

30506

1355

PROVISION DE AGUA A PICO TRUNCADO
PROVINCIA DE SANTA CRUZ

PATROUILLEAU, Rubén *

GONZALEZ ARZAC, Ricardo *

(*) Consejo Federal de Inversiones.

1985

SANTA CRUZ

H. 1112

X. 12

El presente trabajo , que se presentara al XII Congreso Nacional del Agua (CONAGUA '85), corresponde a una versión abreviada de los capítulos "Evaluación del sistema actual de explotación" y "Proposición de un nuevo sistema de explotación", contenidos en el informe presentado al Gobierno de la Provincia de Santa Cruz denominado ESTUDIO DEL SUBALVEO DEL VALLE DEL RIO DESEADO, SECTOR PICO TRUNCADO, en el marco de la cooperación técnica que efectúa el Consejo Federal de Inversiones a la empresa Servicios Públicos S.E.-

Los autores.

I N D I C E

		Pág.
1.	INTRODUCCION	1
2.	AREA DE ESTUDIO	2
3.	CARACTERIZACION GEOHIDROLOGICA DEL SUBALVEO DEL RIO DESEADO	3
4.	EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL DE EXPLOTACION	5
4.1.	DESCRIPCION FISICA DEL SISTEMA	5
4.2.	EVALUACION DEL SISTEMA DE CAPTACION	7
	- Situación respecto al modelo hidrogeológico descrito	7
	- Adecuación del tipo de captación al modelo acuífero	8
	- Aspectos hidráulicos	10
	- Aspectos químicos	13
4.3.	ASPECTOS CUANTITATIVOS DEL SISTEMA	16
	- Demanda: cuantificación y proyección futura	16
	- Oferta potencial actual	21
	- Relación Oferta-Demanda	22
4.4.	DIAGNOSTICO	23
5.	PROPOSICION DE UN NUEVO SISTEMA DE EXPLOTACION	24
5.1.	SELECCION DEL AREA DE EXPLOTACION	24
5.2.	ASPECTOS CUANTITATIVOS	26
	- Cálculo de reservas	26
	- Relación Reservas-Demanda	28
5.3.	PROYECTO DEL SISTEMA	29
	- Pautas de manejo	30
	- Ubicación y distribución perforaciones	31

1. INTRODUCCION

La localidad de Pico Truncado ($46^{\circ}48'S - 67^{\circ}58'W$) se encuentra ubicada en el noreste de la provincia de Santa Cruz, Departamento Deseado, en coincidencia con el cruce de la ruta N° 281, que la vincula con Puerto Deseado, Koluel Kayké y Las Heras, y la ruta N° 501 que parte desde Caleta Olivia hacia Gobernador Gregores.

Se constituye en el centro poblado más importante del distrito petrolífero y gasífero del yacimiento Santa Cruz Norte, y según sus actividades económicas y número de habitantes, ocupa el tercer lugar en la provincia después de la capital Río Gallegos y Caleta Olivia.

El presente estudio se emprendió a partir de una solicitud de cooperación técnica que formulara la provincia de Santa Cruz al Consejo Federal de Inversiones, motivada en las dificultades que afrontaba la empresa Servicios Públicos Sociedad del Estado, responsable del suministro de agua potable a la población de Pico Truncado. La empresa prestataria se encontraba imposibilitada de incrementar la oferta del servicio dado que la operación del sistema de captación se efectuaba en su límite máximo de extracción, acusando además un desmejoramiento de la calidad química del agua con elevados contenidos en fluoruros, que excedían los límites de las normas de potabilidad y asimismo, altos tenores de sulfatos y nitratos.

De esta forma, el planteo metodológico, desarrollo de los trabajos, procesamiento de información y formulación de resultados y conclusiones, prestan cobertura a los siguientes aspectos:

- la cuantificación de la disponibilidad de agua potable existente en el subálveo del valle del río Deseado, en el sector correspondiente a Pico Truncado.

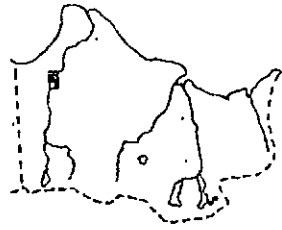
- la determinación del estado de conservación y eficiencia del sistema de captación ubicado en el citado subálveo.
- la formulación del anteproyecto definitivo de las nuevas captaciones a proponer, ampliatorias del actual servicio.

2. AREA DE ESTUDIO

La solicitud provincial circunscribe los trabajos al subálveo del río Deseado, seguramente ante la envergadura de la infraestructura instalada en el valle, en la pretensión de aprovecharla y adecuarla a los resultados del estudio.

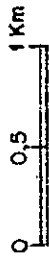
Estrictamente el área de estudio (Mapa N° 1) comprendió un sector del Valle del río Deseado, ubicado en coincidencia con el sistema de explotación actual, a ambos lados de la Ruta Provincial N° 501, 15 Km. al sudoeste de Pico Truncado. La superficie donde se realizaron tareas geohidrológicas fue del orden de 30 Km², extendiéndose al ámbito zonal las observaciones que permitieron esbozar el bosquejo geológico planteado.

En éste lugar S.P.S.E. posee su sistema de captación, bombeo e impulsión a la localidad, como asimismo Y.P.F. y Gas del Estado tienen baterías de perforaciones en desuso. Todas éstas manifestaciones, más las ejecutadas para éste estudio y las fuentes superficiales detectadas, fueron controladas y analizadas durante el desarrollo de los trabajos.



REFERENCIAS

- PS. Pozo somero
- PR. Pozo de reconocimiento
- PE. Pozo de explotación
- PG. Pozo de Gas del Estado
- B.S.P. Batería SADE - Petroquímica
- B. Batería de Bombeo
- O Sondeo eléctrico vertical
- S3 Sección geoelectrónica N° 3



