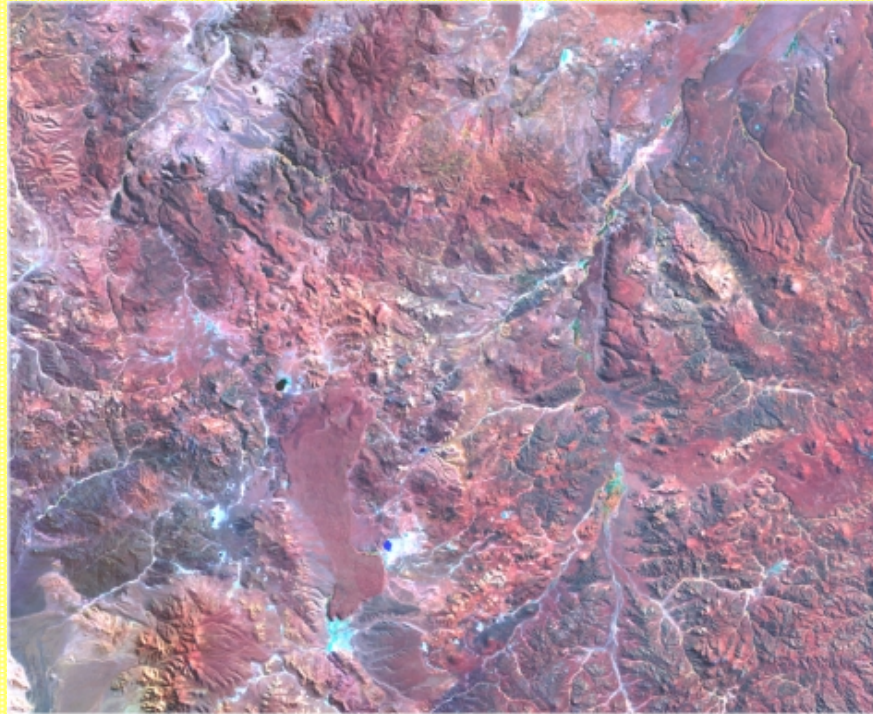




ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA LIPETRÉN



Experto Dr. Miguel P. AUGE

OBJETIVOS

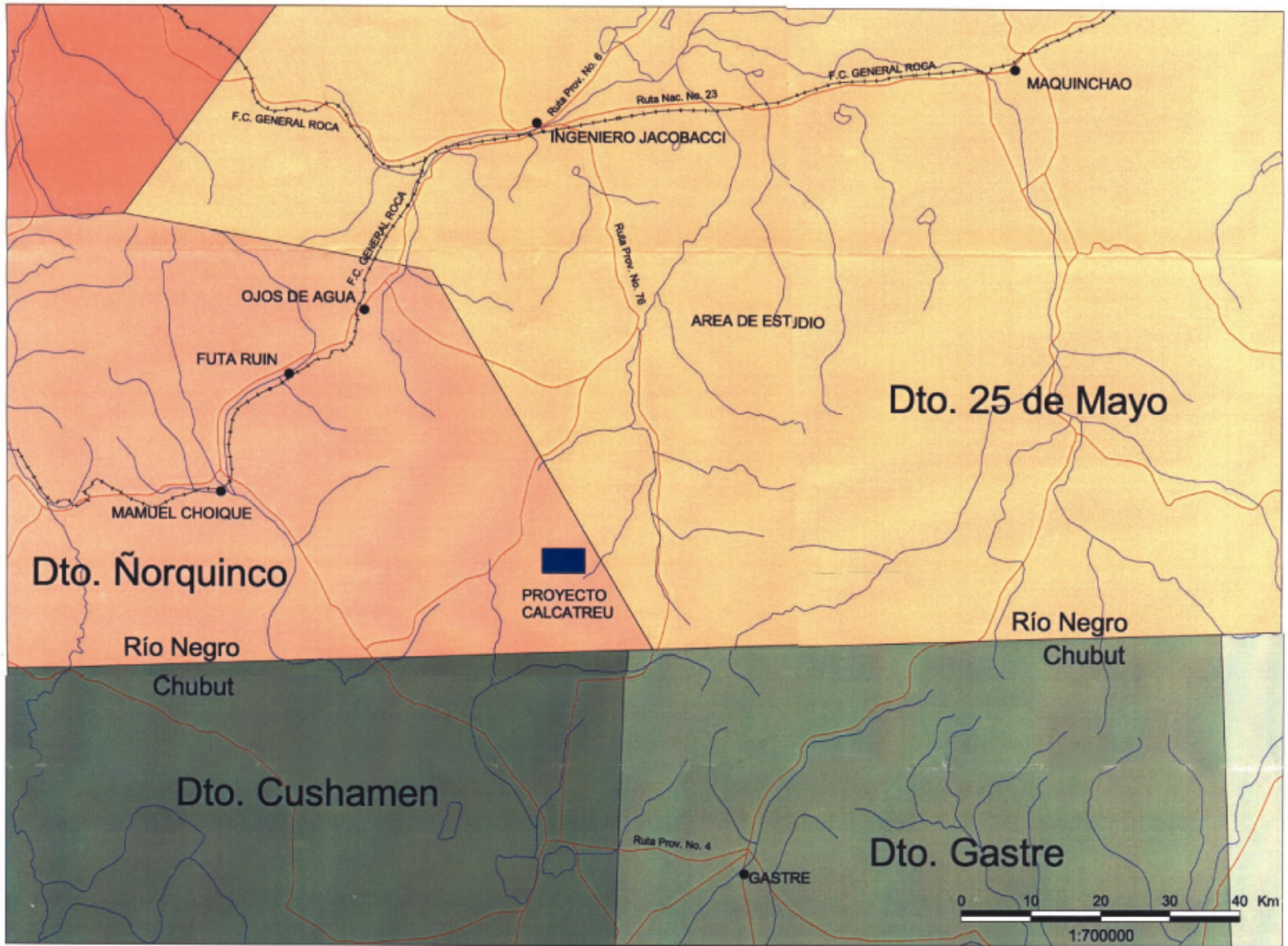
Definir el comportamiento hidrogeológico del complejo volcánico y las unidades geológicas asociadas, existentes en Calcatreu. Esto implica identificar y caracterizar a los horizontes productivos; o sea: establecer sus posiciones en el subsuelo, sus productividades y la calidad de sus aguas, en función de los usos previstos. También, establecer la relación entre el agua superficial y la subterránea, y realizar el balance hidrológico para cuantificar la recarga y de esa forma, poder planificar una

