajan en altura y conforman, en la zona de El Salto, una especie de depresión de poco drenaje y de cota 508-510 metros que luego sube rápidamente a partir de los faldeos del San Cristóbal. Al Sur de los pozos de referencia aumenta la altura y el río Mapocho aparece, entre el San Cristóbal y más o menos la línea del Ferrocarril Longitudinal, más alto que la zona interior de la cuenca; hacia el Norte, los terrenos bajan suavemente y este descenso se mantiene hasta la entrada de la rinconada que se ubica, en el plano general, directamente al frente de los sondajes N.os 30-32. La rinconada nombrada muestra un relleno del tipo de Cono de Rodados y aquí la pendiente sube, en forma apreciable, desde el pie del cono hacia las quebradas que lo han conformado y que desaguan el cordón de cerros denominado Piedra Sobre Otra.

Antecedentes sobre Explotación de Aguas Subterráneas: Lo mismo que para la región denominada Maipú, existen en Conchalí numerosos sondajes para los cuales no hemos podido conseguir datos completos; en esta forma, hemos incluido solamente 17 en nuestro cuadro VI y no figuran alrededor de veinte, entre los cuales es interesante citar los siguientes:

Sondaje Avenida Santa María/Caupolicán, se ubica en la conjunción de las calles nombradas, unos 500 metros al Sur del sondaje R2. Tendría una profundidad de 55 metros y entregaría del orden de los 70 litros/segundo para una depresión de 12 metros de su nivel de aguas.

Hospital José Joaquín Aguirre, aquí existe una perforación de unos 68 metros de hondura, con gasto de explotación del orden de 15-20 litros/segundo. Se ubica en los terrenos del hospital citado y próximo al faldeo occidental del cerro Blanco.

Población Santa Victoria, se tiene un sondaje con 46 metros de profundidad y con nivel de aguas, al estado de reposo, cercano a la cota 500 metros. Está situado, directamente al Norte de los sondajes N.os 30-32, poco antes de la rinconada que aparece en el plano general. Su rendimiento sería del orden de los 35 litros/segundo.

Población 4 de Septiembre, queda situada inmediatamente al Norte del Hipódromo Chile y en sus terrenos se construyen o se han terminado tres sondajes. Estos, como los nombrados arriba, han sido contratados por el Ingeniero Rosendo Caro.

Población Juan Antonio Ríos, el abastecimiento de agua potable para los habitantes de este sector densamente poblado se obtiene, en su totalidad, de tres sondajes perforados por el señor Antonio Besa. La población se encuentra entre la Carretera Panamericana y Avenida Fermín Vivaceta, junto al límite austral de la cuenca.

Compañía Cervecerías Unidas, calle Independencia a la altura del N° 600, hay un pozo de 68 metros que lleva una bomba ubicada alrededor de los 50

CUADRO VI. SONDAJES CONCHALI

Nº Denominación

74	Loteo La Palmilla 1º	65,0	510	445,0	8,0	502,0	100	24,0	499,0 - 495,5; 494,5 - 490,0; 468,0 - 465,0; 462,5 - 455,0; 452,5 - 448,5
77	Loteo La Palmilla 2º	67,0	510	443,0	7,0	503,0	100	18,0	502,0 - 498,0; 467,0 - 465,0; 459,0 - 455,0; 453,0 - 448,5
30	Pobl. Quinta Bella 1º	50,0	525	475,0	19,3	505,7	72	10,7	504,0 - 502,0; 501,0 - 497,0; 494,5 - 493,5; 479,5 - 477,5
32	Pobl. Quinta Bella 2º	50,0	525	475,0	20,5	504,5	70	19,5	505,0 - 502,4; 501,5 - 496,0; 482,0 - 478,5
C1	Vivaceta Nº 2710	51,0	516	465,0	15,8	502,2	50	5,2	Sin datos
208	Fábrica Ferrilosa	50,0	514	464,0	15,8	500,2	100	16,2	489,8 - 485,8; 484,7 - 467,5
156	Curt. Ihlarreborde	72,0	540	468,0	37,0	503,0	45	13,0	480,8 - 468,0
R2	Est. Mun. Renca	53,0	502	449,0	9,0	499,0	40	23,0	479,0 - 471,0; 470 - 469,0
66	SEAM Renca	25,5	510	484,5	9,7	500,3	18	10,8	499,5 - 486,0
165	Industrias Nobis	63,0	530	467,0	30,0	500,0	48	24,0	482,0 - 478,0; 475,0 - 470,5
75	Curtiembre Melero	75,0	536	461,0	33,5	502,5	15	31,5	469,5 - 468,5; 464,0 - 462,0
R4	C.C.U. Renca	87,5	517	429,5	16,2	500,8	42	5,8	497,8 - 495,9; 487,0 - 474,4; 469,8 - 467,8; 465,5 - 461,6; 452,0 - 449,8
76	Fábrica de Mote	80,0	538	458,0	36,8	501,4	80	11,4	507,5 - 505,5; 500,0 - 496,0; 493,0 - 489,0; 475,0 - 473,5; 466,0 - 464,0
C2	Vivaceta Nº 941	74,0	537	463,0	36,7	500,3	57	10,3	Sin datos. Sonda je abandonado por aguas contaminadas.
189	Fábrica Hirmas	70,0	534	464,0	31,0	503,0	80	17,0	469,5 - 459,0
192	Compañía Electricidad	88,0	514	426,0	17,0	497,0	100	18,0	446,0 - 432,0
179	Casa El Buen Pastor	69,0	544	475,0	43,0	501,0	15	22,0	496,5 - 495,0; 492,0 - 487,5; 486,5 - 479,0

metros de hondura y capaz de extraer 25 litros/segundo; esta bomba se trabaja a un promedio de 18 horas diarias y no agota el agua, aunque se estima que para un gasto ligeramente mayor se tendría agotamiento completo. Este pozo se construyó en forma de noria, con diámetro del orden de tres metros, desde la superficie hasta más o menos los 55 metros; posteriormente, se excavaron los últimos metros con una especie de draga y se conservó, para la última parte, un diámetro de unos 2 metros. El nivel de aguas en reposo permanece entre los 50-55 metros de hondura.

Vega Central, entre las calles Avenida La Paz y Avenida Recoleta, a unos 600 metros de la ribera norte del río Mapocho, hay un sondaje de 80 metros de hondura que se habría terminado a fines del año 1954 y el cual está abandonado ya que sus aguas resultaron contaminadas o sanitariamente deficientes. Informaciones verbales permiten suponer que este sondaje podría entregar del orden de 15-20 litros/segundo.

Cabe añadir que son numerosas en la cuenca de Conchalí las norias construidas manualmente y cuyas profundidades varían entre 3 y 35 metros ubicándose, las de menor hondura, en las cercanías de la cota topográfica de los 500 metros. Ellas presentan, corrientemente, gastos apropiados solamente para usos domésticos; pero algunas entregan suministros de cierta importancia a las industrias de la zona y puede mencionarse la situada en los terrenos de la Fábrica Ferrilosa, cercana al pozo N° 208, que rinde del orden de los 30 litros/segundo.

Cuadro Sedimentario General: Creemos que el paisaje topográfico de Conchalí, al término de la Glaciación Primera, podría asimilarse al que muestra hoy en día la cuenca parcial Rinconada y que ha sido configurado por los acarreo de la Glaciación Segunda (página 76). Es decir, se tendría un potente espesor de morrenas impermeables apoyado en los faldeos de los cerros San Cristóbal y Renca, tal como se observa en el plano UMP, mientras en el interior de la cuenca se encontrarían depósitos, de menor magnitud, formando una serie de lomas bajas e irregulares.

Es muy posible que las aguas del deshielo, de los glaciares de la Primera Epoca, hayan constituido en la zona depresionaria de Conchalí una laguna y que a partir de ésta se depositaran capas glaciolacustres arcillosas. Desafortunadamente, los sondajes actuales no habrían profundizado lo suficiente para confirmar esta idea y aquellos que alcanzan la cota más baja, como es el caso del R4 y N° 192, con cotas en el fondo de 429,5 y 426,0 metros respectivamente, están cortando todavía materiales que pueden atribuirse al Aluvial Primero o bien a depósitos glacioluviales contemporáneos con la Glaciación Primera. En realidad, los sondajes mencionados estarían, por su ubicación, al margen de una deposición de carácter lagunar y así los pozos N.os 74-77, situados bastante al interior de la cuenca y dentro de la zona depresionaria favorable al estancamiento de aguas, han cortado en los últimos dos metros de la perforación una capa de arcilla pura compacta, en el caso del N° 74, y una capa de arcilla con muy poca arena fina para el pozo N° 77; estos dos sondajes tienen cotas en el fondo de 445 y 443 metros respectivamente, siendo, según se observa en el cuadro VI, los que han llegado más abajo después de los recientemente nombrados R4 y N° 192.

Los materiales del Primer Interglacial estarían representados, en Conchalí, por acarreo transportados por el río Mapocho antiguo, durante los periodos de grandes creces de agua y también por los provenientes de las quebradas que desaguan los cerros del límite Norte de la cuenca. Los primeros estarán ubicados

preferentemente hacia la región austral de la cuenca y los segundos en la porción septentrional. En el espesor de relleno del Aluvial Primero, caracterizado aquí por materiales de naturaleza conglomerádica compuestos de ripio-arena y arcilla, se intercalan capas de mucho menor contenido de arcillas y de buena permeabilidad que contienen los acuíferos principales.

Como hemos expresado anteriormente, pensamos que los materiales de la Glaciación Segunda prácticamente no entraron al interior de Conchalí y que cualquiera manifestación de los mismos ha desaparecido por la acción de lavado de las aguas superficiales.

En consecuencia, los acarrees del Aluvial Primero se ligan, hacia la superficie, con los correspondientes a los períodos interglaciales posteriores que mostrarían características similares al del período más antiguo. Es interesante anotar que en los sondajes N.os 208-192 y R4 se han localizado capas de arcilla casi pura, de no más de 3 metros de espesor, siempre alrededor de los 30 metros de profundidad y que podrían corresponder a los materiales depositados por el Aluvial Segundo cuando las aguas del río Mapocho fueron estancadas por las morrenas de la Glaciación Segunda (página 22).

Los depósitos más recientes han modelado el cuadro señalado en el plano CSS; allí se indican, en la región austral, materiales gruesos modernos del río Mapocho actual y, en la región septentrional, depósitos arcillosos que irán cambiando a materiales más gruesos hacia los cerros limítrofes.

Perfil LL

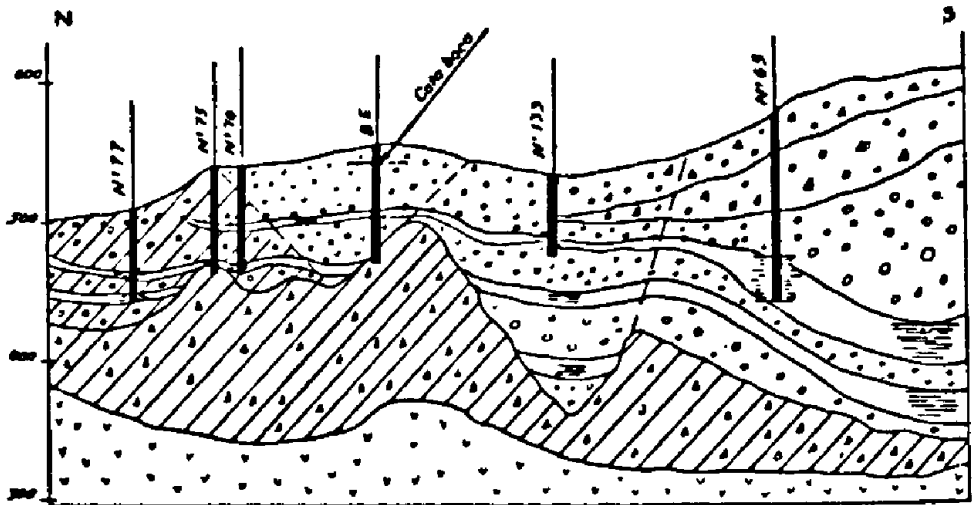


Fig 14 Perfil L-L

Cuencas parciales: Conchalí-Santiago-S. Bernardo

La figura representa un corte por el terreno entre los sondajes N.os 65 y 77; entre ambos se intercalan los pozos N.os 75-76-133 y B.E., este último ubicado en el edificio del Banco del Estado de Chile.

En el dibujo se ha exagerado la disposición que tendrían las capas de la Morrena Primera, después de ser erodadas y cubiertas por los acarrees de los períodos interglaciales, con el propósito de recalcar la forma cómo se distribuyen las napas de agua a lo largo del perfil. Así, debajo del sondaje N° 65, la morrena

está fuertemente erodada y reemplazada por los materiales del río Maipo antiguo que continúan, hacia la superficie, con acarreos de tipo glaciofluvial derivados de las dos últimas glaciaciones y que presentan también buena permeabilidad por cuanto han sido lavados de sus componentes más finos arcillosos; los acuíferos principales se ubican aquí en las capas interglaciales más profundas y el techo de la primera napa importante estaría localizado alrededor de los 100 metros de hondura, como es el caso de los sondajes N.os 65 y 58.

El pozo N° 133 se ubicaría sobre el cauce más antiguo del río Mapocho y aunque el relleno permeable del Aluvial Primero debe ser en éste menos potente que el correspondiente al Maipo antiguo, es muy posible la existencia de napas, potencialmente ricas, en capas permeables que no han sido alcanzadas por los sondajes actuales.

El sondaje B.E., que figura en el perfil LL, fue construido por el ingeniero Rosendo Caro y tiene una profundidad de 70 metros; la cota del terreno es de 553 metros, pero, como la perforación se hizo a partir de los pisos subterráneos, la cota de la boca corresponde más o menos a los 542 metros. Este pozo atraviesa 6 napas de agua y de ellas las cinco primeras tienen el carácter de verdaderas napas colgadas, pues se ubican por encima del nivel de agua al estado de reposo; la última, ubicada entre las profundidades de los 42,4-52,0 metros, rinde un gasto de 30 litros/segundo para una depresión de 10 metros.

En la zona del pozo B.E. la Morrena Primera estaría levantada, tanto porque ella se habría depositado originalmente con grueso espesor frente al cordón constituido por los cerros San Cristóbal-Santa Lucía y Blanco, como porque habría sido menos erodada por las aguas superficiales en el transcurso del primer período interglacial; no sabemos la naturaleza de los materiales atravesados a lo largo de la capa 52-70 metros pero, dado de que no se cortarían acuíferos en ella, es muy posible que los últimos metros del sondaje correspondan a materiales impermeables de la Glaciación Primera. Luego, tal como se observa en el perfil LL, aquí no se hará sentir la influencia de los caudales subterráneos que escurren, a mayor profundidad, bajo los cauces antiguos de los ríos Maipo y Mapocho; en consecuencia, la alimentación de las napas está condicionada a las corrientes que corren subterráneamente a lo largo del cauce actual del río Mapocho y las cuales, por estar situadas a mayor altura, serán de menor importancia que aquellas correspondientes a los lechos antiguos.

Al Norte del sondaje B.E., siguiendo siempre el perfil LL, los sondajes existentes atraviesan una sucesión de capas conglomerádicas, con bastante arcilla, que corresponderían a los depósitos interglaciales acarreados por el río Mapocho y las quebradas que desaguan los cerros del límite septentrional de Conchalí. Las capas de menor contenido de arcillas contienen los acuíferos principales y es interesante destacar que, cuando se indican varias napas en el cuadro VI, es siempre la más profunda la de mayor producción de agua; es decir, se mantendría la situación general de la cuenca de Santiago con los acuíferos más importantes ubicados en el espesor de relleno del Aluvial Primero.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: En la cuenca parcial Conchalí deben ser comunes pequeñas elevaciones, de materiales impermeables, provenientes de la Glaciación Primera y también variaciones laterales de capas permeables depositadas en el transcurso de los distintos períodos interglaciales; se comprende que los acarreos aluviales permeables tengan repartición irregular si se piensa que ellos han sido transportados en la región austral, a través de

grandes crecidas de aguas del río Mapocho y, en la zona septentrional, por quebradas que no formaron cauces permanentes dentro de la cuenca.

Lo anterior explica el hecho de que, en la cuenca a la cual nos estamos refiriendo, las napas de mayor producción pueden considerarse contenidas en un espesor de unos 50 metros y entre las cotas topográficas de los 450-480 metros. No se trata, en realidad, de un solo acuífero sino de varios situados en discontinuidad de cotas y los cuales se ligan unos con otros, por transiciones de permeabilidad, aguas abajo o aguas arriba del punto que se considere.

Creemos que la napa más profunda atravesada por los sondajes N.os 77 y 74 aparece aguas abajo en el pozo N° 192 (ver cuadro VI), y que a mayor hondura se cortarían materiales fundamentalmente impermeables o con muy poca producción de agua.

Nivel de Aguas Normal: Dado el carácter depresionario de la cuenca de Conchalí y que debe mantenerse a profundidad, además de que todas las napas localizadas con los sondajes se intercomunicarían unas con otras, ella constituiría una especie de tranque subterráneo con desagüe muy lento hacia la zona de Maipú y donde el máximo escurrimiento se produce posiblemente entre la cota 500 metros y la línea del Ferrocarril Longitudinal.

Según todo lo anterior, es perfectamente comprensible que los sondajes indicados en el cuadro VI muestren una cota del Nivel de Aguas sensiblemente igual para todos ellos y próxima a la cota de los 500 metros sobre el nivel del mar. Esta situación se mantendría para los pozos de la cuenca que no figuran en el cuadro y algunos de los cuales se han citado en la página de Antecedentes.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Si bien la cuenca de Conchalí se presenta como una depresión con respecto al lecho actual del Mapocho, perfil LL, nos parece que los aportes de aguas subterráneas provenientes de este último son de importancia reducida y se limitan a una franja de terreno inmediatamente vecina al río. En la zona que se ubica al Sur del portezuelo entre los cerros San Cristóbal y Blanco no se tendría una influencia muy notable de las napas propias de Conchalí y, mediante un sondaje de reconocimiento, podría determinarse la medida de estos aportes derivados del cauce actual del Mapocho.

Al descartar la alimentación desde el límite Sur, resulta que la recarga de las napas subterráneas en Conchalí debe realizarse fundamentalmente a través de las aguas lluvias caídas en su hoyo hidrográfica, del orden de los 80 kilómetros cuadrados y también, según pensamos nosotros, por escurrimientos subterráneos que vienen desde Santiago Norte y entran por el umbral conformado entre los cerros de Huechuraba y Renca.

En cualquier caso, puede considerarse que la cuenca parcial bajo estudio tiene ya un número excesivo de pozos y no debería concederse la autorización para perforar otros nuevos. Dado el carácter que tendría el almacenamiento de aguas subterráneas en Conchalí, formando un verdadero tranque y donde las napas se ligan unas con otras en alguna parte de la cuenca, se comprende que el gasto extraído de cualquier sondaje incide sobre el Nivel de Aguas y rendimiento general de todos los demás. En realidad, esta influencia mutua no es todavía notoria en la zona y ello porque existe un gran número de sondajes los cuales, por un motivo u otro, aún no entran en la etapa de explotación; sin embargo, es lógico pensar que con el transcurso del tiempo se tenderá a ponerlos todos en

producción y puede ocurrir que se produzca un sobrebombeo que deprima totalmente los pozos menos profundos.

