

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION
CHILE

CORPORACION de FOMENTO	
Depto. Recursos Hidráulicos	
Ofna. Archivo	No. 34



INFORME HIDROGEOLOGICO DE LA REGION
DE CHAÑARAL.

Juan Karzulović K.
Agosto-1961.

INFORME HIDROGEOLOGICO DE LA REGION DE CHAÑARAL

I.- INTRODUCCION

Objeto del Estudio

De acuerdo con el programa de la Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Obras Públicas, para dotar de abastecimientos adecuados de agua potable a todas las localidades que los poseen deficientes, fué solicitado al suscrito la confección de un informe hidrogeológico de la región de Chañaral y, además, la ubicación en el terreno de puntos para la perforación de sondajes profundos con carácter de reconocimiento y que, por otra parte, tuviesen razonables expectativas de lograr cortar napas de aguas subterráneas aprovechables.

El estudio se refiere, entonces, a las condiciones de existencia de aguas subterráneas en la zona de Chañaral y a las características de tres puntos de perforación indicados en el terreno.

Ubicación del Area

La región investigada corresponde a la hoya hidrográfica de la Quebrada El Salado que desemboca en el mar junto al Puerto de Chañaral de Las Animas. Ella se ubica en la parte septentrional de la Provincia de Atacama y dentro del Departamento de Chañaral.

La zona en general y todos los lugares a los cuales se hace referencia en el texto del informe, figuran en las Cartas Preliminares del Instituto Geográfico Militar, a escala 1:250.000 y correspondientes a Chañaral y Potrerillos, que se incluyen como PLANO 1 y PLANO 2 del Anexo.

Abastecimiento Actual de Agua en Chañaral

Las captaciones que abastecen a la fecha de agua potable a la zona, se ubican junto a la Quebrada de Chañaral Alto y en los lugares denominados LA FINCA y VEGAS DE CHAÑARAL ALTO, (Plano 2).

En el curso superior de la Quebrada Chañaral Alto se captan aproximadamente 1 litro/segundo mediante drenes poco profundos ubicados en una región de vegas o afloramientos de agua.

A unos 20 kilómetros de las vegas nombradas, en el estrechamiento del cauce de la Quebrada llamado La Finca, se obtienen aproximadamente 4 ltrs/segundo por la explotación alternada de dos sondajes de más o menos 18 mtrs de hondura cada uno.

El gasto de 5 ltrs/seg. alimenta, con agua de calidad aceptable, las necesidades de las localidades de Inca de Oro, Pueblo Húndido, Mineral El Carmen, Planta Minera El Salado y Chañaral de Las Animas; esta cifra es deficiente ya que las necesidades reales del conjunto serían del tipo 10-12 ltrs/seg.

Salvo el Pueblo de Chañaral, todos los lugares nombrados suplementan su dotación con aguas extraídas de Norias y Aguadas cuyo gasto total es difícil de calcular aunque pueda estimarse, en primera aproximación, del orden de 3-4 ltrs/segundo sin considerar las aguas francamente impotables utilizadas por la Planta El Salado.

Unos dos kilómetros aguas arriba de la Planta El Salado, la cual se encuentra a 27 kilómetros al Poniente de Pueblo Húndido, afloran en el lecho de la Quebrada principal aguas fuertemente contaminadas con cloruros y otras sales que son aprovechadas, a razón de más o menos 10 ltrs/seg., en las labores de la Planta.

Los establecimientos mineros de la Andes Copper Mining Company, esto es los yacimientos de Potrerillos y El Salvador, utilizan aguas obtenidas por su cuenta en el sistema hidrográfico del Río de La Oja y con las cuales cubren también las necesidades de su Puerto de embarque Barquito junto a Chañaral. Estas aguas son de calidad regular y parecen obtener otras, siempre en la región de la Alta Cordillera, de muy superior calidad y exclusivamente para uso potable.

Estudios Anteriores

J. FELSCH (1922) ha realizado un estudio, para el Abastecimiento de Agua del Ferrocarril de Copiapó a Pueblo Húndido, del cual hemos obtenido información muy útil acerca de las aguadas o Vertientes del Desierto. Trabajos de SAN ROMAN (1902) y de L. SUNDT (1909), referentes a viajes y descripciones de las cordilleras y desiertos de Atacama, contienen también numerosos datos utilizados en el presente Informe.

En lo que respecta a la geología general de la zona, esto es de las rocas fundamentales, hemos consultado la Carta Geológica de Chile 1:1.000.000 del Instituto de Investigaciones Geológicas (1960).

Relacionado con la alimentación de las napas subterráneas, se discute el estudio efectuado por R. HUCKE (1960) acerca de las cuencas de Quebrada El Salado, Quebrada Salinas y Quebrada Caballo Muerto.

Fuentes de Información

Además de los trabajos anteriores, se han considerado en la confección del Informe los antecedentes recogidos en el propio terreno desde el 27 al 30 de Marzo de 1961; los resultados obtenidos del examen de fotografías aéreas; los datos de las captaciones ubicadas en La Finca; las características preliminares del sondaje S 1 señalado por el suscrito junto a Pueblo Húndido, actualmente terminado a la profundidad de 85 metros; los resultados de análisis químicos de aguas de diversos puntos de la zona;

y, en fin, todas las informaciones estimadas de utilidad para la mejor realización del estudio.

Limitaciones

Por las características climáticas de la región, las cuales favorecen la existencia de extensas cubiertas de escombros superficiales, resulta a veces difícil determinar la existencia de rocas fundamentales, prácticamente impermeables para el agua, o la presencia de acarreos permeables en el subsuelo. Con esto, no ha sido posible definir totalmente la complejidad del relleno sedimentario que en partes contiene aguas fuertemente contaminadas con cloruros y, en otras, aguas de calidad bastante recomendable. En todo caso, el análisis cuidadoso de los antecedentes disponibles nos permite concluir que los puntos indicados para perforar sondajes de reconocimiento han sido correctamente señalados y ello pretendemos demostrarlo en lo que sigue más adelante.

Las limitaciones señaladas serán notoriamente menores una vez que se obtengan los datos de las tres perforaciones propuestas.

II.- ESQUEMA GEOGRAFICO

Fisiografía

Aunque no tan bien configuradas como en las zonas Central y Sur de Chile, aquí es posible distinguir las tres unidades fisiográficas en las cuales, corrientemente, se acostumbra dividir el territorio de mar a cordillera. En efecto pueden reconocerse, más o menos bien diferenciadas, las cordilleras de Los Andes y de la Costa, del Llano o Depresión Longitudinal.

La Cordillera de la Costa se extiende entre el mar y Pueblo Hundido y queda caracterizada por numerosas cumbres, de alturas entre 1,000 y 2,000 mtrs s.n.m., las cuales están disectadas por abundantes quebradillas de cauces relativamente estrechos. Estas quebradillas confluyen finalmente a los grandes sistemas hidrográficos que nacen en la Cordillera Andina y los cuales, luego de un recorrido generalmente de dirección Este-Oeste, desembocan en el mar como cauces normalmente secos; tales son, desde el Norte hacia el Sur, los sistemas de las Quebradas Pan de Azúcar, El Salado y Flamenco y, entre los tres, el sistema de El Salado es el más importante constituyendo el fundamento de este informe.

Dentro de la Cordillera de la Costa, todos los cauces superficiales aparecen perfectamente separados unos de otros por cordones de rocas fundamentales y resulta bastante sencillo individualizar las hoyas hidrográficas de cada uno.

El Llano Central se ubica a partir de Pueblo Hundido hacia el Este, el Norte y el Sur del mismo; aunque de modo imperfecto, se le puede reconocer un desarrollo longitudinal de dirección aproximadamente Norte-Sur y ocultado por cadenas de cerros las cuales, a menudo, quedan total o parcialmente sepultadas por masas de escombros o de acarreos fluviales y en esta forma solamente sobresalen, a modo de cerros islas; algunas cumbres aisladas tales como las que es posible observar, rodeando la localidad de Inca de Oro, en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4957 del Anexo.