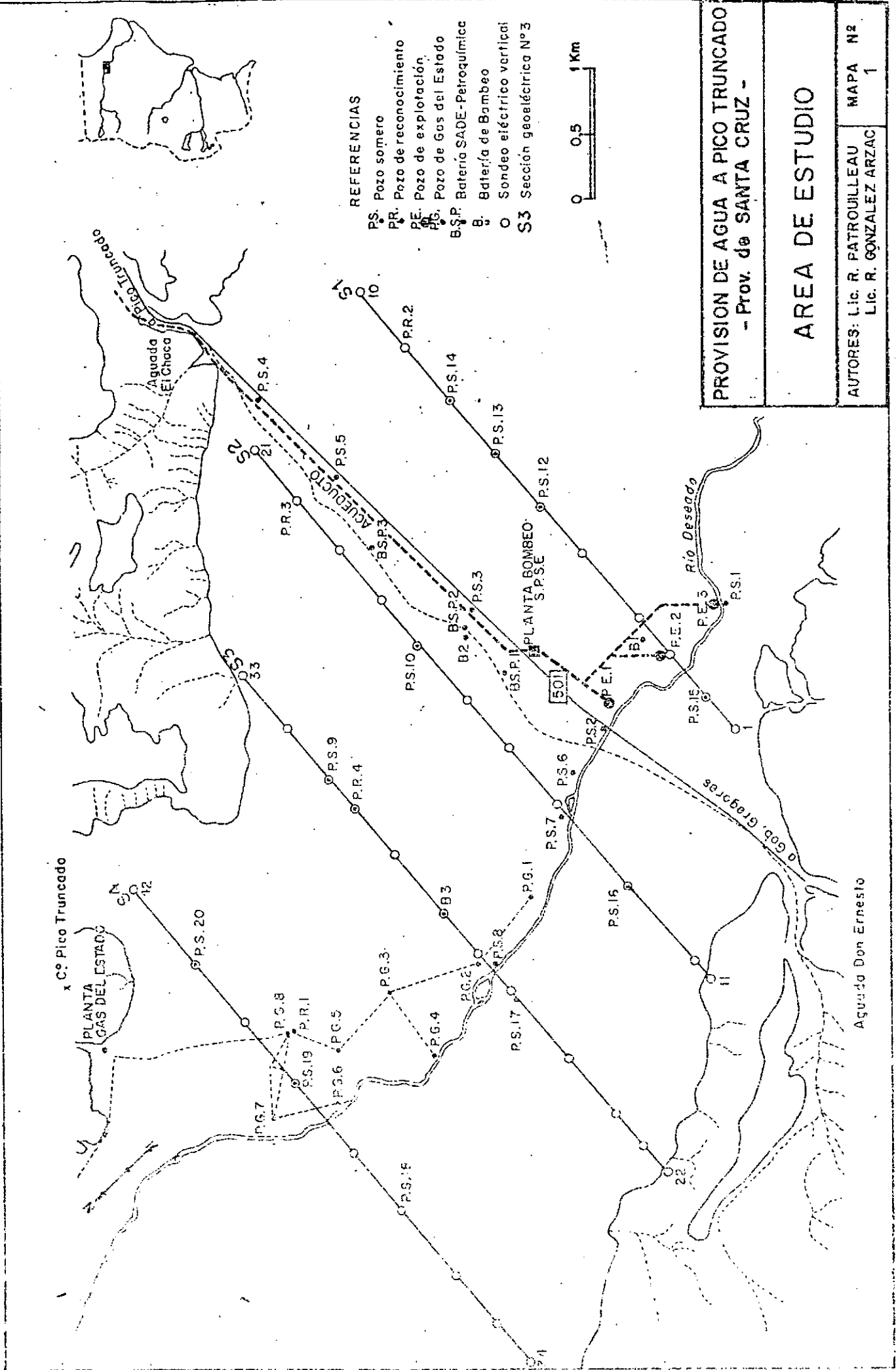
PROVISION DE AGUA A PICO TRUNCADO
- Prov. de SANTA CRUZ -

AREA DE ESTUDIO

AUTORES: Lic. R. PATROUILLEAU
Lic. R. GONZALEZ ARZAC

MAPA N° 1

Aguada Don Ernesto



3. CARACTERIZACION GEOHIDROLOGICA DEL SUBALVEO DEL RIO DESEADO

El diagnóstico geohidrológico del acuífero del subálveo requirió la generación de abundante información primaria ante la falta de antecedentes observada. Esa información fue recogida mediante prospección geoelectrica, perforaciones (someras, de reconocimiento del perfil acuífero, baterías de bombeo con pozos de observación), ensayos de bombeo, la instalación y seguimiento de una red de observación freaticométrica, más los correspondientes análisis químicos y granulométricos.

El procesamiento y análisis del conjunto de esa información derivó en la caracterización geohidrológica del acuífero (González Arzac et al - 1984) (4), que podemos resumir de la siguiente manera:

- El marco dado por la morfología y geología superficial revela un fondo de valle en el que se desarrollan las unidades cauce fluvial y planicie de inundación, donde pueden observarse depósitos terrazados en los bordes y semiterrazados en áreas centrales.

Sobre las laderas o "bardas" se desarrolla una secuencia terciaria compuesta de piso a techo aflorante, por las formaciones Río Chico, Sarmiento, Tobas de Kaluel Kaike y Patagonia. La morfología de "meseta" está conformada por afloramientos de un nivel de antigua planicie de inundación que bordean saltuarariamente las bardas, y por los depósitos de la Fm Rodados Tehuelches, que se disponen en forma de terrazas de amplio desarrollo, extendidas hacia el interior de la meseta. De esta última unidad afloran numerosos manantiales constituyendo aguadas que descienden hacia el valle.

- El río Deseado discurre en el amplio valle con carácter alóctono y transitorio, observando un diseño individual meandroso, de reducida sección y escasa capacidad de carga y energía morfogénica.

El acuífero freático, a la sazón el estudiado, se desarrolla entre límites geológicos dados por las formaciones terciarias en sentido lateral y éstas, o productos de su retrabajo, constituyen su piso.

El espesor del acuífero es variable, no excediendo los 10 metros. En la zona central del valle la potencia oscila entre 7 y 8 metros, de los que 3 a 5 metros se observan saturados.

Está constituido por rodados fluviales con matriz arenosa hasta limosa, observándose una sección de mayor granometría en su mitad inferior.

Los parámetros hidráulicos medidos atestiguan su alta capacidad para transmitir el agua subterránea, observándose un coeficiente de permeabilidad (K) variable entre 150-600 m/día, que determina un coeficiente de transmisibilidad (T) de 1000-3000 m²/día. El coeficiente de almacenamiento (S) toma valorizaciones de 0,1-0,2, existiendo localmente indicios de rendimiento retardado.

Químicamente el carácter saliente es la zonación lateral observada, que determina un área central de un ancho del orden de 1000-1500m que accede a los requerimientos de potabilidad. Hacia las bandas los tenores salinos aumentan progresivamente, constituyéndose un problema los contenidos en fluoruros, sulfatos, nitratos y la salinidad total resultante.

El comportamiento hidrodinámico revela que la recarga se produce por afluencia desde cabeceras con un gradiente hidráulico de 1 a 3×10^{-3} . El aporte por recarga directa del río no tiene relevancia local, y el lateral, dado por infiltración de las aguadas que surgen de los manantiales, tiene influencia solo en los bordes del valle.

La zonación química lateral es producto de una disminución de la permeabilidad hacia las bardas y de la calidad intrínseca de los aportes laterales.

4. EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL DE EXPLOTACION

4.1. DESCRIPCION FISICA DEL SISTEMA

Puede asumirse al sistema de explotación como constituido por 5 subsistemas en los que se desarrollan los distintos pasos que dan lugar al cumplimiento de su misión; ellos son: captación, bombeo, conducción, almacenamiento y distribución. En alguno de ellos se complementan otros fines, pero en todos los casos, éstos se subordinan al objeto principal.

Subsistema de captación: está ubicado en su totalidad en el valle del Río Deseado, y se encuentra conformado por las obras de captación, la cañería de interconexión de pozos y la cisterna de almacenamiento para bombeo.

La extracción se realiza en tres pozos de gran diámetro (PE 1, PE 2 y PE 3), perforados para tomar en todo su espesor el acuífero frías. Los pozos poseen un cable anillo de bombeo de 2,20 y 3,00

metros de diámetro respectivamente, con aberturas filtrantes rectangulares de 5 centímetros de alto por 30 centímetros de base, recubiertas por una malla metálica de acero inoxidable; se practica el bombeo en cada pozo mediante una electrobomba centrífuga sumergible de eje vertical. El sistema es asistido de energía por la planta transformadora situada en la estación de bombeo, conectada a una línea de alta tensión de 3300 Kw/hora.

El caudal bombeado por cada pozo se interconecta (\emptyset 150 y 200 mm) y colecta (\emptyset 300 mm) mediante cañería de acero, por donde se lo conduce a una cisterna de almacenamiento de 250 m³ de capacidad situada en las inmediaciones de la planta de bombeo.

Subsistema de bombeo: lo constituyen tres bombas centrífugas horizontales marca KSB, de 15 HP, instaladas en la estación de bombeo construída en el centro del valle, sobre la ruta N° 501 que vincula Pico Truncado con Gobernador Gregores. En dicha estación, existe una planta transformadora que recibe la energía de línea proveniente de Aguada del Norte y la distribuye a los pozos de explotación y a las bombas de impulsión. Estas bombas toman el agua de la cisterna y la conducen al acueducto.

Subsistema de conducción: constituido por un acueducto de cañería de hierro que conduce el agua por 14 Km hasta el centro de la localidad.