I. Cuenca parcial La Dehesa

Ubicación: Está situada junto a la ribera norte del río Mapocho, en la parte de su curso que comprende las cotas topográficas de los 800-900 metros. Al Sur queda limitada por el cerro Alvarado, el río Mapocho y los cerros que constituyen el faldeo occidental de la quebrada Arrayanes; al Oeste, por el cordón del Manquehue; al Norte, por el cordón de cerros Arqueado de Barrera con 2.901 metros de altura y, al Este, por las cumbres que descienden desde la cota anterior hasta aproximadamente los 1.000 metros frente al estero Arrayanes.

Sistema Hidrográfico: La rinconada de La Dehesa es desaguada por una serie de esteros que se reúnen finalmente en el llamado estero Las Gualtatas y el cual confluye al río Mapocho junto a la puntilla oriental del cerro Alvarado. Puede decirse que cada quebrada dentro de los cerros limítrofes origina un cauce superficial; los más importantes son los esteros Las Rosas y Manantial, originados en la zona cordillerana oriental; esteros El Manzano y Las Gualtatas, formados en la parte norte; estero El Carrizo, que drena los cerros occidentales. La hoya hidrográfica es del orden de los 130 kilómetros cuadrados.

Generalidades Fisiográficas: En la cuenca, especialmente en la región oriental, se presenta una serie de cerrillos bajos de formas redondeadas y faldas suaves; también algunas lomas alargadas y terrazas de pequeña extensión. Todo este conjunto está atravesado por un sinnúmero de quebradillas o barrancos de poca magnitud.

Hacia el poniente se tiene un panorama similar y se destaca aquí el cerro isla, denominado Del Medio, constituido por rocas de la Formación Porfírica y con 1.005 metros de altura. En las tierras altas, entre las cotas 900-1.000 metros, la pendiente del terreno que se manifiesta con dirección más o menos Norte-Sur, es alrededor de 2%; avanzando al límite sur de la cuenca la pendiente, que mantiene su dirección general, baja a cerca de 1%.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: No tenemos conocimiento de que se hayan perforado pozos profundos en esta zona; sin embargo, existen dos o tres norias, de poca profundidad y con gastos de algunos litros/segundo, que se encuentran junto al curso inferior del estero Las Gualtatas.

Cuadro Sedimentario General: Como la rinconada de La Dehesa es la primera región amplia que se ubica a la entrada del río Mapocho en el valle, el glaciar correspondiente a la primera época debe haber entrado a la cuenca, con sus masas de hielo y acarreos, dejándola cubierta con depósitos morrénicos y modelando un paisaje de lomas irregulares constituidas por una mezcla heterogénea de arcilla y piedras. Esta topografía antigua podría reconocerse, en la actualidad, en las zonas más altas y especialmente en aquellas regiones que permanecieron al margen de la acción erosiva de los cauces superficiales.

Durante el Interglacial Primero, los esteros de La Dehesa habrán realizado un fuerte trabajo erosivo sobre la Morrena Primera y reemplazaron, en las cercanías de sus lechos, los depósitos impermeables por otros favorables a la transmi-

sión y almacenamiento de aguas subterráneas. Hacia el desagüe sur, los acarreos propios de los esteros deben confundirse con aquellos provenientes de las crecidas del Mapocho; en consecuencia, aquí se encontrarán con mayor desarrollo y potencia los materiales del Aluvial Primero.

La Glaciación Segunda habría quedado, como expresáramos al tratar el relleno sedimentario general del valle, encauzada en los cauces antiguos de los ríos principales, y su acceso a La Dehesa se vería impelido por cordones morrénicos, correspondientes a la Glaciación Primera, los cuales levantarían el umbral existente entre cerro Alvarado y los cerros que forman el faldeo occidental de la quebrada Arrayanes. Es muy probable, sin embargo, que hacia el término del segundo período glacial las aguas del deshielo hayan rebasado el umbral y entrado en la cuenca, formando una laguna o lago capaz de acumular depósitos de naturaleza arcillosa; este mismo proceso se habría producido cuando los hielos de la Glaciación Primera retrocedieron a la Alta Cordillera.

Ya cerca de la superficie se localizarán los acarreos depositados por los esteros actuales, en el transcurso de los últimos períodos interglaciales, y ellos consistirán en una serie de capas con arenas y rolados permeables con intercalaciones arcillosas, menos permeables, transportadas durante épocas de escurrimiento de aguas tranquilas o de pequeño caudal. Estos materiales serán altamente permeables en las cercanías de los esteros, nombrados anteriormente, y llevarán mayor cantidad de arcillas, poco favorables para constituir acuíferos, en la medida que nos alejemos de ellos.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: La hoya hidrográfica estimada en 150 kilómetros cuadrados y donde se presentan varias cumbres con altura superior a los 2.000 metros, lo cual se traduce en precipitaciones abundantes de lluvias y nieves, son indicios favorables para la captación de buenos suministros subterráneos. Esto se comprueba también por el hecho de que los numerosos esteros de La Dehesa conducen caudales superficiales aun en los años muy secos y, por otra parte, con algunas vertientes o afloramientos de aguas que alumbran en capas permeables de los barrancos cortados por los esteros, especialmente junto al curso inferior del de Las Gualtatas.

Las napas más ricas se situarían en las capas permeables inferiores o del Aluvial Primero; pero esto no excluye la posibilidad de cortar napas superficiales, de gasto presumiblemente menor, como las que alimentan las vertientes y norias de la región.

Nivel de Aguas Normal: No tenemos, en realidad, antecedentes que nos permitan establecer la situación del Nivel de Aguas en la región de La Dehesa; pero, la existencia de vertientes junto al curso inferior del estero Las Gualtatas, hace suponer que éste se ubicará, hacia el límite sur, en las proximidades de la superficie del terreno. Avanzando hacia el norte de la rinconada, aguas arriba del escurrimiento subterráneo, el Nivel de Aguas Normal subiría con pendiente más o menos similar a la del terreno.

Los acuíferos, principalmente los más profundos, deben presentar aquí ciertas condiciones de artesianismo, ya que serán comunes intercalaciones arcillosas confinantes, provenientes especialmente de depósitos glaciolacustres, y ello elevará el agua en los pozos sobre el horizonte superior de las napas principales. En este sentido, se presentarán condiciones similares a las que se observan en los pozos de la cuenca parcial Conchalí recién estudiada.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Como hemos dicho, las posibilidades de obtener buenos suministros de captaciones subterráneas son favorables y para sondajes iniciales, de reconocimiento, se recomendaría la ubicación de uno de ellos en la parte austral de la cuenca, más precisamente donde se produce el drenaje natural de las aguas superficiales y en las cercanías del estero Las Gualtatas.

Es difícil precisar la profundidad que debería alcanzar un sondaje para lograr los máximos rendimientos de agua y ello dependerá también del lugar de ubicación de los mismos; aunque creemos que la ubicación recomendada arriba permitiría atravesar las napas principales antes de los 80 metros, convendría llevar la perforación tan abajo como permita la sonda, estableciendo, como punto de término, el encuentro con la roca fundamental.

J Cuenca Parcial Santiago

Ubicación: La cuenca parcial que hemos denominado Santiago, abarca la región central de la ciudad del mismo nombre y se ubica aproximadamente según los límites señalados en el plano UCP; es decir, al Norte y al Oeste con las cuencas parciales de Conchalí y Maipú respectivamente; al Sur, con el Zanjón de la Aguada y, al Este, con la línea que baja desde el cerro San Luis con dirección norte-sur.

Sistema Hidrográfico: Las aguas superficiales son desaguadas, en la mayor parte de esta cuenca, a través de aducciones de alcantarillado que desembocan en el río Mapocho y Zanjón de la Aguada.

Generalidades Fisiográficas: La zona corresponde a la parte más densamente poblada de la capital de la República, y en sus terrenos se levantan numerosos edificios del tipo rascacielos los cuales, dadas las condiciones de alta sismicidad del país, corrientemente no sobrepasan los 15 pisos de altura.

Los cerros Santa Lucía y San Cristóbal, del cual se desprendería como cerro isla el anterior, constituyen accidentes topográficos característicos y son ampliamente conocidos como lugares de esparcimiento. Hacia el extremo nororiental se ubica el cerro San Luis, cuya prolongación rocosa en el San Cristóbal está cubierta por acarreos sedimentarios.

La cota superficial descende paulatinamente desde el Este al Oeste y así se baja, en un recorrido de unos 12 kilómetros, desde la cota topográfica de los 600 a la de los 500 metros. A partir del río Mapocho, límite norte de la cuenca, los terrenos disminuyen gradualmente su altura hasta el límite sur dado por el lecho del Zanjón de la Aguada y de aquí la pendiente se invierte subiendo hacia el sur.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: Existen a la fecha alrededor de cuarenta sondajes perforados con máquina y de ellos se indican solamente 15 en el cuadro VII.

En las cercanías del pozo B.E., o sea junto al centro comercial de la ciudad de Santiago, se concentran unos 12 sondajes para los cuales no disponemos de informaciones completas y cuyas características corresponden aproximadamente a las del B.E. Para todos ellos los niveles se localizan por debajo de los 50 metros de profundidad, alrededor de la cota 500 metros, y se atraviesa corrientemente

CUADRO VII. SONDAJES SANTIAGO

Nº	Denominación								
6	Compañía Indus	63,8	525	461,2	24,2	500,8	14	25,8	476,0 - 472,0
2	Refinería de Azúcar	43,4	525	481,6	28,0	497,0	12	7,0	Sin datos
87	Pesquera Arauco	57,0	540	483,0	38,0	502,0	20	2,0	502,0 - 497,0; 489,0 - 484,0
B.E.	Alameda/Morandé	70,0	543	472,0	42,0	501,0	30	10,0	531,0 - 528,0; 519,0 - 516,0; 515,0 - 513,0; 511,3 - 510,0; 506,7 - 502,3; 500,6 - 491,0
49	Escuela Ingeniería	62,0	528	465,0	36,0	492,0	20	14,0	482,0 - 474,0; 470,0 - 466,5
1	Frigorífico Santiago	47,0	512	465,0	22,5	489,5	60	20,0	468,0 - 465,0
C.G.	Compañía de Gas	48,0	512	464,0	20,8	491,2	50	22,0	Sin datos precisos
Y	Compañía Yarur	50,0	515	465,0	-	-	50	-	501,0 - 495,0; 480,0 - 466,0
185	Cervecerías Unidas	120,0	616	496,0	24,5	591,5	28	69,5	569,6 - 568,4; 521,6 - 520,0; 517,6 - 502,0
85	Manufacturas Mingo	36,0	590	554,0	8,2	581,8	0,5	21,0	Filtraciones
108	Hospital Salvador	150,0	578	428,0	-	-	-	-	Filtraciones 557,5 - 556,5; 545,5 - 544,0; 525,5 - 520,0; 445,0 - 442,0
94	Bacteriológico	84,0	560	476,0	36,7	523,3	70,0	23,3	540,0 - 539,0; 527,8 - 527,0; 514,0 - 513,0; 501,0 - 499,0; 486,0 - 482,0; 479,0 - 476,5
E.N.	Estadio Nacional	65,8	562	496,2	42,8	519,4	40	10,2	538,0 - 521,5; 517,0 - 506,6; 505,0 - 503,8; 501,2 - 498,4
80	Sedylán	86,0	545	459,0	48,0	497,0	100	1,0	495,0 - 492,0; 487,0 - 483,0; 470,0 - 467,0
133	Corominas	54,0	531	477,0	39,0	492,0	50	2,0	488,0 - 474,0

una serie de napas superficiales, colgadas, antes de cortar la primera napa productora que se ubica, más o menos, entre las cotas 490-500 metros y con la cual se termina, por lo general, la perforación. Los aforos de esta última indican una producción de 20-30 litros/segundo para una depresión de 10-15 metros; sin embargo, la cantidad de aguas extraídas es relativamente reducida, ya que basta el bombeo de unas pocas horas para llenar los estanques de almacenamiento y abastecer las necesidades diarias de los edificios donde se ubican los sondajes. Entre éstos, podemos citar los situados en:

Calle Alameda/Estado, de 68 metros de hondura y perforado por el señor Antonio Besa.

Calle Alameda/Bandera, también situado en el edificio del Banco del Estado de Chile y de características similares al pozo B.E.

Calle Teatinos/Agustinas, correspondiente al edificio del Hotel Carrera.

Calle Ahumada/Agustinas, perteneciente al edificio de la Sociedad de Renta Urbana, que se profundizó como noria de 1 metro de diámetro hasta los 54 metros y luego se perforó, con diámetro 12", hasta los 71,5 metros; la napa productora se cortó en la capa de las profundidades 66,5-71,5 metros.

Calle Ahumada/Huérfanos, también perteneciente a la Sociedad anterior, el cual tiene un antepozo de 2 metros de diámetro, hasta aproximadamente los 19 metros de hondura, y luego sigue con cañería de 12" hasta la profundidad final de 66,7 metros. La napa productora corresponde a la capa 62,7-66,7 metros y su aforo, efectuado en el verano del año 1948, dio un gasto de 30 litros/segundo para una depresión de 6 metros.

Pozo Portal Fernández Concha, se ubica en la calle Compañía frente a la Plaza de Armas de Santiago, tiene un antepozo con 1,5 metro de diámetro hasta los 29 metros de hondura y después sigue con tubería de 12". En la capa final del pozo 58,0-62,0 se encuentra el acuífero principal.

En la zona del sondaje perteneciente a la industria Sedylán, Nº 80, hay también una alta densidad de pozos, se localizan alrededor de 10, entre los cuales pueden citarse los correspondientes a las industrias Chatex y Textil Progreso. Todos éstos entregan gastos menores que el obtenido con el Nº 80 y ello se explica por cuanto no han alcanzado, dentro de sus profundidades actuales, a cortar la napa principal del sondaje en referencia.

Finalmente, quedan bastante dispersos dentro de la cuenca parcial Santiago algunos otros sondajes, y así podemos mencionar uno muy reciente perforado por el ingeniero Ricardo Hucke, en Famae o Fábrica de Materiales y Equipo del Ejército de Chile, ubicado aproximadamente 1 kilómetro al Este del pozo Y que aparece en el cuadro VII; el situado en la industria Cristalerías Chile, perforado por el señor Antonio Besa, en las calles B. Vicuña Mackenna/Maule y también el de la Fábrica Odeón, contratado por el ingeniero Rosendo Caro, que se encuentra un poco al Oeste del Nº 87, junto a la calle Libertad.

En la cuenca que nos preocupa son relativamente raras las norias construidas manualmente y se destaca en este sentido la Compañía de Cervecerías Unidas Providencia, donde se encuentra el pozo Nº 185, que tiene 6 norias de profundidades comprendidas entre los 15-30 metros y las cuales entregan producciones reducidas que se utilizan con fines industriales.

Cuadro Sedimentario General: Según se observa en el plano UMP, en la parte norte de la cuenca y adosados a los faldeos de los cerros San Cristóbal y Renca,

se habrían depositado gruesos espesores de morrenas impermeables atribuidas a la Glaciación Primera mientras, en los terrenos restantes, se tendrían capas menos potentes y depositadas especialmente como morrenas basales o de fondo. Estos acarreos fueron erodados posteriormente por las aguas superficiales del río Mapocho, en el transcurso del Aluvial Primero, siendo dispersados hacia aguas abajo los componentes más finos arcillosos y quedando in situ, confundidos con los propios materiales del río, los componentes más gruesos. Tal como hemos repetido anteriormente, esta acción de erosión y reemplazo alcanzó mayor desarrollo en las cercanías del cauce antiguo, señalado para el río Mapocho en el plano UCP y que también se muestra, zona blanca con flechas de escurrimiento, en el mismo plano UMP.

Los materiales de la Glaciación Segunda, caracterizados por un alto contenido de cenizas volcánicas y piedra pómez de bajo peso específico, fueron fácilmente removidos por las aguas superficiales de los últimos periodos interglaciales en la cuenca parcial Santiago. Así, prácticamente no quedan mayores manifestaciones de ellos en su forma sedimentaria original y, cuando se encuentran con los sondajes, corresponden a intercalaciones pequeñas depositadas como acarreos glaciofluviales; éste sería el caso de algunos rodados de pómez y algo de cenizas volcánicas, atravesados por el sondaje N° 80, entre las profundidades de los 22,0-30,0 metros, donde el conjunto de la capa cortada es un conglomerado arcilloso con ripio fino.

Durante el Aluvial Segundo habría empezado a realizarse el cambio de cauce experimentado por el río Mapocho y ello a través de una serie de brazos o cauces parciales, nombrados anteriormente, a lo largo de los cuales se encontrarán capas, relativamente locales, de muy buena permeabilidad y que contienen algunas de las napas superficiales cortadas con los sondajes de la cuenca. En esta misma época se habría producido el estancamiento temporal de las aguas del Mapocho (página 22), que trajo consigo la depositación de algunas capas arcillosas, como las localizadas en el sondaje B.E. y que separan las distintas napas atravesadas, además de la capa de las profundidades 20,0-28,0 metros en el sondaje Yarur y 38,5-44,0 metros en el pozo C.G. de la Compañía de Gas.

Para la época aluvial que hemos denominado moderno o reciente, el río habría tomado francamente su actual curso superior que bordea los cordones del Manquehue y San Cristóbal, encajonándose en la región del cerro San Luis y renovando aquí su fuerza erosiva, tanto por el estrechamiento del cauce como por la alta pendiente del valle en esta parte. De este modo, se presentaría una especie de garganta estrecha y de gran profundidad, especialmente entre los cerros Santa Lucía y San Luis, que se cubrió con acarreos permeables una vez que el río entró en su etapa de depositación. Si bien la garganta nombrada lleva un espesor de relleno potente y permeable casi desde la superficie hacia abajo, caso del sondaje N° 185, las napas correspondientes tienen una alimentación bastante reducida y limitada principalmente a las infiltraciones que provienen del caudal superficial del Mapocho; el gasto del pozo N° 185 fue aforado en 28 litros/segundo para una depresión de 69,5 metros del nivel de aguas al estado de reposo.

El perfil LL de la figura N° 14, discutida en el estudio de la cuenca parcial Conchalí, puede aplicarse en la consideración del relleno de la cuenca Santiago. Cabría agregar, con relación al perfil citado, que al Oeste del cerro Santa Lucía el cordón de morrenas impermeables de la Glaciación Primera disminuirá de espesor y estará reemplazado por materiales interglaciales; en

las capas denominadas del Aluvial Primero se ubicarán napas de buena producción y el ejemplo más claro lo constituye el sondaje N° 192, señalado en el Cuadro VI, el cual atraviesa una napa entre las cotas 452,0-438,0 metros con gasto de 100 litros/segundo. En la medida que nos acerquemos a los cerros de Renca tenderá a elevarse nuevamente el espesor de morrenas impermeables y las napas serán más superficiales y de rendimiento potencialmente menor; es del caso destacar que la producción del sondaje N° 192 debe corresponder, en porción muy importante, a las aguas subterráneas que escurren desde el interior de la rinconada Conchalí.