Frente a Pueblo Hundido (760 mtrs s.n.m.), el Llano muestra un ancho Este-Oeste cercano a 20 kilómetros y ocupado, en toda esta parte, por terrenos aterrazados sobre los cuales se encuentran acarreos cuaternarios. Los terrenos aterrazados están cortados por un sinnúmero de cauces secos entre los que se destaca, por su anchura superior a los 1.000 mtrs en algunos trechos, el de Quebrada El Salado según se aprecia en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4860 del Anexo.

Pueblo Hundido constituye un punto bajo del Llano y hacia el escurrir, en la actualidad, los cauces secos de Quebrada El Salado y aquellos que drenan, por el Sur, la Sierra de Caballo Muerto y, por el Norte, los cordones del sistema de Quebrada Salinas.

La característica más notable de la Depresión Longitudinal es la existencia de extensas llanadas o pampas, cubiertas por acarreos, que sobrepasan ampliamente la zona de acción de cualesquiera de los cauces superficiales o quebradas actuales. Por esta razón, resulta corrientemente difícil poder determinar exactamente las hojas hidrográficas correspondientes a los escurrimientos subterráneos y así resultan cordones divisivos, constituidos por materiales permeables, por debajo de los cuales se producen aportes de uno a otro sistema hidrográfico definido por las divisorias de aguas superficiales. Esta situación se observa en la FOTOGRAFIA AEREA N° 5157 del Anexo, en lo que se refiere a los tributarios subterráneos que llegan desde el Este a las captaciones de La Finca, y también en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4863 en lo que respecta al Portezuelo, compuesto de acarreos permeables, que separa el sistema hidrográfico de Quebrada Chañaral Alto y de Quebrada El Salado hasta la región de Pueblo Hundido.

La Cordillera de los Andes se materializa rápidamente, hacia el Este, en cumbres que sobrepasan los 4.000 mtrs s.n.m. Los cerros más destacados son el Bravo (5.280 mtrs), ubicado junto al nacimiento Suroriental del sistema hidrográfico El Salado; el de La Coipa (5.110 mtrs), situado en el curso superior de la Quebrada de San Andrés y que escurrir hacia el río Copiapó; el de Doña Inés (5.070 mtrs), inmediatamente al Norte del Salar de Pedernales; y el de Vicuña (5.010 mtrs), que se encuentra muy cerca del borde Oriental del Llano Central y es drenado por cada uno de los sistemas

hidrográficos delineados en el Plano 2 del Anexo.

Más al Este de las cuencas nombradas, se encuentran grandes extensiones ocupadas por planicies salinas, como las del Salar de Federnales y Maricunga, las cuales constituyen cuencas sin drenaje en las que se sumergen las aguas de algunos sistemas hidrográficos como el del Río de la Oja ya citado. Los salares se ubican a cotas inferiores a los 4,000 mtrs s.n.m. y es interesante anotar que, junto al borde Occidental del gran salar de Federnales, se realizan actualmente prospecciones petrolíferas mediante sondajes.

Red de Drenaje

En la región que nos preocupa podemos distinguir tres cauces diferenciados y que llegan finalmente al mar; ellos son los de Quebrada Pan de Azúcar que llega a la Costa unos 20 kilómetros al Norte del Puerto de Chañaral; el de Quebrada El Salado que penetra en el mar a la altura del Puerto y el de Quebrada Flamenco o Salitrosa que lo hace a unos 20 kilómetros al Sur del anterior.

La Quebrada Flamenco se desarrolla prácticamente en su totalidad dentro de los cordones de la Cordillera de la Costa y, por consiguiente, presenta una hoya hidrográfica reducida. La Quebrada Pan de Azúcar tiene su nacimiento en las altas cumbres de la Cordillera Andina y muestra una cuenca hidrográfica comparable, aunque menor, con la de El Salado. Desde el punto de vista de este informe interesa describir, con cierto detalle, el sistema principal.

El Río o Quebrada El Salado se origina en los contrafuertes cordilleranos que limitan hacia el Oeste las cuencas sin drenaje del Salar de Federnales. Desemboca en el mar, como cauce normalmente seco, a la altura del Puerto de Chañaral de Las Animas y tiene una longitud de recorrido de unos 150 kilómetros en sentido Este-Oeste que es, por lo demás, la dirección aproximada del cauce principal en todo su curso. La hoya hidrográfica total del sistema es del orden de los 8,000 kilómetros cuadrados.

Por el lado Norte queda configurado por los siguientes tributarios principales: Río Salado que nace en el Portezuelo del mismo nombre junto al Salar de Federnales y que, luego de recibir afluentes menores, confluye al cauce principal con el nombre de Río de La Sal.

Quebrada Salinas que desagua la Sierra Miranda y los faldeos occidentales de los cordones de Indio Muerto o El Salvador. Desemboca en la Quebrada El Salado en las cercanías y poco al Este de Pueblo Húndido.

Quebrada del Saladito que drena los cordones de la Cordillera de la Costa situados al Poniente de Pueblo Húndido y llega al cauce principal unos 12 kilómetros antes del Puerto de Chañaral.

Por el lado Sur le acceden las siguientes afluentes importantes:

Una serie de quebradillas que drenan los cordones del cerro Bravo (5.280 mtrs)

Quebrada Potrerillos que nace en el cerro de Vicuña (5.010 mtrs).

Quebrada Caballo Muerto que desagua las faldas occidentales de la Sierra del mismo nombre y le confluye a la altura de Pueblo Húndido.

Quebrada de Chañaral Alto que le accede a más o menos 10 kilómetros al Poniente de Pueblo Húndido y que, por su importancia, consideraremos separadamente más adelante.

Quebrada Las Animas que desagua los cordones de la Cordillera de la Costa ubicadas al Poniente de Pueblo Húndido y que desemboca en la Quebrada El Salado unos 8 kilómetros antes del Puerto de Chañaral.

El sistema de Quebrada Chañaral Alto se compone de dos cauces principales y que son los de Angostura y de Chañaral Alto. La Quebrada de Angostura nace en la Sierra del Huaito que constituye la divisoria de aguas entre los cauces que concurren al sistema de El Salado y los que acceden al sistema del Río Copiapó a través del llamado Llano de Varas (Ver Plano 2); dreña el extenso y ancho llano de Inca de Oro y se une a la Quebrada de Chañaral Alto junto a la Aguada de Chañaral tal como se muestra en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4998 del Anexo. Las cumbres desaguadas por Quebrada La Angostura son relativamente bajas y la más destacada corresponde al macizo S.ºn Pedro de Cachiyuyo (3.200 mtrs).

La Quebrada de Chañaral Alto tiene su origen en las llamadas Vegas de Valiente y en su curso superior presenta zonas de vegas donde existen, normalmente, afloramientos de aguas superficiales tal como las que son aprovechadas para las captaciones del agua potable actuales. Las cumbres drenadas por las cabeceras de la misma Quebrada alcanzan alturas importantes y entre ellas se encuentran las de cerro Valiente, Pingo, Vicuña, Portezuelo de Vicuña con cetas superiores a los 4.000 mtrs. s.n.m. En su recorrido hacia aguas abajo, la Quebrada Chañaral Alto presenta un estrechamiento notable en la parte de su cauce denominado Finca de Chañaral y allí se producen también afloramientos de agua, en la superficie, que originan zonas vegetacionales las cuales son apreciadas, por su matiz de color, en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4959 del Anexo. Poco antes de su confluencia con la Quebrada de Angostura, la Quebrada Chañaral Alto recibe una Quebrada Sin Nombre que dreña las faldas orientales de la Sierra Caballo Muerto y que queda indicada en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4862 del Anexo.