extracción que se encuadre en un aprovechamiento sustentable del recurso agua.

Otro de los objetivos fundamentales del estudio es emplear los resultados obtenidos en Calcatreu, como indicadores del comportamiento hidrogeológico de ambientes similares, en otras comarcas de la Línea Sur.

La elección de Calcatreu como área de estudio piloto (Figura 1) se debió a la profusa información geológica e hidrogeológica obtenida durante la exploración del yacimiento.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA REGIONAL



MÉTODOS Y TÉCNICAS

Recopilación y valoración de antecedentes

Se procedió a identificar, analizar y seleccionar la información existente, poniendo énfasis en los temas referidos a geología, geomorfología, hidrología, subterránea y superficial, edafología, estadísticas meteorológicas, biología y minería.

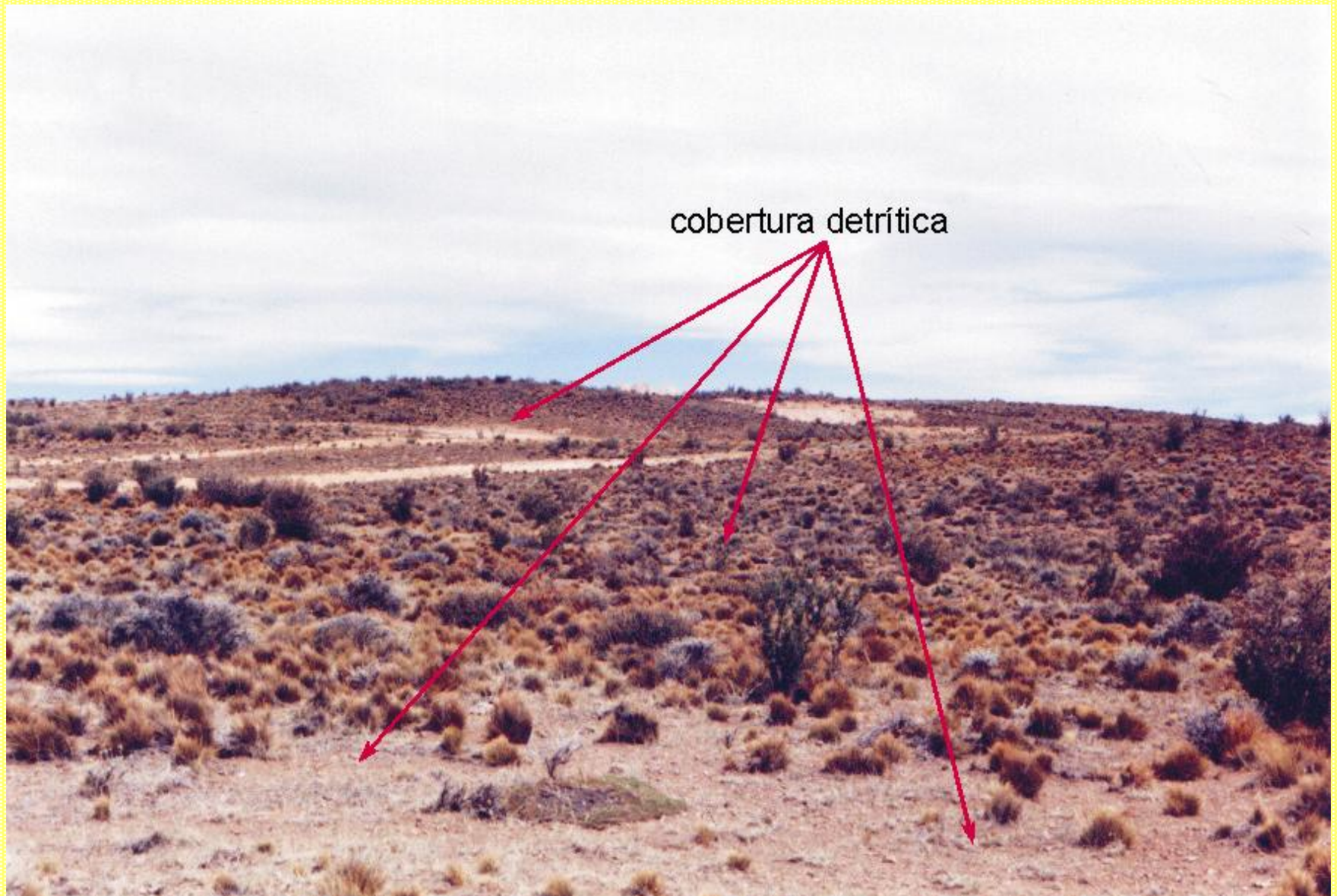
Relevamiento geológico

Los afloramientos rocosos tienen escasa manifestación y están restringidos a los sectores serranos altos (Figura 2), mientras que los faldeos y ámbitos bajos (valles, mallines, lagunas) están cubiertos por derrubio (Figura 3). Por ello, no se pudo caracterizar estructuralmente a las rocas, que son las de mayor interés hidrogeológico. Para suplir este impedimento se efectuó una descripción de testigos representativos, que se menciona en el punto correspondiente.