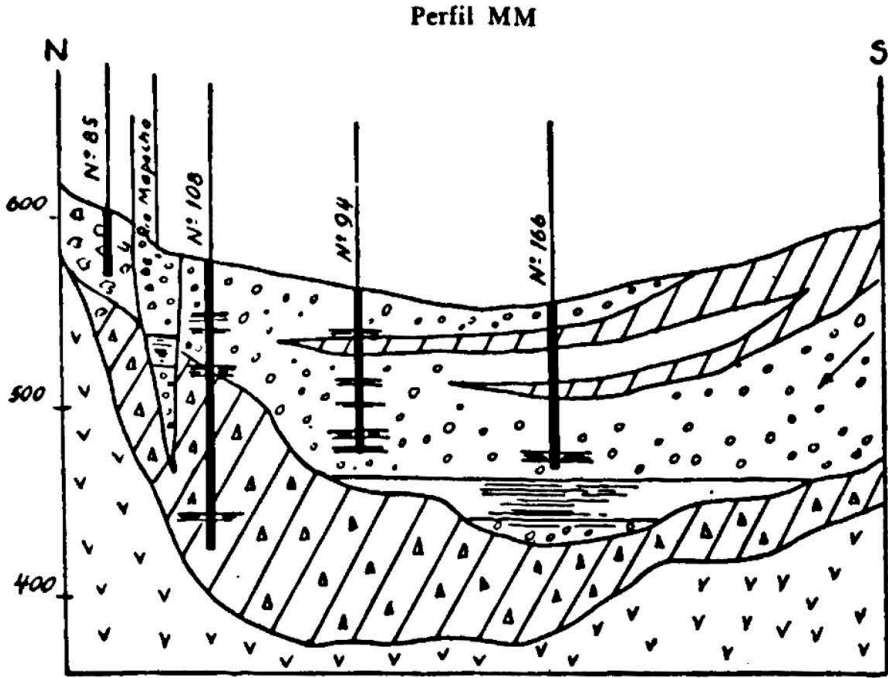


Fig 15 Perfil M-M 0 3 6 Km.
Cuencas parciales: Santiago Macul

La figura 15 es un corte por el terreno que cubre los sondajes N.os 85-108-94-166; los dos primeros pozos tienen gastos insignificantes, el N° 94 tiene un gasto aforado de 70 litros/segundo para una depresión de 24 metros y el último, N° 166, rinde también 70 litros/segundo pero con una depresión de solamente 13 metros.

La situación del gasto de los sondajes que figuran en el perfil MM se justifica en la misma figura; en efecto, el pozo N° 85 atraviesa materiales de escombros de faldas del cerro San Cristóbal, los cuales están alimentados únicamente por las infiltraciones de aguas lluvias caídas sobre parte del cerro citado. El N° 108, ubicado en los terrenos del Hospital del Salvador, entra muy pronto en las capas potentes de la Morrena Primera y allí solamente pueden esperarse acuíferos reducidos, en intercalaciones de carácter glaciofluvial; los acarreos situados más arriba de la morrena son depósitos marginales del río Mapocho y también presentan una permeabilidad insuficiente. Entre los pozos

N.os 85-108 se ha exagerado en el perfil MM la situación del río Mapocho actual, para hacer resaltar el hecho de que no habría alimentación desde este cauce hacia la zona del pozo N° 108.

De acuerdo con la Figura 15 la perforación del Instituto Bacteriológico, N° 94, ya está cortando las napas más profundas del cauce más antiguo del río y lo mismo vale para el N° 166. Se ha supuesto en el perfil MM la existencia de una napa inferior, no atravesada por los sondajes nombrados, la cual presumiblemente lleva un gran caudal subterráneo y que se estaría atravesando con el sondaje N° 80; este último, según se indica en el Cuadro VII, aforó un gasto de 100 litros/segundo para una depresión de solamente 1 metro.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Para comprender mejor las diversas posibilidades de aguas que se presentan en el relleno permeable de la cuenca parcial Santiago, nos referiremos a la forma cómo se recargarían las napas. Hacia el límite Norte, la alimentación está condicionada fundamentalmente al agua que escurre por debajo del cauce actual del Mapocho y su magnitud puede aequilibrarse según el gasto de 28 litros/segundo determinado para el pozo N° 185; además, según expresamos más arriba, los acuíferos quedan restringidos superficialmente al cauce actual del río. Siempre a lo largo del límite Norte, pero ya en la región occidental de la cuenca, los caudales subterráneos se ven muy aumentados con los aportes que provienen de Conchalí y que se dirigen a la zona de Maipú pasando más o menos entre la línea del Ferrocarril Longitudinal y la cota topográfica de los 500 metros.

Por el límite Este de la cuenca (ver plano UCP), acceden las corrientes subterráneas que bajan por el cauce más antiguo del río Mapocho y también las que se originan en la Formación de Piedemonte de San Ramón. De acuerdo con las ideas ya establecidas en el curso del trabajo, estas corrientes escurren preferentemente con dirección Suroeste hacia el lecho del Zanjón de la Aguada.

En resumen, dentro de la cuenca parcial Santiago se tendría una zona potencialmente pobre contigua al cordón del cerro San Cristóbal; una zona intermedia, con mejores posibilidades, entre el río Mapocho actual y la línea Este-Oeste que pasaría por el sondaje N° 49 y, finalmente, una región potencialmente rica al Sur de la línea anterior. Debemos agregar que los sectores, recién enumerados, acrecen sus expectativas de napas productoras hacia la parte occidental de los mismos.

Nivel de Aguas Normal: Para la exposición que se sigue a continuación utilizaremos el plano general, de ubicación de sondajes, que se incluye al final del presente estudio.

Si se dibujan, para una región de terreno cualquiera, las curvas de igual cota de los niveles de aguas subterráneas, sabemos que las direcciones del escurrimiento estarán dadas por las perpendiculares trazadas sobre dichas curvas. Ahora bien, en la región del Valle que se extiende desde la Cordillera Andina hasta aproximadamente la curva topográfica de los 500 metros, entre los ríos Mapocho por el Norte y Maipo por el Sur, las curvas de igual nivel de aguas subterráneas tomarían una disposición muy similar a la de la curva topográfica de los 600 metros, en forma que ellas estarían indicando, especialmente hacia la zona más oriental, las direcciones de escurrimiento correspondientes a las napas que descienden por los cauces antiguos de los ríos principales y por el

Piedemonte de San Ramón. Para aclarar esta idea, analicemos de qué modo se presentarían las curvas de las cotas 590-520-500 y 480 metros correspondientes a las aguas subterráneas del Valle entre los ríos Maipo y Mapocho.

Curva 590 metros del Nivel de Aguas Subterráneas

Podemos hacer partir esta curva desde el sondaje N° 185 y considerar que se cierra en los faldeos del cerro San Cristóbal, a poca distancia aguas arriba. A partir del pozo en referencia, ella seguiría con dirección Noreste, más o menos paralela y contigua al canal San Carlos, tomando la disposición determinada por el escurrimiento de napas en el lecho antiguo del río Mapocho; esta dirección se mantendría hasta aproximadamente cortar la Avenida que conduce a la quebrada de San Ramón; a partir de aquí, continuaría con rumbo Norte-Sur, señalando el escurrimiento desde la formación de Piedemonte del San Ramón, siempre cercana al canal San Carlos. Pensamos que frente a los cerros de Santa Rosa la curva cambiaría nuevamente su dirección y seguiría, con disposición similar a la de la curva topográfica de los 600 metros, hasta cerrarse en el faldeo septentrional del cordón de cerros Los Ratonos; naturalmente, en toda esta parte se tendría el escurrimiento subterráneo a través del cauce antiguo del río Maipo.

Curva 520 metros

Esta se iniciaría en el faldeo austral del cerro San Cristóbal y proseguiría luego con rumbo Noreste pasando entre los sondajes N° 94 y E.N. Frente al sondaje Q y un poco al Este del mismo, la curva adoptaría dirección Norte-Sur que continuaría hasta enfrentar los cerros de Santa Rosa y de allí tomaría rumbo Suroeste para cerrarse posiblemente junto a los faldeos orientales del cerro Negro.

Curva 500 metros

Podemos suponer que parte desde el faldeo oriental de los cerros de Renca y luego sigue, con dirección Noreste, pasando por los sondajes N.os 66- R4 y 87; en esta primera parte estaría señalando el escurrimiento de las napas de la cuenca parcial Conchalí que avanzan a la zona de Maipú y, en las proximidades del pozo N° 87, el de las napas que corren bajo el cauce actual del Mapocho.

Siempre con rumbo Noreste, la curva se acercaría a las perforaciones N.os 80-166 y Quilín; desde este último tomaría un curso Norte-Sur que se prolongaría, posiblemente, hasta el punto donde la curva topográfica de los 600 metros cambia bruscamente su dirección.

La última parte del recorrido, con trayectoria semejante a la de la curva topográfica citada, terminaría tal vez junto a la puntilla septentrional del cerro Negro y pasaría por o cerca del pozo N° 58.

Curva 480 metros

Es muy probable que esta curva se inicie junto al extremo occidental de los cerros de Renca y luego continúe, con dirección Norte-Sur, ligeramente desplazada al Este. Ella pasaría un poco aguas abajo del pozo N° 70; luego,

entre los sondeos N.os 41-157 de Cerrillos y el N° 62 y, más al Sur, un poco aguas arriba del pozo E.B. cerrándose, posiblemente, en el faldeo occidental del cerro Negro y acercándose, en la parte final del recorrido, a la zona del sondeo S.B.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: De acuerdo a los párrafos precedentes, las posibilidades de aguas subterráneas en la cuenca parcial Santiago variarán bastante según la ubicación de las perforaciones.

Podría señalarse que los sondeos actuales N.os 2-6, quizás si también el N° 87, estarían en condiciones de aumentar su rendimiento con una profundización que permitiera atravesar la napa, localizada entre las cotas 446,0-432,0 metros, del pozo N° 192.

No creemos conveniente, por otra parte, construir nuevos sondeos en la región central de la ciudad, zona del pozo B.E. puesto que ya existe una concentración demasiado alta y aquí no se tienen condiciones de recarga o alimentación de napas muy favorables. Como expresáramos anteriormente, la influencia mutua de bombeo entre las captaciones que rodean al pozo B.E. disminuye por el hecho de que, corrientemente, los caudales extraídos corresponden a un pequeño tiempo de bombeo diario y suficiente para satisfacer demandas de carácter muy local; sin embargo, es altamente probable que al aumentar los gastos de extracción o habilitar nuevos pozos, se llegue a una sobreextracción que deprima fuertemente el actual nivel de aguas y conduzca, finalmente, al secamiento parcial o total de algunos sondeos de la zona.

En la región del pozo N° 80 sería de mucho interés la perforación de un sondeo, con carácter de reconocimiento del terreno y por ello con la profundidad máxima que permitiera la máquina de sondear, que podría avaluar la magnitud de los caudales provenientes del cauce antiguo del río Mapocho y de la Formación de Piedemonte del San Ramón. Al margen del aspecto utilitario del sondeo propuesto, el cual podría explotarse en la extracción de seguramente buenos caudales, serviría en forma inapreciable y siempre que se lleve a una gran profundidad, para dar mayores luces sobre los materiales supuestos provenientes de una glaciación, la que hemos denominado Primera, y también de aquellos que siguen hacia abajo para los cuales no tenemos prácticamente antecedentes definidos.

K Cuenca Parcial Las Condes

Ubicación: Con este nombre hemos denominado la zona situada en la parte Nororiental del Valle de Santiago y sus límites son los señalados en el plano UCP. Es decir, al Norte limita con la cuenca parcial La Dehesa y cordón del cerro Manquehue; al Este, con el valle cordillerano del río Mapocho; al Oeste, con la cuenca parcial Santiago y, al Sur, con la Formación de Piedemonte del San Ramón.

Sistema Hidrográfico: Por el límite Norte de esta cuenca pasa el cauce actual del Mapocho el cual tiene, hasta la región del puente Nilhue situado a unos 2.500 aguas arriba del estero Arrayanes, aproximadamente 650 kilómetros cuadrados de hoya hidrográfica en su curso superior L. RISOPATRON (1924, pág. 526).

Además, existen algunos canales artificiales entre los cuales se destaca,

hacia el Poniente de la cuenca, el ancho Canal San Carlos que toma las aguas del río Maipo y desemboca en el Mapocho un poco aguas abajo del cerro San Luis; este canal presenta un recorrido de unos 25 kilómetros que pasa entre las cotas topográficas de los 600 y 700 metros.

Generalidades Fisiográficas: En Las Condes, los terrenos descienden rápidamente con dirección Suroeste y también desde el Este al Oeste. Accidentes topográficos interesantes los constituyen los cerros San Luis y Calán; especialmente el segundo de los nombrados porque en su cumbre se apoya un fuerte espesor de rodados, de apariencia fluvial, al cual nos referiremos más adelante. Aguas arriba del Calán, a unos 3 kilómetros al Noreste del mismo, se ubica el cerro Los Pirques donde se construye en la actualidad un gran edificio o monasterio para una orden religiosa; entre estos dos cerros existe una especie de meseta que aparece bastante más alta que el cauce actual del río Mapocho.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: En el Cuadro VIII, donde se señalan las características de los sondajes mejor conocidos de las cuencas parciales de Las Condes-San Bernardo y Puente Alto, figuran 6 pozos para la región que estamos analizando. El total de perforaciones existentes en Las Condes alcanza a unas quince y así podemos agregar a los que aparecen en el cuadro citado, los siguientes:

Pozo Calle Los Lilenes/Américo Vespucio, pertenece a la Empresa de Agua Potable de Santiago y se ubica junto a las calles nombradas, unos 600 metros al Oeste del sondaje E. M. Tendría una profundidad de 66,9 metros y rendiría un gasto de 15 litros/segundo para una depresión de aproximadamente 10 metros.

Calle Los Pozos, al final de ésta y a poco menos de 1 kilómetro al Sur del N° 119, queda situado un sondaje perforado, lo mismo que el anterior, por el ingeniero Rosendo Caro y también perteneciente a la Empresa de Agua Potable. Tiene una hondura de 81 metros y fue profundizado a partir de una noria antigua; si bien los materiales atravesados conforman varias capas potentes de arenas y ripio permeables, las napas cortadas dan un gasto reducido y por ello el pozo no se ha puesto en explotación.

Escuela Militar, en las cercanías del sondaje E. M. se encuentra otro anterior, perforado por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, cuya profundidad es del orden de los 55 metros y con gasto pequeño y fluctuante. Esto último condujo a la construcción del nuevo sondaje que aparece en el Cuadro VIII.

CORFO N° 263, este es un sondaje bastante reciente y situado en los terrenos del Nuevo Seminario a unos 200 metros al Poniente del N° 119. Tiene en la actualidad una profundidad de 80 metros y entregaría un gasto de 5 litros/segundo.

Por último, junto al faldeo occidental del cerro Calán —en la zona de los sondajes N.os 129-139— se concentran alrededor de 10 perforaciones con características similares a los del lugar citados en el Cuadro VIII. Cabe nombrar, entre éstos, el pozo CORFO N° 253 que se encuentra prácticamente adosado al faldeo del cerro Calán y el cual habría alcanzado, a los 50 metros de su profundidad final, la roca fundamental.

Gran parte de las captaciones de aguas subterráneas en Las Condes entregan gastos de explotación inferior a los 15 litros/segundo y es corriente la

Cuadro VIII

SONDAJES LAS CONDES-MACUL-PUENTE ALTO-SAN BERNARDO

Nº	Denominación	Profundidad	Cota Base	Cota Fondo	Nivel Agua	LAS CONDES			Cotas horizontales superior e inferior Napas
						Cta. Nivel Agua	Gasto	Depresión	
129	Loteo Cerro Calán	81,0	746	665,0	16,4	729,6	25	5	729,6-715,0; 697,0-694,0
139	Loteo Cerro Calán	49,5	750	701,5	14,3	735,7	18	8	734,0-724,0; 706,0-703,5
Ob.	Observatorio Astr.	41,7	770	728,3	33,0	737,0	3	—	
119	Nuevo Seminario	110,0	692	582,0	68,0	624,0	2,8	—	609,3-600,0
E.M.	Escuela Militar	155,0	640	505,0	32,0	628,0	15	11	619,3-618,5; 612,0-611,0; 597,3-595,7; 588,8-588,0; 559,3-556,6; 550,3-545,0
E.E.	Estadio Español	60,0	658	598,0	34,0	624,0	14*	0	
MACUL									
166	Manufar. de Caucho	87,0	534	467,0	54,5	499,5	70	12,5	476,0-472,0
Q	Agua Potable Quilín	104,0	573	469,0	73,6	499,4	60	17,7	
PUENTE ALTO									
38	Municipalidad La Granja	166,3	608	538,5	—	—	43	—	505,5-500,2; 495,0-484,0; 482,0-438,5
SAN BERNARDO									
62	La Valledor	76,0	525	449,0	38,0	487,0	100	7	484,0-482,0; 481,0-474,0; 466,8-463,5; 457,0-456,0
65	La Castrina	135,0	578	443,0	92,3	481,7	100	—	465,5-473,2; 448,0-459,0; 437,0-443,0
E.B.	El Bosque	113,3	553	441,5	91,0	464,0	25	—	
S.B.	San Bernardo	87,0	565	478,0	—	—	1	—	

* El gasto del pozo E. E. ha ido disminuyendo constantemente desde la fecha de su habilitación y en la actualidad entrega muy poca cantidad de agua.

fluctuación de los niveles del agua, a veces bastante acentuada, según los períodos de escasas o abundantes lluvias.

Cuadro Sedimentario General: Como se observa en el plano UMP, la región habría sido cubierta por gruesos espesores de acarreos impermeables depositados en el transcurso de la Glaciación Primera; especialmente importante sería el cordón morrénico apoyado junto al cordón del San Cristóbal y su prolongación en los cerros de Manquehue. Es interesante la suposición de que este espesor de materiales, provenientes de la Glaciación Primera, elevaría considerablemente el lecho del valle en la parte oriental, con relación a la rincónada de Conchalí, y que los acarreos más modernos pudieron llegar, con espesores de capas comparativamente modestos, a situarse casi junto a la cumbre del San Cristóbal en el lugar denominado El Salto; es notable, en este sentido, la gran cantidad de bloques con tamaños cercanos o poco superiores a 1 metro de diámetro que se encuentran repartidos en las proximidades del lecho actual del río Mapocho y que serían, presumiblemente, parte de los componentes gruesos de la Morrena Primera retrabajada por las aguas superficiales en forma de materiales glaciofluviales.

Siempre según el plano UMP, se desprende que el río Mapocho se abrió camino entre los cordones morrénicos bordeando el cerro Calán y dirigiéndose al Suroeste; de esta manera, los depósitos más importantes del Aluvial Primero se localizarían en la franja no achurada de la región en estudio.

Las manifestaciones de la Glaciación Segunda, caracterizadas por un gran contenido de productos volcánicos de bajo peso específico, fueron fácilmente erodadas y dispersadas durante los interglaciales posteriores. Así, solamente se encuentran depósitos muy aislados y confinados a la zona oriental alejada de los cauces actual y antiguo del río Mapocho; entre éstos, recordaremos los anteriormente citados que se ubican junto al cerro Los Pirques y también en la quebrada de Apoquindo, próximo a la cascada del mismo nombre.