Agua abajo de la confluencia de las quebradas principales del sistema Chañaral Alto, se presenta un valle bastante amplio y que desemboca en la Quebrada El Salado con un imponente cono de scarrees.

Clima y Vegetación

La región que estamos estudiando marca, precisamente, el término hacia el Sur de la Zona del Desierto de Chile que se inicia en el Norte junto a la frontera con Perú. Fuera de los cordones de la Alta Cordillera Andina, las lluvias son escasas y con esto se origina un paisaje sumamente árido donde minúsculos centros cultivados, a base de agudadas e vertientes, apenas rompen la monotonía de los cerros recios e de las llanadas y pampas desprovistas totalmente de vegetación natural.

En la costa la temperatura media anual es del orden de los 17° C y este valor disminuye lentamente hacia el Este de modo que, en el mineral de Petrerillos, alcanza una media de más o menos 12° C. Sin embargo, como es típico de los climas desérticos, las oscilaciones térmicas diarias son notables y suelen sobrepasar algunas veces los 35° C ; E. ALMEYDA (1958).

Respecto del régimen de lluvias y de acuerdo con publicaciones de E. ALMEYDA (1948) (1958), podemos decir lo siguiente:

En la región costera de Chañaral las lluvias no sobrepasan un promedio anual de 25 mm; no obstante, según lo observado por el suscrito, son frecuentes al atardecer las neblinas cargadas de humedad y que no sobrepasan, en esta parte, mucho más allá de los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa.

En partes locales de la región central de la Cordillera de la Costa, al Sur y al Norte de la Quebrada El Salado, se alcanzarían promedios anuales de 50 mm y que no alcanzarían a contribuir a la hoya hidrográfica del Río El Salado.

Hasta Pueblo Huidido se tendría un régimen de precipitaciones semejante o poco menor al costero y las lluvias aumentarían, lentamente, a partir de Pueblo Huidido hacia el Este. Así, junto a Cerro Bravo (5.280 mtrs s.n.m.) pasaría la Isoyeta de los 50 mm anuales de promedio.

Según registros de lluvias que abarcan hasta el año 1948, en el mineral de Petrerillos (2.850 mtrs s.n.m.) se tendría un valor medio de 57 mm anuales para 26 años de observaciones; dentro del período se tienen años con 0 mm anuales y un máximo anual de 232 mm para el año 1928.

En Chañaral (13 mtrs s.n.m.) y siempre según observaciones hasta el año 1948, 23 años de observaciones dan un promedio anual de 18 mm de lluvias con años de 0 mm y un máximo de 81 mm observado en el año 1929.

Debe señalarse, por último, que en los últimos diez años las lluvias han sido francamente escasas y por debajo de los promedios anteriores.

En el Plano 2 del Anexo se indican las isoyetas anuales de las cuencas hidrográficas calculadas para el presente Informe y según las cuales quedan sometidas, dichas cuencas, a valores de lluvias medias anuales comprendidas entre 25 y 50 mm.

III.- ESQUEMA GEOLOGICO

Generalidades

Desde el punto de vista de su comportamiento con respecto al agua subterránea podemos establecer, dentro del área investigada, dos formaciones geológicas perfectamente diferenciadas y que son las siguientes:

- 1.- Las rocas precuaternarias que se encuentran bien consolidadas y son, corrientemente, prácticamente impermeables para el agua salvo en zonas de fracturas o de cubiertas descompuestas por meteorización.
- 2.- Las rocas cuaternarias consistentes, especialmente, de sedimentos con escasa o ninguna consolidación y que encierran capas de materiales permeables capaces de contener y transmitir aguas subterráneas en cierta cantidad.

ROCAS PRECUATERNARIAS

En la FIGURA 1 se incluye una copia de la Carta Geológica de Chile del Instituto de Investigaciones Geológicas, en escala 1 : 1,000,000, en la que se refiere a la zona de Chañaral. La leyenda estratigráfica se ha simplificado intencionalmente en relación con la Carta Geológica original con el objeto de facilitar los rasgos geológicos generales; por otra parte, la Carta del Instituto de Investigaciones Geológicas es todavía, en esta zona, de tipo preliminar aunque suficiente para los fines del presente informe.

De acuerdo con la Figura 1, las rocas más antiguas corresponden a sedimentos y sedimentos metamorfosados que afloran en la zona costera; pertenecen principalmente a pizarras y lutitas de colores oscuros, grises negruzcos, con planos de laminación según los cuales quiebran fácilmente en forma de lajas. Supuestos de edad también Paleozoica, se identifican algunos macizos de rocas graníticas que se encuentran tanto cerca de la Costa como del mineral de El Salvador y Salar de Pedernales en la Alta Cordillera.

La antigua Formación Porfirítica de BRUGEN (1950), correspondiente a rocas de edad Mesozoica, alcanza aquí amplia repartición y abarca desde el Jurásico al Cretáceo.

El Jurásico (J) está representado por vulcanitas, en forma de lavas y piroclásticas, además de sedimentos marinos y/o continentales; en la región cercana a Potrerillos y el Salar de Pedernales, más precisamente en toda la región situada al Este de Inca de Oro, predominarían los sedimentos marinos con inclusión de areniscas y calizas mientras, en la región ubicada al Poniente del mismo Pueblo, se encontrarían francamente sedimentos continentales con aisladas manifestaciones de sedimentos marinos.

El Cretáceo está representado por la unidad geológica (K1) compuesta de vulcanitas, en forma de lavas y piroclásticos, y por sedimentos marinos que en partes son reemplazados por sedimentos continentales del tipo de areniscas, conglomerados y brechas. Además, por la unidad (K2) constituida de vulcanitas y sedimentos continentales semejantes, ambos, a los de la unidad anterior.

Rocas graníticas, supuestas del Cretáceo Superior (K), intruyen las rocas nombradas hasta ahora y se reconocen por sus colores claros y en forma muy típica, en la zona que se extiende al Peniente de la Planta El Salado, por el hecho de estar atravesadas por un sinnúmero de diques e filones de colores más oscuros.

Cabe agregar, finalmente, que las vulcanitas señaladas para el Cuaternario en la Figura 1 y que se componen fundamentalmente de lavas andesíticas y basálticas, se extienden también al Terciario y forman parte, por consiguiente, de la Formación que hemos denominado Rocas Precuaternarias.

ROCAS Y SEDIMENTOS CUATERNARIOS

Se componen de las vulcanitas nombradas poco más arriba y de materiales sedimentarios de tipo continental.

En la zona de la Alta Cordillera Andina, los sedimentos cuaternarios quedan representados por grandes extensiones de cubiertas salinas, de cloruros de sodio especialmente, que serían el resultado de la continuada evaporación de aguas cargadas de sales dentro de cuencas con ningún o escaso drenaje. Tales son, entre otros, los salares de Pedernales y Maricunga.

Dentro de la zona definida como Llano Central e Depresión Longitudinal (Ver pg. 4 del Informe), los sedimentos continentales cuaternarios pueden dividirse claramente en dos unidades cronológicamente diferentes y diferentes también en lo que respecta al agua subterránea; en forma menos clara, podría indicarse una tercera unidad de ubicación intermedia entre las anteriores. En lo que continúa más adelante trataremos de aclarar estas ideas.