Subsistema de almacenamiento: consiste en una cisterna de 3000 m³ y un tanque elevado a 350 m³ de capacidad ubicados en la plaza central de la localidad.

Subsistema de distribución: constituido por una red de distribución que, mediante el tendido de 40.200 metros de cañería sirve a 200 manzanas con un número de 2.288 conexiones domiciliarias y cuatro surtidores públicos, dos de ellos fuera de servicio y los dos restantes ubicados en adyacencias de los edificios de la empresa Servicios Públicos S.E. y de los talleres y depósitos municipales.

En el presente trabajo se orienta el análisis al sistema de captación, en el cual se alcanza el nivel de diagnóstico.

4 2. EVALUACION DEL SISTEMA DE CAPTACION

- Situación respecto al modelo hidrogeológico descripto

El sistema de captación de S.P.S.E. se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Deseado, al sur de la ruta nacional 501, donde se alinean con rumbo sub-paralelo al río los tres pozos de gran diámetro, con una equidistancia del orden de 600 metros.

Las características geohidrológicas locales de la faja en que se ubican denotan como rasgo saliente un desmejoramiento de la calidad química respecto a la faja central descripta, ya que las captaciones se encuentran en zona de borde respecto al área central apta, que con marcada zonación lateral evoluciona hacia un recurso inapto hacia los bordes del valle.

Las valoraciones observadas muestran ocasionalmente concentraciones críticas respecto a potabilidad, fundamentalmente en los aniones fluoruros y nitratos. También, aunque enmarcados dentro de los

tenores admitidos, se observan incrementos en los contenidos de sulfatos y cloruros.

Los parámetros hidráulicos e hidrodinámicos del recurso subterráneo resaltan transmisibilidades de 1000-1500 m²/día, el coeficiente de almacenamiento varía entre 0,1 - 0,2 y la respuesta es en general de acuífero libre con evidencias de rendimiento retardado.

- Adecuación del tipo de captación al modelo acuífero

Hace aproximadamente veinte años y con la información suministrada por tareas exploratorias realizadas por las firmas Sade-Petroquímica, se decidió la construcción de pozos de gran diámetro en el valle del río Deseado. En el Gráfico N° 1 se presenta como ejemplo el esquema de PE 1, que básicamente coincide en diseño con los restantes.

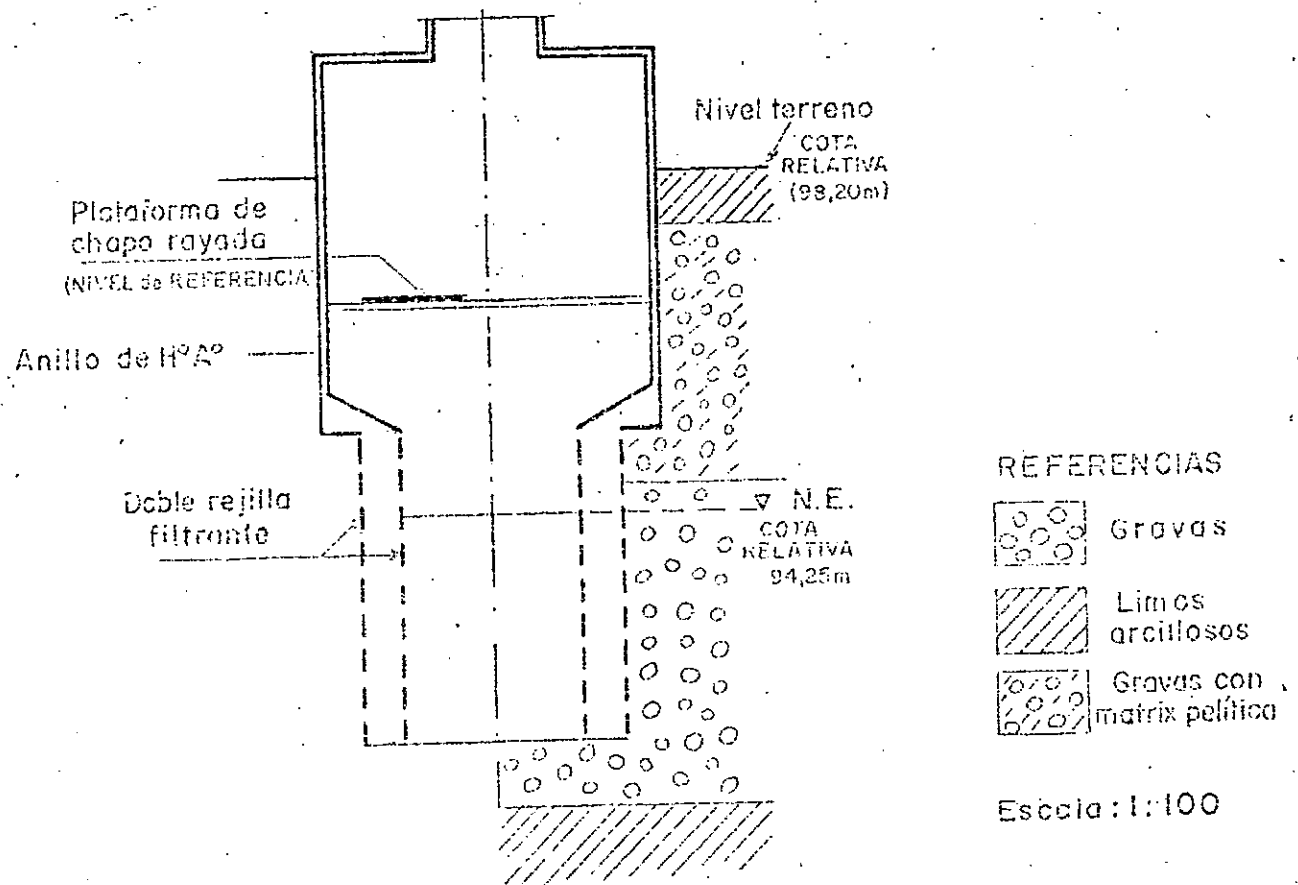
El sistema elegido será analizado brevemente y comparada su efectividad con otro tipo de captaciones convencionales, en este caso, las perforaciones.

El pozo de gran diámetro, como su denominación lo indica, tiene el atributo de sumar en explotación dos aportes respecto a la captación asociada como puntual: 1) el almacenamiento en el pozo, propio de su diseño y 2) el contar con un área de aporte sensiblemente mayor al aumentar el radio (r) del pozo, que implica para igual depresión producida, un mayor caudal de extracción.

El almacenamiento del pozo es el responsable, para el inicio

ESQUEMA DE POZO DE GRAN DIAMETRO

POZO DE EXPLOTACION N° 1



del bombeo, del 100% del caudal teórico de extracción de la bomba, para luego rápidamente compartir el aporte con el proveniente directamente del acuífero, hasta que se invierte la incidencia y llega este último prácticamente a entregar el total de la aportación.

Los dos factores enunciados concurren como se dijo, a determinar un aumento del caudal de extracción para igual depresión generada. El único elemento responsable de ello respecto a una captación puntual es el radio del pozo, por lo que a continuación se cuantificará la incidencia de este parámetro en el rendimiento hidráulico.

La observación de la formulación hidráulica pertinente, como la que describe los descensos en régimen de equilibrio (Thiem, 1906) (3) en el pozo es:

$$s_p = \frac{Q}{2 \pi T} \ln \frac{R}{r_p}, \text{ en el que } s_p = \text{descenso en el pozo}$$

r_p = radio pozo

Q = caudal

T = transmisividad

R = radio influencia del bombeo

Como el radio del pozo (r_p) está bajo signo logarítmico y su valor absoluto es generalmente mucho menor que R , su variación afecta poco a la fórmula. Demostrativo de esto, es el hecho de que para duplicar el caudal es necesario incrementar el radio del pozo hasta un valor $\sqrt{r_p} R$, para el mismo descenso.