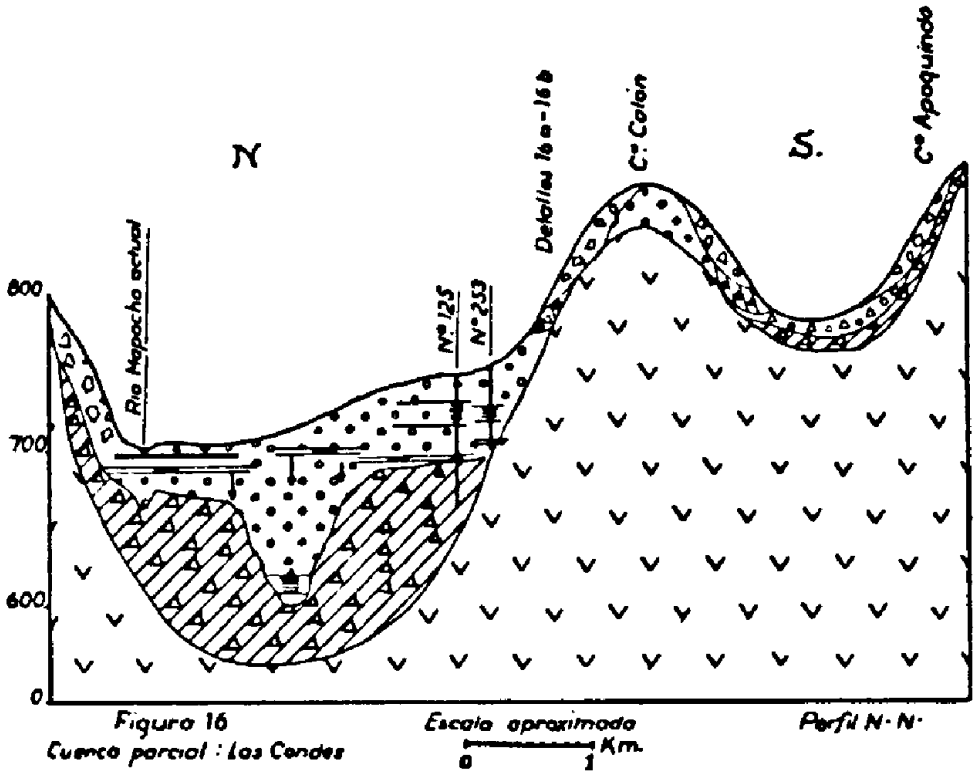
A través del Segundo Interglacial habría empezado a insinuarse el cambio de cauce para el río Mapocho y ya en el período interglacial más reciente éste tomaría, en la cuenca parcial Las Condes, francamente su curso actual depositando las capas de ripios y arenas permeables más superficiales.

Los perfiles de las Figuras N.os 16 y 17 permiten analizar, en forma gráfica, las consideraciones anteriores.

Perfil NN

En la Figura N^o 16 se muestra un corte por el terreno que parte de los faldeos de Lo Curro, pasa por la cota topográfica de los 700 metros juntos al río Mapocho y se prolonga hacia el cerro Calán y portezuelo Apoquindo. En el mismo perfil aparecen indicados los sondajes N.os 129, con 80 metros de profundidad total y 253 que estaría tocando, a los 50 metros de hondura, la roca fundamental; este último ha sido recientemente terminado por CORFO y entregaría un gasto del orden de los 20 litros/segundo para una depresión de unos 22 metros ubicándose el nivel de aguas, al estado de reposo, alrededor de los 18 metros de profundidad.

Para la mejor comprensión del Perfil NN, especialmente en lo que se refiere a la zona del cerro Calán, haremos una exposición más o menos detallada de los materiales sedimentarios que pueden observarse en dicha región:



La parte alta del cerro Calán constituye una especie de meseta angosta y sobre ella se construyen los edificios del Nuevo Observatorio Astronómico de la Universidad de Chile; por este motivo se han realizado varios movimientos de tierras quedando al descubierto, principalmente en la cumbre Norte del cerro, capas de ripio muy grueso y bolones que dejan la impresión de un sedimento fluvial depositado bajo condiciones de transporte torrencial o de aluvión. Estas capas, cuyo espesor real no ha sido determinado y que tienen una potencia de 11 metros en la excavación más profunda, disminuiría hacia la cumbre Sur y faldeos orientales del cerro Calán, pasando, de un modo paulatino, a escombros de faldas o, como ocurre con los materiales cortados en una excavación de unos 5 metros de hondura ubicada en el faldeo austral, a depósitos de aspecto morrénico con abundante arcilla.

Junto al pie del faldeo septentrional se encuentran sectores con rodados que muestran cierta clasificación, además formas redondeadas a subredondeadas y también una especie de clasificación por tamaños con lo cual resulta, el conjunto, de neto aspecto fluvial; sin embargo, no son raros en estos depósitos, intercalaciones de bloques o bolones con diámetro superior a 1 metro y que indicarían un transporte glacial.

La misma situación anterior se repite al pie del faldeo occidental, pero aquí son escasos los bloques o bolones de gran tamaño y se acentúa el carácter fluvial de los sedimentos. Sin embargo, siguiendo el pie del faldeo occidental al sur, aumenta gradualmente el contenido de arcillas y se pasa a materiales que dejan la impresión de escombros de faldas o bien, de acuerdo al resultado de la excavación ubicada en el faldeo austral, de morrenas arcillosas. Debemos agregar que los depósitos de apariencia fluvial, situados al pie de los faldeos citados y en la cumbre Norte del Calán, presentan grandes analogías en cuanto

a la composición petrográfica de los rodados, formas y estado de conservación de los mismos; respecto de esto último, llama la atención el fuerte grado de descomposición, principalmente en los cercanos a la cumbre, que ha impedido su utilización como agregados del concreto en las obras de construcción del Observatorio; las diferencias que pueden apreciarse serían un predominio de los rodados gruesos y una disposición más caótica de las capas más altas con relación a las ubicadas al pie de los faldeos.

Intercalados en los materiales con aspecto de escombros, del faldeo oriental del Calán, se encuentran también capas de cenizas volcánicas, en partes muy concrecionadas, y que pueden seguirse en los cortes del camino que conduce al Observatorio. Estas capas, las cuales se inician a veces a la cota del portezuelo Apoquindo, desaparecen ya a media falda y no se encuentran rastros de ellas en las excavaciones de la parte alta. Consisten especialmente de cenizas volcánicas y están bastante alteradas, presentando, en sectores locales, cubiertas con aspecto de suelo que tienen un pequeño horizonte superior no consolidado, donde es difícil reconocer el material original, y un horizonte inferior, grueso, de materiales muy concrecionados en el cual se observan claramente los componentes volcánicos.

En el camino que lleva desde la zona del sondaje N° 129 al Observatorio, junto al faldeo septentrional del Calán, hay una pequeña excavación, la cual se mete en el cerro, que deja al descubierto depósitos frescos de cenizas con inclusiones de piedras densas y que podrían asimilarse a los acarrees de la Glaciación Segunda. Siguiendo el faldeo del cerro Calán, hacia la zona del pozo N° 129, ya no aparecen manifestaciones importantes con materiales volcánicos y se encuentran los depósitos fluviales descritos; el contacto entre los dos depósitos no aparece muy claro, lo cual se debe a capas de escombros de faldas intercalados, aunque da la impresión de que las cenizas se apoyan sobre el acarreo fluvial.

Pero, frente al sondaje N° 253 y a poca distancia del mismo, se hizo una excavación para la construcción de un estanque de almacenamiento de agua y se puso al descubierto la situación señalada en las figuras N.os 16a-16b:

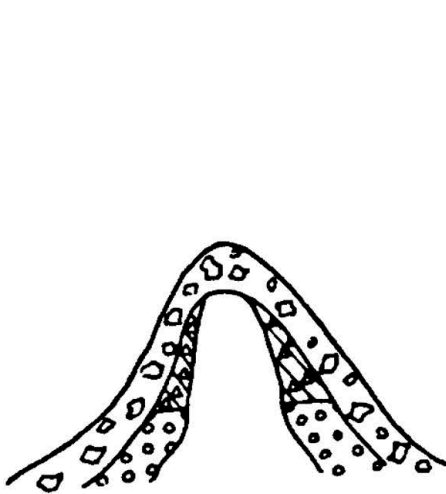


Fig 16a

Cuenca parcial : Las Condes

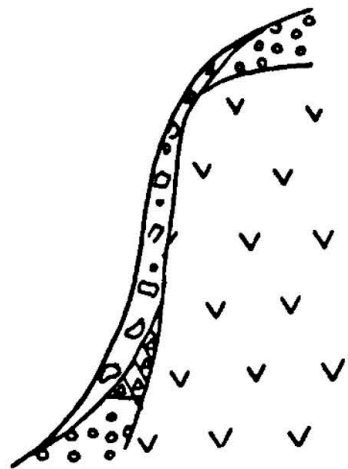


Fig 16b

La figura de la izquierda corresponde a una vista frontal de la excavación del estanque y en ella se muestra la roca fundamental, escarpada en unos 7 metros de altura y en unos 5 de ancho, que está bastante descompuesta y sería de carácter andesítico. En ambos costados de la roca se apoyan materiales fluviales, semejantes a los descritos anteriormente, y sobre éstos, otros de naturaleza brechosa y heterogénea en los cuales se reconocerían rastros de cenizas volcánicas y trocitos de pómez; es decir, serían depósitos de la Glaciación Segunda. En la parte superior y a los lados izquierdos y derecho de la Figura Nº 16a quedan señalados escombros de faldas que no fueron removidos por la excavación.

La figura de la derecha, también dibujada en forma de croquis sin escala de medida, representa un corte del cerro Calán a través de la región del estanque de nuestras referencias. En la parte alta aparecen los depósitos de ripio grueso y bolones mientras, hacia falda abajo, siguen escombros de faldas en los cuales se reconocen rodados provenientes de la cumbre y que ocultaban los sedimentos morrénicos y fluviales puestos al descubierto en la excavación.

De acuerdo con los antecedentes expuestos más arriba, podemos interpretar ahora la figura del Perfil NN:

Aquí se ha dibujado el lecho de rocas fundamentales adoptando una disposición en U o de cajón glacial y ello por la idea de que habría sido erodado por el hielo en el primer período glacial.

Sobre la circa, en las zonas depresionarias ubicadas a ambos costados del cerro Calán, se apoyarían los materiales de la Morrena Primera los cuales serían, en las proximidades de la roca, principalmente morrenas basales con preponderancia de arcillas y depositadas a lo largo de toda la época glacial; las capas superiores corresponderían a morrenas laterales o quizás también morrenas terminales, acarreadas hacia el fin del período cuando los hielos retrocedían a la Alta Cordillera.

Al comienzo del Interglacial Primero deben haber bajado, por el cauce cordillerano del Mapocho y lo mismo por todas las quebradas de la zona, verdaderos torrentes alimentados con las grandes masas de agua del deshielo y cargados con materiales lavados de la morrena. Estos torrentes pudieron rebasar la cumbre del Calán y dejarían allí los depósitos puesto al descubierto con las excavaciones del Nuevo Observatorio Astronómico; la cota superior del mismo cerro indicaría la altura máxima alcanzada por este tipo de sedimentos ya que en la cumbre del cerro Apoquindo, situado a escasa distancia del anterior y con solamente 12 metros más de altura (según las planchetas del Instituto Geográfico Militar), no se encuentran mientras parece haberse conservado, in situ, un depósito de la Morrena Primera, con abundante arcilla, indicado en el Perfil NN.

En el transcurso del Interglacial Primero, el río Mapocho antiguo habría erodado fuertemente los acarrees morrénicos impermeables, especialmente junto al faldeo occidental del Calán por donde pasaría el cauce principal; así se habría formado una especie de garganta, dibujada en el Perfil NN, la cual se rellenó con materiales permeables durante los períodos de sedimentación del río. Al Sur y al Norte de la garganta los acarrees de la Morrena Primera estarían menos erodados y subirlían, hacia la superficie, con niveles aterrizados sobre los cuales se ubicarían también materiales fluviales; estos últimos corresponderían, en la región cercana al Calán, especialmente a depósitos del

Aluvial Primero y, en la zona cercana al cauce actual del Mapocho, principalmente a materiales de los interglaciales posteriores.

La Glaciación Segunda, durante la cual el relieve de la zona sería bastante semejante al actual, depositaría sus acarreos morrénicos sobre las capas del Aluvial Primero y ellos fueron posteriormente dispersados por la acción de las aguas superficiales de los Interglaciales Segundo y Moderno; en esta forma, solamente se han conservado los depósitos descritos anteriormente, adosados a los faldeos del Calán y relativamente protegidos de la acción importante de aguas superficiales. Es lógico pensar que al comienzo del Interglacial Segundo las aguas del deshielo, correspondientes a la Glaciación Segunda, deben haber removido gran parte de los componentes con bajo peso específico de la Morrena Segunda, mientras quedaban, in situ, parte de los componentes densos y gruesos; estos últimos se encontrarían confundidos con los materiales fluviales, de las capas superiores, depositados por el río Mapocho entre los cerros de Lo Curro y Calán.

La zona del portezuelo, entre los cerros Calán y Apoquindo, desciende con fuerte pendiente hacia el valle de Santiago y, en estas condiciones, el relleno sedimentario estará aquí muy removido y disminuido por la acción de arrastre de las aguas superficiales. Así se observa, superficialmente, una mezcla heterogénea de materiales —entre los cuales se incluyen fragmentos angulosos de piedras, ripio y bolones redondeados y arcillas— que corresponderían a los acarreos de los aluviones o avenidas más recientes.

Según lo anterior, es probable que en el portezuelo se tenga el relleno indicado en el Perfil NN, donde inmediatamente encima de la circa rocosa se indican depósitos impermeables de la Glaciación Primera y luego una mezcla de los materiales depositados por los diversos períodos interglaciales; en este conjunto, dibujado como de naturaleza glaciofluvial, se encontrarán también manifestaciones aisladas de cenizas volcánicas de la Morrena Segunda las cuales, de acuerdo con lo observado en algunas norias y pozos sépticos de la misma zona, no bajarían más allá de los 6-8 metros de la cota del portezuelo.

En los faldeos de Lo Curro y de los cerros Calán y Apoquindo se han señalado, en el Perfil NN, los materiales de escombros desprendidos desde las cumbres de los mismos cerros y que constituyen en ellos la cubierta sedimentaria más superficial.

Respecto de las posibilidades de captación de aguas subterráneas pueden hacerse, de acuerdo con el Perfil NN, las consideraciones siguientes: La principal napa productora, atravesada por el sondaje N° 129, se ubica entre las profundidades de los 16,2-31,0 metros y ella debe alimentar con muy ligeras variaciones de cotas, todos los sondajes situados junto al faldeo occidental del cerro Calán extendiéndose su acción, probablemente, a lo ancho del valle entre el cerro anterior y el cerro Alvarado; esta napa es de naturaleza relativamente superficial y ello justifica el hecho de que esté afectada, de un modo notable y muy inmediato, por la abundancia o escasez de precipitaciones en la zona. La misma napa a la cual nos estamos refiriendo debe manifestar, hacia la zona del cauce antiguo del río Mapocho, un escurrimiento de tipo vertical hacia las capas permeables inferiores donde se ha supuesto la existencia de una napa, potencialmente rica, no atravesada todavía por los sondajes de la región. En la zona del sondaje N° 129 la infiltración del agua de la napa de las profundidades 16,2-31,0 metros, hasta los acuíferos más profundos del río Mapocho antiguo, está bastante restringida por la terraza morrénica impermeable que

se ubicaría a partir de los 52 metros de hondura y ello explicaría el porqué los sondajes contiguos al faldón occidental del cerro Calán han resultado todos productores de aguas con rendimientos de 20 a 30 litros/segundo.

Las posibilidades de aguas subterráneas, en la región del portezuelo Apoquindo, quedarían limitadas a los acuíferos, relativamente poco potentes y superficiales, compuestos de materiales glaciofluviales y de avenidas o aluviones. Por otra parte, el área de alimentación de tales acuíferos es bastante local, ya que un gran porcentaje del agua subterránea ubicada valle arriba, al pie de los contrafuertes cordilleranos, tenderá a escurrir en dirección a las capas altamente permeables del río Mapocho antiguo sin acceder a la zona del portezuelo; esta situación se ha visto confirmada con la perforación del sondaje del Observatorio de la Universidad de Chile y señalado en el plano general de pozos.

Perfil OO

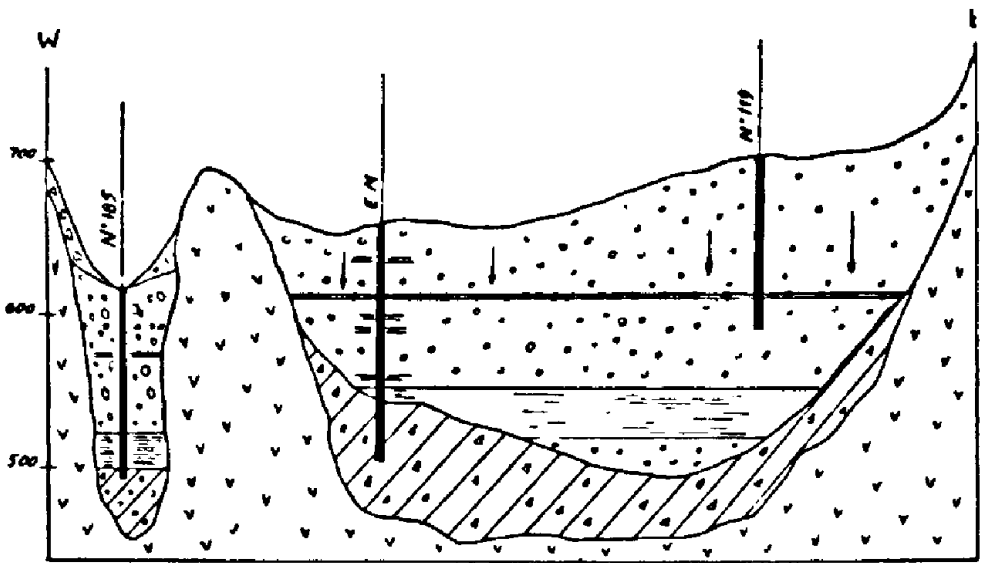


Fig 17 Perfil O-O
Cuenca parcial - Las Condes

0 1 2 Km

La Figura N° 17 es un corte por el terreno que parte de los faldeos del cerro San Cristóbal y pasa por el sondaje E. M y N° 119; entre los cerros San Cristóbal y San Luis se ha interpolado el sondaje N° 185 que en realidad se ubica aguas abajo del perfil.

El sondaje E. M alcanzó 155 metros de hondura atravesándose 6 napas que totalizaron un gasto de explotación de 15 litros/segundo para una depresión de 11 metros aproximadamente; parece que, para gastos poco mayores a los 15 litros nombrados, la depresión se hace notablemente fuerte. A partir de los 115 y hasta los 155 metros finales, el sondaje corta materiales de arcillas y piedras chicas de muy baja permeabilidad.

El pozo N° 119 alcanzó primitivamente 91 metros de profundidad y cortó una napa recién en la capa de los 87,5-89,0 metros, aunque los materiales superiores eran corrientemente una mezcla de ripio grueso y arena con buena permeabilidad. La prolongación del sondaje habría cortado una delgada capa de arcilla impermeable y luego, hacia los 91 metros finales, una capa de

rodados y arenas muy permeables donde se resumió parte del agua de la napa localizada más arriba (esto se comprobó casi de inmediato por la brusca disminución del nivel de aguas. Descendió de los 68 a los 84 metros de profundidad). En esta parte del trabajo se presentaron dificultades con las cañerías de entubación y se decidió concretar el fondo del pozo para aforar la napa, todo ello de acuerdo con la petición de los propietarios del pozo de conformarse con un gasto de unos 5-7 litros/segundo, el aforo determinó un gasto cercano a los 3 litros/segundo que no alcanzaba a justificar la fuerte inversión del equipo de bombeo. Posteriormente, los ingenieros de la Sección Aguas Subterráneas de CORFO consideraron de interés el prolongar el sondaje y se logró llegar, pese a las dificultades con la cañería de entubación, hasta los 110 metros de hondura encontrándose, en los nuevos metros perforados, arenas secas de alta permeabilidad.