Sedimentos Cuaternarios antiguos del Llano Central

Es notorio encontrar, dentro de la región ocupada por el Llano e Depresión que se inicia en Pueblo Hundido, extensas superficies de terreno ocupadas por materiales de acarreo donde se reconocen capas de sedimentos francamente fluviales, de granulometría gruesa, alejados de la zona de acción de cualesquiera posible relleno de los cauces superficiales actuales. Tal es la situación del material de relleno en la zona denominada Quinta de Chañaral y que se marca en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4860 del Anexo; aquí se encuentran terrenos de lechajes bajos que se desarrollan extensamente hacia el Este, cubiertos en partes por sales blancas correspondientes principalmente

a sulfatos y que muestran aguadas, en forma de vertientes o de afloramientos de agua a escasa profundidad, cuya utilización ha hecho posible el mantenimiento de áreas verdes como las que se muestran en las FOTOGRAFÍAS 1 y 2 del Anexo (Lámina I).

En la Quinta, los afloramientos de agua se presentan dentro de materiales fuertemente descompuestos, con abundantes sales blancas, de tipo arcilloso o fino. Sin embargo, a poca distancia del recinto cercado de la Fotografía 1, a no más de seis metros hacia el Poniente, encontramos una capa de 2,50 mtrs de espesor donde se reconocen materiales fluviales del tipo de ripio medio a grueso y que revelan la sedimentación de un río con bastante fuerza de arrastre y que, por el grado de clasificación de los rolados y cierta estratificación observada, se corresponderían a sedimentos como los que se producen en las avenidas periódicas del Desierto. Esta capa de ripio se presenta también fuertemente descompuesta y con abundantes sales blancas (prácticamente sin cloruros).

En la región de Chañarcito, aguas arriba de la ubicación del sondaje propuesto S 2, se encuentran sedimentos idénticos a los de la Quinta de Chañaral y también con aguadas como las denominadas Chañarcito y del Siriento que se individualizan en el Plano 2. Aquí tales sedimentos forman una especie de colgabierto hacia aguas arriba, entre las cauces de las quebradas de la Angostura y Chañaral Alto tal como se ve en la FOTOGRAFÍA Nº 4881 del Anexo.

En la zona de las captaciones de La Finca, dentro de las riberas del estrecho y encajonado cauce de la Quebrada Chañaral Alto en esta zona, también encontramos materiales semejantes aunque parecen estar algo menos descompuestos que los de Chañarcito y La Quinta.

En la Aguada de Villavieja, situada poco al Este de Inca de Oro, el agua aflora a unos dos metros de hondura y dentro de materiales descompuestos, con sales blancas sin cloruros apreciables al saber de la lengua, en los cuales se encuentran también capas con rolados de tipo fluvial.

Los terrenos de la captación por druses en las Vegas de Chañaral Alto, aunque de naturaleza fuertemente arcillosa y muy descompuestos superficialmente, corresponderían también a los sedimentos que estamos describiendo.

La FOTOGRAFÍA 3, (Lámina II), muestra el tipo de material fluvial con rolados medios a gruesos y con fuerte descomposición que se encuentra en los cortes de la zona Quinta de Chañaral.

Sedimentos Intermedios del Llano Central

Con este nombre denominamos sedimentos cuaternarios cuya posición estratigráfica sería entre los sedimentos antiguos recién resañados y los sedimentos más nuevos e correspondientes a los cauces actuales.

En el camino que conduce desde Pueblo Humilde al mineral de El Salvador, se localizan capas de materiales fluviales con alternaciones de ripio, arena y cenizas volcánicas pumicíticas de color blanco cremoso y rosáceo. Los mismos materiales aparecen en el camino de El Salvador a la localidad de Llanta, el cual no figura en el Plano 2, y ocupan por consiguiente todo el llano ubicado entre las quebradas Salinas y El Salado.

El camino El Salvador-Llanta baja al llegar a Llanta por el barranco septentrional de la quebrada de El Salado. Esto permite apreciar, en la parte alta del barranco, sedimentos como los ya mencionados y, en la cota cercana al cauce de la quebrada, rocas fundamentales que también afloran en la ribera austral. En consecuencia, los sedimentos intermedios son anteriores al cauce actual de El Salado que ha labrado en ellos su valle y naturalmente más viejos que el relleno en dicho cauce; lo anterior es válido, por lo menos, junto a la localidad de Llanta.

Los sedimentos intermedios se ubican bastante más altos que el cauce de la Quebrada El Salado y, en partes, quedan comunicados con la misma quebrada a través de quebradillas tributarias excavadas en ellos.

Aunque son relativamente escasas, se presentan pequeñas manifestaciones de cloruros y de sales blancas del tipo, estas últimas, de los sedimentos antiguos de La Quinta de Chañaral. En la FOTOGRAFIA 4 (Lámina II), se muestran las características de ripples fluviales ubicados en el camino de Pueblo Humilde a El Salvador y a unos 35 kilómetros de Pueblo Humilde; si bien el ripio parece menos clasificado que el del corte de La Quinta de Chañaral, también puede clasificarse como correspondiente a sedimentos fluviales y no de avenidas o aluviones aunque, realmente, debe tenerse aquí una mezcla de ambos tipos de arrastre.

En el recorrido por los terrenos que contienen estos sedimentos no se encuentran manifestaciones de aguas a pequeña profundidad y tampoco en los cortes más pertinentes observados.

Sedimentos Recientes del Llano Central

Con este nombre reconocemos los sedimentos depositados por los cauces superficiales actuales y que corresponden, fundamentalmente, a scarres de aluviones o avalanchas de barro como las que son frecuentes, cada cierto número de años, en el Desierto.

Tal como corresponde a su forma de depositación, los acarrees recientes consisten especialmente de una mezcla bastante caótica de piedras, arenas y arcillas. Las piedras pueden alcanzar tamaños muy variados y aún incluir bloques de varios metros cúbicos según la intensidad e fuerza de arrastre del aluvión e avalancha; el redondeamiento es normalmente escaso y predominan los clastos angulosos e esquinados. Todo el conjunto presenta una permeabilidad deficiente, inferior a la de los materiales fluviales, pero capaz de contener y transmitir aguas subterráneas. También se presentan, dentro del clima del Desierto actual, períodos con lluvias extraordinariamente altas y con ellas se produce un lavado y arrastre de las partículas más finas arcillosas; esto se manifiesta en el espesor de relleno, fundamentalmente poco permeable, en forma de intercalaciones de capas de buena permeabilidad y susceptibles por consiguiente de un mayor caudal de aguas subterráneas.

El tipo de sedimentos descritos se ha certado con el sondeo S 1 propuesto en Pueblo Hundido y que se terminó a la profundidad de los 85 mtrs, luego de encontrar una capa con aguas impetables y de fuerte contenido salino. En el sondeo S 2 de Chañarito deben ubicarse materiales semejantes en una profundidad que estimamos de por lo menos 60 mtrs y lo mismo para el sondeo S 3 propuesto aguas arriba de las captaciones de La Finca, aunque en éste es posible alcanzar la roca antes de los 60 mtrs.

Debe señalarse que en los períodos durante los cuales no se presentan depositaciones por aluviones, se sedimentan materiales de arenas, muy permeables, por la acción eólica e del viento. Estas capas de arenas constituyen verdaderas esponjas receptoras del agua de lluvias que, infiltrándose en ellas, desciende a las capas inferiores del subsuelo y aumenta notablemente los caudales subterráneos.

IV.- EL AGUA SUBTERRANEA

1.- Respaldo Hidrológico

Uno de los sondeos propuestos por el suscrito se ubica a unos tres kilómetros aguas arriba de las captaciones de La Finca y esto puede parecer un contrasentido si se considera que HUCHE (1960) establece, en su estudio de cuencas hidrográficas, que la región de La Finca tiene una hoya hidrográfica que no justifica su gasto actual de 4-5 litros/segundo, el cual debería ser considerablemente inferior. Como primer antecedente para demostrar la conveniencia del sondeo propuesto, señalaremos la existencia del respaldo hidrológico adecuado y ello en base a valores de precipitaciones medias inferiores a las que el citado autor tomó en forma errónea de las publicaciones de ALMEYDA (1949-1958); para los coeficientes de infiltración consideraremos los valores más pesimistas del trabajo que estamos discutiendo.