AFLORAMIENTOS ROCOSOS EN LAS CRESTAS Y ALTOS SERRANOS



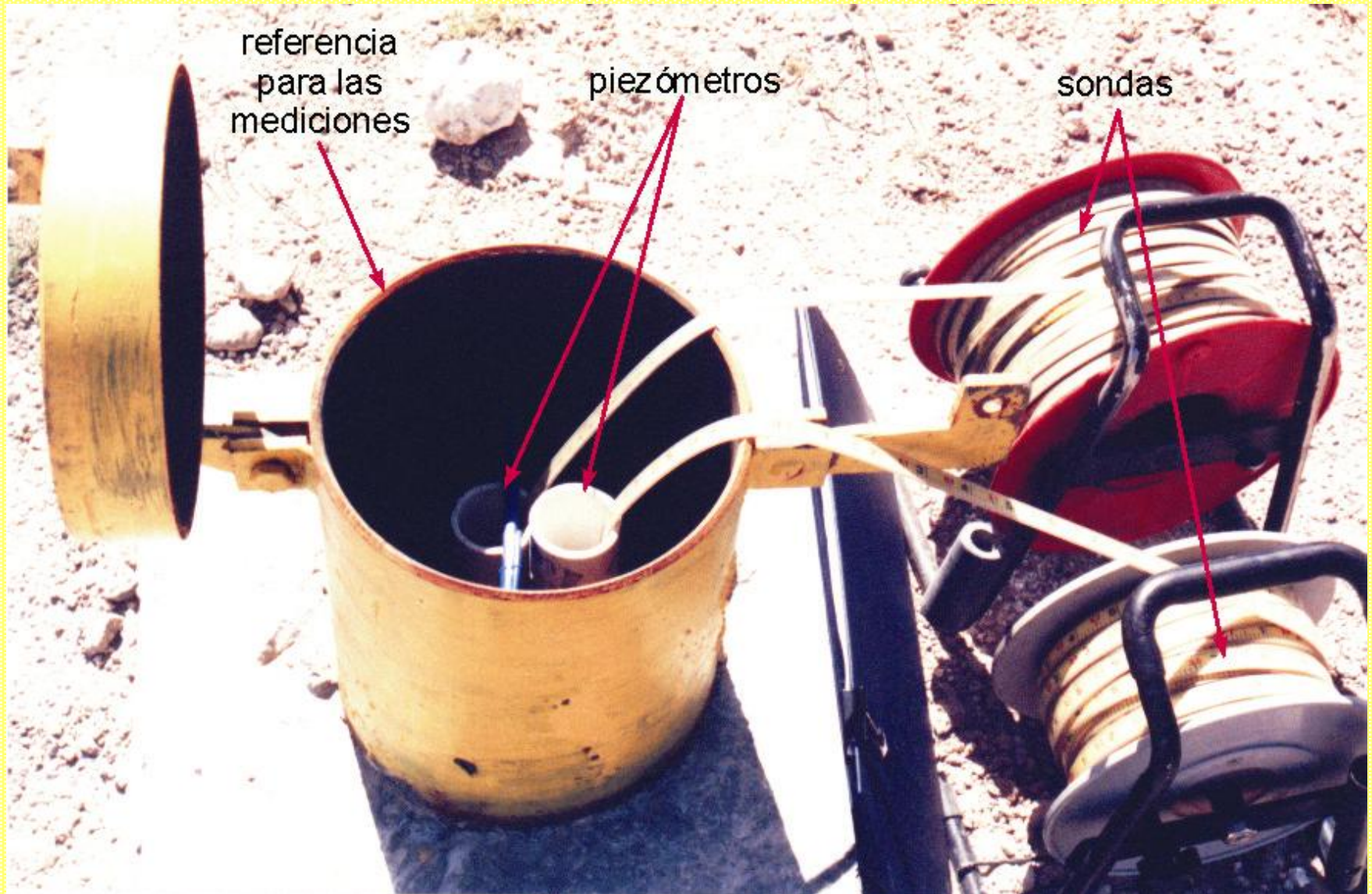
COBERTURA DETRÍTICA



Relevamiento hidrogeológico

Consistió en el reconocimiento de 118 perforaciones y pozos. De ellos, pudo medirse el nivel hidráulico en 95, mediante el empleo de sondas piezométricas con sensores eléctricos, graduadas al cm (Figura 4). En los pozos inclinados (Figura 5) se corrigió la profundidad del agua, para llevarla a su posición vertical. El objetivo de esta tarea fue disponer de la información piezométrica necesaria, para la elaboración del mapa con curvas equipotenciales.

SONDAS PIEZOMÉTRICAS



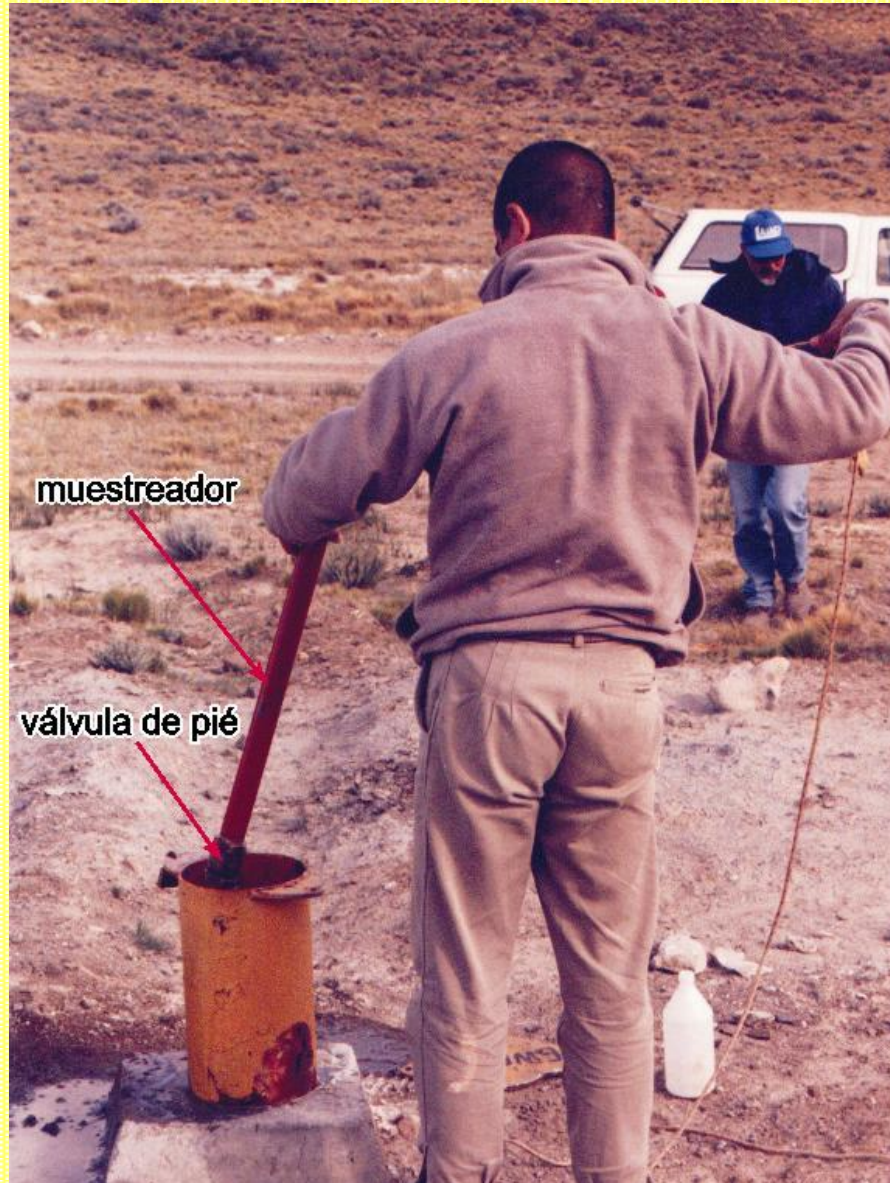
MEDICIÓN DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO EN POZO INCLINADO