En base a los antecedentes de las perforaciones descritas, resulta muy clara la comprensión del Perfil OO desde el cerro San Luis al Este. Aquí se muestra la Morrena Primera impermeable sobre el lecho de rocas fundamentales y la erosión de la misma por el río Mapocho antiguo que ha originado un relleno altamente permeable ubicándose, las napas más ricas, en las capas inferiores del relleno situadas por debajo de la cota de fondo del pozo N° 119.

Hacia la zona marginal del cauce antiguo del Mapocho serán corrientes pequeños espesores de menor permeabilidad y ellos permitirán aislar acuíferos por encima de la napa principal profunda; este sería el caso de las napas superiores del sondaje E.M.

El sondaje N° 185 tiene 120 metros de hondura y ha cortado napas entre las profundidades 46,4-47,6; 94,4-96,0 y 98,4-114,0 metros. Las dos últimas son las que se aprovechan para la explotación y rinden un gasto conjunto de 28 litros/segundo para una depresión de casi 70 metros. El fuerte espesor de relleno permeable atravesado por este sondaje se explica según las consideraciones de la página 80.

Nivel de Aguas Normal: Valen aquí las deducciones realizadas, con relación a la disposición de las curvas de nivel de aguas subterráneas en la región oriental del Valle, para la cuenca parcial Santiago.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Desde el punto de vista del reconocimiento del terreno y con el propósito de aclarar las ideas expuestas hasta ahora, sería de indudable interés la perforación de un sondaje, llevado a la máxima profundidad que permita la máquina de sondear, en algún punto de la cuenca parcial Las Condes próximo al lecho antiguo estimado para el río Mapocho.

Respecto de los sondajes que se perforen en el futuro, desde el aspecto netamente utilitario, podemos establecer que aquéllos ubicados en las proximidades del cauce actual del río cortarán napas alimentadas fundamentalmente con las infiltraciones del caudal superficial del mismo, cuyo gasto de explotación sería similar al del pozo N° 185. Aguas arriba del cerro San Luis, estos sondajes encontrarían muy pronto depósitos impermeables de la Glaciación Primera y posiblemente las napas mejores se localizarían antes de los 60 metros de hondura; se tendría un caso similar al de los pozos del faldeo occidental de cerro Calán y señalado en el Perfil NN de la Figura N° 16.

Las nuevas perforaciones que se efectuarán en las cercanías del cauce antiguo del río Mapocho deberían llegar hasta la profundidad en que, previo el examen de los materiales cortados, pueda suponerse que se están atravesando los materiales de la morrena primera impermeables. Naturalmente, esta suposición es difícil y de allí que se recomiende la perforación de un sondaje, con fines de reconocimiento del terreno, hasta la máxima profundidad que permita alcanzar la máquina.

L. Cuenca Parcial Macul

Ubicación: Bajo este nombre se ha tratado de indicar la región ocupada, superficialmente, por los últimos materiales de la Formación de Piedemonte del San Ramón. Así resulta la zona, de forma triangular, señalada en el plano UCP y que limita al Este con la cordillera andina; al Norte, con los cerros de Apoquindo; al Oeste, con la cuenca parcial Las Condes, y al Sur con la cuenca parcial Puente Alto.

Sistema Hidrográfico: El drenaje de las aguas superficiales se produce desde el Este al Oeste, según la dirección de máxima pendiente de los terrenos y en forma que ellas vienen a desembocar en el Canal El Bollo, alrededor de la curva topográfica de los 700 metros y en el Canal San Carlos entre las cotas topográficas de los 650-620 metros.

Son importantes las numerosas quebradas que desaguan los cerros cordilleranos y que entran a la cuenca más o menos con dirección Este-Oeste; por el Norte la más destacada es la de San Ramón y, hacia el límite Sur, la denominada Macul. Estas quebradas conducen caudales superficiales que fluctúan según las aguas lluvias, y las dos ya citadas mantienen escurrimiento prácticamente todo el año. La quebrada de San Ramón, con una superficie hidrográfica del orden de los 33 kilómetros cuadrados BRUGGEN (1941, pág. 18), proporciona una parte del agua con que la Empresa Chilena de Agua Potable abastece a la ciudad de Santiago; en el estero que desagua la quebrada se aforaron gastos de 150 y 210 litros/segundo para los veranos de 1940 y 1941, respectivamente; esos años mostraron precipitaciones de aguas lluvias superiores al promedio normal.

Generalidades Fisiográficas: Los terrenos de Macul descienden con alta pendiente hacia el poniente, y solamente a partir de la cota topográfica de los 600 metros ella se hace más suave. En la región oriental de la cuenca se encuentran algunas elevaciones y depresiones originadas por el avance, en el valle, de las quebradas cordilleranas. Junto al extremo nororiental se ubica el cerro Apoquindo, que se prolonga al sureste en las lomas del mismo nombre y que constituirían el límite Norte del Piedemonte de San Ramón; por el Sur, este límite estaría dado por el cerro Santa Rosa (1.090 metros) y su prolongación el cerro Chequén (784 metros).

Para la zona de Macul la cota topográfica de los 1.000 metros presenta un curso Norte-Sur bastante regular y rectilíneo; ello se ha asociado muchas veces con la dirección de la gran falla que pasaría por el borde occidental de la Cordillera Andina.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: Los sondajes son escasos y se ubican hacia el límite occidental de la cuenca. Además de los dos

que aparecen señalados en el Cuadro VIII podemos mencionar los siguientes: Instituto Pedagógico, se ubica en los terrenos del Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile, a unos 2 kilómetros al Este del sondeo N° 94. Fue contratado por el señor Antonio Besa, tendría una profundidad de 85 metros y daría un gasto del orden de los 25 litros/segundo.

Textil Pollak, está actualmente en proceso de construcción por parte de la firma Horacio Parot y Cia., que se dedica a la perforación particular de sondeos. Queda situado a menos de un kilómetro al Sur del pozo N° 166.

Cuadro Sedimentario General: En el plano UMP se ha señalado la posibilidad de existencia de una morrena de tipo central que habría resultado de la unión de los glaciares, en esta región, correspondientes al Maipo y Mapocho durante la Glaciación Primera. Además se tendría aquí, hacia la parte oriental, depósitos morrénicos impermeables acarreados por lenguas de hielo que bajarían contemporáneamente por las quebradas más importantes, es decir, resultaría un conjunto de materiales impermeables hoy sepultado bajo los acarrees posteriores, tal como el que se muestra en el plano UMP.

Sobre estos acarrees morrénicos de la Primera Epoca Glacial se habrán depositado los del Interglacial Primero; al Norte de la cuenca ellos estarán representados por los depósitos del río Mapocho antiguo; al Sur, por los del Maipo antiguo y, hacia el Oriente, por aquellos que bajarían desde las quebradas cordilleranas y empezaron a construir la Formación de Piedemonte del San Ramón.

En la parte más alta de la cuenca se encuentran algunas manifestaciones de materiales con pómez y cenizas; ellas son de carácter reducido y corresponden a depósitos de la Morrena Segunda retrabajados por las aguas superficiales.

En el transcurso de los interglaciales más recientes, cuando el río Mapocho se desplazó hacia el Norte y el río Maipo al Sur de su cauce primitivo, predominaron en la cuenca parcial Macul los acarrees transportados por las quebradas cordilleranas de su límite Oriental y ellos terminaron de conformar el Piedemonte que caracteriza toda la zona.

La Glaciación Tercera, intercalada entre los Aluviales Segundo y Moderno, no se habría extendido en todo el Valle de Santiago más allá de la cota topográfica de los 900 metros. Sin embargo, lo mismo que en las Glaciaciones anteriores, se depositaron gruesos espesores de acarrees morrénicos los cuales fueron erodados en los períodos interglaciales y arrastrados, para las grandes avenidas de aguas, por los esteros cordilleranos hacia valle abajo.

La Formación final de Piedemonte tiene un perfil muy típico y los materiales más gruesos se localizan en las tierras altas, más o menos hasta la cota de los 700 metros; aquí es posible reconocer algunos bloques y piedras, a veces facetados, de formas caprichosas y que serían netamente glaciales. Tal es el caso de los que constituyen la materia prima de la planta de chancado, para agregados del concreto, establecida en una amplia extensión superficial aguas abajo de la quebrada de San Ramón y junto a la calle Valenzuela Palma.

Desde la cota de los 700 metros hasta la de los 600, siguen materiales menos gruesos y ya a partir de la última cota nombrada se encuentra una cubierta francamente arcillosa que termina, en forma de cuña, hacia el límite occidental de la cuenca parcial Macul como se indica en el plano CSS. En el perfil ya estudiado de la Figura N° 15, las capas de arcillas cortadas por los son-

dajes N.os 94-166 corresponderían a los depósitos más finos y distantes del Piedemonte de San Ramón.

Perfil PP

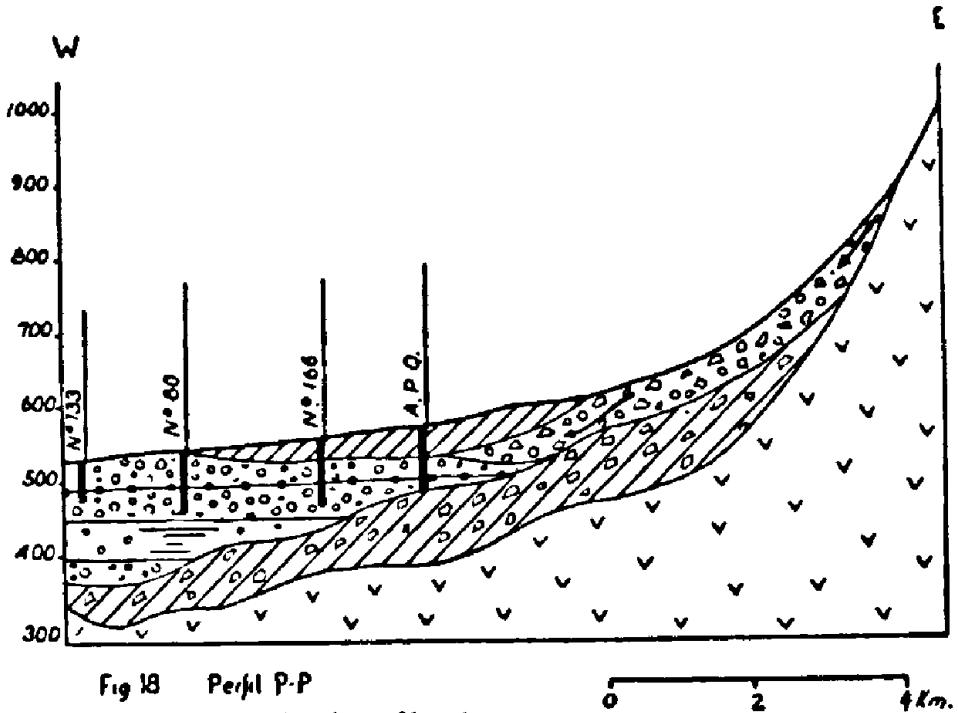


Fig 18 Perfil P-P
Cuencas parciales Santiago-Macul

El dibujo de la Figura N° 18 muestra un corte desde la cordillera andina hasta la zona del sondaje N° 133, con dirección Este-Oeste, en el cual se han intercalado además los pozos N.os 80-166 y Quilín.

En el perfil quedan indicadas las capas inferiores de la Glaciación Primera y sobre éstas, a la derecha, los materiales de naturaleza glaciofluvial depositados por los esteros cordilleranos; la cubierta arcillosa superior correspondería a los acarrees marginales del Piedemonte transportados en el transcurso de los dos últimos períodos interglaciales cuando no se hacía sentir la acción sedimentaria de los ríos principales, por desplazamiento de sus cauces, en la cuenca parcial Macul.

A la izquierda hemos indicado, sobre la Morrena Primera, el potente espesor de relleno permeable del Interglacial Primero, donde se localizarán las napas más ricas, y que correspondería en la zona del Perfil PP a los depósitos del río Mapocho antiguo especialmente. Tal como se muestra con flechas en el mismo perfil, estas napas más profundas estarían alimentadas, parcialmente, por las aguas subterráneas que bajan por el Piedemonte.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: En la zona occidental de la cuenca parcial Macul, se reunirán las napas propias del cauce antiguo del río Mapocho con las provenientes de la Formación de Piedemonte y constituirán, en las capas más profundas del Aluvial Primero, acuíferos de muy buena producción de agua.

Hacia las tierras altas, dentro ya de los conos de rodados correspondientes a las distintas quebradas de la zona oriental, los acuíferos tendrán una repartición más irregular y se ubicarán junto a los cauces más antiguos recorridos por los distintos esteros en el valle. Es decir, cada una de las quebradas principales originará acuíferos de anchura reducida y separados, unos de otros, por zonas poco permeables y muy pobres en aguas subterráneas. Naturalmente que dentro de los cursos cordilleranos estrechos de estos esteros, donde la sección de acuífero es reducida y la roca fundamental se encuentra levantada, podrán hacerse con buenos resultados sondajes de pequeña hondura.

Nivel de Aguas Normal: Todos los sondajes existentes en Macul, los cuales se ubican junto al límite occidental de la cuenca, tienen niveles de aguas al estado de reposo sensiblemente cercanos a la cota 500 metros; ahora bien, aguas arriba de la curva topográfica de los 600 metros es de suponer que el nivel de aguas subterráneas sube rápidamente, y en forma tal, que las curvas de igual cota resultantes tomarán una disposición como la señalada para el estudio de la cuenca parcial Santiago.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: De acuerdo con todo lo expuesto hasta ahora, la zona más favorable para nuevos sondajes es la del poniente de la cuenca y más propiamente aguas abajo de la curva topográfica de los 600 metros. Aguas arriba de la citada cota, lo indicado sería realizar un estudio geológico superficial para determinar, dentro de una región dada, la situación más favorable para un sondaje cualquiera; o sea, para tratar de señalar la posible situación de cauces antiguos hoy sepultados por los depósitos sedimentarios más recientes.

M Cuenca Parcial Puente Alto

Ubicación: Esta cubriría toda la porción del cono de rodados del río Maipo antiguo aguas arriba de la curva topográfica de los 600 metros y sus límites aparecen señalados en el plano UCP.

Es del caso anotar que la cuenca parcial Puente Alto, como también las dos que se analizarán a continuación, queda ligada hacia su límite Sur con la acción sedimentaria propia del río Maipo actual que no hemos investigado aún en forma completa. En consecuencia, debe entenderse que los antecedentes proporcionados en este trabajo para las cuencas parciales de nuestras referencias serán completados en un próximo estudio.

Sistema Hidrográfico: El río Maipo, al cual concurren finalmente todos los cursos naturales de aguas superficiales del Valle de Santiago, cubre parcialmente el límite Sur de esta cuenca. De este río, especialmente de la parte de su curso comprendido entre las cotas topográficas 700-900 metros, nacen una serie de canales de riego que atraviesan y drenan toda la región que nos ocupa; entre ellos se destacan el ya mencionado San Carlos, el San Francisco, que se dirige al Suroeste abriéndose en otros menores, el San Bernardo, etc.

Generalidades Fisiográficas: Las características topográficas de Puente Alto han quedado condicionadas al grueso espesor del relleno depositado por el Maipo antiguo y así es posible reconocer, algo imperfectamente, el cono aluvial

de este río entre las curvas de nivel topográficas de los 500-600 y 700 metros.

Se encuentran en la región algunos cerrillos islas ubicados hacia el Sur y entre ellos podemos nombrar el Cerro Negro situado en el límite Sur-Occidental; el cerro Las Cabras a unos 6 kilómetros directamente al Este del anterior y el cerro Viscachas, que se localiza a más o menos 2 kilómetros al Este del pueblo de Puente Alto.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: Conocemos en realidad solamente un sondaje, el N.º 58 indicado en el Cuadro VIII; además, sabemos de la existencia de un sondaje perforado por el ingeniero Rosendo Caro para la Compañía Textil Maipo y que se ubicaría en el camino Santa Rosa junto al pueblo de Puente Alto. Este tendría una profundidad de 101 metros y entregaría un gasto de unos 20 litros/segundo localizándose el nivel de aguas, al estado de reposo, a unos 84 metros de la superficie que correspondería, aproximadamente, a lo cota 610-620 metros.

Cuadro Sedimentario General: De acuerdo con el plano UMP, el río Maipo fue capaz de erodar, durante el primer interglacial, un amplio cauce a través de la Morrena Primera, el cual rellenó, en sus etapas de sedimentación, con un potente espesor de acarreos compuestos, en gran proporción, por materiales propios de la morrena.

El espesor de capas correspondientes al Aluvial Primero debe ser muy grande en la zona si se considera que los sondajes N.ºs 58-65, situado este último unos 3 kilómetros al Norte del primero, alcanzan profundidades de 166,5 y 135 metros respectivamente, sin que hayan terminado de cortar la napa inferior encontrada.

Los materiales lavados de los depósitos morrénicos de la Tercera Glaciación —cuyas manifestaciones superficiales en la región de Puente Alto se han marcado con achurado vertical en el plano CSS— constituirían los últimos depósitos sedimentarios importantes que llegaron al valle en esta parte y presumiblemente corresponden a ellos algunos grandes bloques que se encuentran dispersos sobre la superficie del terreno.

Hacia el término de la Tercera Glaciación el río Maipo habría tomado definitivamente su cauce actual y toda la región de Puente Alto quedó sometida a la acción sedimentaria, relativamente muy poco importante, de los materiales lavados de los cerros cordilleranos orientales la cual se complementaría, en los periodos de precipitaciones muy grandes, con los desbordes del Maipo actual.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Las mejores napas de aguas subterráneas deben localizarse, al igual que para la generalidad de la Cuenca de Santiago, en las capas permeables denominadas del Aluvial Primero. De acuerdo con los datos proporcionados por los sondajes N.ºs 58-65, estas napas estarían recién cortándose alrededor de la cota topográfica de los 450 metros y para las tierras más altas, según la ubicación profunda del nivel de aguas en el sondaje citado de la Compañía Textil Maipo, los sondajes de esta zona deben bajar más allá de los 100 metros para obtener los suministros más abundantes.

Nivel de Aguas Normal: Puede agregarse, a lo señalado en el estudio de las curvas de igual nivel de aguas subterráneas para la cuenca parcial San-

tiago, que la curva representativa de la cota 620 metros del nivel de aguas subterráneas partiría de los faldeos del cerro San Cristóbal; continuaría con dirección Noreste, similar a la de curva topográfica de los 700 metros en esta parte, pasando entre los sondeos E. M. y N° 119; cambiaría luego a un curso Norte-Sur, posiblemente en el punto donde también cambia de dirección la curva topográfica de referencia y seguiría con esta última hasta frente a los cerros de Santa Rosa. Desde aquí es muy probable que tuerza al Suroeste, hacia la región del pueblo de Puente Alto y que luego tome un rumbo Noreste cerrándose hacia los faldeos del cerro Cardo (ver plano general de ubicación de pozos).

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: En toda la región de Puente Alto existirían magníficas condiciones para cortar con sondeos de gran profundidad, sobre los 100 metros y posiblemente antes de los 200, napas muy ricas alimentadas por la gran hoya hidrográfica del curso superior del río Maipo.

N Cuenca Parcial San Bernardo

Ubicación: Comprende el cono aluvial del río Maipo antiguo entre las curvas de nivel topográficas de los 600 y 500 metros. Sus límites, indicados en el plano UCP, son por el Norte cuenca parcial Santiago; por el Este, la cuenca recién analizada; por el Oeste, las cuencas parciales de Maipú y Malloco, y, por el Sur, la región de Calera de Tango.