De acuerdo con la ubicación de las isoyetas del Plano 2 del Anexo, podemos suponer que en la zona con una precipitación media anual de 25 mm y que ella es uniforme para cada una de las cuencas hidrográficas delimitadas en el mismo Plano. Esto es una estimación bastante conservadora puesto que, hacia las partes más altas, las precipitaciones medias se acercan a 50 mm y, hacia las partes bajas, se bajarían de 25 mm. Es del caso señalar que la Isoyeta 100 mm del Plano de HUCHE corresponde en realidad a la Isoyeta 50 mm del Plano de ALMEYDA (1958).

1 mm de precipitación anual equivale a:

1 litro por metro cuadrado de superficie o
1,000,000 litros por kilómetro cuadrado

25 mm de precipitación corresponden a:

25,000,000 litros por kilómetro cuadrado
0,78 litros/segundo por kilómetro cuadrado

De acuerdo con los valores anteriores, en la Hoya de 878 kilómetros cuadrados de las captaciones de La Finca se tiene lo siguiente:

Precipitación media anual total.....	683	litros/segundo
Porcentaje de infiltración 1%.....	6,83	"
" " " 2%.....	13,64	"
" " " 3%.....	20,48	"

El valor de 3% de infiltración corresponde a los valores más pesimistas de HUCHE en relación con su estudio de cuencas del Río El Salado y de afluentes del mismo.

Consideremos que el valor de 2% como porcentaje de infiltración de las aguas

lluvias es ponderado y corresponde a la estimación más pesimista posible de las condiciones topográficas y de permeabilidad de los terrenos superficiales de la cuenca en estudio. Con este resulta que, en el caso más desfavorable, las captaciones de LA FINCA deben rendir del orden de los 13,84 litros/segundo y ello por cuanto las obras de captación actuales están dispuestas en tal forma que tienden a extraer toda el agua que escurre subterráneamente por el lugar. Más adelante indicaremos, en la discusión de cuencas hidrográficas, cuales son los caminos que puede seguir el agua restante y que justifican el reconocimiento mediante el Sondaje Propuesto S 3.

Hoya y respaldo hidráulico del Sondaje Propuesto S 2.

Hasta la confluencia de las quebradas de La Angostura y de Chañaral Alto, se tiene una cuenca hidrográfica de 2,150 kilómetros cuadrados; sin considerar ahora la hoya de La Finca, la cual podemos suponer totalmente drenada por las captaciones actuales y por el futuro sondaje S 2, su superficie corresponde a 1,275 kilómetros cuadrados y entonces resulta, según cálculos similares a los anteriores:

Precipitación media anual.....	994	litros/segundo
Infiltración de 1%.....	9,94	"
" " 2%.....	19,88	"
" " 3%.....	29,82	"

De aquí resulta que el lugar escogido como Sondaje Propuesto S 2 tiene un escurrimiento subterráneo ascendente, según cálculos ponderados y pesimistas y sin considerar la hoya hidrográfica de La Finca que le tributa, a más o menos 20 litros/segundo.

Hoya y respaldo hidrológico del Sondaje Propuesto S 1

Todos los afluentes de la Quebrada El Salado configuran, hasta la zona de Pueblo Humilde e del sondaje propuesto S 1, una cuenca hidrográfica de 2,488 kilómetros cuadrados y por cálculos semejantes a los ya realizados se obtiene lo siguiente:

Precipitación media anual.....	1,939	litros/segundo
Infiltración de 1 %.....	19,39	"
" " 2%	38,78	"
" " 3%	58,17	"

En forma similar a las estimaciones anteriores, podemos suponer que en Pueblo Humilde escurre subterráneamente un caudal de aproximadamente 40 litros/segundo.



Cuadro Resumen

Según los datos ya indicados tomamos el siguiente cuadro resumen:

Sondaje Propuesto	Cuenca Km ²	Precipitación litro/seg.	Infiltración litro/seg.
S 1 Pueblo Nuevo	2,498	1,839	38,78
S 2 Chañarrito	1,378	994	19,88
S 3 La Finca	875	668	13,64
<hr/>			
Totales	4,650 km ²	3,618 litro/seg.	68,30 litro/seg.

2.- Discusión de cuencas hidrográficas

El error de HUCHE al considerar la cuenca hidrográfica de La Finca reducida, cuando en realidad corresponde a un valor del orden de 875 kilómetros cuadrados según indicamos en el Plano 2, parece deberse al hecho de que no se pudo observar claramente en los planos topográficos a escala 1:250,000, como los que él dispuso para su estudio, la comunicación directa entre la Quebrada de Chañaral Alto y La Finca. Ambas cuencas forman una sola y ella se ve claramente en la FOTOGRAFIA AEREA N° 5157 del Anexo; el uso de tales planos 1:250,000 justifica también el error del mismo autor en la estimación de las isoyetas si solamente pudo tener a su disposición la publicación (1953) de ALMEYRA.

Sin embargo, debemos señalar el hecho de que inmediatamente al Norte del cauce principal en La Finca, se desarrollan una serie de quebradas menores y las cuales se observan en la misma Fotografía aérea ya mencionada. Estas quebradas menores están separadas unas de otras y también de la Quebrada Chañaral Alto, por cordones divisorios compuestos fundamentalmente de sedimentos y donde las rocas fundamentales aparecen como cerros islas rodeados por el relleno.

Con lo anterior resulta conveniente introducir el concepto de Cuenca Geológica junto a la cuenca hidrográfica y definir, la primera, como la superficie de terreno dentro de la cual todos los escurrimientos de aguas subterráneas acceden finalmente a un cauce determinado.

Creemos que aguas arriba de la ubicación del Sondaje S 3, todas las aguas subterráneas escurren especialmente hacia el cauce de la Quebrada Chañaral Alto y que de este modo su cuenca hidrográfica es prácticamente idéntica a la cuenca geológica; pero, también estimamos la posibilidad de existencia, dentro de la misma zona del Sondaje S 3, de una depresión del terreno bajo el subsuelo y con drenaje hacia el Norte en dirección a la quebrada que confluye al cauce de La Finca poco aguas abajo de la zona de captación actual (Ver Fotografía Aérea N° 5157. Con esto resultan las siguientes posibilidades:

a.- Puede existir en la región del Sondaje S 3 una depresión donde el agua subterránea

se encuentra represada como en un embalse.

b.-Tal depresión del subsuelo puede tener drenaje hacia el Norte, al margen del cauce de La Finca.

En el primer caso, el estrechamiento de La Finca actúa como el vertedero de un embalse subterráneo y por el cual fluye un excedente de agua debido a la menor sección de relleno permeable y a la mayor cota que alcanzarían las rocas fundamentales.

En el segundo caso, siempre existe el vertedero pero una porción del agua subterránea de la Quebrada Chañaral Alto sigue escurriendo en dirección hacia el curso inferior de la misma quebrada sin pasar por el estrechamiento de La Finca.

Si se considera separada la Hoya de la captación de La Finca de aquella correspondiente a las quebradas menores que se desarrollan poco más al Este, los valores indicados en la página 13 disminuyen en menos de un 10 %. En consecuencia, el gasto real subterráneo en las captaciones de La Finca debería ser \bar{Y} 11,68 litros/seg.

Aunque no podemos indicar razones plenamente justificadas para la existencia del accidente geológico materializado en la depresión que estamos considerando, creemos que todo lo expuesto hasta ahora justifica la realización del Sondaje Propuesto S 3 y más todavía si se añade la conveniencia de definir plenamente las posibilidades, en el transcurso del tiempo, del gasto de agua que se capta en La Finca.