En el caso de los pozos de explotación del valle, si se compara el incremento de caudal (Q) producido por los pozos de gran diámetro existentes ($r_p = 1,50$ metros), respecto de haberse construido en su

lugar perforaciones convencionales ($r_p = 0,20$ m), se tiene que este ascendió a 1,38 veces (38%), cuando el costo constructivo del sistema adoptado es del orden de 10 veces (1000%) el de una perforación de la misma profundidad.

Otra manera gráfica de ejemplificarlo, resulta considerar que para duplicar el caudal respecto del obtenido en una perforación convencional para un acuífero de estas características, sería necesario incrementar el diámetro de la captación a 15,50 metros ($r = 7,75$ m). Estas estimaciones surgen de fijar un radio de influencia (R) de 300 metros, compatibles con las características de acuífero libre observadas.

Como corolario puede afirmarse que el sistema adoptado en el valle resultó inadecuado y antieconómico.

- Aspectos hidráulicos.

La evaluación del comportamiento hidráulico de los pozos de explotación actuales, se realizó mediante la ejecución de ensayos de bombeo a caudales de extracción constante y variable. Para esto se utilizó un sistema de bombeo y elevación independiente de los instalados por S.P.S.E, ante la imposibilidad de aforar en éstos los caudales erogados, por ser subterráneas las conexiones de salida de los pozos de gran diámetro.

El dato de caudal utilizado en la formulación que permitió la obtención de los parámetros fundamentales (T.S) de la hidráulica subterránea, se basó en el promedio de la serie de caudales instantáneos generados por el programa de cómputo (Baklanov et al, 1984).

La consideración de los aspectos hidráulicos se basó en el análisis de tres indicadores que engloban el estado de conservación y rendimiento actuales, a saber: curvas características, caudales característicos y eficiencia.

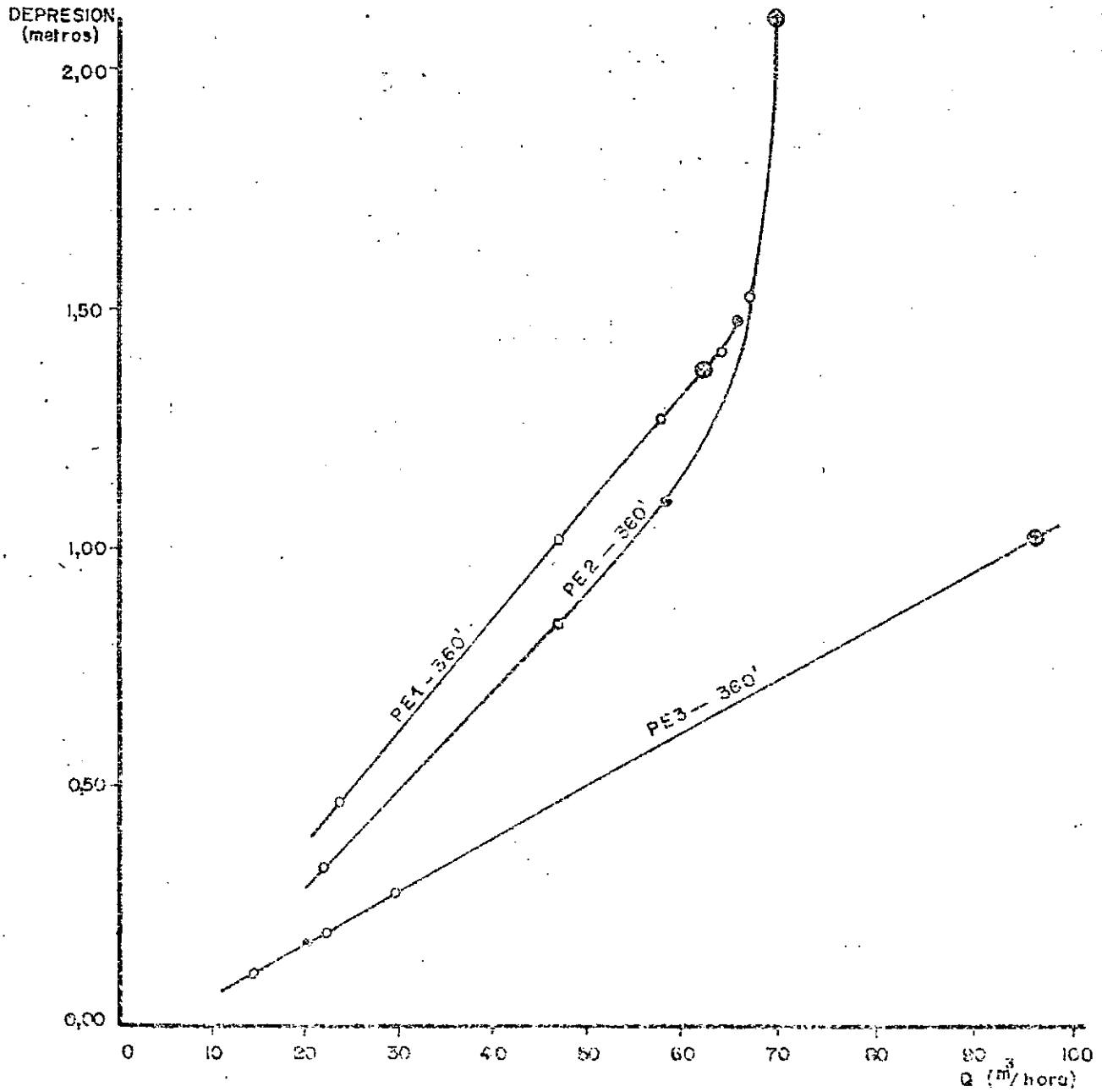
Las curvas características de cada captación fueron confeccionadas para 360 minutos de bombeo, siendo obtenidas mediante la graficación del dato medido en los ensayos a caudal constante y los valores teóricos calculados para ese tiempo en los bombeos a caudal variable, de 60 minutos de duración en cada régimen.

El empleo de las curvas características así confeccionadas, permitió conocer con suficiente aproximación el caudal teórico en régimen de cada captación, que resultó de interpolar o extrapolar en ellas el dato observado de depresión (s) en servicio.

La observación de los equipos en funcionamiento permitió detectar que los pozos se explotaban a regímenes que conducían a niveles de trabajo inconvenientes, ubicados por debajo del ingreso de agua a la bomba, lo que determinaba el acceso de aire a ésta en desmedro del flujo.

Las curvas características permitieron visualizar también el momento en que los regímenes se toman, entre otras cosas, antieconómicos, por haber penetrado como en el caso del pozo de explotación N° 2 (PE 2), en el tramo de la curva caudal (Q) - depresión (B) (Gráfico N° 2) donde se pierde la relación de linealidad entre los dos parámetros, generándose sobre-depresiones que aportan un incremento muy bajo de caudal y en cambio requieren energía adicional.

POZOS DE EXPLOTACION CURVAS CARACTERISTICAS



Observación: Los valores de caudal (Q) tomados de los datos de servicio son isométricos, y se dan en todos los casos al nivel se encuentra por debajo de la profundidad de elevación de la bomba, por lo que los rasos pueden ser diferentes en otros pozos.

REFERENCIAS

Datos tomados de:

- Ensayo a caudal variable
- ▼ Ensayo a caudal constante
- ⊙ Servicio

El rendimiento hidráulico de los pozos de gran diámetro fue evaluado mediante el parámetro caudal característico, igual al cociente entre el caudal bombeado y la depresión originada.

Los caudales característicos (Q_c) medidos para 6 horas de bombeo estuvieron comprendidos en general entre 45 - 120 metros cúbicos/hora por metro de depresión, valores que descenderían si el tiempo de ensayo hubiese sido mayor, aunque en ningún caso en forma significativa.