Sistema Hidrográfico: Esta zona queda bastante aislada de los ríos actuales y el drenaje de sus aguas superficiales se realiza especialmente a través de los canales de riego Ochagavía y Lo Espejo; ellos la atraviesan desde el Sur al Norte y escurren desde el río Maipo al Mapocho.

Junto al extremo septentrional se encuentra el ancho canal del Zanjón de la Aguada que escurre en esta parte con dirección Este-Oeste hacia el Mapocho.

Generalidades Fisiográficas: Aquí los terrenos descienden al Poniente y suben desde el Norte, zona del Zanjón de la Aguada, hasta la ciudad de San Bernardo; más al Sur bajan en altura hacia la región de Calera de Tango.

El rasgo topográfico más destacado está dado por el imponente cerro isla denominado cerros de Chena y éste conforma con el cerro isla Negro, una especie de portezuelo elevado que baja al Sur hacia el cauce actual del río Maipo. En los faldeos orientales de los cerros de Chena pueden reconocerse algunas manifestaciones aterrazadas de la Morrena Segunda con cenizas volcánicas.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: Fuera de los 4 sondeos señalados en el Cuadro VIII, como situados en la cuenca parcial San Bernardo, existen de la misma cuenca alrededor de una veintena y para los cuales disponemos de antecedentes muy fragmentarios. Entre éstos podemos citar los siguientes:

Nuevo Matadero Lo Valledor, tiene una profundidad de 57 metros y rendiría un gasto de 50 litros/segundo. Fue construido por el señor Antonio Besa y se ubica unos 500 metros al Sur del sondeo N° 52, contiguo a la avenida San Joaquín.

Ciudad del Niño Presidente Ríos, alcanzaría una profundidad de 88 metros ubicándose el nivel de aguas a los 78 metros de hondura. La institución de beneficencia propietaria se localiza junto al paradero 16 de la Gran Avenida y el sondaje queda unos 2 kilómetros al Suroeste del pozo N° 65.

Población Ochagavía, hay dos sondajes perforados por el señor Antonio Besa, con profundidades de 66 y 67 metros. Tienen instalaciones de bombeo muy potentes y rendirían una buena producción de agua; están situados unos 1.500 metros al Este del sondaje N° 62.

Población Dávila, en los terrenos de esta población, ubicada unos 1.300 metros al Sur de la anterior y también junto a la avenida Ochagavía, existen 4 sondajes. Los dos más antiguos fueron perforados por el señor Antonio Besa y alcanzarían 57 y 59 metros; los dos más recientes, construidos en el transcurso del año 1957 por el ingeniero Ricardo Hucke, tienen 94 y 102 metros de hondura y entregan agua para el abastecimiento del sector de población denominado La Feria. En los sondajes más nuevos el nivel de aguas al estado de reposo quedaría en la profundidad de los 60 metros.

Población Santa Rosa, tiene un pozo que alcanzaría los 115 metros y entregaría del orden de 20 litros, segundo; estaría ubicado unos 2 kilómetros al Norte del sondaje N° 65.

Cuadro Sedimentario General: La situación general del relleno en esta zona fue analizada anteriormente al estudiar el Perfil LL de la Figura 14, que abarca las cuencas parciales de Conchalí-Santiago y San Bernardo (pág. 87). Ahora podemos agregar, para completar el cuadro, el perfil de la Figura N° 19.

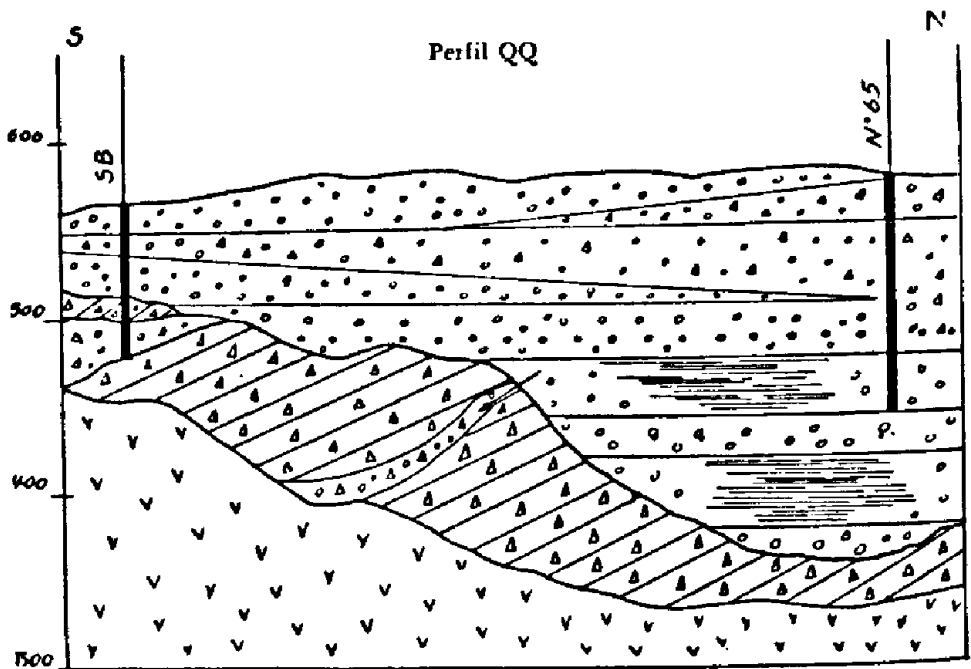


Fig 19 Perfil Q-Q
Cuenca parcial - San Bernardo

0 2 4 Km

Según un informe de FELSCH (1936, pág. 3), en el antiguo sondeo ubicado junto a la Maestranza de San Bernardo S. B., se habrían atravesado desde la superficie hasta los 53 metros de profundidad, capas de conglomerados con rodados de tamaño superior a 0,15 metros de diámetro y algunas intercalaciones menores de arena gruesa; la capa de las profundidades 53,0-56,0 metros correspondería a un manto de arcilla muy compacta con inclusiones de piedras de hasta 60 centímetros de diámetro y que él comparaba con un típico sedimento morrénico. Más abajo se atravesaría una sucesión de capas que constituirían, siempre de acuerdo con el informe citado, una alternación de morrenas y conglomerados fluviales.

Por encima de la morrena, a los 53 metros de hondura, se cortó un acuífero con gasto aproximadamente igual a un litro/segundo; los conglomerados por debajo de la morrena superior eran secos y el agua de la napa se resumió parcialmente en ellos. Más abajo, a los 80 metros de profundidad, se habría cortado otra napa de muy pequeña producción y que no alteró el gasto ya indicado.

De acuerdo a los antecedentes enunciados para el sondeo S. B. y de acuerdo también con el esquema general de sedimentación para el Valle de Santiago, establecido en el curso del presente trabajo, estimamos que en el pozo de nuestras referencias se habrían atravesado, a partir de los 53 metros, los materiales impermeables de la Glaciación Primera. Entre éstos se intercalarían capas delgadas, más permeables, de tipo glaciofluvial y que responderían al engranaje dibujado en la Figura N° 2; las intercalaciones flaciofluviales serían contemporáneas de la Glaciación Primera y en San Bernardo se habrían formado a partir del lavado de los materiales más finos que serían arrastrados, desde la zona del portezuelo entre los cerros Chena y Negro, hacia las tierras bajas situadas más al Sur. Los depósitos de conglomerados, con capas de rodados gruesos y arenas permeables, corresponderían en las capas más inferiores a los acarrees marginales del río Maipo antiguo y, en las capas superiores, posiblemente a depósitos originados durante el Aluvial Segundo cuando el río empezó a buscar otro cauce. Un brazo secundario del Maipo habría pasado, en el Interglacial Segundo, a través del portezuelo de San Bernardo y con ello se destruyeron también los componentes de bajo peso específico de la Morrena Segunda que aparece, de un modo reducido, adosada al faldeo oriental del cerro Chena.

La situación anterior queda representada en el perfil de la Figura 19, donde se muestra levantada la Morrena Primera impermeable junto al sondeo S.B.; desde aquí hacia la zona del pozo N° 65, los cordones morrénicos estarían fuertemente erodados y reemplazados por acarrees interglaciales que contienen, en las capas permeables inferiores o del Aluvial Primero, las napas de aguas subterráneas de mayor producción.

Aunque desgraciadamente no tenemos datos del perfil atravesado por el sondeo E.B, parece ser que el límite hasta donde se levanta, en forma considerable, la morrena impermeable queda un poco al Sur de este sondeo.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: En resumen, puede decirse que en la cuenca parcial San Bernardo existiría una franja de terreno, ubicada al Sur del sondeo E. B, y contigua a los cerros islas Chena y Negro, poco favorable para captaciones subterráneas. Desde el sondeo El Bosque al Norte, se tienen posibilidades muy buenas para sondeos relativamente pro-

fundos y ellas serán óptimas en la zona del terreno comprendido entre los cauces antiguos estimados para los ríos principales.

Nivel de Aguas Normal: En relación con este punto nos remitimos a lo establecido en el estudio de la cuenca parcial Santiago.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: Cabe agregar a los párrafos precedentes, que sería de mucho interés la perforación de uno o más sondajes, en carácter de reconocimiento del terreno y por ello de la máxima profundidad permitida por la máquina de sondear, para avaluar la riqueza de las napas más profundas en la zona.

O Cuenca Parcial Malloco

Ubicación: Es la región situada al Sur del estrechamiento del Valle de Santiago producido por el cerro Chena y la prolongación de los cerros australes de la cuenca parcial Rinconada. De acuerdo con el plano UCP, está limitada al Norte por la cuenca parcial Maipú; al Este, por la cuenca parcial San Bernardo, cerro Chena y cerros de Lonquén; al Oeste, por el cordón oriental de la cordillera de la Costa y, al Sur, por el cauce del río Maipo.

Sistema Hidrográfico: El río Mapocho bordea el límite occidental de la cuenca y el río Maipo constituye su límite Sur. Existe, además, un gran número de canales de riego que facilitan el drenaje de las aguas superficiales hacia los dos ríos anteriores.

La alimentación de los caudales subterráneos en Malloco es muy favorable ya que junto con los aportes del río Maipo actual, hacia el límite Sur de la cuenca, recibe las aguas provenientes de los cerros de la cordillera de la Costa y a ella accede prácticamente toda la hoya hidrográfica del río Mapocho, incluyendo en ésta la correspondiente a Santiago Norte.

Generalidades Fisiográficas: Los rasgos topográficos más destacados los constituyen los imponentes cerros islas denominados Chena y Lonquén, y a éstos podemos agregar la Rinconada de La Esperanza, ubicada al Poniente del río Mapocho, y la zona de vegas que se localiza al frente de la anterior e inmediatamente al Este del río, en la parte denominada Bajos de Santa Cruz.

La pendiente de los terrenos es tal, que ellos bajan hacia el Sur y también al Poniente; este último descenso llega, aproximadamente, hasta el cauce del Mapocho y luego hay un aumento gradual de altura en dirección a los cordones de cerros de la Cordillera de la Costa.

Antecedentes de Explotación de Aguas Subterráneas: La cuenca parcial Malloco está sometida a cultivos bastante intensos y para los meses de pocas lluvias las aguas de los canales se hacen insuficientes; esto ha conducido a la construcción de alrededor de una quincena de sondajes, generalmente de muy buen rendimiento, cuyos suministros de aguas se destinan casi exclusivamente a las necesidades de la agricultura. Son numerosas también las norias construidas manualmente y que abastecen demandas de carácter doméstico.

En el cuadro IX y en el plano general de sondajes se han señalado los pozos perforados, a la fecha, por CORFO; debemos agregar que este organismo ha

Cuadro IV

SONDAJES MALLOCO

Nº	Denominación	Profundidad	Cota boca	Cota fondo	Nivel agua	Cota nivel agua	Caso	Depresión	Cotas horizontales superior e inferior napas
215	Fdo. San Alberto	47,0	445	398	18,0	427	100	2,15	423,5—412,5; 405,5—402,3
26	Chacra Santa Regina . . .	82,5	450	367,5	27,5	422,5	40	12,5	426,2—424,3; 372,0—368,5
95	Santa Rosa de Chena . . .	101,0	464	363	36,0	426,0	60	32,0	424,0—420,5; 417,8—415,4; 373,5—369,3
178	Fdo. Los Sauces	37,7	410	372,5	3,4	406,5	100	4,6	399,0—388,5; 382,5—377,0
218	Fdo. El Sauce	54,0	437	383	26,2	410,8	100	1,8	407,0—400,3; 398,5—393,1; 386,3—383,8
159	Fdo. El Porvenir	56,8	443	386,2	31,2	411,8	100	8,80	392,8—390,2
69	Fdo. Santa Teresa	67,5	465	397,5	52,0	413,0	25	6,0	410,0—406,0
200	Fdo. San Javier	56,0	418	362	18,0	400	100	3,5	378,4—367,5
169	Vña Undurraga	45,0	390	345	8,5	381,5	100	4,	377,5—368,5; 358—351
191	Fdo. Los Pinos de Oliv. . .	42	418	376,0	22,3	395,7	100	3,7	387,8—381,2
202	Fdo. El Oliveto	42,2	418	375,8	19,5	398,5	100	2,0	391,5—384,0; 380,5—378,0
187	Fdo. Peruechea	44,0	362	318	7,3	354,7	60	11,2	349,5—348; 346—340,0; 330,0—323,5

construido varios sondajes en la región denominada Isla de Maipo, la cual no alcanza a figurar en el plano general, y que ellos muestran excelentes rendimientos de explotación.

Cuadro Sedimentario General: Según se observa en el plano UMP y de acuerdo con la idea de que la mayor parte del hielo, en el transcurso de la Glaciación Primera, alcanzó su término en las cercanías de la curva topográfica de los 500 metros, los depósitos impermeables de la Morrena Primera tendrían gran desarrollo en la zona de la Rinconada de La Esperanza y junto a los faldeos de los cerros de Chena y de Lonquén mientras, todo el resto del valle, quedaría cubierto con acarreo glaciofluviales contemporáneos y, posiblemente, depósitos más locales de morrenas, correspondientes a los avances esporádicos de brazos o lenguas glaciares.

En el período Interglacial Primero la acción conjunta de los ríos Maipo y Mapocho, los cuales correrían como un solo curso de agua a través de Malloco, habría erodado la Morrena Primera, especialmente en las cercanías de dicho cauce, dejando en su remplazo un potente espesor de acarreo fluviales, los cuales contienen las napas más importantes.

Los componentes volcánicos, característicos de la Morrena Segunda, no parecen encontrarse en la región y esto no es extraño si se piensa que, dentro de las cuencas parciales hasta aquí analizadas, tales depósitos se han conservado en zonas no sometidas a la acción directa de curso importantes de aguas, y la cuenca parcial Malloco, donde el valle tiene una sección relativamente estrecha y acceden las aguas superficiales de gran parte de la Cuenca de Santiago, constituye una zona muy favorable para el lavado y destrucción de materiales con pequeño peso específico como es el caso de los componentes volcánicos citados.

El mayor espesor de materiales permeables del Interglacial Primero se ubicaría en la franja sin achurar del plano UMP, en tanto que, hacia las márgenes oriental y occidental de la cuenca, disminuiría y estaría más levantado el conjunto de sedimentos derivados de la Glaciación Primera. En la zona próxima al cauce actual del río Mapocho se tendrán los acarreo permeables correspondientes a los períodos interglaciales posteriores, especialmente al Aluvial Moderno, que hacia el Este se ligarán con los materiales fluviales más antiguos y, al Poniente, con aquéllos provenientes de la acción de lavado, por las aguas lluvias, sobre los escombros de faldas de los cerros de la Cordillera de la Costa; estos últimos materiales alcanzarían cierta importancia en la amplia Rinconada de La Esperanza donde ellos se apoyarían, con granulometría decreciente hacia el Este, en los depósitos de la Glaciación Primera.

El Agua Subterránea en el Relleno Sedimentario: Como hemos dicho, Malloco constituiría el drenaje subterráneo natural de las napas existentes en el valle de Santiago y, en consecuencia, toda la zona es potencialmente rica a este respecto. Esta situación queda manifestada en el cuadro IX, donde son numerosos los pozos con gastos de explotación de 100 litros/segundo para depresiones muy pequeñas; en realidad, tales sondajes entregan o pueden entregar gastos mayores y hemos fijado la cifra de 100 litros/segundo como valor común para comparar captaciones diferentes.

De acuerdo con las características de los pozos de Malloco y su ubicación en el terreno, es probable que el cauce principal del río Maipo-Mapocho antiguo pasara cerca del sondaje N° 213 y se dirigiera al Sur, atravesando las zonas de

los pozos N.os 218-159-200 y de los N.os 191-202; desde esta última región continuaría al Poniente para tomar, dentro de la Cordillera de la Costa, el actual curso del río Maipo.

En las cercanías del cauce recién citado existirán las condiciones más favorables para la ubicación de sondajes, mientras, al Este del mismo, ellas serán menos propicias, porque se entraría a los acarreos marginales, menos permeables, del antiguo río o bien a depósitos poco permeables de la Glaciación Primera; en este sentido, la zona que se extiende al Este de la línea dada por los sondajes N.os 93 y 69 sería francamente pobre.

Junto al cauce actual del río Mapocho cabe esperar buenos suministros de aguas subterráneas, para sondajes no muy profundos, por cuanto aquí se tiene una zona de tierras bajas, hacia la cual tiende a escurrir el agua de las napas de la cuenca parcial Malloco, y se encontrarán totalmente saturados los depósitos fluviales más antiguos, como las capas superiores más recientes.

En la Rinconada de La Esperanza, los materiales impermeables de la Glaciación Primera se continuarían en aquellos lavados de los cerros vecinos y que, por su abundancia de arcillas, son también poco permeables. Además, gran parte de las aguas lluvias que caen en esta zona de la Cordillera de la Costa entran a la hoya hidrográfica del estero Puangue y, en estas condiciones, el interior de la Rinconada es poco favorable para la perforación de sondajes. Sin embargo, en la medida que nos acerquemos al lecho del río Mapocho actual, se encontrarían capas fluviales superficiales depositadas por éste y en ellas, seguramente, buenos suministros de aguas.

Nivel de Aguas Normal: Para la serie de pozos que se ubican en el extremo norte de la cuenca, o sea, los N.os 213-26-93, puede considerarse un Nivel de Aguas correspondiente, aproximadamente, a la cota topográfica 425 metros; hacia aguas abajo y a unos 8 kilómetros de los anteriores se ubica el sondaje N° 200, cuyo nivel de aguas estaría en la cota de los 400 metros y resultaría así una gradiente de pendiente del nivel de 0,3%. Según esto, para las tierras bajas, situadas entre los sondajes N.os 200-26 y al Poniente de los mismos, deberían tenerse niveles de aguas sobre la cota de los terrenos. En verdad, la zona de los Bajos de Santa Cruz presenta, parcialmente, esta situación, con una amplia región de vegas donde el nivel de aguas subterráneas está muy próximo a la superficie y que se anega en las épocas de lluvias; sin embargo, por las capas inferiores del subsuelo, de mayor permeabilidad que la cubierta arcillosa superficial, estaría entrando agua de las napas subterráneas al lecho actual del río Mapocho y con ello se produce una disminución general de la cota del nivel en las proximidades del río.