Otro caso donde es conveniente la introducción del concepto de cuenca geológica, se presenta en el Pterozuelo que separa las hoyas de Pueblo Hundido y de Chañarcito. Este Pterozuelo, el cual se observa en la FOTOGRAFIA AEREA N^o 4862 del Anexo, tiene también materiales sedimentarios y puede existir, entonces, una pasada de aguas subterráneas de una hacia otra hoya hidrográfica. No podemos por ahora definir aquí cual es la dirección del pase de aguas subterráneas, siempre que exista; pero, podemos adelantar que el cauce de Chañaral Alto, en su curso inferior, corresponde a un sistema fluvial ampliamente desarrollado y donde seguramente se reúnan varios de los cursos fluviales del pasado geológico que han sedimentado los sedimentos antiguos descritos en la página 9 del presente informe. En este mismo sentido es conveniente destacar que la confluencia de las quebradas de La Angostura y de Chañaral Alto se ubica a una cota 100 metros más baja que la correspondiente a la superficie en Pueblo Hundido. Con todo esto es probable que el escurrimiento de agua subterránea se presente hacia Chañarcito.

3.- Manifestaciones actuales de Aguas Subterráneas

En el Plano 2 del Anexo se indican, con círculo rojo, la mayor parte de las vertientes o vegas que constituyen una clara manifestación de las posibilidades hidro-lógicas de la zona en estudio.

La zona de afloramientos de agua más interesante es el existente a unos 1.500 mtrs aguas arriba de la Planta El Salado y que se produce dentro del lecho de la quebrada del mismo nombre. Estos afloramientos son aprovechados en una cantidad de aproximadamente 12 ltrs/segundo por la Planta Minera El Salado y estimamos, de acuerdo a lo observado en el mismo terreno, que su gasto total en la superficie es del orden de los 30 ltrs/segundo. El gasto anterior corresponde solamente a la pérdida de agua que logra salir a la superficie y, si se considera que una parte importante debe seguir escurriendo subterráneamente por debajo, se llega a la conclusión que los valores indicados en el cuadro resumen de la página 15 son totalmente probables.

Las aguas de El Salado son francamente impetables y el Sondaje Propuesto B 1 se ubicó en Pueblo Humilde a sabiendas de que las probabilidades de encontrar aguas de buena calidad eran escasas, tal cosa se indicó en una minuta entregada a la Firma Contratista antes de entrar a la construcción del mismo sondaje y se solicitó que se construyera con posterioridad a los sondajes de Chañarcito y La Finca. El sondaje B 1 ya está terminado y alcanzó la profundidad de 85 mtrs con un relleno prácticamente constante de una mezcla de piedras, arenas y arcillas como las que corresponden a los sedimentos actuales de los cauces superficiales de la zona. Según datos todavía no confirmados oficialmente, el agua salada aparece a la profundidad de los 80-85 mtrs y manifiesta cierta presión puesto que el Nivel del agua subió hasta los 70 mtrs.

Las razones que tuvimos en cuenta para pedir el sondaje de Pueblo Humilde son las siguientes:

- 1.- Necesidad de descartar, con un solo sondaje, las expectativas de encontrar aguas de calidad aceptable dentro del cauce del Río El Salado. Este era importante si se recuerda que el programa original, deducido de un estudio de HUCKE (1960), era de tres sondajes en la misma zona.
- 2.- Necesidades del punto de vista del reconocimiento general de la zona para comprender mejor sus características hidrogeológicas.
- 3.- Posibilidad de encontrar, a cierta profundidad, capas de aguas de mejor calidad que las de la Planta El Salado y ello por cuanto era posible que los afloramientos de agua de El Salado se contaminaran fuertemente, en su camino hacia la superficie, con las numerosas capas de fuertes contaminaciones de cloruros que son más abundantes cerca de la superficie.
- 4.- Lograr, con un sondaje relativamente poco profundo puesto que se ubicó en un estrechamiento del valle de El Salado situado entre dos cordones de cerros con rocas fundamentales impermeables, todos los puntos recién enumerados.

Los análisis químicos de las aguas del Sondaje S 1 y de los afloramientos superficiales en la Planta El Salado, son comparables y se demostraría que el origen de las filtraciones se debe a la intersección, con la superficie del terreno, del nivel con que escurren las aguas salobres en Pueblo Humilde. Según datos del Sondaje S 1 se puede establecer lo siguiente:

Cota Beca sondaje Pueblo Humilde.....	760	mtrs s.n.m.
Cota terreno afloramientos Planta El Salado.....	408	" "
Diferencia de Cota.....	354	" "
Pendiente del Terreno entre ambos Puntos (28 kmtrs distancia)....	1,4	%
Cota Nivel de aguas en Pueblo Humilde.....	690	mtrs s.n.m.
Cota Nivel de aguas en Planta El Salado.....	408	" "
Pendiente del Nivel de aguas subterráneas.....	1,1	%

Los datos de cotas han sido tomados de Hojas a Escala 1:50,000 realizadas en el Instituto Geográfico Militar para el Instituto de Investigaciones Geológicas.

La pendiente obtenida de 1,1 % es posiblemente un poco alta y esto probablemente se debe a los dos factores siguientes:

- 1.- En una distancia de unos cinco kilómetros aguas arriba de los afloramientos de la Planta El Salado, se produce el estrechamiento del valle, indicado en la FOTOGRAFIA AEREA N° 3295 del Anexo, que eleva el Nivel al disminuir la sección de materiales acuíferos.
- 2.- El agua del Sondaje S 1 en Pueblo Humilde, manifiesta una cierta presión artésiana y con esto puede resultar que las napas de aguas, frente al Establecimiento El Salado, están por debajo de la superficie aunque muy cerca de la misma. El afloramiento de agua se produciría, entonces, en los puntos donde la presión es suficiente para romper la resistencia de las capas superiores a la descarga a través de ellas.

En la FOTOGRAFIA 5 (Lámina III) se indica la situación de los afloramientos de aguas salobres en la Planta El Salado.

Numerosas de las vertientes señaladas con rojo en el Plano 2 del Anexo, se encuentran dentro de los materiales sedimentarios cuaternarios descritos como más antiguos. Entre éstas, las vertientes o agüadas de Ramirez, Quinta de Chañaral, Chañarquito, El Simiente y posiblemente la agüada de Villanueva, tienen un origen totalmente similar al explicado para los afloramientos de la Planta El Salado. En este caso se trata de un escurrimiento subterráneo que corresponde a un sistema hidrográfico más antiguo e independiente de los escurrimientos de aguas salobres que bajan por el cauce actual de la Quebrada El Salado; al igual que sucede con los afloramientos de aguas salobres

de la Planta El Salado, las aguas de las vertientes se sumergen rápidamente en las capas superiores arenosas, fuertemente permeables, de los terrenos que se continúan más hacia aguas abajo. Así resulta que las vertientes que acceden finalmente al cauce de la Quebrada El Salado, contribuyen al escurrimiento total subterráneo que pasa por dicha quebrada junto a la Planta El Salado y, naturalmente, se contaminan fuertemente de cloruros.

Las antiguas vertientes de la Finca tienen su origen, fundamentalmente, en el gran estrechamiento que presenta el valle de Chañaral Alto en esta parte. Aquí el ancho del valle es, en muchos lugares, inferior a los 25 mtrs y las recas fundamentales se ubican, de acuerdo con el resultado de las captaciones actuales, antes de los 18 mtrs. de hondura; el estrechamiento se observa en la FOTOGRAFIA 6 (Lámina III) donde se observan las recas graníticas, muy resistentes a la erosión de valles profundos, y la vegetación natural que se produce en el lugar. Lo mismo se aprecia en las FOTOGRAFIAS AEREAS N°s 4959 y 4157 del Anexo, en las cuales se observa un distinto matiz de color a lo largo de todo el estrechamiento y que se debe al desarrollo vegetacional. Con todo lo anterior, resulta que en la Finca el volumen de materiales acuíferos es insuficiente para contener toda el agua disponible y ella tiende a salir a la superficie ayudada, en cierta proporción, por la presión de las napas inferiores.

