

953

953

ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES HIDRICAS DE LA CUENCA
DE LOS CAMPOS DEL ARENAL Y DE LOS RIOS DEL CAJON Y
DE LA QUEBRADA Y REGIONES ALEDAÑAS, CON VISTAS A LA
PROVISION DE AGUA INDUSTRIAL AL YACIMIENTO CUPRIFERO
DEL "BAJO DE LA ALUMBRERA" (Departamento Belén, provin-
cia de Catamarca)

MARIO V. J. SOSIC

1976

953



ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES HIDRICAS DE LA CUENCA
DE LOS CAMPOS DEL ARENAL Y DE LOS RIOS DEL CAJON Y
DE LA QUEBRADA Y REGIONES ALDEAÑAS, CON VISTAS A LA
PROVISION DE AGUA INDUSTRIAL AL YACIMIENTO CUPRIFERO
DEL "BAJO DE LA ALUMBRERA" - (Departamento Be-
lén, Provincia de Catamarca)

p o r

MARIO V. J. SOSIC

----- . -----
AÑO 1976



INDICE

	<u>Pág</u>
INTRODUCCION	1
Propósitos y alcances del trabajo	1
Ubicación del yacimiento	2
Antecedentes hidrológicos	2
Características del yacimiento	3
Necesidades de agua industrial	4
Clima y características hidrológicas de la región	5
FUENTES DE AGUA	7
CUENCA DE LOS CAMPOS DEL ARENAL Y DE LOS RIOS DEL CAJON Y LA QUEBRADA	7
Aguas subterráneas	7
Frentes de recarga	10
Faldeo occidental de la sierra del An- conquiya	10
Faldeo oriental de las sierras de Chan- go Real y de Las Cuevas	14
Areas favorables para la exploración del agua subterránea	17
Area situada al NNO del cerrito La Salamanca	17
Area de Los Pozuelos	18
Relleno aluvial del rio del Sajón, en- tre Famabalasto y La Bajada	19
Características químicas de las aguas	19
OTRAS POSIBLES FUENTES	20
Faldeo oriental del Anconquiya	20
Rio Belén	22
Aguas subterráneas del sector nororiental de la cuenca del Salar de Pipanaco (Cam- pos de Andalgala)	23
Embalses de crecientes	24
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	30



METODOLOGIA PARA LA INVESTIGACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA 31

BIBLIOGRAFIA 34

CUADROS del 1 al 11

IMAGEN DEL SATELITE ERTS-NASA-USA, con referencias.



INTRODUCCION

Propósitos y alcances del trabajo

El problema de dotación de agua industrial al yacimiento cuprífero del "Bajo de la Alumbreira" es tratado en este trabajo bajo el aspecto informativo, en base a los antecedentes hidrogeológicos que se poseen de la región que se extiende entre las sierras del Cajón y Anconquiya y las de Chango Real y Las Cuevas.

En las inmediaciones del yacimiento no existen corrientes superficiales importantes, ni condiciones geológicas favorables para el hallazgo de aguas subterráneas en los volúmenes requeridos por el yacimiento.

Se han considerado las fuentes relativamente más cercanas, sus orígenes y caudales, como también su altura sobre el nivel del mar y distancias al yacimiento. Por otra parte se mencionan otras fuentes, a menor altura, a fin de tener un conocimiento sobre otras posibilidades.

Asimismo se ha creído oportuno agregar la metodología para la investigación hidrológica superficial y subterránea.

La cuenca hidrogeológica de los Campos del Arenal y de los ríos del Cajón y de La Quebrada, se presenta como área de interés para un estudio de prefactibilidad de dotación de agua industrial al yacimiento del "Bajo de la Alumbreira".



Ubicación del yacimiento

El yacimiento está ubicado en la región de Parallón Negro, Departamento de Belén, provincia de Catamarca, a una altura promedio de 2.700 m sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del yacimiento son: latitud 27°20' sur y longitud 66°36' oeste.

Antecedentes hidrológicos

En la región que se está considerando, se realizaron reconocimientos geológicos que permitieron determinar las condiciones estructurales que originaron la cuenca. Turner (1973) estudió la geología de la Hoja 11d -Laguna Blanca- dentro de la cual se encuentra la zona comprendida entre la sierra del Cajón y las de Chango Real y de Las Cuevas. En su trabajo hace referencias sobre los recursos hídricos, destacando las características de los ríos del Cajón y de La Quebrada. Trata asimismo sobre las aguas subterráneas de este sector de la Hoja, señalando las posibilidades hídricas del subsuelo.

Ruiz Huidobro (1972) realizó el reconocimiento geológico de la Hoja 11e -Santa María- y en el capítulo Recursos de Aguas formula interesantes observaciones sobre el agua subterránea del valle homónimo, alimentada en buena parte por las aguas que se descargan en el área de Pie de Médano.

González Bonorino (1950) llevó a cabo el levantamiento geológico de las Hojas 12d y 13d, Capillitas y Andalgalá respectivamente. Al mencionar los recursos hídricos de la región nombra el río de la Alumbreira, de la quebrada homónima ubicada en el faldeo occidental del Anconquiya, con un caudal de 0,100 m³ segundo.



Desde el punto de vista hidrogeológico se ha ocupado de la región el Licenciado Ricardo D. Pernas. Este autor realizó los estudios del Valle de Santa María (1967) y del Campo del Arenal (1969). Corresponde hacer notar que este último estudio aportó valiosísima información para la elaboración de este trabajo. Por otra parte Bordas ejecutó un reconocimiento geofísico en el Campo del Arenal para la provincia de Catamarca.

Finalmente corresponde mencionar a Agua y Energía Eléctrica de la Nación que efectúa afloros sistemáticos en Pie del Médano desde el año 1970.

Características del yacimiento

Según Osvaldo E. Gonzalez (1975), el yacimiento del Bajo de la Alumbraera es un depósito de cobre diseminado en rocas volcánicas que han sufrido alteración hidrotermal. La mineralización cuprífera está genéticamente relacionada a un pórfido riódacítico-dacítico y constituida casi exclusivamente por calcopirita, con una regular y subordinada proporción de oro. Los minerales se presentan en dos formas: diseminados en la roca alterada o en venillas o microvenillas. La diseminación es la más abundante.

De los resultados de los análisis obtenidos en las perforaciones realizadas en el transcurso del 1974, se adelanta la existencia de sectores con leyes hipogénicas con valores de 0,4% de cobre y 0,7 gr/Tn de oro (promedio).



Necesidades de agua industrial

Para una producción diaria rentable se estiman extraer unas 30.000 toneladas de roca, que requerirán para su tratamiento 39.000 m³/día o sea, 0,450 m³/segundo ó 14,20 Hm³/año. Se necesita pues saber cuanto costará el m³ de agua puesto en yacimiento. En sus inmediaciones el recurso hídrico es escaso por lo tanto se deberá contemplar la conducción del agua desde áreas más alejadas.

Considerando todas las posibilidades hídricas superficiales y subterráneas de la región, como ser ríos y arroyos del faldeo occidental del Anconquiya, los ríos Santa María y Belén, y aguas subterráneas de los campos del Arenal y de Andalgala, y teniendo en cuenta distancias y alturas sobre el nivel del mar de las fuentes con respecto al yacimiento, se establece la conveniencia de encarar un reconocimiento hidrológico del faldeo occidental del Anconquiya por un lado y por el otro la prospección del agua subterránea del Campo del Arenal.

La concentración del mineral de cobre requiere grandes volúmenes de agua. El procesamiento de una tonelada de roca alterada con cobre diseminado necesita 1,3 m³ de agua mediante el sistema de reciclaje. Para considerar la rentabilidad de la explotación del yacimiento se deberá analizar el factor agua que incide fundamentalmente en los costos de producción.



Clima y características hidrológicas de la región

La región de los yacimientos del Bajo de la Alumbraera se caracteriza por presentar un clima continental, templado cálido, semiárido a árido, que contrasta con el clima húmedo y templado cálido, en casi todo el año, de la región ubicada al naciente de la barrera climática de la sierra del Anconquiya.

Escasean los datos meteorológicos de la región, por consiguiente no se pueden dar datos muy precisos. Conforme a observaciones personales del autor existen ciertas diferencias climáticas entre las áreas bajas y las altas; en las primeras el clima es relativamente benigno, con escasas lluvias, en tanto que en las segundas es más riguroso, con precipitaciones algo más abundantes.

Si se consideran los datos que suministra la estación meteorológica de Santa María, el clima de la región es muy seco y templado cálido de acuerdo con el climatograma de Knoche.