Figura 5



De los pozos censados, se obtuvieron 27 muestras de agua, la mayoría tomadas con un muestreador con válvula de pié (Figura 6), en las que se efectuaron los análisis de laboratorio destinados a establecer la aptitud para consumo humano y la composición hidroquímica subterránea.

MUESTREADOR DE AGUA



Ensayos de bombeo

Se realizaron 6 ensayos de bombeo en 2 campañas, que insumieron 201 horas 35 minutos de bombeo y 73 hs. 6 min. de recuperación, cuyos resultados se indican en la Figura 7. Para ello se empleó una bomba con motor sumergido con una capacidad de 30 m³/h (Figura 8).

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE BOMBEO

	Pozo bombeo	N.E (m)	Q m ³ /h	N.D (m)	s (m)	Qe m ³ /h.m	Tf m ² /d	Sf	Kf m/d	Ubicación
Ensayo # 1	PB20	0,43	23,5	7,5	7,1	3,3	45	4,1.10 ⁻⁴	0,6	En el valle, entre las vetas 49 y Nelson
Ensayo # 2	PB19	31,94	0,55	34,08	2,14	0,26				En el open pit previsto para la Veta 49 (ensayo a caudal variable)
			1,6	44,57	12,63	0,12				
			2,1	57,00	25,06	0,08				
Ensayo # 3	PB19	33,09	2,4	51,61	18,53	0,13	2	6,1.10 ⁻³	0,04	Las mediciones en PB19 se interrumpieron a los 20' de iniciado el bombeo
Ensayo # 4	PB27	2,70	24,6	6,17	3,47	7,1	45	1,3.10 ⁻³	0,6	En el dique de colas previsto (cercañas de la Laguna Mojón Grande)
Ensayo # 5	PB23	24,94	15,3	51,91	26,97	0,6				En la batería de pozos de explotación prevista (valle aguas abajo de veta 49 y Nelson)
Ensayo # 6	PB23	225,25	16,4	54,54	29,29	0,6	100	2,3.10 ⁻³	2	Fue el único de los ensayados en alcanzar la estabilidad hidráulica durante el bombeo

N.E. nivel estático
Qe caudal específico

Q caudal
Tf transmisividad

N.D. nivel dinámico
Sf almacenamiento

s depresión
Kf permeabilidad
(f) fisurado

INSTALACIÓN DE LA BOMBA



equipo de bombeo

La finalidad de los ensayos fue establecer los parámetros hidráulicos del medio discontinuo (acuífero fisurado), con los que, junto con la red de flujo, se puede estimar el caudal subterráneo y la recarga.

El análisis del comportamiento hidrogeológico en los medios discontinuos es mucho más reciente que el realizado en los medios con porosidad intergranular y por ello, todavía no se ha llegado a definiciones precisas en relación a la hidrodinámica, parámetros hidráulicos, e interpretación de los ensayos de bombeo, entre otros factores.

En virtud de las indefiniciones mencionadas, la mayoría de los investigadores de la hidráulica subterránea en medios discontinuos o fisurados, terminan asimilando sus comportamientos a los de los medios continuos.

Este criterio es el que se siguió al analizar los parámetros hidráulicos, obtenidos con los ensayos de bombeo.

Descripción de testigos

Tuvo por objeto establecer las características, la distribución y la frecuencia de las superficies de debilidad (diaclasas, fisuras y fracturas), dado que las mismas constituyen el principal reservorio para el almacenamiento y la circulación del agua subterránea.

Se realizó una descripción macroscópica, con evaluación hidrogeológica, de 14 pozos mineros y geotécnicos perforados con broca de diamante por Aquiline, de los que se obtuvieron testigos corona en toda su longitud.

Se puso especial interés en las fracturas y alteraciones de las rocas, además de los distintos tipos litológicos. Para ello resultaron trascendentes los parámetros geotécnicos de los testigos de los pozos evaluados, en especial el número de fracturas y el parámetro RQD (Rock Quality Designation). Esto, vinculado a la densidad de fracturas existentes en el sistema, permite relacionarlo con su capacidad para almacenar y transmitir agua. También se prestó especial atención a los testigos de corona orientados de los pozos geotécnicos, ya que son los que tienen mayor cantidad de parámetros

registrados.