Las Vegas de Chañaral Alto, donde se captan en la actualidad del orden de 1 litr/seg mediante drenes de pequeña profundidad, tienen un origen notoriamente semejante al explicado más arriba. Al término de las Vegas, hacia aguas abajo, se encuentra un estrechamiento todavía más notable que el anterior y que se denomina El Salto; a partir de aquí, hacia aguas arriba, se producen los afloramientos de aguas hasta la zona donde la mayor anchura del valle permite nuevamente el escurrimiento subterráneo. Tal situación se muestra claramente en las FOTOGRAFIAS 7-8 (Lámina IV). Es posible que los materiales sedimentarios de las Vegas de Chañaral Alto correspondan a sedimentos más antiguos que los encontrados con los sondajes de la Finca y con este resultaría, según estimamos nosotros, que el cauce en la Finca corresponde a un valle más moderno y, por consiguiente, queda justificada nuevamente la ubicación del Sondaje S 2 que se discutí antes.

Aguas arriba de las Vegas de Chañaral Alto, existirían zonas similares en Mostazal, Cajencito y en las alturas de Valiente. Dichas vegas no las recorrimos pero, con toda seguridad, se justifican en la forma ya expuesta.

En las vecindades inmediatas de la localidad de Inca de Oro, en la ubicación que se muestra en la FOTOGRAFIA AEREA N° 4957 del Anexo, se han abierto una serie de norias desde el agua empieza a aparecer a la profundidad de unos 18 a 25 mtrs. El agua es escasa y la producción de cada captación no alcanzaría más allá de unos 0,1 litro segundo con una calidad medianamente aceptable y donde el único inconveniente parece ser, de acuerdo con el saber, un exceso de contenido de sulfatos. Es del caso señalar que la zona más favorable para un reconocimiento, en esta parte, sería aquella que se ubica precisamente fuera del lugar de las norias actuales y entre los dos cerros islas que se observan aguas abajo de Inca de Oro. De acuerdo con lo observado por el suscrito en una de las norias situadas más al Norte y prácticamente al borde del cerro isla austral, en la zona escogida actualmente las rocas fundamentales se encontrarían muy cerca de la superficie mientras, en la zona que se considera más favorable, habría un espesor considerable de relleno sedimentario.

4.- Calidad del Agua Subterránea

De acuerdo con análisis realizados para la Andes Copper Mining Company en el Laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Chile (Análisis de muestras 1-2-3-4); con análisis efectuados en el Laboratorio Químico del Ministerio de Obras Públicas (Análisis de muestras 5-6) y según un análisis que se habría practicado por cuenta de la Corporación de Fomento en el año 1947, pedemos formar el siguiente cuadro para explicar la calidad de las aguas de la zona.

Muestra	Cloruros p.p.m.	Sulfatos p.p.m.	Dureza Total p.p.m.	Res. Disuelta ppm
1	185,476	4,369	18,055	324,584
2	1,070	262	512	2,572
3	22,322	1,230	3,493	41,072
4	34,799	2,197	4,268	62,928
5	42,000	Sin Datos	5,400	79,910
6	63	653	1,712	1,408
7	140	807	Sin Datos	1,517

Las muestras enumeradas corresponden a las ubicaciones siguientes:

- Muestra 1.- Muestra de agua del río de La Sal
- Muestra 2.- Muestra de agua del río de La Olla
- Muestra 3.- Muestra del afloramiento Planta El Salado mezclada con relaves de la Compañía Andes y provenientes de Petrerillos y El Salvador los cuales descienden por el cauce de la Quebrada El Salado.
- Muestra 4.- Muestra de la Bocatoma de la Planta El Salado en los afloramientos de agua del mismo nombre.

Muestra 5.- Muestra de agua del Sondaaje S 1 en Pueblo Humilde

Muestra 6.- Muestra de agua de las captaciones por sondajes en La Finca

Muestra 7.- Muestra de agua de los afloramientos de Chañarcito.

El Cuadro de Análisis de la página anterior, permite establecer los siguientes hechos importantes en relación con la calidad de las aguas subterráneas de la zona:

- a.- Por lo menos hacia aguas abajo del Río de La Sal, la Quebrada El Salado queda sometida a la infiltración de aguas cuyas contenidos de cloruros son varias veces superiores a los del agua de mar (185,475 ppm. de Cloruros para las aguas del Río de La Sal).
- b.- Los afloramientos de aguas de la Planta El Salado son francamente impetables y muestran un contenido de cloruros inferior a los determinados para las aguas del Sondaaje S 1. Esto significa, según estimamos nosotros, una dilución de las sales contenidas por las aguas subterráneas de Quebrada El Salado debido a los aportes de aguas poco salobres provenientes del escurrimiento subterráneo que baja por la Quebrada Chañaral Alto.
- c.- Los relaves de los minerales de Petrerillos y El Salvador, contribuyen a una pequeña dilución de las sales contenidas por las aguas de la Planta El Salado.
- d.- Las muestras de aguas de La Finca y de las Aguadas de Chañarcito son comparables y tienen contenidos de cloruros inferiores a los límites tolerables por usos potables. El contenido de sulfatos de ambas clases de aguas también es comparable y resulta más alto que el límite de tolerancia aceptable.
- e.- Los análisis de las aguas de La Finca y de Chañarcito dan una idea de la composición media del agua que ocurriría subterráneamente por la Quebrada Chañaral Alto.
- f.- Si bien no disponemos de análisis de las aguas de la zona de la Quebrada La Angostura, el saber de las aguas de las Merias de Inca de Oro y de los afloramientos de la Aguada Villanueva, constituye un antecedente para considerarlas con escasos cloruros aunque con un contenido de sulfatos del orden del existente en las aguadas de Chañarcito.
- g.- Los antecedentes enumerados hasta ahora para la cuenca hidrográfica de los sondajes S 2 y S 3, añadido al hecho d. que en el recorrido a través de los cañones que cruzan dicha cuenca no permitió observar señales apreciables de capas o cubiertas con sales de cloruros, significan que el escurrimiento de aguas subterráneas llevaría, aquí, límites de cloruros tolerables.
- h.- Los antecedentes enumerados para la cuenca del Sondaaje S 1, añadido al hecho de haber encontrado frecuentemente cubiertas o capas contaminadas con cloruros

en los caminos que cruzan dicha cuenca, significan que los escurrimientos subterráneos bajo el subsuelo de la Quebrada El Salado llevan contaminaciones francamente imponentes.

V.- SONDAJES DE RECONOCIMIENTO

En el Plano 2 del Anexo se indican las ubicaciones de los sondeos propuestos en el terreno por el suscrito para definir totalmente las características hidrogeológicas de las hoyas hidrográficas de Quebrada El Salado desde su curso superior hasta Pueblo Humilde y de la Quebrada Chañaral Alto hasta su confluencia con la anterior.

Las características generales de los Sondeos S 1 - S 2 - S 3 , serían las que se enumeran a continuación:

Sondeo S 1 Pueblo Humilde

Con la profundidad actual alcanzada por dicho sondeo y que es de 85 mtrs resulta:

- 1.- Mapas fuertemente contaminadas con cloruros ubicadas entre las profundidades de los 60-85 mtrs.
- 2.- Posibilidades prácticamente nulas de encontrar aguas de mejor calidad hacia abajo.
- 3.- Desarrollo de cierta presión que lleva el nivel de las napas ubicadas unos 10 más arriba que el pie de las mismas.
- 4.- Rocas fundamentales situadas a una profundidad mayor de la que se esperaba en un congreso y que deben ubicarse, con toda seguridad, antes de los 150 mtrs.
- 5.- Relleno sedimentario compuesto principalmente por una mezcla de arenas, arcillas y piedras.