La información pluviométrica de Hualfín, Santa María y Andalgalá puede ser representativa para la región que se está tratando. La precipitación anual fluctúa entre 110 y 300 mm. Esta deficiencia de lluvias caracteriza a las cuencas intermontanas de La Rioja y Catamarca, que se traduce en la existencia de ríos de escasos caudales, con crecientes de corta duración en la época de las lluvias estivales. El agua circula en las áreas montañosas sobre el relleno aluvial de las quebradas, saturado de humedad, y se pierde por infiltración en los conos de deyección para alimentar los acuíferos de los depósitos sedimentarios cuaternarios de las depresiones intermontanas.



Los mayores caudales se registran en los rios Santa María, Andalgalá y Belén.

En la región se presentan tres sistemas hidrográficos: el del rio Salí-Dulce, el del Colorado o Salado y el del Pasaje o Juramento.

En el primer sistema se encuentran los rios del faldeo oriental de la sierra del Anconquiya, en el segundo, entre otros, los rios Belén y Andalgalá y en el último el Santa María y los del faldeo occidental de la sierra del Anconquiya. En las proximidades del yacimiento no se cuenta con el recurso, pues existen pequeños arroyos de caudales exigüos.



FUENTES DE AGUA

CUENCA DE LOS CAMPOS DEL ARENAL Y DE LOS RIOS DEL

CAJON Y LA QUEBRADA (1)

El Campo del Arenal, como los que se extienden hacia el norte deben ser considerados desde el punto de vista hidrogeológico como una unidad, definida por condiciones estructurales y sedimentarias. Se trata de una depresión de características asimétricas, flanqueada en el extremo septentrional por la sierra del Cajón al naciente, y al poniente por las sierras de Chango Real y de Las Cuevas, todos macizos cristalinos del sistema de las Sierras Pampeanas. Este sector de la cuenca afecta la forma triangular, con vértice en Yutuyacu. La sierra del Cajón es bloque de montaña inclinado hacia el oeste, con falla en el lado opuesto, en el Valle de Santa María. En el pie de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas, una dislocación de carácter regional señala el límite oeste de la depresión. La cuenca se abre hacia el sur, en la latitud de Pie del Médano, donde muere la sierra del Cajón, constituyendo el extenso Campo del Arenal, limitado al este y sureste por la sierra del Anconquiya, al sur por la sierra de Capillitas y seranías del Cerro Durazno, y al oeste por la ya mencionada sierra de Las Cuevas.

Aguas subterráneas

Esta cuenca de contornos irregulares se halla cubierta por sedimentos cuaternarios, de espesores desco-

(1) No se ha encontrado un nombre apropiado para esta cuenca; se ha elegido éste en la creencia de que es bastante representativo para esta unidad hidrogeológica. Los nombres de los ríos del Cajón y de La Quebrada son indicativos del sector norte y central de la cuenca, en tanto que el del Arenal es de su sector sur.



nocidos, pero puede suponerse que deben tener mayor potencia en la parte baja de la cubeta, a la altura de Pie de Médano. Los sedimentos cuaternarios ocultan formaciones sedimentarias y volcánicas terciarias como puede deducirse de los afloramientos de rocas de esa edad del extremo norte y sur de la depresión.

La recarga del acuífero o complejo acuífero de la cuenca se produce en las quebradas que surcan el Basamento Cristalino de las sierras que circundan la cubeta. Las precipitaciones pluviales o nivales recargan los detritos de faldeo y escombreras de altura; estos depósitos se desagotan mediante vertientes para formar arroyos o hilos de agua que alimentan el relleno aluvial de las quebradas, que una vez saturado, origina corrientes superficiales. Estas al circular sobre terrenos altamente permeables de los conos de deyección se infiltran y nunca alcanzan el río del Cajón, colector de la cuenca. En época de lluvias el escurrimiento de las áreas montañosas es rápido, se producen crecientes, y la infiltración es de menor cuantía. Las crecientes dejan algo de su caudal en los lechos secos de la depresión cuando la pendiente no es muy pronunciada, y el relleno aluvial es permeable.

Desde el punto de vista hidrogeológico la cuenca tiene tres frentes de recarga:

1º) Los ríos del faldeo occidental de la sierra del Anconquiya y de las serranías que circundan la cuenca por el sur. Desde este último sector el aporte es de crecientes, en tanto que desde el Anconquiya es de aguas permanentes.

2º) Los ríos que descienden del faldeo de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas, reunidos por el río La Quebrada se pierden en su cauce para alimentar los acuíferos de la cuenca.



3°) El río Toruyacu o Colorado, nombres del río del Cajón en su tramo superior, recarga el relleno aluvial que se extiende desde Lampacito hacia el sur. Hasta el punto nombrado tiene caudal regular pero de esa localidad hacia el sur disminuye, debido a falta de aportes y por la permeabilidad del lecho, tan es así que en la latitud de Esquina Grande, el cauce está prácticamente seco, según Turner (1973). Poco más abajo, en Saladillo, hay una extensa vega donde aflora parte del agua del río del Cajón.

La cuenca cubre una superficie aproximada de 4.700 km², donde llueve término medio 144 mm anuales, si se toman los valores promedio de 175 mm anuales de Santa María y 113 mm anuales de Hualfín. Vale decir que sobre esa superficie se precipitan anualmente 676,8 Hm³. La descarga de aguas subterráneas de la cuenca en Pie del Médano es de 77,3 Hm³ anuales, de acuerdo con el caudal medio de 2,452 m³/s (Ver cuadro N° 6), lo que representa un 11,4% del total precipitado; el resto, 88,6%, se evapora, evapotranspira o deja la cuenca como crecientes.

A continuación se hará una estimación de la evapotranspiración del área comprendida entre Famabalasto y Pie del Médano. Entre estos dos puntos el relleno aluvial del río del Cajón cubre una superficie aproximada de 22,5 km², calculada mediante la fotografía aérea.

Dentro de esta área se distingue: el río con sus brazos, zonas próximas al río con sedimentos saturados de agua, y zonas con vegetación que consume grandes cantidades de agua freática (Preatofitas). Estas zonas con el río totalizan una superficie de 16,5 km² de intensa descarga natural. Por un lado existe la transpiración de la vegetación y por el



otro la evaporación del agua superficial y de las zonas con sedimentos húmedos. Con respecto a la transpiración corresponde destacar que 1 km² de algarrobal consume de 0,3 a 0,4 Hm³ anuales de acuerdo con Morello, citado por Sosic (1971). La superficie con vegetación alcanza a cubrir 15 km², si se toma 0,3 Hm³ anuales por km² se obtiene un valor de 4,5 Hm³ anuales, que se pierden en la atmósfera por transpiración.

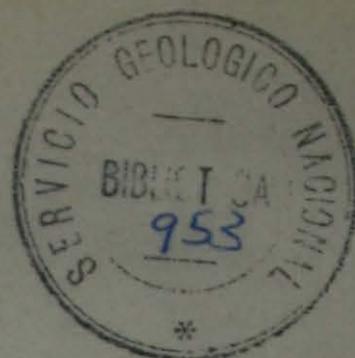
En cuanto a la evaporación del agua superficial y de los sedimentos húmedos, se puede tomar el valor de 1.400 mm anuales que se evaporan en la estación meteorológica de Santa María (Pernas, 1967). La distancia entre Fambalasto y Pie del Médano es aproximadamente de 15 km y el ancho del río con la zona de sedimentos húmedos es de 0,1 km, por lo que se obtiene una superficie de evaporación de 1,5 km², perdiéndose en la atmósfera 2,1 Hm³ de agua/año. La suma de la transpiración y evaporación es de 6,6 Hm³/año, lo que equivale a 0,209m³ por segundo.

Estos valores que son estimativos reflejan en cierto modo la cantidad de agua que se pierde y que podría ser aprovechada para la dotación de agua industrial al yacimiento.

Frentes de recarga

1°) Paldeo occidental de la sierra del Anconquija

Las altas cumbres del Anconquija constituyen una barrera climática que separa dos regiones del noroeste argentino: la del este que se caracteriza por elevadas precipitaciones, y la del oeste por muy escasas, de características desérticas. No obstante, inmediatamente al poniente de



la divisoria de aguas del Anconquiya, se produce una precipitación pluvial y nival muy superior a la del Campo del Arenal, cercano al faldeo abrupto y empinado de la sierra.

Las aguas de esta ladera se originan en el deshielo de los campos de nieve y en las precipitaciones pluviales que se producen al traspasar apenas la línea de altas cumbres las nubes procedentes del este. Estas aguas corren sobre superficies impermeables del Basamento Cristalino, saturan el relleno aluvial de las quebradas y circulan superficialmente para alcanzar las puertas de las quebradas. El agua acumulada en el relleno aluvial se desagota lentamente hasta la temporada de lluvias. A veces las corrientes del subálveo afloran aumentando el caudal del agua superficial. Por otra parte, fuente de alimentación de las corrientes superficiales son las escombreras de altura, que constituyen reservorios de agua en cuyos bordes bajos se originan vertientes que alimentan a los rios o arroyos de la región. Corresponde destacar que existe una fuerte pendiente en el faldeo de esta sierra, que origina una retención menor del agua en los depósitos constituidos por el relleno aluvial de las quebradas, detritos de ladera y escombreras de altura, ya que de enero a abril se produce un 50% de su descarga anual, y un 50% corresponde a la época seca, de mayo a diciembre.