La tendencia de escurrimiento del agua subterránea, en Malloco, hacia el cauce del Mapocho, debe quedar de manifiesto en la forma de las curvas de nivel correspondientes y así la curva representativa de la cota 400 metros pasaría por el sondaje N° 200, cerrándose, hacia el río Mapocho, en los faldeos del cerro Los Ratones y en los cerros de Lonquén hacia el límite oriental de la cuenca; la misma curva de nuestras referencias mostraría, entre los dos cerros citados, una dirección aproximadamente norte-sur.

Explotación Futura de Aguas Subterráneas: A la cuenca parcial Malloco concurrirían prácticamente todas las napas de aguas subterráneas consideradas

hasta aquí en la Cuenca de Santiago, y de acuerdo con ello podría perforarse un gran número de nuevos sondeos con excelentes rendimientos.

Es interesante anotar la idea de que algunos pocos sondeos de reconocimiento, convenientemente distribuidos en Malloco, permitirían determinar las verdaderas posibilidades de las aguas subterráneas en el Valle de Santiago. Del mismo modo, a través de registros de medidas adecuados, se podría establecer la influencia de la fluctuación en las precipitaciones sobre los niveles y alimentación de las napas; naturalmente serían necesarias, para lograr conclusiones de carácter estadístico, las observaciones de varios años y ellas podrían complementarse con aforos periódicos de los caudales superficiales de los ríos Mapocho y Maipo en la misma zona de Malloco.

VI. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Generalidades: Los componentes químicos del agua subterránea provienen, principalmente, de aquéllos presentes en las aguas meteóricas y de los que éstas adquieren, eliminan o intercambian, cuando se infiltran en el terreno y entran en contacto con las sustancias minerales u orgánicas del suelo y formaciones geológicas. Si bien la naturaleza química de las aguas lluvias puede considerarse relativamente constante, dentro de la zona considerada, no sucede lo mismo con la del subsuelo y así han resultado, dentro de la Cuenca de Santiago, variaciones a veces notables en los análisis químicos de las aguas de pozos relativamente cercanos; la posibilidad de tales diferencias se justifica, en parte, al considerar que la composición química está ligada, generalmente, a condiciones complejas de equilibrio, las cuales pueden ser alteradas por cambios muy sutiles de concentración de sales, tanto en el agua como en el material acuífero que la contiene; de temperatura; de velocidad de escurrimiento condicionada, a su vez, a la mayor o menor permeabilidad de los acuíferos, etc.

Aunque existen numerosos análisis de las aguas subterráneas de Santiago, ellos generalmente incluyen sólo algunas determinaciones y aparecen incompletos para establecer comparaciones. Es interesante anotar que el Instituto de Investigaciones Geológicas realiza, desde el año 1956 a la fecha, un cuidadoso trabajo en este sentido y está formando un archivo de análisis que le permitirá disponer de datos suficientes para establecer correlaciones o interpretaciones sobre la calidad del agua subterránea en diversas zonas de Santiago. Parte de este trabajo ha sido publicado por el Instituto citado, informe preliminar sobre el agua subterránea de Santiago, DINGMAN, R.; BARRAZA, L. (1958), y en la publicación aparecen 34 análisis además de un cuadro estadístico muy completo de los sondeos —con inclusión de las captaciones tipo noria— existentes en la región comprendida entre los cerros de Renca por el Norte y aproximadamente el lugar denominado La Cisterna por el Sur.

Aprovechamiento del Agua Subterránea: Los pozos actualmente en explotación satisfacen demandas de tipo agrícola, industrial y doméstico; es decir, quedan incluidos todos los campos normales de utilización del agua. Naturalmente, la idea de calidad está condicionada al aprovechamiento y así un agua reputada apta para la agricultura puede ser deficiente en un determinado proceso industrial o para el consumo de la población; sin embargo,

puede decirse que las aguas subterráneas de la cuenca son, salvo contadas excepciones, satisfactorias en cualquier uso que se las destine o susceptibles de serlo con tratamientos adecuados. En lo que sigue, debemos entender que nos referimos a las aguas extraídas a cierta profundidad y no a las de napas muy superficiales o de norias domésticas que están, corrientemente, contaminadas y son sanitariamente muy deficientes.

Las normas más rigurosas de calidad, desde el punto de vista del aprovechamiento, son las que se refieren al agua de bebida o potable e indicaremos, a continuación, las exigencias en este sentido:

Características Físicas

a) *Temperatura*

Debe estar comprendida entre 5° y 15° C; temperaturas mayores que las señaladas afectan el buen sabor y las menores producen trastornos en el organismo.

Las aguas subterráneas de la Cuenca tienen temperaturas bastante constantes y quedan alrededor de los 15° C.

b) *Turbiedad*

Se debe a materias finamente divididas en suspensión, tanto orgánicas como minerales, y se mide por comparación con patrones convencionales; la unidad de turbiedad está dada por la que produce una parte en peso de tierra de Fuller en un millón de partes de agua destilada y se exige una turbiedad máxima de 10 p.p.m. (partes por millón).

Todos los análisis que nosotros conocemos muestran cifras menores que 10 p.p.m. para los pozos de Santiago. En este aspecto, las aguas superficiales son menos favorables ya que éstas, normalmente, son más turbias o bien presentan grandes turbiedades a lo largo de períodos cortos e irregulares. De acuerdo con el ingeniero HORACIO MERY (1956, pág. 38), las aguas del estero San Ramón, utilizadas para cubrir parte del abastecimiento de la ciudad de Santiago, tienen una turbiedad media de 15 p.p.m. a lo largo de gran parte del año y este valor sube extraordinariamente en períodos de corta duración; durante un día del mes de junio de 1955, por ejemplo, la turbiedad alcanzó 4.000 p.p.m.

c) *Color*

Es la impresión ocular producida por las materias en suspensión y se determina cuantitativamente, en p.p.m., por comparación con patrones formados por soluciones standardizadas de sales de platino cobalto.

Las aguas subterráneas de la zona son, por lo general, incoloras o dan valores inferiores a la cifra de 20 p.p.m. que es la máxima aceptada. Muy importante resulta esta determinación analítica cuando las aguas se emplean en determinados procesos industriales; así, en la industria del papel, el color del agua de elaboración puede teñir las fibras de celulosa y afectar el brillo o calidad de los papeles blancos. Los mismos procesos de clarificación que eliminan la turbiedad hacen desaparecer el color del agua.

d) *Olor y Sabor*

Se exige que las aguas potables sean inodoras e insípidas y a este respecto, salvo la impresión de un olor a tierra que no altera mayormente su calidad o sabor, el agua subterránea es ampliamente satisfactoria.

Características Químicas

e) *Concentración de iones hidrógenos*

Se expresa con el llamado pH que es el cologaritmo de la concentración hidrogeniónica del agua y representa su grado de acidez o alcalinidad de modo que:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 7 && \text{Agua Neutra} \\ \text{pH} &< 7 && \text{Acida} \\ \text{pH} &> 7 && \text{Alcalina} \end{aligned}$$

El agua potable debe ser ligeramente ácida, neutra o ligeramente alcalina; las aguas de reacción ácida son fuertemente corrosivas y por ello insatisfactorias. Los valores de pH para el agua de los pozos de Santiago son, en su inmensa mayoría, ligeramente alcalinos con cifras comprendidas entre 7.85 y donde el promedio tiende a un pH 7.5. Algunos pocos sondeos manifiestan reacción ácida que es, por lo demás, muy débil con valores de pH no menores que 6.8. Se estiman aptas las aguas potables con pH entre 6.0 y 7.5.

f) *Dureza*

Este término se usa en relación con aquellas aguas que cortan el jabón, produciendo poca o ninguna espuma, y dejan depósitos o incrustaciones en los recipientes que las contienen cuando se llevan a ebullición.

La dureza es provocada, principalmente, por las sales de Calcio y Magnesio disueltas en el agua y se distinguen tres clases de la misma:

1. Dureza Carbonatada o causada por carbonatos, bicarbonatos e hidratos de Calcio y Magnesio. Esta clase de dureza puede ser eliminada total o parcialmente por ebullición y de allí que a veces se la denomine Temporal.

2. Dureza no Carbonatada o producida por sulfatos y cloruros de Calcio y Magnesio; no es removible por ebullición y es la que provoca los depósitos incrustantes más duros, también se la denomina Dureza Permanente.

3. Dureza Total o suma de las dos anteriores, que se expresa, al igual que las durezas parciales, en p.p.m. de CaCO_3 . Son comunes también las medidas de dureza referidas a grados cuyas equivalencias, con partes en peso de CaCO_3 o de CaO , varían de un país a otro y se conocen así los llamados grados alemanes, ingleses y franceses de dureza; en lo que sigue, haremos uso siempre de la medida en p.p.m. de CaCO_3 .

Las aguas con escasa proporción de sales de Calcio y Magnesio no cortan el jabón ni producen incrustaciones y se las denomina aguas blandas o finas; en realidad, no existen normas definidas para catalogar las aguas en este aspecto y podríamos indicar el cuadro convencional siguiente:

p.p.m. como CaCO ₃	Carácter del agua
0 - 50	Muy Blanda
50 - 150	Blanda
150 - 200	Medianamente Dura
200 - 300	Casi Dura
300 - 500	Dura
sobre 500	Muy Dura

No sabemos tampoco de la existencia de prescripciones rígidas sobre la cantidad de dureza exigida a un agua potable y generalmente se piensa que valores entre 150 a 300 p.p.m. de CaCO₃ como dureza total son los más recomendables; del mismo modo, las aguas demasiado blandas se estiman poco satisfactorias. Sin embargo, dentro de la Cuenca de Santiago, se utilizan para la bebida aguas subterráneas con durezas del orden o superiores a 500 p.p.m. y ellas, salvo un gusto peculiar que no es desagradable, no parecen tener ningún significado sanitario; en este sentido, las personas muy sensibles y acostumbradas anteriormente al consumo de aguas menos duras, sufrirían leves molestias durante un corto período y luego quedarían inmunes a cualquier efecto desagradable motivado por la excesiva dureza.

Las aguas de los pozos situados al Norte de los cerros de Renca y en la cuenca parcial Malloco, se destinan casi exclusivamente al regadío de terrenos de cultivo y en su mayor parte no habrían sido analizadas químicamente. Un análisis químico de las aguas subterráneas de los pozos ubicados en la zona El Peralillo (cuenca parcial Lampa, pág. 57), habría dado una dureza total de 190 p.p.m. y según los pobladores de Lampa y Colina las aguas subterráneas de la zona, empleadas con fines domésticos, no producirían molestias con el jabón; es decir, podríamos catalogarlas como blandas o medianamente duras. En la región de Malloco existen algunos pocos análisis y ellos permiten suponer la existencia de un alto contenido de dureza para esta cuenca parcial.

En el resto del Valle se destacan por su gran dureza, superior a 500 p.p.m. en CaCO₃, las aguas de los pozos de las cuencas parciales de Conchalí y Maipú; en esta última, ella disminuiría notablemente en dirección al río Mapocho actual y así se tendrían, dentro ya de la cuenca parcial Rinconada, una cifra de 124 p.p.m. para el sondaje U4 (según análisis del Laboratorio de Química Analítica de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile) y de 60 p.p.m. para el sondaje U1 (según análisis del Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias). Es interesante el siguiente cuadro comparativo de los análisis anteriores con el del pozo Peralillo (según análisis del Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias):

Pozo	Durezas en p.p.m. de CaCO ₃		Total
	Carbonatosa	No Carbonatosa	
Peralillo	170	20	190
U1	60	0	60
U4	90,0	34,1	124,1

En la cuenca parcial Santiago los sondajes de la zona céntrica, cercanos al pozo B.E., muestran durezas totales del orden de 350 p.p.m. y este valor aumenta en la medida que avanzamos hacia el Poniente y también al Sur.

En esta forma, los pozos contiguos al Zanjón de la Aguada tienen, corrientemente, durezas totales superiores a 500 p.p.m. y estos valores parecen variar muy poco para los sondajes que se ubican, más al Sur, en las cuencas parciales de San Bernardo y Puente Alto.

El análisis químico de las aguas de los pozos próximos al faldeo occidental del cerro Calán, sondaje N° 129, indica un contenido de 220 p.p.m. de Carbonato de Calcio como dureza total y esta cifra se mantendría, con ligeras variantes, para los pozos y norias de la cuenca parcial Las Condes, que están situados cerca del cauce actual del río Mapocho. En dirección al límite austral de la misma cuenca iría en rápido aumento resultando, los sondajes señalados en la zona de Macul, con alto contenido de dureza.

g) Sólidos Disueltos

Las normas exigen que el residuo total disuelto no debe exceder de 500 p.p.m., pero se aceptan excesos justificados sobre este límite cuando no se disponga de fuentes de mejor calidad INDITECNOR, NORMA 2.61-11ch (1952, pág. 4).

Las aguas subterráneas de la cuenca presentan variaciones del contenido de sólidos disueltos que pueden asimilarse a las de la dureza total ya mencionadas. Así, los pozos con aguas blandas o casi duras (300 p.p.m. de dureza total) tienen generalmente menos de 500 p.p.m. de sólidos disueltos mientras, con el aumento de la dureza, este valor sube hasta ser del orden de 1.200 p.p.m.

h) Magnesio-Potasio-Sodio

Las cantidades de estas sustancias, presentes en las aguas subterráneas de Santiago, quedan por debajo de los límites tolerables por las normas.

El porcentaje de sodio, en relación con el total de cationes presentes, se considera importante para las aguas destinadas a riego y, a este respecto, las captaciones subterráneas de la cuenca son altamente favorables.

i) Hierro-Manganeso

Por cuanto la presencia de hierro disuelto en el agua favorece la existencia de microorganismos que afectan su sabor y olor, las normas toleran un máximo de 0,3 p.p.m. para la suma del Hierro y Manganeso.

La cantidad de manganeso, determinada en los pozos de Santiago, va desde meros indicios a cantidades tan bajas como 0,05 p.p.m. Para los mismos análisis los valores del hierro total son, corrientemente, inferiores al aceptado por las normas o no superiores a 0,8 p.p.m.; sin embargo, se encuentran algunas cifras anormalmente altas y que alcanzarían un máximo de 9,25 p.p.m. BOLETÍN N° 1, Instituto de Investigaciones Geológicas (1958, pág. 11). Es muy probable que estos análisis, los cuales son en realidad escasos, indiquen altas cantidades de hierro por contaminaciones provenientes del entubado y cañerías de los sondajes.

j) Sulfatos (SO₄)

Se exige al agua potable un contenido inferior a 250 p.p.m. de sulfatos expresados en SO₄; cantidades mayores tendrán efectos laxantes sobre el organismo.

Los suministros subterráneos de la cuenca poseen, numerosas veces, contenidos de sulfatos inferiores a 250 p.p.m., pero son comunes también los pozos con cifras comprendidas entre 250 y 350 p.p.m.; no sabemos que se haya determinado un valor superior a 350 p.p.m. en SO_4 .

k) Cloruros (Cl)

El límite máximo aceptado es de 250 p.p.m. y todos los análisis que nosotros conocemos, con relación a las aguas subterráneas de Santiago, tienen cifras de cloruros muy pequeñas y siempre inferiores al límite señalado.

l) Nitratos (NO_3)

La presencia de nitratos puede ser de origen mineral u orgánico y es esta última posibilidad la que ha inducido a establecer un máximo aceptable de 20 p.p.m. para el agua potable. Cuando los nitratos van acompañados de amoníaco y de nitritos (en cantidades mayores que 0,1 p.p.m. de amoníaco libre, 0,15 p.p.m. de amoníaco albuminoide o 0,001 p.p.m. de nitritos) se supone la existencia de contaminaciones recientes y peligrosas.

En los análisis químicos que conocemos se han determinado cantidades de nitratos que van desde 2 hasta 100 p.p.m., siendo más comunes los valores comprendidos entre 15-30 p.p.m.

Aunque existirían numerosos sondajes cuyas aguas contienen más de 20 p.p.m. en nitratos, son escasos aquellos para los cuales se habrían comprobado, mediante análisis bacteriológicos, contaminaciones orgánicas peligrosas (caso de los sondajes C2 y Vega Central en la cuenca parcial Conchalí).

m) Alcalinidad-Acidez

El concepto de acidez se relaciona con la presencia de ácidos en el agua y normalmente ella se debe al contenido de anhídrido carbónico (CO_2) disuelto.

La alcalinidad de un agua queda conformada por los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de los metales alcalino y alcalino-térreos; usualmente, se determina la alcalinidad por titulación con ácido sulfúrico normalizado y con el empleo de Fenofaleína y Metil-Orange como indicadores de la titulación. Al utilizar Fenofaleína se acusa únicamente la alcalinidad dada por carbonatos e hidróxidos; en el empleo de Metil-Orange se registra la alcalinidad debida a Carbonatos, Hidróxidos y Bicarbonatos, o sea, la alcalinidad total.

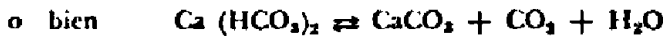
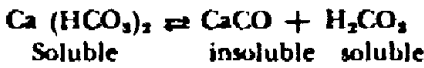
No hay normas standardizadas sobre la acidez o alcalinidad de las aguas potables y las limitaciones se expresan, indirectamente, con las prescripciones sobre pH y compuestos químicos disueltos. Así, se estima insatisfactoria la presencia de cualquiera cantidad de Alcalinidad Cáustica, que es la causada por los hidróxidos, y tampoco son aceptables contenidos muy altos de carbonatos solubles.

Las aguas subterráneas de Santiago no presentarían compuestos de hidróxidos y solamente aquellos sondajes para los cuales se ha analizado un pH superior a 8,3 tienen cantidades muy pequeñas (menos de 20 p.p.m. como CO_3) de carbonatos. El contenido de bicarbonatos, expresado en partes por millón de HCO_3 , es corrientemente alto y variaría entre 100 y 350 p.p.m.

n) *Anhidrido Carbónico (CO₂) disuelto*

En los análisis químicos de las aguas subterráneas de la Cuenca de Santiago se encuentran cantidades de anhídrido carbónico libre que van desde algunas décimas de p.p.m. hasta cerca de 50 p.p.m. expresado como CO₂.

La existencia de CO₂, disuelto en el agua, afectaría el equilibrio químico de los compuestos carbonatados presentes y esto podríamos indicarlo en forma muy esquemática, a través de la siguiente reacción:



La reacción de equilibrio anterior significa que, bajo determinadas condiciones físico-químicas, una cierta cantidad de Bicarbonato de Calcio da origen a cantidades definidas de Carbonato de Calcio insoluble y de Anhídrido Carbónico libre. Ahora bien, si disminuimos el contenido de CO₂ necesario para mantener el equilibrio, la reacción se desplazará (de acuerdo con el principio de Le Chatelier) en forma de oponerse a esta alteración y precipitará parte del Ca(HCO₃)₂, como CaCO₃, produciéndose una nueva cantidad de CO₂; si por el contrario se aumenta el Anhídrido Carbónico, hasta exceder el CO₂ de equilibrio, la reacción se desplazará en el sentido de disolver parcialmente el CaCO₃ y formar Ca (HCO₃)₂ con el CO₂ de exceso.

Cuando las aguas presentan CO₂ disuelto, en mayor cantidad que la requerida para el equilibrio de los compuestos carbonatados, prima la naturaleza disolvente del agua y se dice que ella es agresiva o corrosiva; esto último porque, con un fuerte exceso de CO₂ libre, se corroen las cañerías y los recipientes que la contienen. Si el CO₂ es menor que el necesario para el equilibrio, las aguas pasan a ser incrustantes y depositan carbonatos en las cañerías o recipientes.