Sondeo S 2 Chañaral

- 1.- Rocas fundamentales situadas a gran profundidad y estimadas a unos 200 mtrs de altura.
- 2.- Napas de aguas de calidad aceptable a mediana mente aceptable para usos potables y con rendimientos por lo menos del orden de los obtenidos con las captaciones de La Finca.
- 3.- Nivel de aguas ubicado a una profundidad estimada no superior a 80 mtrs y con posibilidades de napas a profundidades que van desde la superficie hasta el contacto con las rocas fundamentales.

Sondeo S 3 La Finca

- 1.- Rocas fundamentales situadas a profundidades relativamente pequeñas y supuestas no mayores de 70 mtrs.
- 2.- Napas de aguas de calidad aceptable y en todo caso, similares a las de La Finca.
- 3.- Nivel a relativamente poca profundidad y no mayor de 25 mtrs.
- 4.- Rendimientos a lo menos similares a los de La Finca.

VI.- EXPECTATIVAS DE MEJORAMIENTO

De acuerdo con todo lo expuesto hasta ahora, se desprende que la realización de los dos Sondeos de Reconocimiento que restan del programa, Sondeos S 2 - S 3, tienen amplias expectativas de mejorar la detección de agua potable para la zona de Chañaral.

Al margen del tono optimista del presente Informe, es posible, naturalmente, que la construcción de los dos sondeos citados demuestre que nuestro optimismo era falso. En cualquier caso, creemos haber demostrado la conveniencia de realizar los sondeos propuestos.

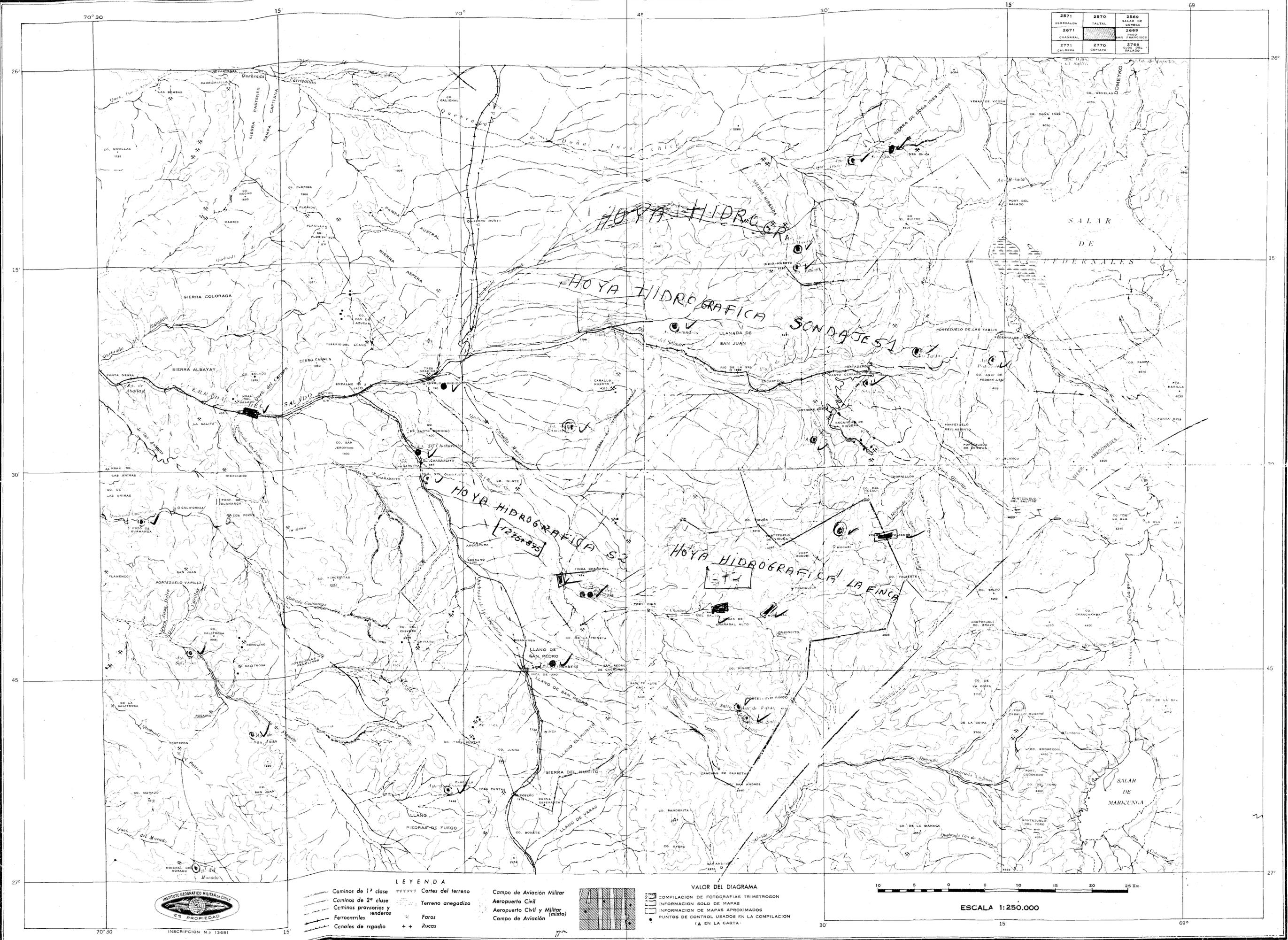
Para el caso de que los peores de estudio no alcancen los resultados previstos, nos permitimos sugerir los siguientes puntos en relación con el mejoramiento de la detección actual de agua para Chañaral:

- 1.- Mejorar totalmente las captaciones actuales por drenes, en las Vegas de Chañaral Alto, construyendo drenes adicionales con dirección normal al cauce de la Quebrada en esta parte ya que los drenes actuales, además de ser de profundidad escasa, son todos de dirección más o menos paralela al sentido del escurrimiento subterráneo. Profundizar los drenes actuales en aproximadamente 1 a 2 mtrs y llevar los drenes adicionales a la misma hondura. Con esto se conseguiría a lo menos duplicar el abastecimiento conseguido, a la fecha, en las Vegas de Chañaral Alto.
- 2.- Realizar un estudio integral de las posibilidades, tanto económicas como hidrológicas, de los sistemas fluviales de la Alta Cordillera y los cuales son actualmente aprovechados por la Andes Copper Mining Company.

Santiago, 4 de Agosto de 1961



Juan Karzulevič Kekot
Ing. Civil de Minas



2571	2570	2569
ESMERALDA	TALTAL	SALAR DE SOBRIA
2671	2670	2669
CHAGARAL	COPIAPO	SAN FRANCISCO
2771	2770	2769
CALDERA	COPIAPO	QUEMA

- LEYENDA**
- Camino de 1ª clase
 - Camino de 2ª clase
 - Camino provisional y sendero
 - Ferrocarriles
 - Canales de riego
 - Cortes del terreno
 - Terrano anegadizo
 - Faros
 - Rucas
 - Campo de Aviación Militar
 - Aeropuerto Civil
 - Aeropuerto Civil y Militar (mixto)
 - Campo de Aviación

- VALOR DEL DIAGRAMA**
- COMPILACION DE FOTOGRAFIAS TRIMETROGON
 - INFORMACION SOLO DE MAPAS
 - INFORMACION DE MAPAS APROXIMADOS
 - PUNTOS DE CONTROL USADOS EN LA COMPILACION (A EN LA CARTA)



ESCALA 1:250.000



INSCRIPCION N° 13681