Se considera de interés conocer el régimen pluviométrico en las inmediaciones de las altas cumbres por cuanto se supone que la precipitación es superior a la que se registra en Santa María, localidad situada inmediatamente al noreste del Campo del Arenal y en la cual se registran precipitaciones que pueden servir de referencia para las lluvias que se producen en la parte baja del faldeo de la sierra.



La superficie de escurrimiento de la ladera occidental del Anconquiya es de 348,5 km², en el área de los rios y arroyos que se mencionan en este trabajo. Suponiendo que sobre esa superficie se precipiten anualmente 173,1 mm, que corresponden a 0,1731 m³ por metro cuadrado, de acuerdo con la información pluviométrica de Santa María, período 1955/1960, aunque con seguridad la precipitación es mayor en las cumbres que en la referida localidad, se obtiene un volumen anual de 60,32 Hm³. Ahora bien si se considera que la descarga inferida (Ver Cuadro N° 4 es de 0,797 m³/s o sea, 25,13 Hm³/año, la diferencia 35,19 Hm³ entre el volumen anual precipitado y la descarga anual inferida, es el volumen de agua que se escurre rápidamente (crecientes) hacia el rio del Cajón, se infiltra durante las crecientes o se evapotranspira.

Las crecientes que llegan al rio del Cajón no constituyen un factor de importancia en la recarga de los acuíferos del Campo del Arenal, pues se trata de avenidas que con sus elementos finos en suspensión o arrastre impermeabilizan los cauces por los cuales se desplazan, y aún teniendo una infiltración inicial, ésta tiene efectos permeabilizantes, a los que se suman las características topográficas de los abanicos aluviales, fuertes pendientes en los primeros tramos, que impiden una infiltración más profunda, vale decir que el agua corre sobre una superficie apenas penetrada por el agua. Donde la pendiente no es tan pronunciada, área distal de los abanicos, y donde existirían mayores posibilidades de infiltración, los sedimentos limosos impiden la recarga. Teniendo en cuenta estas características se deduce que el agua de recarga de los Campos del Arenal es la superficial y subálvea de las quebradas de la falda occidental del Anconquiya. El agua



superficial se infiltra en las puertas de las quebradas y en los ápices de los conos de deyección. Por lo tanto, se puede afirmar que el volumen que circula en los distintos cursos es buena parte de la recarga, no la total, por cuanto se desconoce el aporte del subálveo de las quebradas. Los 25,13 Hm³/año inferidos pueden ser considerados como volumen parcial de la recarga, que representan un 41,6% de las precipitaciones.

Los caudales de los ríos y arroyos se conocen a través de los aforos realizados en mayo de 1968 por el Lic. R. D. Pernas (1969), cuyos valores figuran en el Cuadro N° 3. Estos sirvieron para elaborar el Cuadro N° 4 en base a los porcentajes de los caudales medios mensuales del río Andalgalá, período 1920-21/1951-52, que coinciden con los del río Ampajango del período 1955/1960. Con su régimen hidráulico estos dos ríos son ampliamente representativos para los del faldeo occidental del Anconquiya, pues el primero se encuentra inmediatamente al sur del río Blanco y el segundo al noreste del río Cerrillos.

Como puede apreciarse en el Cuadro N° 4 los posibles mayores promedios, más del doble del mínimo de octubre, se registrarían entre enero y marzo.

Corresponde hacer notar que en estos ríos la afluencia es irregular durante los meses de invierno por el congelamiento de sus aguas en las altas cumbres.

La distancia desde el río Cerrillos, siguiendo la curva de nivel de los 3.000 m s.n.m., hasta el yacimiento, por el Portezuelo del Atajo es aproximadamente de 60 km.



2°) Faldeo oriental de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas.

El río La Quebrada, con cabeceras en Laguna Negra, es receptor de aguas del área comprendida entre los cerros El Mollar, Colorado, Tipa Overo y La Tipa. Al sur del puesto La Quebrada recibe una serie de ríos y arroyos que bajan del faldeo oriental de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas, entre los más importantes ^{figuran} los de Chikocan y Agua Amarilla.

Todos esos ríos contribuyen a la recarga de las aguas subterráneas del sector occidental de la cuenca, que se concentran en el área de Los Pozuelos conforme al relieve de las formaciones terciarias del subsuelo, para luego escurrirse hacia La Bajada, donde se descargan dando origen a vertientes.

Las aguas superficiales totalizan un caudal de 0,334 m³/segundo para el mes de mayo de 1968 (Pernas, R. 1969). Muy posiblemente el caudal sea superior dentro del ambiente montañoso por cuanto los datos que se agregan (Cuadro N° 4) son de aforos realizados en las puertas de las quebradas.

La superficie drenada por estos ríos es aproximadamente de 526 km²; si se toma el promedio de lluvias de Hualfin, 113 mm anuales, sobre esa superficie caen aproximadamente 59,4 Hm³/año. Si un tercio de este volumen se infiltra en el aluvión de las quebradas y en los ápices de los conos de deyección se tendría una recarga aproximada de 19,8 Hm³/año.

3°) Río del Cajón

El río del Cajón es colector de varios ríos que se originan en el sector septentrional de la cuenca. En el curso superior es conocido como el río Ovejería, que tiene nacimientos en el Nevado de Chuscha (5.468 m s.n.m.). Se for-



ma con los ríos Chuscha, Suri Ciénaga, Salado, de Tomás y otros afluentes menores. Al sur de San Antonio toma los nombres del Cajón, Toroyacu o de Cerro Colorado, recibiendo los cursos que drenan la ladera occidental de la sierra del Cajón, como también de los que descienden del Cerro del Mollar (5.132 m s.n.m.). Hasta Lampacito circula en buena parte del recorrido sobre rocas impermeables. Hacia el sur recarga su relleno aluvial.

La superficie del sector montañoso drenado por este río es de 1.350 km², aproximadamente. La lluvia que se precipita sobre esa superficie es de 152,5 mm/año, tomando el dato de Hualfín (113 mm anuales.) La descarga en Pamabalasto es conocida por algunos aforos aislados realizados por A. y E.E. de la Nación (Cuadro N° 8). Se juzga conveniente efectuar aforos sistemáticos en Lampacitos y Pamabalasto para determinar el régimen hidráulico del río entre esas localidades, pues se sospecha que se producen fuertes pérdidas por evaporación.

El río del Cajón es colector principal de las aguas de crecientes, permanentes y de las subterráneas que se descargan en su lecho y orillas aguas arriba de Pie del Médano.

De acuerdo con el cuadro N° 6 no podrá ser considerado como fuente de abastecimiento de agua industrial al yacimiento por cuanto la totalidad de sus aguas son empleadas para riego en el valle de Santa María y además los promedios mensuales de mayo a diciembre superan muy poco el caudal requerido.

Con respecto al valle de Santa María corresponde destacar que en su área de influencia se practica el cultivo de especies industriales valiosas, como ser pimiento, ají, vid, comino, etc. El área cultivable es de poco más de 2.500 Has. con riego permanente y eventual mediante aguas del río Cajón, llamado río Santa María en el ámbito de su valle, y



afluentes secundarios, según comunicación de la Dirección Provincial de Geología y Minería de la provincia de Catamarca en el IV Congreso del Agua realizado en Neuquén (1969).

De esa área sólo un 30% es utilizado, ya que en la época de máximo requerimiento hídrico de los cultivos, el estiaje de los ríos reduce la dotación de agua al mínimo. Esta circunstancia limita sensiblemente las posibilidades de expansión agrícola, sobre la base de un mayor aprovechamiento de las aguas superficiales del río Santa María y sus afluentes del faldeo occidental del Aconquija. El valle es un importante receptáculo de aguas subterráneas con recarga permanente por infiltraciones del río Santa María. Numerosas perforaciones ejecutadas por la Dirección Nacional de Geología y Minería, O.S.N. y particulares revelaron esta riqueza subterránea que posee rendimientos superiores a los 100 m³/h, alcanzando en algunos casos a los 300 m³/h, a profundidades económicas.

El derrame anual del río del Cajón en Pie del Médano es de 77,32 Hm³ (2,452 m³/s x segundos año), sin contar las crecientes. Este volumen de agua almacenado mediante una presa de embalse podría regar de 4.904 a 7.356 Has (1 Ha se riega con 0,0005 a 0,00033 m³/s/año) en forma permanente en el valle del río Santa María.