En algunos de los análisis de las aguas subterráneas de Santiago se ha calculado el llamado Índice de Saturación de Langelier, H. E. BARRT, J. J. DOLAND (1955, pág. 544), que permitiría estimar la naturaleza corrosiva o incrustante del agua. De acuerdo con ellos, resultarían agresivas las captaciones que tienen más de 10 p.p.m. de CO₂ libre e incrustantes las con un contenido inferior a la cifra nombrada.

o) *Otras Substancias Químicas*

Fuera de los constituyentes enumerados hasta aquí, las aguas subterráneas de la cuenca contienen diversos elementos o compuestos químicos como cobre, litio, aluminio, zinc, flúor, sílice, fosfatos, etc., en cantidades menores que las indicadas por las normas respectivas.

Características Sanitarias

Para cualquier clasificación de aguas potables el examen decisivo es aquel que considera sus condiciones bacteriológicas y en este aspecto, salvo un número insignificante de captaciones, los pozos profundos de la Cuenca de San-

tiago serían todos aceptables sin tratamiento de desinfección o con el agregado de pequeñas dosis de cloro.

Agua Subterránea para Regadío

Es difícil apreciar la calidad de las aguas en relación con el riego de cultivos, ya que, además de la composición química de las aguas, influyen otros factores, entre los cuales podrían citarse el tipo de suelo y de cultivo, las condiciones climáticas, la permeabilidad del subsuelo, etc.; sin embargo, a modo de información, podemos copiar el siguiente cuadro de clasificación original de SCOFIELD y que se cita en la publicación de J. R. RAPP, D. A. WARNER y A. M. MORGAN (1953, pág. 39). En el cuadro original aparecían las concentraciones de sulfatos y cloruros en miliequivalentes y nosotros las hemos transformado en partes por millón:

Tipo de Agua	Sólidos disueltos p.p.m.	% de Sodio •	Sulfatos p.p.m.	Cloruros p.p.m.	Boro p.p.m.
Excelente	175	20	190	140	1,0
Buena	175 - 525	20 - 40	190 - 340	140 - 250	1,0 - 2,0
Aceptable	525 - 1.400	40 - 60	340 - 570	250 - 420	2,0 - 3,0
Dudosa	1.400 - 2.100	60 - 80	570 - 950	420 - 700	3,0 - 3,75
Insatisfactoria	2.100	80	950	700	3,75

* Es el porcentaje sobre el total de bases presentes y se expresaría de acuerdo con el valor

% Na

me Na

me Ca + me Mg + me Na + me K

En los análisis químicos de las aguas subterráneas de la zona que nos preocupa no se habría encontrado Boro ni tampoco porcentajes de sodio superiores a 40%; aún más, gran parte de los sondeos analizados tendrían menos de 20% de sodio. Los cloruros no han excedido en ningún caso el valor 250 p.p.m. y son pocos los sondeos que se acercan a un contenido de 350 p.p.m. en sulfatos.

De acuerdo con lo anterior, las aguas subterráneas de Santiago quedarían incluidas entre Excelentes-Buenas o Aceptables y la clasificación definitiva estaría condicionada al total de sólidos disueltos que muchas veces excede el valor de 500 p.p.m., aunque no sobrepasaría la cantidad de 1.400 p.p.m. que figura como valor límite para las aguas estimadas aceptables en el Cuadro de Scofield.

Aguas Subterráneas en Procesos Industriales

En las regiones de Santiago donde se ubican preferentemente los centros fabriles las captaciones indican, como característica tipo, un alto contenido de dureza total que a veces excede 500 p.p.m. y se acerca a 700 p.p.m. en CaCO_3 . Estos valores son totalmente inadecuados para la inmensa mayoría de los procesos industriales donde se requiere agua y especialmente en aquellos que precisan calentamiento o ebullición de la misma, como sería la alimentación de calderas para la producción de vapor.

Cuando las calderas deben trabajar a presiones inferiores a 10 atmósferas se estima que la dureza total no debe sobrepasar, para el agua de alimentación, 80 p.p.m. como CaCO_3 . Si las presiones de trabajo son superiores a 10 atmósferas se recomiendan durezas totales del orden de 40 p.p.m. y para presiones muy elevadas el valor máximo recomendado disminuye todavía más, H. E. BABBIT, J. J. DOLAND (1955, pág. 379).

Esto se ha traducido en que prácticamente todas las industrias con captaciones de aguas subterráneas, dentro de Santiago, mantienen plantas de ablandamiento que rebajan la dureza total a valores satisfactorios a sus necesidades. Ello tiene gran importancia económica y representa un encarecimiento, a veces muy grande, por metro cúbico de agua bombeada y tratada. Cuando los suministros subterráneos no necesitan someterse a tratamientos de ablandamiento o requieren la disminución de pequeñas cantidades de dureza, el costo por metro cúbico de agua resulta menor que el valor facturado por la Empresa de Agua Potable en Santiago; si deben rebajarse cantidades muy altas de dureza entonces los valores tienden a nivelarse o resulta de mayor costo el agua subterránea.

Al margen de la dureza total elevada, mencionada más arriba, las características físico-químicas de las aguas subterráneas de Santiago son apropiadas para fines industriales o susceptibles de serlos mediante tratamientos relativamente sencillos y de bajo costo.

Ejemplos de Análisis Químico de Aguas Subterráneas y Superficiales

En la página 115 hemos incluido un cuadro donde se muestran algunos análisis químicos de captaciones subterráneas y aguas superficiales en la Cuenca de Santiago. Estos últimos los agregamos para fines comparativos y puede señalarse que, salvo el caso de las aguas del Canal San Carlos estimadas impotables por sus contaminaciones, las demás fuentes superficiales constituyen gran parte del abastecimiento que entrega la Empresa de Agua Potable a la ciudad de Santiago.

Los análisis del cuadro corresponden a muestras de aguas crudas, sin tratamiento, y los espacios en blanco significan que no se han efectuado las determinaciones respectivas. Para la mejor comprensión del referido cuadro pueden anotarse las observaciones siguientes:

Cuando el sodio y potasio se indican con un solo valor, éste corresponde a la suma de ambos y aparece expresado en partes por millón de sodio.

El significado de las abreviaciones es el siguiente:

trra.....olor a tierra; ins.....sabor insípido; ind.....indicio; D.O.S..... Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias; Q.A.....Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Chile (Escuela de Ingeniería).

Cabe agregar, finalmente, que los análisis de agua subterránea, realizados en el Laboratorio de Química Analítica de la Escuela de Ingeniería, corresponden a muestras enviadas por el Instituto de Investigaciones Geológicas (CORFO) y ellos aparecen, conjuntamente con otros 26 análisis en la publicación de este organismo que se ha mencionado anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

- BABBITT, H. E. y DOLAND, J. J.; 1955. *Water Supply Engineering* Mc Graw-Hill Book Company Inc.; New York.
- BRUGGEN, J.; 1942. Informe geológico sobre el Agua Subterránea en el Fundo Rinconada de Cerda. Inédito.
- BRUGGEN, J.; 1944. Informe geológico sobre las vertientes del Fundo Peñalolén. Inédito.
- BRUGGEN, J.; 1950. *Fundamentos de la Geología de Chile*. Instituto Geográfico Militar; Santiago de Chile.
- CAMPERO, M.; 1954. *Agua Potable de la Comuna de Las Condes*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile; Santiago.
- DINGMAN, R. y BARRAZA, L.; 1958. *El Agua Subterránea de Santiago*. Informe Preliminar. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín N° 1; Santiago de Chile.
- DUNBAR, C. O.; 1949. *Historical Geology*. John Wiley and sons, Inc.; New York.
- FELSCH, J.; 1936. *Agua Subterránea en el valle longitudinal de Santiago y su aprovechamiento*. Inédito.
- HERNANDEZ, S.; 1952. *Proyecto de Agua Potable para la población Chacra Santa Julia*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile; Santiago.
- INDITECNOR; 1952. Norma 2-61-11 ch. Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización; Santiago de Chile.
- MERY, H.; 1956. *Mejoramiento del Agua Potable de establecimientos de La Reina*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. U. de Chile; Santiago.
- MUNOZ CRISTI, J. y FLORES WILLIAMS, H.; *Mapa geológico de Chile, escala 1:1000.000*. Inédito.
- MUNOZ CRISTI, J.; 1954. Informe geológico sobre el sondaje del Hospital del Salvador. Inédito.
- MUNOZ CRISTI, J.; 1950. *Geología de Chile: en Geografía Económica de Chile*, tomo I, págs. 55-187. Corporación de Fomento de la Producción. Fundación Pedro Aguirre Cerda; Santiago de Chile.
- OLAVARRIA, M.; 1952. *Estudio de Edulcoración de Aguas*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile; Santiago.
- RAPP, J. A.; WARNER, D. A. y MORGAN, A. M.; 1953. *Geological Survey Water Supply Paper 1140*. United States Government Printing Office, Washington.
- RISOPATRON, L.; 1924. *Diccionario Geográfico de Chile*. Imprenta Universitaria; Santiago de Chile.
- VIVANCO, J.; 1956. *Estudio del Agua Subterránea en la Hoya del río Mapocho*. Memoria de Prueba. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile; Santiago.

S U M M A R Y

This work realized in the Geological Institute of the Universidad de Chile analyzes the characteristics of the sedimentary repletion and the existence of ground water in the valley of Santiago, nearly $33^{\circ}11'$ - $33^{\circ}38'$ parallels and $70^{\circ}31'$ - $70^{\circ}55'$ meridians.

In the Basin, Summer season (from November to April) and Winter one (from May to October) are quite different. The annual average temperatura is about 14° C and moisture average is 81 and 60% for Winter and Summer, respectively. Precipitarions are produced as rain or snow; but this last one generally reaches, till the topographic coat 1.000 - 1.100 mt. of elevation that belong to the first mountainous of the Cordillera de los Andes.

All superficial water finally flows into the Maipo river, and this river has, till the zone of Talagante, an hydrographic basin about 10.000 Km², over which 450 mm. fall as yearly precipitation.

The rocks that can be recognized in the mountainous chain, and that is supposed would appear in the basin of the valley, under the sedimentary repletion, belong mainly to rocks of the Porphyritic Formation, that would be, according to up-to-day ideas, of the Medium and Superior Cretaceous; it can also be found some intrusions of andesitic character, probably tertiary, and rocks of the Andine Batolite, which outcrops are generally separated from the valley.

The thickness of the investigated repletion would belong to quaternary deposits, which were rushed principally during three glacial ages between which, other interglacials or alluvials would intercale. These three glacial ages has deposited deficient permeable beds and contrary to the existence of aquifers, while in the sediments of interglacial ages, it is common the fluvial beds highly permeable and containing ground waters in which exploration expenditure has been higher to 100 lt/second.

Besides the transportations of glacials and rivers, there are somer others in which it can be included sediments from ponds and lakes, eolics, rubbishes from brows of the hills, cones of fluents, etc. All this, added to the fact that the principal rivers have experimented strong displacements of their chennels, during the different alluvial ages and that different glacials reached different magnitude, it corresponds to a sedimentary repletion quite complex, and because of it, for a better understanding of the work, we have divided all the area of study into a serie of regional sectors, where they kept rather similar conditions of sedimentation and occurrence of currents of water.

The principal additional fountains of under ground waters would be the infiltrations of the rainfalls fallen in the basin (rains in Winter time and water from the melting of snow in Summer) and also in some zones, infiltrations from level waters of rivers and small creeks. The drainage of ground waters would be produced by the drainage of themselves towards the austral part of the Valley (Malloco); by level drainage through swamps and pools of stagnant water regions, where the level of ground waters reaches the surface of the ground; by melting and perspiring process and besides by the extraction in the existing deep wells.

At present, in Santiago there would exist about 250 wells perforated with a sounding machine of percussion, and of all 250, one half have been built by Sección de Aguas Subterráneas, del Departamento de Obras Civiles, belonging to Corporación de Fomento de la Producción.

The expenditure of work goes from insignificant ciphers to valuations over 100 liters per second; a moderated average would be 40 liters per second and the result would be then, an extraction capacity of 10 m³. per second. There are many wells without pumping installations and besides, there are many that works only some hours a day. According to this, we can establish the following picture:

Uses of the Water	Extraction Capacity m ³ /second	Extracted water m ³ /second
Irrigated land	4,0	0,9
Industrial	3,0	0,9
Potable	3,0	0,9
	10,0 m ³ /second	2,7 m ³ /second

To the value of 2.7 m³ per second, we could add perhaps 500 l/second that would be the total amount of the waters extracted in the many small norias of the basin in Santiago. The quality of ground water is, for most of the wells, satisfactory in any use, or easy to be with rather simple procedure.

But we must state that water is usually hard, and in the limits of the zones where manufacturing centers are located, often reaches hardness of 500 to 700 parts per million as calcium carbonate; this often obliges to make a softness treatment of a higher price.

INDICE

	PAGINAS
Resumen	5 - 6
I. Introducción	6 - 8
II. Esquema Geográfico	8 - 9
III. Clima	9 - 10
IV. La Cuenca de Santiago	10 - 30
Generalidades	10
El Relleno Sedimentario	10 - 12
Materiales de Glaciaciones y ríos	12 - 23
Otros depósitos sedimentarios de la Cuenca	34 - 26
Generalidades sobre el Agua Subterránea de la Cuenca	28 - 30
V. Estudio de Cuencas Parciales	30 - 106
Consideraciones Generales	30 - 32
A. Cuenca Parcial Colina	32 - 43
B. " " Batuco	43 - 47
C. " " Lampa	47 - 54
D. " " Pudahuel	54 - 55
E. " " Maipú	55 - 61
F. " " Lo Aguirre	61 - 62
G. " " Rinconada	62 - 68
H. " " Conchalí	68 - 75
I. " " La Dehesa	75 - 77
J. " " Santiago	77 - 84
K. " " Las Condes	84 - 94
L. " " Macul	94 - 97
M. " " Puente Alto	97 - 99
N. " " San Bernardo	99 - 102
O. " " Malloco	102 - 106
VI. Características Físico-Químicas del Agua Subterránea	106 - 115
Generalidades	106
Aprovechamiento del Agua Subterránea	106 - 107
Características Físicas	107 - 108
Características Químicas	108 - 112
Características sanitarias	112 - 113
Agua Subterránea para regadío	113
Agua Subterránea en procesos industriales	113 - 114
Ejemplos de Análisis químicos	114 - 115
Bibliografía	116
Summary	117 - 118
Indice	119 - 120

FIGURAS

FIGURAS 1	: Perfil Relleno Sedimentario	12
" 2	: Engranaje capas glaciales y glaciofluviales	15
" 3 a 19	: Perfiles Cuencas parciales	37 - 100

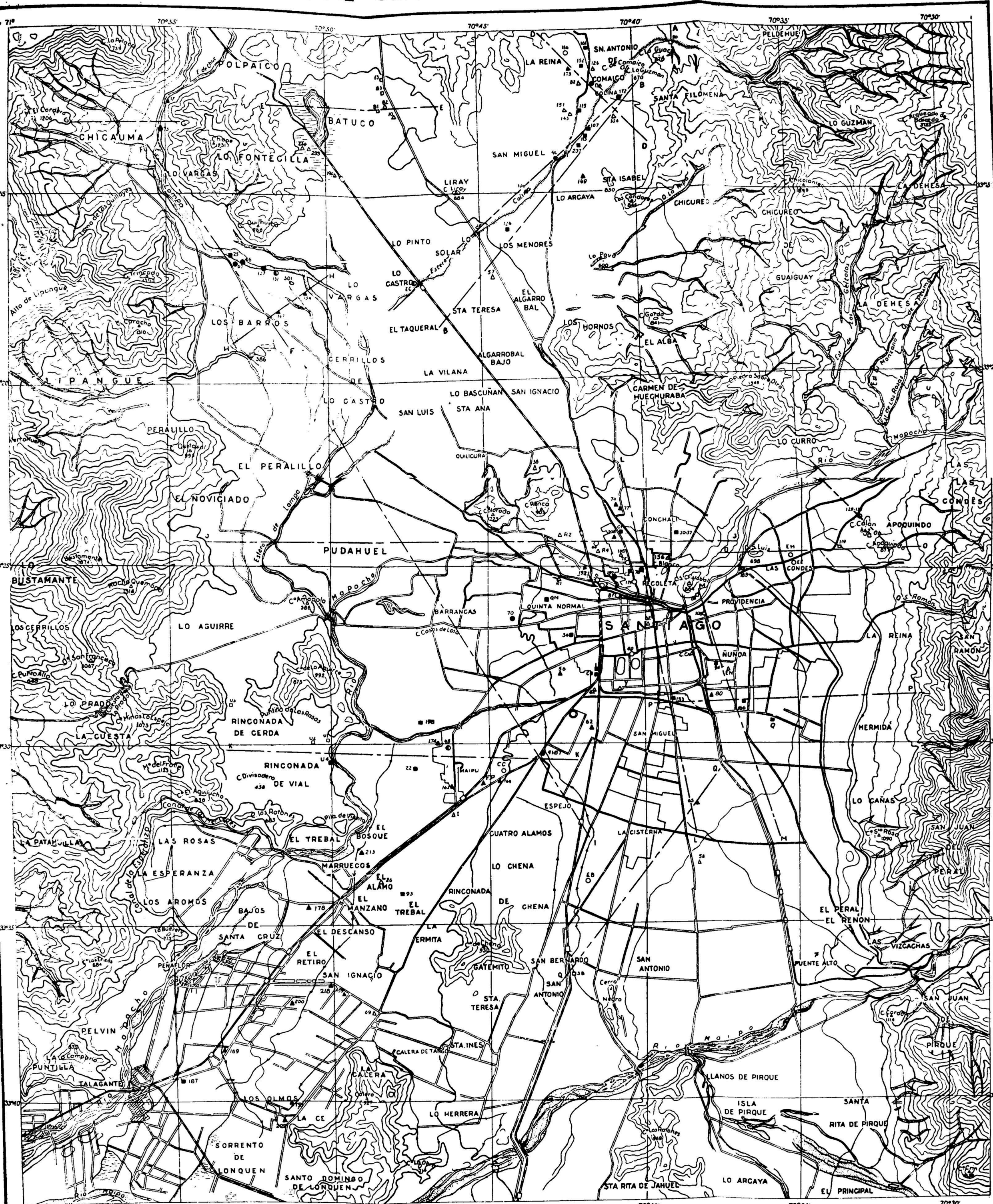
PLANOS

	PAGINAS
Plano UMP : Ubicación morrena primera	14
" UCP : Ubicación cuencas parciales	18
" CSS : Cubierta Geológica superficial	27
" UPP : Ubicación de pozos y perfiles	final texto

CUADROS

Cuadro I : Sondajes Colina	35
" II : " Batuco	44
" III : " Lampa	49
" IV : " Maipú	57
" V : " Rinconada	65
" VI : " Conchalí	70
" VII : " Santiago	78
" VIII : " Las Condes + Macul-Puente Alto-San Bernardo .	86
" IX : " Malloco	103
" : Análisis Químicos de Aguas Subterráneas y Superficiales .	115

PLANO GENERAL UBICACION DE SONDAJES Y PERFILES



Base topográfica hoja 1:100.000 Instituto Geográfico Militar



- = 0-10 Lts/seg
- = 10-25 " "
- △ = 25-50 " "
- ◇ = 50-75 " "
- = 75-100 Lts/seg
- ▲ = Sobre 100 Lts/seg
- = Sin datos