RESULTADOS

El estudio permitió identificar la existencia de varios horizontes productivos en secciones fisuradas de las andesitas de la Formación Taquetrén, a profundidades entre 50 y 150 m.

La mayoría de dichos horizontes producen agua en cantidad y calidad adecuadas para los abastecimientos humano y ganadero. En algunos casos, sin embargo, existe limitación para el primer uso, debido a la elevada salinidad y el alto contenido en flúor.

Los mayores rendimientos se corresponden con la región deprimida, o valle entre las serranías, donde se concentra el flujo proveniente de las zonas más elevadas.

La recarga o reposición que recibe el Acuífero Taquetrén (23 mm/año), a partir de la infiltración de la lluvia y de la fusión de la nieve, es del orden del 10% de la lluvia media anual (230 mm/año). Esto se traduce en un flujo subterráneo de 2.500 m³/día.

Los resultados de la investigación pueden extrapolarse a otros ámbitos de la Provincia con caracteres geomorfológicos y geológicos similares al estudiado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

❖ El recurso hídrico más importante de la región estudiada es el subterráneo y está contenido en rocas volcánicas antiguas, del Triásico superior (Formación Garamilla - riolitas de 165 millones de años) y del Jurásico superior (Formación Taquetrén - andesitas de 135 m.a.). Sin embargo, las perforaciones hidrogeológicas exploratorias más profundas (150 m) no alcanzaron a la Fm. Garamilla, quedando en la Fm. Taquetrén.

❖ Las rocas volcánicas mencionadas conforman un medio hidráulicamente discontinuo, en el que el agua ocupa fisuras abiertas (diaclasas, fracturas, contactos entre coladas, o entre diques de cuarzo y la roca de caja). La discontinuidad hidráulica hace que frecuentemente se encuentren niveles piezométricos y rendimientos muy diferentes y aún la desaparición del acuífero o parte del mismo, en pozos cercanos entre sí.

❖ **Por lo expuesto, resulta muy complicado hacer una estimación de la reserva de agua almacenada en las vulcanitas de la Fm. Taquetrén, pues a las discontinuidades hidráulicas laterales se les agregan las verticales, que dificultan la determinación del espesor saturado productivo. La facies sedimentaria de la Fm. Taquetrén (tobas arenosas y areniscas volcánicas), además de la porosidad secundaria por fisuración, presenta porosidad intergranular, aunque de bajo grado (menor al 2%).**

❖ El medio continuo o con porosidad intergranular, está representado por depósitos modernos, sueltos, de origen fluvial, lagunar, eólico y de piedemonte, de escaso espesor (generalmente menor a 10 m). El acuífero contenido en estos sedimentos es del tipo freático o libre y del mismo se abastecen los pobladores mediante pozos cavados (aguadas) y gran parte del ganado de la región (Figura 9). Debido al escaso espesor saturado y a la discontinuidad areal la reserva no es significativa, pero la unidad resulta importante hidrogeológicamente, pues actúa como vía para

**la transferencia de la recarga por infiltración,
hacia las formaciones volcánicas subyacentes.**

Figura 9

AGUADA EN PUESTO FLORENCIO HONORIO



❖ En lo referente a salinidad también se presentan cambios importantes en pequeñas distancias, que afectan tanto al acuífero poroso como al fisurado.