Como se ha expresado anteriormente apenas se riega un 30% de las 2.500 Has disponibles. Vale decir que un dique de embalse podría constituir para las necesidades del yacimiento una importante fuente de abastecimiento sin perjudicar los intereses agrícolas del valle. El lugar apropiado para la construcción de la presa se hallaría en la zona de Pie del Médano. La altura de este paraje es de aproximadamente 2.250 m s.n.m. y la distancia al yacimiento es de unos 55 km por el por-



tezuero del Atajo y La Salamanca.

Áreas favorables para la exploración del agua subterránea

En la cuenca campos del Arenal y de los ríos La Quebrada y del Cajón se distinguen tres áreas favorables:

1º) Área situada a 12 km al NNO del cerrito La Salamanca. Altura 2.450 m s.n.m. Distancia al yacimiento 37 km por el Portezuelo de Atajo.

2º) Área de Los Pozuelos. Altura 2.300 m s.n.m. Distancia al yacimiento 33 km por Pozo Verde y El Durazno.

3º) Área situada entre Pamabalasto y Pie del Médano. Altura 2.250 m s.n.m. Distancia al yacimiento 60 km aproximadamente, por el Portezuelo del Atajo y La Salamanca.

Área situada al NNO del cerrito La Salamanca

En esta área se establece que existirían condiciones favorables por las siguientes razones:

a) Se trata de la parte distal del abanico aluvial de los ríos Capillitas, Blanco, Arenal, Petrerillos y Buco Muerto del fanaldeo occidental del Anconquija.

b) Las condiciones estructurales, visibles en la imagen del satélite ERTS-NASA-USA que se agrega a este trabajo, están señaladas por un hundimiento del extremo sur de la sierra del Cajón, cuyo bloque hundido se halla separado del aflorante por la falla que corre de NE a SO en Pie del Médano. Sobre este bloque de Basamento Cristalino se apoya una cubierta de sedimentitas terciarias sobre las que descansan fanglomerados del Pleistoceno.



Este tramo hundido constituye el flanco nororiental del área que se propone para la exploración, y es el responsable de la circulación de las aguas subterráneas desde el pie de sierra hacia el noroeste y desde el área a investigar hacia el norte.

Se recomienda la ejecución de sondeos geoeléctricos sobre una línea de dirección NE - SO, para determinar el tramo de mayor espesor de sedimentos cuaternarios. De acuerdo con estos resultados se ubicaría el pozo o los pozos de exploración.

Características de los pozos:

Profundidad: Si es posible hasta alcanzar terrenos terciarios.

Diámetro: 8"

Muestreo del terreno: De cada metro

Análisis granulométrico: Para la selección de caños filtros.

Ensayos de bombeo: Bombeo durante 36 horas. Determinación de caudal y depresión, como también de recuperación.

Área de Los Pozuelos

En el área de Los Pozuelos se presentan las siguientes condiciones hidrogeológicas:

a) Se produce el escurrimiento hacia la zona de descarga de La Bajada de las aguas subterráneas que se infiltran al pie de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas.



b) El agua se encuentra cerca de la superficie y ello pareciera indicar mejores posibilidades a mayor profundidad.

Se recomiendan sondeos geoelectricos para determinar el espesor de la cubierta aluvial.

Las características de los pozos serán similares a las del área anterior.

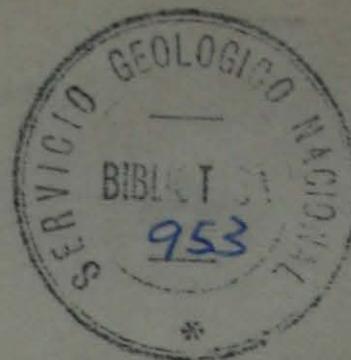
Relleno aluvial del rio del Cajón, entre Famabalesto y La Bajada.

En esta área se presenta un interesante depósito aluvial saturado de agua y sus condiciones hidrogeológicas y rendimientos se establecerán mediante perforaciones, de características similares a las indicadas para las áreas anteriores, a fin de ubicar el contenido de agua para proyectar captaciones por medio ^{de} perforaciones o galerías filtrantes. Los pozos serán de una profundidad tal, que atraviesen el espesor del aluvión.

Características químicas de las aguas

El agua que circula sobre Basamento Cristalino de las sierras que circundan a la cuenca tienen un bajo residuo seco, lo mismo se puede decir de las aguas que circulan en el relleno aluvial de las quebradas, y las que se alojan en los depósitos cuaternarios de pie de monte.

El agua freática que se presenta a poca profundidad entre Los Pozuelos y La Bajada, según R. Fernas (1969) tienen un residuo seco comprendido entre 1600 y 1700mg/l.



OTRAS POSIBLES FUENTES

Faldeo oriental del Anconquiya

El faldeo oriental del Anconquiya está surcado por una serie de ríos que forman parte del sistema hidrográfico del río Sali-Dulce. Estos cursos son alimentados por las precipitaciones pluviales y nivales, abundantes de acuerdo con los registros, pues en algunos puntos las lluvias superan los 1.500 mm anuales (1). El agua que no se escurre rápidamente se acumula en los detritos de faldeo, depósitos glaciares y en el relleno aluvial de las quebradas.

Según Ruiz Huidobro (1972) "los vientos húmedos y cálidos del noreste al encontrarse con la ladera oriental del Anconquiya, se ven obligados a subir, lo cual determina que pierdan su humedad por condensación a medida que ascienden, por lo tanto las precipitaciones disminuyen desde el pie de la sierra hacia arriba, de tal manera que los valores más elevados se registran en las partes bajas. Entre los 1.000 y 1.500 m la intensidad de las lluvias disminuye pero aumenta su frecuencia. Es decir, predominan las lloviznas persistentes sobre las lluvias torrenciales, que es el carácter dominante en la selva basal de la sierra. Más arriba, entre los 1.500 y 2.500 m, el fenómeno se acentúa, lo que se manifiesta en persistentes garúas y neblinas que a veces duren por mucho tiempo. De los 2.500 m hacia arriba disminuyen considerablemente las precipitaciones, que generalmente se producen como nieve, garrotillo y granizo". No obstante las observaciones del referido autor se puede afirmar que entre la cota de los 3.000 m, que es la de interés para las captaciones, y las cumbres, se preci-

(1) Los Hornitos promedio anual 1.741 p/el período 1942/1958



pitán en forma de lluvia y nieve una cantidad mayor que a igual altura en la ladera opuesta. Por otra parte los ríos que se mencionarán para la investigación hidrológica reciben el aporte de los mantos de nieve del Nevado del Anconquiya, que constituyen una importante fuente de alimentación.

Los ríos que pueden ser considerados para un estudio de prefactibilidad son el Cochuna con sus afluentes Bolsón y Vallecito, y los ríos Chacra, Potrero, Charquiadero y Pisavil que originan el de Las Cañas, El Cochuna y de Las Cañas forman el Medina, tributario del río Salí. Los volúmenes a captarse en este faldeo no significará una merma de los caudales de la red hidrográfica como para afectar los intereses de los usuarios aguas abajo, ya sean estos agricultores o plantas hidroeléctricas.

La información que se posee pertenece a estaciones de aforo que se encuentran muy por debajo de los 3.000 m s.n.m. En Potrero del Clavillo donde se reúnen los aportes de los ríos Chacra, Potrero y Pisavil, el promedio anual es de 2,704 m³ para el período 1943/44 a 1958/59, según datos de A. y E. N. de la Nación.

La conducción del agua hasta los yacimientos constituiría un problema de ingeniería de difícil resolución, no obstante esta fuente de abastecimiento no debe ser desechada pues en ella se podría reunir fácilmente el caudal requerido.

El problema de congelamiento de las aguas se presenta en buena parte del año, aunque no tan intensamente como en la ladera occidental ya que se halla ex-



puesta a los vientos templados del este.

La traza del acueducto desde las fuentes hasta los yacimientos, siguiendo la curva de nivel de los 3.000 m s.n.m., tendría una longitud aproximada de 130 km, desde el río Cochuna pasando por la Hoyada del río Blanco, cabeceras del Candado, Potrero, Choya, Yacuyuyo, Atajo, para alcanzar el tramo superior del río Visvi, en el área de los yacimientos del Bajo de la Alumbarrera. En este recorrido podría incrementarse el caudal con agua de ríos y arroyos.

Río Belén

En Puerta San José, al norte de la localidad de Belén, se origina un caudal de 1,54 m³/segundo (Fernandez, A. 1974) debido a que el agua del relleno aluvial del río Belén aflora por endicamiento natural en una serie de vertientes que forman una ciénaga.

La cuenca de este río tiene una superficie de 3.600 km², donde llueve término medio 113 mm anuales, de acuerdo con los registros de Hualfín que se encuentra aproximadamente en el centro de la red hidrográfica.

El agua del río es captada para riego de la localidad de Belén.