La variación observada es producto fundamentalmente de las condiciones de marcada variabilidad en el rendimiento hidráulico, intrínseca del acuífero, y en menor medida, de la eficiencia diferencial de las captaciones por factores constructivos y de diseño.

En cuanto a la Eficiencia, los pozos presentan distinto rendimiento donde influyen, además de los factores mencionados en el párrafo anterior, el estado de preservación de la doble rejilla filtrante de cada uno de ellos.

El cálculo de la depresión teórica en el pozo de bombeo se realizó mediante el método de Papadópulos-Cooper, (1967) (3) donde los descensos vienen dados por:

$$s_p = \frac{Q}{4 \pi T} F(u_p, \alpha), \text{ donde } F(u_p, \alpha) \text{ es una función de pozo}$$

de gran diámetro que depende de u_p y el parámetro α , siendo:

$$u_p = \frac{r_p^2 S}{4 T t} \text{ ; para } \begin{array}{l} T = \text{transmisividad, en m}^2/\text{día} \\ S = \text{coeficiente de almacenamiento} \\ t = \text{tiempo de bombeo, en días} \end{array}$$

$$\alpha = \frac{r_p^2 S}{r_a^2}$$

para r_p = radio del pozo en la zona acuífera.
 r_a = radio del pozo en la zona de variación de niveles

Se tomaron en cada caso para determinación de Eficiencia los valores de los parámetros Transmisividad (T) y Coeficiente de Almacenamiento (S), ajustados a cada pozo por distintos métodos interpretativos, considerándose en todos ellos valores de $r_p = 1,8$ m y $r_a = 1,50$ m.

El Cuadro n°1 muestra los parámetros considerados para el cálculo de la depresión teórica (St), el valor de éste parámetro, el de la depresión medida en el pozo (Sp), para finalmente consignar la Eficiencia calculada.

CUADRO N°1

EFICIENCIA HIDRAULICA

FUENTE	T (m ² /día)	S	t minutos	st (m)	sp (m)	EFICIENCIA (%)
PE1	1350	0,06	360	0,76	1,33	57
PE2	1500	1×10^{-3}	360	0,93	1,107	84
PE3	3400	0,20	510	0,10	0,17	59,3

FUENTE: C.F.I., 1984 (2)

- Aspectos Críticos

Con los resultados de los análisis de los pozos de explotación, de la red de distribución y de la cisterna de almacenamiento se puede

en el valle, se efectuó la evaluación química desde el punto de vista de su potabilidad para consumo humano y de su agresividad para con los elementos metálicos de la captación y conducción. La caracterización obtenida puede resumirse de la siguiente manera:

- se trata de aguas bicarbonatadas cloruradas sódicas;
- el contenido total de sales está comprendido entre 1300 y 1700 mg/l, esto es por encima de los valores aceptables normados por el S.N.A.P. Es escasa la variación estacional (100 mg/l);
- el contenido de fluoruros supera los límites tolerables, manifestándose incluso una correspondencia entre incremento local de los tenores con un fenómeno deplecivo localizado en el área de captación. No es precisa la información sobre la variabilidad estacional de este anión, pero existe una zonación que distingue áreas más favorables que las actualmente explotadas;
- el resto de los elementos se encuentra en tenores tolerables. Cloruros y sulfatos se presentan en concentraciones medias-altas, pero dentro de la norma de potabilidad, al igual que la dureza total con valorizaciones medias-bajas;
- La existencia de solo vestigios de nitritos y la ausencia de amoníaco, opuestos a los importantes tenores de nitratos, resultan indicios favorables como indicadores de un bajo grado de contaminación microbiológica.

En cuanto al carácter químico del agua y su incidencia en la producción de fenómenos de corrosión e incrustación, se optó por construir el Cuadro n.º 2 donde se oponen los valores críticos que las previenen con los resultados de los análisis químicos de cada fuente.

CUADRO N° 2

INCRUSTACION - CORROSION

	Valores críticos		Fuente			
	INCRUSTACION	CORROSION	PE1	PE2	PE3	B2
pH	> 7,5	< 7	8	8,1	8,3	8-8,4
Residuo Se- co (en ppm)		700	1368	1629	1651	1550-1662
Cloruros (ppm)		> 500	266	323	330	359-390
Bicarbona- tos (ppm)	> 250		689	634	671	698-739
Dureza To- tal (en CO ₃ Ca)	> 300		97	101,5	99	80-101
Alcalinidad total (en CO ₃ Ca)		baja	565	570	590	576-595
Fe-Mn (ppm)	> 1		0	0	0	0
CO ₂ (ppm)		> 50		No se determinó		
O ₂		alta		No se determinó		

FUENTE: C.F.I., 1984 (2)

Así, los contenidos de algunos elementos del agua del sualveo permiten inferir su carácter corrosivo, apoyado principalmente en su salinidad. Esta situación es evidente en los elementos de conducción, instalaciones domiciliarias, pozos abandonados de la batería de Gar del Estado, etc. Seguramente al factor salinidad, que implica la aglomeración perniciosas de adiciones para provocar corrosión otros elementos se enriquecidos como el dióxido de carbono y oxígeno disueltos,

factibles de presentarse en tenores importantes dada la condición de acuífero freático con niveles de saturación a escasa profundidad, que favorecerían la presencia de estos compuestos.

La observación del cuadro revela también como incrustante en carbonato de calcio al agua del subálveo, situación visible en las rejillas filtrantes de los pozos de gran diámetro, aunque indudablemente de bajo grado como se comprueba al observar los datos favorables de eficiencia hidráulica actual en dichos pozos.

4.3- ASPECTOS CUANTITATIVOS DEL SISTEMA

- Demanda: cuantificación y proyección futura.

El sistema aquí considerado tiene como objetivo el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Pico Truncado. Necesidades creadas, a partir fundamentalmente del explosivo crecimiento demográfico de la década 1960/70, han desvirtuado en parte la naturaleza de la demanda derivando en usos colaterales.

El sistema de abastecimiento de agua potable cubre en la actualidad las necesidades de aproximadamente el 85% de la población. Los usos colaterales se materializan en una demanda para riego de calles y un uso industrial dado por el abasto a empresas de servicio petroleras y la construcción de viviendas a esa escala.

Esta característica explica lo complejo de discriminar su cuantificación, máxime cuando no se cuenta con datos ni estimaciones referidos a los porcentajes afectados a uso industrial y riego. De todos modos el suministro de agua potable, constituye ciertamente

la porción más significativa del gasto total actual, y todos los cómputos tendientes a evaluar la demanda y su evolución futura, están fundados en suponerla generada únicamente por ese uso.

El cálculo de la demanda total actual está sostenido en la medición del gasto realizada por S.P.S.E. para el ciclo anual comprendido entre los meses de junio de 1983 y 1984 (Cuadro n°3), al que se consideró representativo de la demanda asistida, ya que el sistema ha funcionado durante el período consignado prácticamente sin limitación de consumo, salvo emergencias de servicio.

La medición de dicho gasto proviene de controles volumétricos realizados en el subsistema de almacenamiento (cisterna y tanque) mediante dispositivos eléctricos, que son receptados en consola central. Si bien su cálculo no tiene exactitud, dado que la automatización conlleva a la discretización en intervalos volumétricos no pequeños de la apreciación, el dato resulta el único indicativo para su cuantificación.