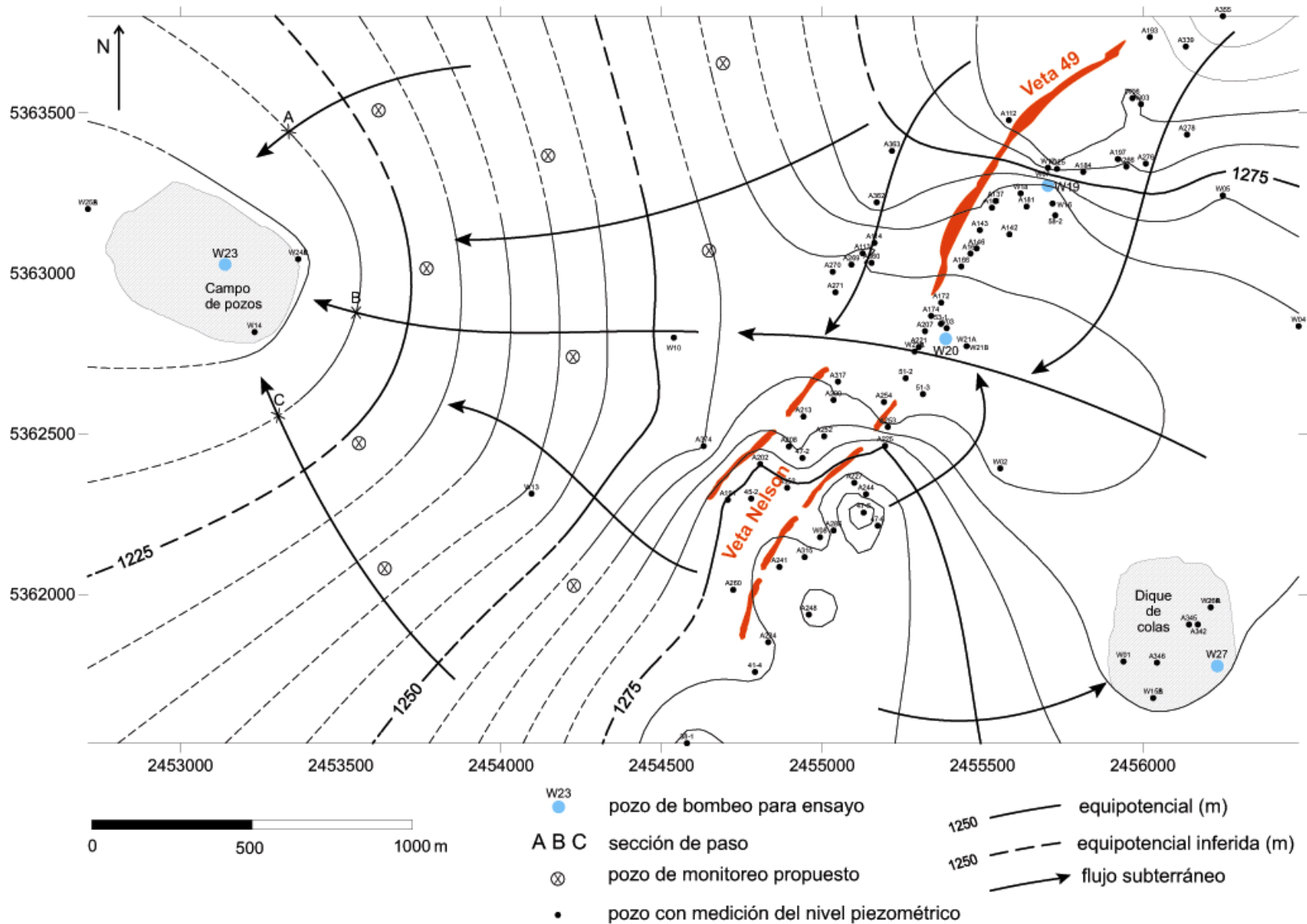
❖ En general las aguadas empleadas para el abastecimiento a los puestos presentan baja salinidad y son aptas para consumo humano, lo mismo que los mallines. Las lagunas varían ampliamente entre dulces y fuertemente saladas (salinas).

❖ El agua subterránea en el medio fisurado (Acuífero Taquetrén) también presenta variaciones importantes, entre contenidos salinos totales menores a 400 y mayores a 5.000 mg/L. De los componentes minoritarios analizados (F y As), el flúor es el que mayor limitación ejerce sobre la potabilidad, con valores mayores a 1,5 mg/L en 18 de las 27 muestras. El arsénico no incide en la potabilidad y de los componentes minoritarios y trazas, Aquiline cita que 7 de las 20 muestras de perforaciones en rocas volcánicas exceden la

**norma de COFES para el hierro (0,3 mg/L).
También menciona que de los metales, se
registraron altas concentraciones de estroncio y
que no existe norma local ni internacional
referida a la potabilidad para este elemento.**

❖ El caudal subterráneo es del orden de 2.500 m³/día (30 L/s) en el ámbito de flujo preferencial (E-O), coincidente con el valle interpuesto entre las dos serranías en las que se emplazan las vetas 49 y Nelson (Figura 10). En virtud de lo expuesto, y para no alterar significativamente el flujo subterráneo natural, no debe extraerse más de 1.250 m³/d (15 L/s), en el caso de concretarse algún tipo de explotación intensiva en el sitio mencionado.

RED DE FLUJO SUBTERRÁNEO



Se recomienda:

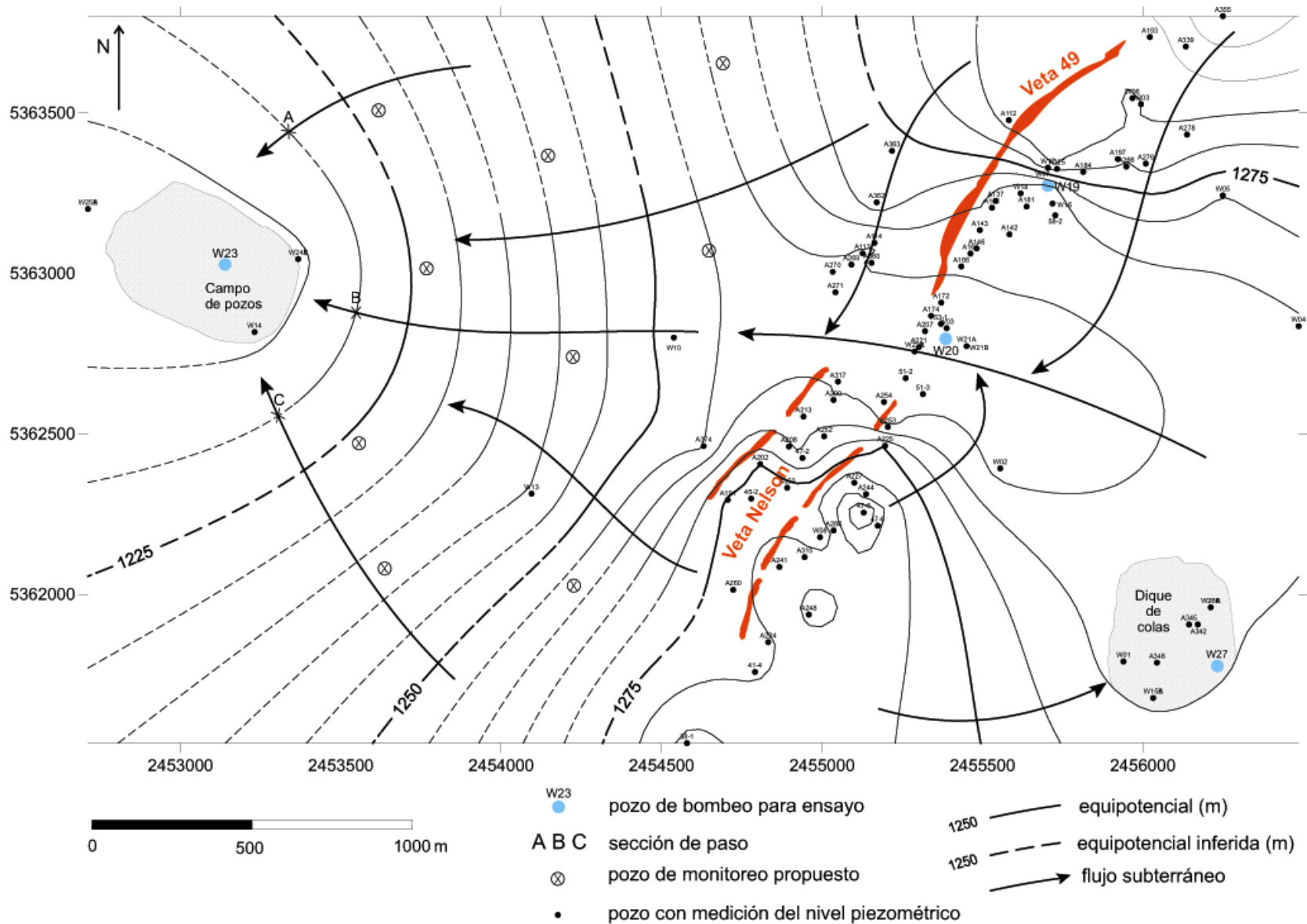
❖ La prospección hidrogeológica de la Línea Sur. Para ello, se considera fundamental la interpretación del diseño geomórfico - estructural, mediante el empleo de imágenes satelitales, mapas topográficos, mapas geológicos y reconocimiento de campo. Posteriormente, una vez identificados los sitios más favorables, podrá efectuarse exploración geofísica, mediante el empleo de técnicas geoeléctricas y de ser posible, sísmica de refracción.

Finalmente, deben ejecutarse perforaciones exploratorias para verificar el grado de precisión logrado con la prospección.

❖ Mantener el monitoreo en la red de pozos que realiza actualmente Aquiline.

❖ Construir otras 9 perforaciones de monitoreo, 5 al Norte del eje del valle que controla el flujo subterráneo principal E-O y 4 al Sur del mismo (Figura 10).

RED DE FLUJO SUBTERRÁNEO



Dichos pozos además de ampliar la red de monitoreo, tienen por finalidad precisar la de flujo con el objeto de mejorar el cálculo del caudal subterráneo, en un sitio donde la información piezométrica es escasa.

❖ Ajustar el funcionamiento y mantener en operación la estación meteorológica instalada por Aquiline en Calcatreu. El objeto, además de disponer de registros in situ de precipitación, temperatura, viento, evaporación, humedad y radiación, es cotejarlos con los de Maquinchao, que posee una serie histórica continua y mucho más extensa.

AGRADECIMIENTO

El autor desea manifestar su agradecimiento a las instituciones y personas que con su colaboración operativa, técnica y económica, hicieron posible la concreción de este trabajo:

Ministerio de Producción y Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro, Consejo Federal de Inversiones y Aquiline Argentina S.A.; a los Lic. Aldo Sisul, Bozidar Bakarcic, Gustavo Olivares y Nathalia Migueles y al Sr. Bruno Carazzone

Viedma, 8 de noviembre del 2006