Corresponde mencionar que se encuentra en estudio la construcción de un dique de embalse en la garganta del río, aguas abajo de Puerta de San José. Con esta obra existiría una fuente de abastecimiento de agua al Bajo de la Alumbarrera. La distancia al yacimiento en línea recta es de 48 km atravesando la serranía de Cerro Pampa y la altura aproximada del lugar del posible embalse es de 1.350 m s.n.m.



Aguas subterráneas del sector nororiental de la cuenca del Salar de Pipanaco (Campos de Andalgalá).

A título informativo se menciona esta cuenca para la posible dotación de agua industrial a los yacimientos del Bajo de la Alumbraera. En los Campos de Andalgalá (área de La Isla-Pilciao) existen muy buenas posibilidades para alumbrar grandes caudales de agua subterránea de buena calidad. El área favorable se encuentra a 800 m s.n.m., ello significa que esta fuente es descartable por la gran diferencia de altura con respecto a la del yacimiento. Entre éste y la zona de perforaciones media una distancia de 50 km por ^{la} quebrada de Amanao.

La recarga anual de este sector de la cuenca del Salar de Pipanaco se origina en el frente montañoso drenado por los ríos de la quebrada del Cura, Amanao, Muschaca, Andalgalá que recibe una precipitación de 200 a 300 mm anuales. La superficie de la mencionada área montañosa es aproximadamente de 1.600 km² que recoge de 320 a 480 Hm³ anuales de agua. De este total precipitado participa 1/3 en la recarga de los Campos de Andalgalá, de tal manera se infiltran de 106 a 160 Hm³ anuales.

El Plan de Estudios de Aguas Subterráneas (P.E.A.S. - Catamarca), dependiente de la Subsecretaría de Minería de la Nación, realizó una serie de perforaciones en los Campos de Andalgalá, entre ellos se destacan los pozos:

Campo Huaco N° 1

Profundidad: 215,00 m; Nivel piezométrico: - 59,43; Caudal: 70 m³/hora (con compresor. Depresión: 1,90 m. Caudal específico: 36,8m³/hora por metro de depresión.



Campo Huaco N° 5

Profundidad: ? m. Capa de agua entre 52,00 y 60,00 m. Nivel piezométrico: - 44,80. Caudal: 100 m³/hora. Depresión: 6,00 m. Caudal específico: 16,6 m³/hora por metro de depresión.

Se trata de un complejo acuífero propio de los abanicos aluviales, que puede alcanzar un rendimiento de 200 m³/hora por pozo. Una batería de 9 pozos con esas características puede suministrar 0,495 m³/segundo, caudal suficiente para las necesidades del yacimiento.

Embalses de crecientes

Otra posibilidad para obtener agua industrial podría ser el embalse de las crecientes en la cuenca del río Visvi. La red de drenaje, en el tramo superior de este río hasta su confluencia con el Atajo, cubre una superficie de 216 km² aproximadamente, mientras que el tramo inferior hasta Las Juntas, antes de ingresar en la quebrada de Amanao, tiene una superficie aproximada de 145 km². Si se toma el valor promedio de lluvias de 113 mm anuales de Hualfín, aunque la media debe ser superior, se obtendrían para el área del tramo superior un volumen precipitado de 24 Hm³/año. En tanto que para el área del tramo inferior sería de 16 Hm³/año. La altura en el primer cierre con fluencia del río Atajo con río Visvi, es de 2.600 m s.n.m., encontrándose a 8 km del yacimiento. En el segundo cierre en Las Juntas es de 1.730 m s.n.m. y a 17 km del yacimiento.

Se trata de una fuente de abastecimiento que estaría supeditada al régimen irregular de lluvias de la



región, por lo que se tendría que estudiar los aspectos pluviométricos y evaporimétricos por un lado y por el otro las condiciones geotécnicas de fundación de las presas de embalse. No obstante las pocas posibilidades de la idea, ésta no debe ser desechada por completo.



CONCLUSIONES

El análisis de la información hidrológica reunida permite formular algunas conclusiones. En la cuenca de los campos del Arenal y de los ríos de La Quebrada y del Cajón no existen ríos con caudales disponibles en forma permanente durante todo el año, siempre habrá que recurrir a más de una fuente^{de} abastecimiento. Se consideran de interés, en primer lugar, los ríos del faldeo occidental del Anconquiya por su altura con respecto al yacimiento y las aguas subterráneas del área situada a 12 km al NNO del cerrito La Salamanca.

Los puntos fundamentales de las conclusiones son los siguientes:

1°) De acuerdo con los caudales inferidos para el faldeo occidental del Anconquiya (Cuadro N° 4) no se cuenta con valores estables durante todo el año, pues las variaciones son notables, desde un máximo promedio mensual, suma de los caudales de todos los ríos, en enero de 1,267 m³/segundo hasta un mínimo en octubre de 0,542 m³/segundo. En los meses de caudales mínimos la afluencia es irregular por el congelamiento de las aguas en las altas cumbres.

2°) El río del Cajón posee caudales muy irregulares, altos promedios mensuales se registran entre enero y marzo (7,075 y 3,726 m³/segundo respectivamente), luego merman para llegar al mínimo en octubre (0,469 m³/segundo, Cuadro N° 6). El agua es empleada para riego del valle de Santa María.

3°) Las aguas de las sierras de Chango Real y de Las Cuevas suman un caudal de 0,334 m³/segundo, de acuerdo con los aforos realizados por R. Pernas en el mes de mayo de 1968 (Cuadro N° 5).



Estas aguas se infiltran a lo largo del río de La Quebrada, recargando los acuíferos del área occidental de la cuenca que se descargan en la margen derecha del río del Cajón.

4°) El río del Cajón, llamado aguas arriba del Cerro Colorado, Toroyacu y de Ovejería, drena una área que se extiende desde el Nevado de Chuscha hasta Famabalasto. En este último lugar, aforos aislados registraron caudales de 0,2 a 1,2 m³ por segundo (Cuadro N° 8). En Famabalasto circulan reunidas las aguas superficiales y del subálveo provenientes de esa extensa área y son las que contribuyen a la recarga del reservorio que se extiende aguas abajo. Para la evaluación de este reservorio es necesario conocer el volumen del escurrimiento ya sea superficial o subterráneo en la sección de Famabalasto.

5°) Las aguas subterráneas del Campo del Arenal se recargan con el agua de los subálveos y superficial de las quebradas de las sierras que lo circundan por el sur y del faldeo occidental del Anconquiya. El agua subterránea constituye un complejo acuífero, el cual se presenta dentro de niveles permeables que alternan con otros impermeables de características lenticulares, de tal manera que existe una interconexión de las capas de agua de la base con las del techo. Las aguas del Campo del Arenal circulan hacia Pie del Médano, donde se produce su descarga.

6°) En la cuenca de los campos del Arenal y de los ríos de La Quebrada y del Cajón se distinguen tres áreas favorables para la exploración del agua subterránea:



- a) Area situada a 12 km al NNO del cerrito La Salamanca
- b) Area de Los Pozuelos
- c) El reservorio representado por el relleno aluvial del río del Cajón, desde Famabalasto hasta La Bajada, cuya superficie aproximada es de 22,5 km², es susceptible de captación mediante galerías filtrantes o pozos. En este tramo del río se produce una fuerte evapotranspiración, pérdida que puede ser estimada en 6,6 Hm³/año.

7°) El volumen de agua que se precipita en la cuenca de los campos del Arenal y de los ríos del Cajón y La Quebrada es de 676,8 Hm³/año si se toma la media de los promedios anuales de Santa María y Hualfín.

8°) Como posibles fuentes de abastecimiento podrían considerarse las siguientes:

a) Los ríos del faldeo oriental del Anconquiya en la cota de los 3.000 m s.n.m. altura ideal para evitar el bombeo hacia los yacimientos. Existen posibilidades de captar el caudal requerido, pero ello implicaría problemas de captación y conducción de difícil resolución ingenieril. Por otra parte, el problema de congelamiento se presenta al igual que en el faldeo occidental.

b) En la Junta de San José (1.350 m s.n.m.) se origina el caudal estable del río del Belén, que constituye la descarga de su cuenca, cuya superficie aproximada es de



3.600 km², siendo su caudal de 1,54 m³/segundo, que es utilizado para riego en la localidad de Belén. Se tienen noticias de proyectos de construcción de un dique en la quebrada. Esta obra de embalse podría constituir una fuente de abastecimiento a los yacimientos.

c) Las aguas subterráneas de la cuenca del Salar de Pipanaco, en el área de la La Isla-Pilciao (800 m s.n.m.), donde una batería de 9 pozos (200 m³/hora por pozo) podría suministrar el caudal requerido. Se estima que en el sector nororiental de la cuenca del Salar de Pipanaco, área de recarga del complejo acuífero de La Isla-Pilciao, se infiltran de 106 a 160 Hm³/año.

d) Embalse de las aguas de crecientes en las proximidades de los yacimientos.