CUADRO N°3: ABASTECIMIENTO DE AGUA A PICO TRUNCADO

Gasto Jun '83-Jun '84

Mes	Gasto Mensual (m ³)	Gasto Diario (m ³)	Consumo p/Hab. lts/día
Junio '83	36.000	1.200	131
Julio	36.000	1.160	127
Agosto	38.000	1.225	134
Septiembre	40.000	1.333	146
Octubre	44.000	1.420	155
Noviembre	52.000	1.733	189
Diciembre *	60.000	1.935	211
Enero '84	82.800	2.671	292
Febrero	68.900	2.461	269
Marzo	68.900	2.223	243
Abril	68.000	2.267	248
Mayo	52.000	1.677	183
Junio	38.000	1.267	138
Gasto Medio	52.600	1.736	190

*estimado

FUENTE: C.F.T., 1984 (2)

Como se desprende del Cuadro n°3, los volúmenes diarios del gasto o demanda abastecida acusan una media anual de 1.736 m³/día, con valores extremos comprendidos entre 1.160 y 2.700 m³/día.

De acuerdo a datos suministrados por el distrito local de S.P.S.E., la demanda abastecida configura el 85% de la potencial, por lo que la proyección al 100% de los valores consignados en el Cuadro n°3, permiten arribar a la Demanda Total Actual (Cuadro n°4) generada por el abastecimiento de agua potable a Pico Truncado al mes de octubre de 1984.

Cuadro n°4 DEMANDA TOTAL ACTUAL (a octubre de 1984)

	Mensual (m ³)	Diaria (m ³)
Valor medio	61.380	2.046
Valor mínimo (julio)	41.010	1.367
Valor máximo (enero)	94.320	3.144

FUENTE: C.F.I., 1984 (2)

La estimación de la evolución de la demanda actual se apoya sobre criterios lógicos y datos provenientes de medición o estadísticos, pero aún así debe puntualizarse su grado de certidumbre.

Se parte para su estimación de la demanda actual calculada, donde existe un dato de mediana exactitud en el origen del cálculo, cual es la medición del gasto. A esto debe agregársele la incertidumbre que plantea la evolución del crecimiento demográfico en la región patagónica, y a nivel zonal, en el área del yacimiento de Santa Cruz Norte (YPP). En una actividad de marcada irregularidad dada por factores políticos, ésta se acentúa cuando se trata de predicciones, por resultar recursos no renovables los que dan origen a los asentamientos, y rigen la actividad económica. Prueba de esto con los cre-

cimientos observados hasta ahora en los censos nacionales, donde por ejemplo la población de la localidad acusó un explosivo crecimiento (296%) entre 1960 y 1970, luego atenuado (60%) en la última década.

Otro factor de incidencia en la demanda potencial futura lo constituye el criterio a seguir por S.P.S.E. respecto a los usos colaterales del agua, ya que la extrapolación tendrá en cuenta para éste cálculo sólo el crecimiento demográfico, y por lo tanto incidirá particularmente en el uso humano.

Si se aplica a la demanda total actual calculada (Cuadro nº4), los incrementos resultantes del índice de crecimiento medio anual de la última década, que para Pico Truncado fue de 4,8 por cada mil habitantes, se accede a cómputos de la demanda potencia futura, cuya confiabilidad lógicamente decrece al avanzarse en la extrapolación.

En el Cuadro n°5, se muestran los valores de demanda potencial resultante para los años 1987, 1990, 1995 y 2000:

Cuadro n°5

DEMANDA POTENCIAL ACTUAL

AÑO	MENSUAL (m3)			DIARIA (m3)			Incremento porcentual respecto a 1984
	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	
1987	47.203	70.648	108.562	1.573	2.355	3.619	15,10%
1990	54.338	81.329	124.974	1.811	2.711	4.166	32,50%
1995	68.692	102.812	157.986	2.290	3.427	5.266	67,50%
2000	86.839	129.972	199.723	2.895	4.332	6.657	111,75%

FUENTE: C.F.I., 1984 (2)

- Oferta potencial actual.

La oferta de agua del sistema está representada por los caudales erogados por la batería de 3 pozos de explotación (PE1, PE2, PE3) de gran diámetro.

Los valores asumidos para la estimación de la oferta potencial actual provienen de la metodología de cálculo expuesta en Aspectos Hidráulicos, en la que haciendo hincapié en la curva característica se accede al caudal óptimo de extracción para cada pozo.

En el Cuadro n°6 se muestran los caudales horarios y diarios que se estiman para cargar el sistema, de acuerdo a distintos tipos de afectación al servicio.

Cuadro n°6

OFERTA POTENCIAL ACTUAL

CAPTACIONES	CAUDAL CONSTANTE	CAUDAL REGIMEN (m ³ /día) (hs/día)			
		6	12	18	24
PE1	50	300	600	900	1200
PE2	50	300	600	900	1200
PE3	50	300	600	900	1200
TOTAL	150	900	1800	2700	3600

FUENTE: C.F.I., 1984 (2)

- Relación Oferta-Demanda

Del cotejo de los Cuadros nros. 3 y 6 surge rápidamente que con regímenes de 18 horas/día, funcionando los 3 pozos de explotación, podrían satisfacerse las mayores demandas diarias generadas. Esto induciría a suponer que no existen problemas de oferta del servicio.

Es obvio, si otorgamos confiabilidad a los datos manejados hasta acá, que existe un alto porcentaje de pérdidas en el sistema, ya que según datos de la realidad, S.P.S.B. con la dotación a pleno y funcionando todas las captaciones las 24 horas del día, apenas llega a abastecer la demanda. Del Cuadro n°6 surge que en estas condiciones son factibles de extraer 3600 m³/día, en tanto que la máxima demanda actual diaria es de 2671 m³/día (Cuadro n°3).

La proyección futura de la demanda revela que la dotación actual funcionando a pleno podría cubrir los requerimientos de máxima hasta

1987, resultando insuficiente para cubrir la de los meses picos de verano en 1990 y francamente deficitaria para el último decenio de éste siglo.

4.4- DIAGNOSTICO

Producida la evaluación del sistema de explotación en cuanto a su aptitud técnica para la prestación, y considerada la relación oferta-demanda actual y su proyección futura, puede puntualizarse que:

- El sistema de captación es intrínsecamente eficiente, puede erogar importantes caudales con un manejo racional, pero su ubicación resulta inconveniente por situarse en un área de baja aptitud química.
- El desajuste entre la oferta real actual y la demanda asistida es consecuencia de dos factores, cuya incidencia no puede ser cuantificada ni discriminada, a saber:
 - 1) Las ya referidas condiciones de funcionamiento hidráulico de los pozos de explotación, que lo hacen a "esclusa abierta", ocasionando una sobredpresión con succión de aire que ingresa al flujo, disminuyendo el caudal de extracción, y
 - 2) Las importantísimas pérdidas producidas en acueducto, hecho comprobado por evidencias superficiales, con lagunas alineadas en bajos coincidentes con el rumbo de la traza.

Estas pérdidas son agravadas e incrementadas por la presión del sistema de conducción que rebalsa los caudales erogados por juntas o fisuras de la obra. Es así la magnitud de este hecho, que cualquier alternativa de solución a considerar respecto al sistema

en su conjunto, debe arrancar por reintegrar al acueducto su capacidad de conducción original o similar.

Por lo tanto, considerando que es necesario para el corto y mediano plazo incrementar la oferta y que existe fuente alternativa en el valle que implica mejorar el aspecto químico, se propone un nuevo sistema de explotación.

Por otra parte, dado el estado de preservación y los importantes caudales que puede aportar la batería de pozos de gran diámetro, es factible un reemplazo transicional en el que puede mejorarse la calidad química del recurso por mezcla de aguas con la proveniente de las nuevas perforaciones a construir.

5. PROPOSICION DE UN NUEVO SISTEMA DE EXPLOTACION

5.1. SELECCION DEL AREA DE EXPLOTACION

Para la selección del área de explotación se tomaron las conclusiones surgidas del estudio geohidrológico, y primordialmente los resultados del diagnóstico hidroquímico, dado que este aspecto se constituye en el principal condicionante de la selección a efectuar, teniendo en cuenta que el uso del recurso estará destinado al abastecimiento humano.