RECOMENDACIONES

Las recomendaciones surgen de una condición muy importante: altura de las fuentes de abastecimiento con respecto a los yacimientos. De ahí que el faldeo occidental del Anconqui-ja tiene prioridad sobre las otras fuentes; todas las captaciones se encontrarían en la cota de los 3.000 m s.n.m., vale decir que no se necesitaría bombear el agua. En segundo lugar figuraría el área situada al NNO del cerrito La Salamanca, a una altura de 2.450 m s.n.m., como fuente de abastecimiento de agua subterránea con una diferencia en menos de 250 m con respecto a los yacimientos; serviría como complemento del agua del Anconqui-ja. Como última instancia, si los resultados de la exploración no resultaren satisfactorios en esta última fuente, se tendría que recurrir al área de Los Pozuelos o al relleno aluvial del río del Cajón entre Famabalasto y Pie del Médano.

En lo referente a los ríos y arroyos del Anconqui-ja se recomienda captar el máximo caudal posible durante todo el año, almacenando el exceso de agua que no se usa para la época del año en que merman los caudales de esas corrientes de agua. Asimismo el volumen podría ser incrementado con el agua que circula en los subálveos de las quebradas mediante obras de captación, ya sean éstas galerías filtrantes o diques subterráneos en el aluvión. Por otra parte, localmente en las proximidades de los yacimientos, el agua de las crecientes podría ser represada donde existan condiciones naturales para obras de embalse.



METODOLOGIA PARA LA INVESTIGACION
HIDROLOGICA DE LA CUENCA

Estudio de las aguas superficiales

- 1°) Recopilación de los antecedentes geológicos e hidrológicos (pluviometría e hidrometría)%
- 2 °) Recopilación del material cartográfico, aerofotográfico, imágenes de satélites, líneas de nivelación, etc.
- 3°) Análisis de los antecedentes geológicos e hidrológicos y del material destinado a la confección del mapa base.
- 4°) Confección mediante interpretación de la fotografía aérea, a escala 1:50.000, de un mapa base de la red de drenaje, con datos planimétricos, morfológicos, geológicos del área comprendida entre las sierras del Cajón y Anconquiya y las sierras de Chango Real y de Las Cuevas, entre las latitudes de Lampacito y del Bajo de la Alumbreira, con la finalidad de ubicar los cursos y vertientes que se aforarán y los lugares precisos de estas observaciones.
- 5°) Reconocimiento y aforos de las aguas superficiales en el área indicada en el punto anterior. Se recomiendan aforos mensuales durante un año como mínimo.
- 6°) El técnico hidrólogo consignará en su libreta de campo la máxima información posible de las características hidrológicas de los cursos o de las vertientes, naturaleza del lecho y las márgenes, pendiente, perfil transversal en el lugar del aforo, hora de la determinación, temperatura del agua y del aire, y cualquier otro dato de interés para el estudio.



- 7°) El técnico hidrólogo contemplará la posibilidad de ubicar escalas hidrométricas y pluviómetros en los lugares donde pobladores asentados puedan efectuar lecturas en forma permanente, como también la selección de puntos destinados a la instalación de pluviómetros totalizadores.
- 8°) Si del reconocimiento preliminar surge la conveniencia de profundizar aspectos geológicos de las fuentes y sus posibles orígenes o las características del subálveo, se deberá recabar la participación de un hidrogeólogo.
- 9°) Para el control de la cuenca se reunirá y procesará la información aportada por las comisiones hidrológicas y los observadores pluviométricos.
- 10°) Para la planificación tentativa de las trazas de los acueductos se deberá disponer de la restitución planialtimétrica de las franjas de interés, de la colaboración de un geomorfólogo y de un ingeniero proyectista.

Exploración del agua subterránea

- 1°) Reconocimiento hidrogeológico con el control de campo de la fotointerpretación del área indicada en el punto 4° del Estudio de las Aguas Superficiales.
- 2°) Prospección geoelectrica en los lugares que surgen del reconocimiento anterior.
- 3°) Sobre el mapa base seleccionar con criterio hidrogeológico las áreas favorables aportadas por los puntos 1° y 2° para la exploración del agua subterránea.
- 4°) Ejecución de perforaciones que deberán tener un buen desa-



rollo y cuyas profundidades y características técnicas de construcción se determinarán con los antecedentes reunidos en los puntos anteriores.

- 5°) Ensayos de bombeo para la determinación de las características hidráulicas de las perforaciones: nivel piezométrico, nivel dinámico, caudal, depresión, caudal específico y otros datos de interés para los fines del estudio. Determinación de los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento. Cono de depresión del pozo. Cálculo de posibilidades para una máxima explotación sin llegar a un desequilibrio entre la carga y la descarga.
- 6°) Con los datos del punto anterior se planificará el número de perforaciones necesarias para satisfacer la demanda de agua del yacimiento.

DEPARTAMENTO GEOLOGIA APLICADA

BUENOS AIRES, 22 de Octubre de 1976.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis P. J. Lou', written over a horizontal line.



BIBLIOGRAFIA

- AGUA Y ENERGIA ELECTRICA -1961- Anuario Hidrológico, 1953-1958, Tomo II, (Buenos Aires).
- DIRECCION PROVINCIAL DE GEOLOGIA Y MINERIA DE CATAMARCA, -1969- -Comunicación sobre el plan de riego con agua subterránea en el valle de Santa María (Provincia de Catamarca), IV Congreso del Agua, Comahue, sede Neuquén Tomo 4° (Neuquén).
- FERNANDEZ, A. E. -1974 - Evaluación preliminar del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del Salar de Pipanaco (Provincia de Catamarca), I.N.C. Y T.H., Publicación N°12, (Buenos Aires).
- GONZALEZ, O.E., -1975 - Geología y alteración en el cobre porfídico de "Bajo de la Alumbarrera", II Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, (Buenos Aires).
- GONZALEZ BONORINO, P. -1950- Geología y petrografía de las Hojas 12d (Capillitas) y 13d (Andalgallá), Boletín N° 70, Direc. Nac. de Indus. Minera (Buenos Aires).
- PERNAS, R. D., -1967- Informe de los trabajos realizados en el valle de Santa María, informe preliminar al Estudio Hidrogeológico (Provincia de Catamarca, Tucumán y Salta). Informe Inédito N° 404, en Serv. Nac. de Geología (Buenos Aires).
- PERNAS, R. D., -1969- Estudio hidrogeológico del Campo del Arenal (Prov. de Catamarca) Informe inédito N° 411 en Serv. Nac. de Geología (Buenos Aires.)
- RUIZ HUIDOBRO, O., -1972- Descripción Geológica de la Hoja 11e Santa María (Prov. de Catamarca y Tucumán) Boletín N° 134, Serv. Nac. Mi: Geológico (Buenos Aires).



- SOSIC, M.V.J., -1971- Descripción hidrogeológica del Valle de Antinaco-Los Colorados, Bol. N°123, Direc. Nac. de Geol. y Min. (Buenos Aires).
- TURNER, J.C.M., -1973- Descripción geológica de la Hoja 11d, Laguna Blanca (Prov. Catamarca), Bol. N° 142, Ser. Nac. Min. Geol. (Buenos Aires).
-



CUADRO N° 1 PROMEDIOS MENSUALES DE LLUVIAS EN mm

Período 1921 - 1950

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Concepción	209	139	157	68	35	17	10	9	18	61	102	138	962
Andalgalá	85	61	46	20	7	4	5	4	6	15	18	37	308
Santa María	47	37	22	3	0,2	0,6	0,3	0,3	1	12	16	37	175
Hualfín	41	29	15	3	0	0	1	1	1	2	5	15	113

CUADRO N° 2 PORCENTAJES DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE LLUVIAS - Período 1921- 1950

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Concepción	21,7	14,4	16,3	7,0	3,6	1,7	1,0	0,9	1,8	6,3	10,6	14,3
Andalgalá	27,6	19,9	14,9	6,5	2,3	1,3	1,6	1,3	1,9	4,8	5,8	12,0
Santa María	26,8	21,1	12,5	1,7	0,1	0,3	0,2	0,2	0,6	6,8	9,1	21,0

CUADRO N° 3 RIOS DEL FALDEO OCCIDENTAL DEL ANCONQUIJA. AFOROS REALIZADOS

por el LIC. RICARDO FERNAS ENTRE EL 18 y 29 de mayo 1968

Nombre	Localidad del aforo	Caudal m ³ /s	Altura aprox. (m s.n.m.)	Fecha
Rio Capillitas	1,3 Km aguas abajo de la confluencia con el arroyo Agua de la Chilena	0,037	3.000	18-5-68
Rio Blanco de Anconquijs	Puesto Rio Blanco	0,040	3.200	20-5-68
Rio Las Conchas	2,5 Km aguas arriba del Puesto Nuevo	0,065	3.100	21-5-68
Rio Arenal	Ingenio del Arenal	0,240	3.100	27-5-68
Arroyo Los Rios Norte	Puesto Los Rios	0,063	3.100	27-5-68
Rio Zarzo	Puesto Zarzo	0,020	3.100	28-5-68
Arroyo Buey Muerto	Puesto Buey Muerto	0,014	3.000	28-5-68
Rio Cerrillos	Estancia Cerrillos	0,179	3.000	29-5-68
Agua del Tesoro Norte	El Tesoro de Arriba	0,057	2.650	29-5-68
Agua del Tesoro Sur	Est. El Tesoro de Arriba	0,030	2.590	29-5-68
TOTAL		0,745		



CUADRO N° 4 RIOS DEL VALDEO OCCIDENTAL DEL ANCONQUIJA - CAUDALES PROMEDIOS

MENSUALES INFERIDOS EN BASE A LOS AFOROS REALIZADOS EN EL MES DE MAYO

DE 1968 POR EL LIC. RICARDO FERNAS CON REFERENCIA A LOS CAUDALES ME-

DIOS MENSUALES DEL RIO ANDALGALA (m3/s).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO	AÑO
Rio Arenal	0,408	0,458	0,390	0,284	0,240	0,206	0,190	0,181	0,181	0,175	0,187	0,200	250	0,250
Rio Cerrillos	0,304	0,341	0,290	0,211	0,179	0,153	0,142	0,135	0,135	0,130	0,139	0,149		0,192
Rio Las Conchas	0,111	0,124	0,106	0,077	0,065	0,056	0,052	0,049	0,049	0,047	0,051	0,054		0,070
A° Los Rios Norte	0,107	0,121	0,103	0,075	0,063	0,054	0,050	0,048	0,048	0,046	0,049	0,053		0,068
Agua del Tesoro Norte	0,098	0,110	0,094	0,068	0,057	0,049	0,046	0,043	0,043	0,042	0,045	0,048		0,062
Rio Blanco del Ancon-														
quijsa	0,069	0,077	0,066	0,048	0,040	0,035	0,032	0,030	0,030	0,029	0,032	0,034		0,043
Rio Capillitas	0,063	0,070	0,060	0,044	0,037	0,032	0,029	0,028	0,028	0,027	0,029	0,031		0,040
Agua del Tesoro Sur	0,051	0,057	0,049	0,035	0,030	0,026	0,024	0,023	0,023	0,022	0,023	0,025		0,032
Rio Zarzo	0,033	0,037	0,032	0,023	0,020	0,017	0,016	0,015	0,015	0,014	0,015	0,016		0,021
A° Buey Muerto	0,024	0,027	0,023	0,017	0,014	0,012	0,011	0,011	0,011	0,010	0,011	0,012		0,015

TOTALES 1,268 1,422 1,213 0,882 0,745 0,640 0,592 0,563 0,563 0,542 0,581 0,622 0,797



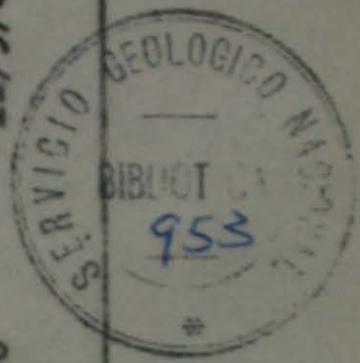
CUADRO N° 5 RIOS DEL PALDEO ORIENTAL DE LAS SIERRAS DE CHANGO REAL Y

DE LAS CUEVAS, AFOROS REALIZADOS POR EL LIC. RICARDO FERNAS

ENTRE EL 3 y 11 de Mayo 1968

Nombre	Localidad del aforo	Caudal m ³ /s	Altura aprox. (m s.n.m.)	Fecha
Rio de la Quebrada	Pto. La Quebrada	0,061	3.000	3/5/68
Rio Volcán	3,4 Km de la desembocadura	0,014	2.800	3/5/68
Rio Agua Amarilla	2 Km de la Escuela, aguas arriba	0,026	2.800	4/5/68
Rio Chifocán	Cruce camino	0,108	2.600	6/5/68
Rio Blanco	Pto. Toterillas	0,022	2.550	6/5/68
Rio Chaficán	La Toma, aguas arriba Pto. Chaficán - de Abajo	0,027	2.900	10/5/68
Rio Suncho Yacu	Pto. Suncho Yacu	0,012	2.700	10/5/68
Rio Loro Huasi	Pto. Loro Huasi	0,054	2.700	11/5/68
Rio Agua del Potro	4,8 Km arriba de la Estancia El Balde	0,010	2.900	11/5/68

TOTAL 0,334



CUADRO N° 6 HIO SANTA MARIA O DEL CAJON - DATOS DE AGUA Y ENERGIA ELECTRICA

AFUROS REALIZADOS EN PIE DEL MEDANO (m³/s)

Período 1970-71 / 1974-1975

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	AÑO	
1970/71	Promedios	(0,433	0,182	0,132	0,384	4,676	13,822	5,155	1,396	0,271	0,374	0,511	0,474	2,242
	Máximos	(0,689	0,412	0,482	2,136	30,044	79,182	17,620	2,166	1,319	0,722	0,861	0,662	79,182
	Mínimos	(0,267	0,073	0,042	0,071	0,072	3,887	1,433	0,727	0,065	0,091	0,189	0,211	0,042
1971/72	Promedios	(0,464	0,919	2,662	1,117	18,113	10,770	4,071	1,647	1,314	1,160	0,936	0,706	3,641
	Máximos	(0,672	4,547	5,763	3,039	68,346	18,143	8,355	1,935	1,515	1,349	1,235	0,725	68,346
	Mínimos	(0,263	0,203	0,318	0,127	2,152	5,879	1,716	0,932	1,104	0,826	0,587	0,686	0,127
1972/73	Promedios	(0,751	0,398	0,162	2,437	2,694	7,165	3,784	0,849	0,832	0,825	0,714	0,645	1,771
	Máximos	(0,904	0,493	0,332	12,472	12,999	25,260	28,886	1,491	0,968	0,963	0,820	0,707	28,886
	Mínimos	(0,676	0,311	0,071	0,120	0,526	1,629	0,886	0,621	0,636	0,702	0,624	0,585	0,120
1973/74	Promedios	(0,589	0,300	0,136	0,134	4,831	8,658	2,082	1,019	0,880	0,823	0,818	0,831	1,758
	Máximos	(0,675	0,476	0,162	0,147	15,000	23,390	3,869	1,469	1,032	0,945	0,922	0,945	23,390
	Mínimos	(0,476	0,160	0,116	0,121	0,140	1,820	0,915	0,779	0,728	0,682	0,669	0,698	0,116
1974/75	Promedios	(0,713	0,546	0,211	0,243	5,062	19,439	3,538	1,169	0,871	0,820	0,743	0,813	2,847
	Máximos	(0,903	0,798	0,748	1,173	30,555	108,905	7,181	1,622	0,997	0,934	0,890	1,036	108,905
	Mínimos	(0,546	0,172	0,127	0,134	0,159	3,837	1,810	0,802	0,730	0,699	0,583	0,660	0,127
1970/71	Promedios	(0,590	0,469	0,660	0,863	7,075	11,970	3,726	1,216	0,833	0,800	0,744	0,694	2,452
	Máximos	(0,903	4,547	5,763	12,472	30,555	108,905	28,886	2,166	1,515	1,349	1,235	1,036	108,905
	Mínimos	(0,263	0,076	0,042	0,071	0,072	1,629	0,886	0,621	0,065	0,091	0,189	0,211	0,042





RIO DEL CAJON O SANTA MARIA

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA ESTACION DE APUNOS "PIE DEL MEDANO"

AGUA Y ENERGIA DE LA NACION

Latitud 26°59' - Longitud 66°15'

Aparato registrador: Velocímetro eléctrico marca "Cientec"

Características del río: Anchos aproximados del río en sus estados de aguas altas, medias y bajas, 38,00 - 20,00 - 6,00 m.

Lectura aproximada del hidrómetro para un caudal nulo y máximo de acuerdo con los datos recogidos en el lugar: caudal nulo 0,00 m³, caudal máximo aproximado 35,00 m³.

Constitución del lecho del río: areno ripioso

Constitución de las barrancas: Margen derecha: Pronunciada (casi vertical) constituida por conglomerados con intercalaciones de areniscas y lutitas. Margen izquierda: Esquistos micáceos con inclusiones cuarcíticas.

Material de arrastre: su naturaleza arenosa limosa.

Ancho del río ocupado por el material de arrastre: 60,00 m

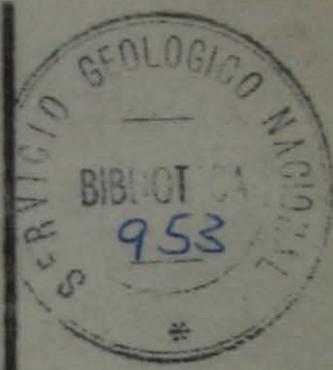
Material en suspensión: areno limoso.