La definición química enfocada en función de la aptitud para consumo como agua de bebida quedó expresada en las curvas de isoconcentraciones de resaca total, cloruros, sulfatos y fluoruros, donde se delimitó la zona apta para cada uno de ellos, de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos por el Servicio Nacional de Saneamiento

Potable. En todos los casos la situación de la zona apta coincide con el centro del valle, ubicándose sobre la margen izquierda del río Deseado (González Arzac et al, op. cit.)

De acuerdo a esta elaboración el área seleccionada para explotación quedaría limitada por la zona apta de menor superficie, en este caso la circunscripta por la isolínea de 2 ppm correspondiente a fluoruros (Mapa N° 2).

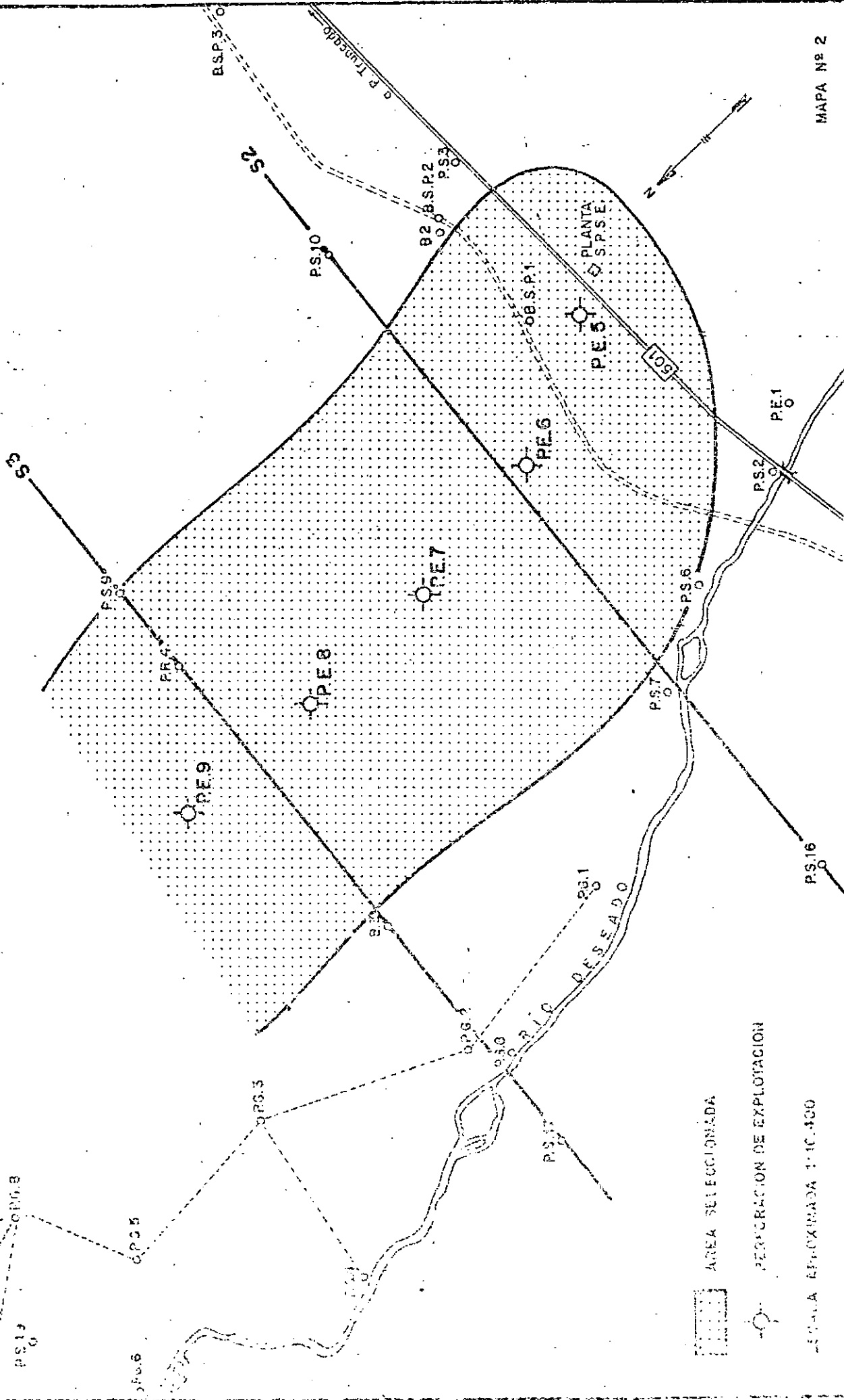
Debe señalarse que la variabilidad observada en las determinaciones de fluoruros, más la incertidumbre sobre los factores que regulan su comportamiento, debilitan el razonamiento utilizado y otorgarían mayor peso al área limitada por el residuo seco, que se manifestara razonablemente constante en los análisis químicos efectuados, como así también en la conversión de las conductividades medidas en forma seriada.

A pesar de la situación precedente se decidió sostener el área elegida privilegiando el concepto de "menor superficie", posponiendo cualquier otro razonamiento hasta que se obtengan precisiones sobre el tema fluoruros.

Debe destacarse también que la zona seleccionada no conforma exactamente una lente con todos sus límites bien definidos, ya que por el contrario se supone su prolongación aguas arriba del sector estudiado. Esta particularidad, está dada por la preponderancia de la afluencia subterránea desde cabeceras, situación que apoyaría la proyección señalada y por consiguiente ampliaría la zona de explotación.

Por consiguiente, también se debe tener en cuenta el estudio geológico

AREA DE EXPLOTACION
UBICACION DE PERFORACIONES



AREA SELECCIONADA

PERFORACION DE EXPLOTACION

PERFORACION DE EXPLORACION

ESCALA APROXIMADA 1:10.000

gico, en este sector de aproximadamente 3 km^2 , el piso del acuífero se encuentra a poco más de -8 metros, mientras que la profundidad media promedio de los niveles piezométricos es de -3 metros, lo que define el espesor acuífero total como de 5 metros. El gradiente calculado fue de 2×10^{-3} y el análisis hidráulico arrojó valoraciones de transmisibilidad de $2000 \text{ m}^2/\text{día}$, permeabilidad de 400 m/día y rendimiento específico igual a 0,10 (Cuadro N° 7).

CUADRO N° 7: CARACTERISTICAS DEL ACUIFERO EN ZONA DE EXPLOTACION.

Pozo	Base	Nivel	Espesor	T m^2/d	k m/d	S'
B2	8,50	2,81	5,69	1000-1300	150-200	0,05-0,10
B3	7,00	2,08	4,92	2500-3000	500-600	0,10-0,15
PR4	8,00	4,33	3,67	-	-	-
SP1	9,00	2,83	6,17	-	-	-

FUENTE: CFI, 1984 (2)

5.2. ASPECTOS CUANTITATIVOS

- Cálculo de reservas

Definido el criterio adoptado para la delimitación del área de explotación, vale resaltar el modelo hidroquímico e hidrodinámico que otorga validez al planteo, a saber:

. lo restrictivo en la selección del área de explotación es la zonación química lateral.

. la afluencia subterránea desde cabeceras es la fuente de recarga excluyente,

. en consecuencia las pérdidas por encuentro al acuífero ocurren sólo entre límites geológicos de naturaleza geológica, además de

equilibrarse el balance entre la evapotranspiración y los aportes por precipitación e infiltración del río y las aguadas laterales;

. las características hidráulicas del acuífero determinan un radio de influencia teórico de 150 metros para la batería a construir y el régimen de bombeo, a proponer.

Por lo tanto, lo expuesto induce a considerar que si bien no existen barreras de ningún tipo y signo que delimiten el área seleccionada, puede afirmarse que no existirá movilidad de ésta por excitación mediante bombeo centrando las captaciones sobre su eje longitudinal.

De esta manera, es factible asimilar el modelo acuífero subyacente al área seleccionada, como una "sección de paso" de un caudal subterráneo en el que la reserva es coincidente con dicho gasto, por lo que resulta:

$$\begin{aligned} Q &= K \cdot i \cdot a \\ &= 400 \text{ m/día} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 7500 \text{ m}^2 \\ &= 2,16 \text{ Em}^3/\text{año} \end{aligned}$$

Adoptando una depresión máxima de 2,50 metros, tal que permita un óptimo diseño de las captaciones, el volumen explotable sería de 1,10 Em³/año.

Vale puntualizar que la estimación convencional de reservas, donde se considera la geometría del reservorio y el coeficiente de almacenamiento ($\mu = 0,10$), llevaría a un volumen almacenado de

$$\begin{aligned} V &= (A \cdot h \cdot \mu) \cdot S \\ &= 1,10 \text{ Em}^3 \end{aligned}$$

que llevado a volumen explotable ($s = 2,50 \text{ m}$) pasaría a $0,75 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Comparando los valores obtenidos se define que la renovación de las reservas del área de explotación se produce 1,44 veces al año, siendo válido considerar como volumen explotable real al mayor valor ($1,10 \text{ Hm}^3/\text{año}$) surgido del importante aporte proveniente de afluencia subterránea desde cabeceras.

- Relación reservas-demanda.

El desarrollo de este punto está vinculado al cálculo de reservas efectuado para el área de explotación y la comparación con la demanda actual y su proyección, que fuera explicitada, estableciéndose los siguientes requerimientos:

<u>Año</u>	<u>Hm³</u>
1984	0,73
1987	0,84
1990	0,97
1995	1,23
2000	1,55

Por lo tanto, y considerando que la demanda calculada para 1984 es de $0,73 \text{ Hm}^3$, se concluye que el área seleccionada posee reservas de agua suficientes para el abastecimiento seguro de la población actual de Pisco Francisco.

Con respecto a la proyección de la demanda a largo plazo existiría un ligero déficit a materializarse entre los años 1995 y 2000.

Al respecto debe contemplarse la posibilidad de fuentes alternativas, tal como el acuífero freático materializado en la meseta por la formación Rodados Tehuelches, y la utilización de posibles mezclas de aguas con recurso de menor calidad, localizable en el subálveo del valle del río Deseado.

De todos modos debe tenerse presente para éstas extrapolaciones, las limitaciones que supone una proyección de éste tipo y las propias de la definición del área de explotación, lo que podría hacer variar el pronóstico en uno u otro sentido.

5.3. PROYECTO DEL SISTEMA

Debe tenerse en cuenta primordialmente la preservación y conservación del recurso subterráneo, de tal manera que su explotación se efectúe en forma racional, con el fin de evitar dos efectos derivados de sobrebombeo, 1) la alteración de la zonación química lateral actual, que derive en salinización progresiva del acuífero en el área de explotación, y 2) la interferencia de pozos por superposición de conos de depresión.

Es importante señalar que para la formulación del proyecto del sistema propuesto existieron tres condicionantes:

- . la demanda actual asistida;
- . la infraestructura instalada existente en el valle, y
- . la delimitación propuesta al área de explotación por el aspecto hidrogeológico.

Las características hidráulicas del acuífero, específicamente:

el radio de influencia (R), determinó que la cantidad de perforaciones a construir resultara una constante al contrastarla con la configuración y dimensiones del área seleccionada y con la demanda a asistir.

Así, se proyectó la construcción de cinco perforaciones de explotación, ubicadas sobre el eje longitudinal del área elegida (mapa N° 2).

Como consecuencia de esto quedaron como variables el régimen de bombeo y el caudal de extracción. Condicionando el régimen a un tiempo máximo de bombeo de 12 horas/día para cada captación, en función de no incrementar el radio de influencia, surgió un gasto compatible con la intención de no incrementar la velocidad del flujo por su eventual incidencia en la calidad química.

- Pautas de manejo

A partir del criterio expuesto se definieron las variables del sistema y se fijaron las pautas de manejo que a continuación se enumeran:

- El caudal de bombeo de cada perforación será de 45 m³/hora;
- El tiempo máximo de extracción no superará las 12 horas de bombeo por cada pozo, sucediéndole por lo tanto otras 12 horas de recuperación;
- Los pozos a construir estarán en servicio durante todo el año, regulándose la oferta únicamente a partir de la afectación (hc/día) de la fuente.

Debe señalarse que para la determinación del número de perforaciones a

a construir no se consideraron los aportes de los pozos de gran diámetro y en el cálculo y evaluación de la oferta se asume un sistema de conducción 100% eficiente.

De esta forma, y probando la demanda actual en sus condiciones límites tendríamos:

. Máxima (enero)

- . Demanda al sistema: 2671 m³/día
- . Demanda por pozo: 534,2 m³/día
- . Tiempo de bombeo: 11,8 horas por pozo

. Mínima (julio)

- . Demanda al sistema: 1160 m³/día
- . Demanda por pozo: 232 m³/día
- . Tiempo de bombeo: 5,16 horas por pozo

A partir de este ejemplo, y teniendo en cuenta las consideraciones iniciales, se desprende que el incremento futuro de la demanda deberá satisfacerse con la construcción de nuevas perforaciones, y bajo ninguna circunstancia aumentando el caudal de extracción o ampliando el tiempo de bombeo diario.

Adicionalmente, y si bien el distanciamiento entre las perforaciones se fijó en 500 metros (cada un radio de influencia especial de 150 metros), se considera conveniente oprar el sistema de captación de perforaciones de bombeo entre un pozo y su inmediata vecina. Esta acción podría instrumentarse mediante un dispositivo mecánico de control automático.

- Planificación y distribución de perforaciones.

La ubicación de las nuevas perforaciones se basó en el criterio de centrarlas en el área seleccionada sobre su mediatriz, para luego establecer el distanciamiento óptimo.

El cálculo del radio de influencia (R) se efectuó de acuerdo a la fórmula:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{S}}$$

donde T = transmisibilidad ($m^2/día$)

t = tiempo bombeo (día)

S = almacenamiento

así:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{2000 \cdot 0,5}{0,10}}$$

$$R = 150 \text{ metros}$$

Como se señalara el distanciamiento óptimo elegido fue de 500 metros, a partir del radio de influencia calculado y un margen de seguridad de 200 metros.

Finalmente, debe consignarse que la ubicación de futuras captaciones a construir deberá adecuarse en función de las exactas condiciones hidráulicas determinadas para cada uno de los cinco pozos de explotación y, además, según la evolución hidroquímica observada en el área, ya sea producción, con especial referencia al comportamiento de los fluoruros.

BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO

- (1) BAKARCIC, B., DAFFINOTI, R., y LITWIN, C. 1984. Procesamiento automático de ensayos de bombeo en base al método de Porchet. Buenos Aires (inédito)
- (2) CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES. 1984. Estudio del subálveo del valle del Río Deseado Sector Pico Truncado. Provincia de Santa Cruz. Informe Final. Buenos Aires.
- (3) CUSTODIO, E., y LLAMAS, M. 1976. Hidrología subterránea. Editorial Omega. Barcelona.
- (4) GONZALEZ ARZAC, R., PATROUILLEAU, R., CALVETTY AMBONI, B., y DIAZ, J. 1984. Estudio hidrogeológico del acuífero freático del valle del Río Deseado en el sector correspondiente a Pico Truncado. Provincia de Santa Cruz. IX Congreso Geológico Argentino. San Carlos de Bariloche (en prensa).