CUADRO N° 7 RIO AMPAJANGO - CAUDALES MEDIOS MENSUALES

Datos de Agua y Energía Eléctrica de la Nación

(m³/s)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1955	0,55	0,58	0,54	0,54	0,43	0,34	0,22	0,24	0,28	0,26	0,34	0,46	0,348
1956	0,43	0,63	0,49	0,32	0,24	0,19	0,18	0,20	0,20	0,22	0,26	0,37	0,310
1957	0,59	0,61	0,52	0,43	0,29	0,23	0,16	0,18	0,19	0,19	0,20	0,23	0,310
1958	0,66	0,61	0,64	0,53	0,39	0,31	0,26	0,21	0,22	0,28	0,33	0,27	0,392
1959	0,40	0,49	0,57	0,38	0,27	0,22	0,21	0,20	0,20	0,18	0,15	0,20	0,289
1960	0,61	0,57	0,45	0,47	0,38	0,36	0,28	0,29	0,28	0,24	0,22	0,30	0,370
	0,540	0,581	0,535	0,445	0,333	0,275	0,216	0,220	0,228	0,228	0,250	0,305	0,346





CUADRO N° 8 RIO SANTA MARIA O DEL CAJON. - DATOS DE
AGUA Y ENERGIA ELECTRICA - AFOROS REALIZADOS EN
PAMABALASTO (m3/s)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
1948 (									0,5	0,4	0,2		(
1949 (									0,5	0,6	0,6		(
1950 (				1,1	1,2	1,0	0,8	0,8					(
1951 ((
1952 (						1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	(

Nota: El Lic. R. Pernas afero 1,068 m3/s el 10/5/67

CUADRO N° 9 RIOS DEL VALDEO ORIENTAL DEL ANCONQUIJA
AFOROS REALIZADOS POR AGUA Y ENERGIA ELECTRICA
(m3/s)

Rio Vallecitos	3,65
Casa de Piedra	0,38
Rio de la Laguna	4,60
Arroyo Sonador	0,53
Rio Jaya	3,77
Arroyo Hondo	0,47
Rio de Las Pavas	3,61

CUADRO N° 10 - PORCENTAJES DE LOS CAUDALES MEDICOS MENSUALES

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pie del Médano	23,8	40,3	12,5	4,1	2,8	2,6	2,5	2,3	1,9	1,5	2,2	2,9
Período 1970-71/1974-75	13,1	14,7	12,5	9,1	7,7	6,6	6,1	5,8	5,8	5,6	6,0	6,4
Rio Andalgalá	13,0	14,0	12,8	10,7	8,0	6,6	5,2	5,3	5,5	5,5	6,0	7,3
Período 1920-21/1951-52												
Rio Ampajango												
Período 1955-60												

CUADRO N° 11 - COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDICOS MENSUALES

Períodos	E	F	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Rio Santa María	7,075	11,970	3,726	1,216	0,833	0,800	0,744	0,694	0,590	0,469	0,660
ó del Cajón	1,388	1,558	1,329	0,964	0,822	0,707	0,650	0,623	0,620	0,598	0,644
Rio Andalgalá	0,53	0,57	0,53	0,43	0,35	0,28	0,22	0,22	0,22	0,22	1,60
Rio Ampajango	1,268	1,422	1,213	0,882	0,745	0,640	0,592	0,563	0,563	0,542	0,581
Rios de la faldá											
occidental del											
Anconquijsa (in-											
feridos)											





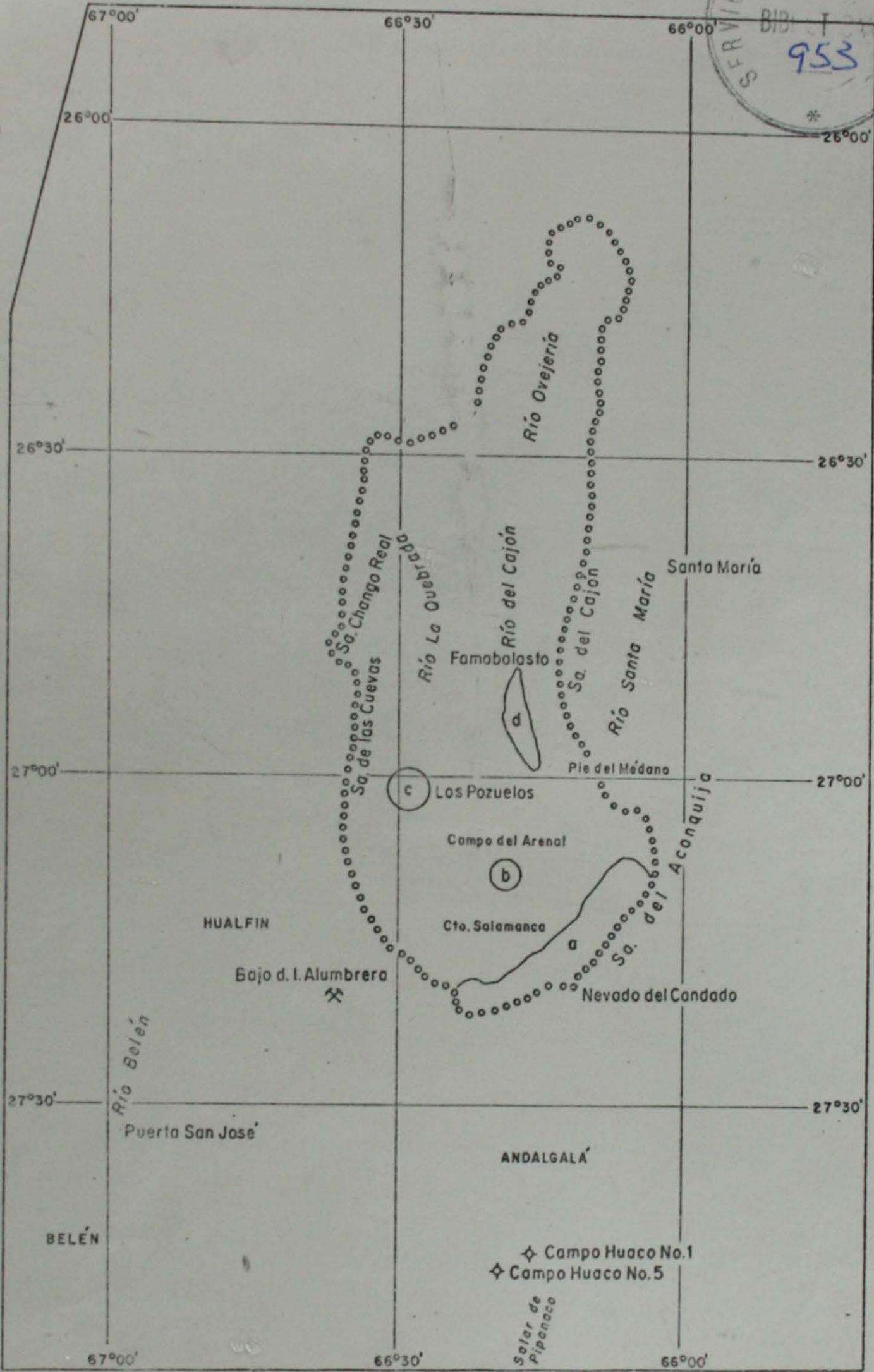
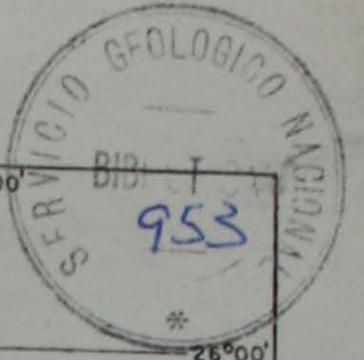
CUENCA DE LOS CAMPOS DEL ARENAL Y DE LOS RIOS DEL
CAJON Y DE LA QUEBRADA

REFERENCIAS DE LA IMAGEN SATELITE ERTS-NASA-USA. (Escala
1:1.000.000)

- o o o o o Divisoria de aguas de la cuenca hidrogeológica
- ⊙ Perforación
- ✕ Mina

AREAS PARA LA INVESTIGACION HIDROLOGICA

- a) Faldeo occidental de la sierra del Anconquiya (Aforos de rios y arroyos)
- b) Area situada al NNO del cerrito La Salamanca (Exploración del agua subterránea)
- c) Los Pozuelos (Exploración del agua subterránea)
- d) Area Famabalasto-Pie del Médano (Exploración del agua subterránea).



- ◇ Campo Huaco No. 1
- ◇ Campo Huaco No. 5

Salar de Pipenaco