

# RELEVAMIENTO PRELIMINAR VALLE DEL ARROYO ÑORQUINCO



DEPARTAMENTO PROVINCIAL DE AGUAS

LIC. GUSTAVO OLIVARES

DICIEMBRE 2019

## **INTRODUCCION**

El presente relevamiento se realizó con motivo de la inquietud planteada por el Intendente de Ñorquinco, Sr Felix Mousa, conjuntamente con la Delegación del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la provincia con sede en El Bolsón, de conocer la disponibilidad del agua subterránea en el valle del arroyo Ñorquinco con fines productivos.

El sector analizado comprende una superficie de 2,5 km<sup>2</sup> y corresponde al valle superior del arroyo Ñorquinco a la altura del pueblo homónimo (Figura 1).

A tal efecto, se efectuó un relevamiento expeditivo del valle que consistió en un censo de pozos, medición de la conductividad eléctrica, ensayos de bombeo, la evaluación de aspectos geológicos y geomorfológicos.



Figura 1.- Ubicación del área relevado valle Aº Ñorquinco.

## **ASPECTOS CLIMATICOS**

El clima, de acuerdo a la clasificación de Koppen, es del tipo árido frío (BMk) con un promedio anual de lluvias para la serie 1980 – 1994 (14 años) de 188 mm. Con un máximo de 457 mm en 1991 y un mínimo de 49 mm en 1986. Los promedios de los meses más llovedores expresados en mm fueron: Mayo (38,71), Junio (29,33), Julio (23,07) y en conjunto acumulan casi el 50% de las precipitaciones anuales. Los meses con menor cantidad de lluvia son: Octubre (8,67), Noviembre (6,40),

Diciembre (6,87), Enero (4) y Febrero (7,43). Lo expresado evidencia la escasez de precipitaciones en la región, condición característica de toda la Patagonia Extrandina (Figura 2).

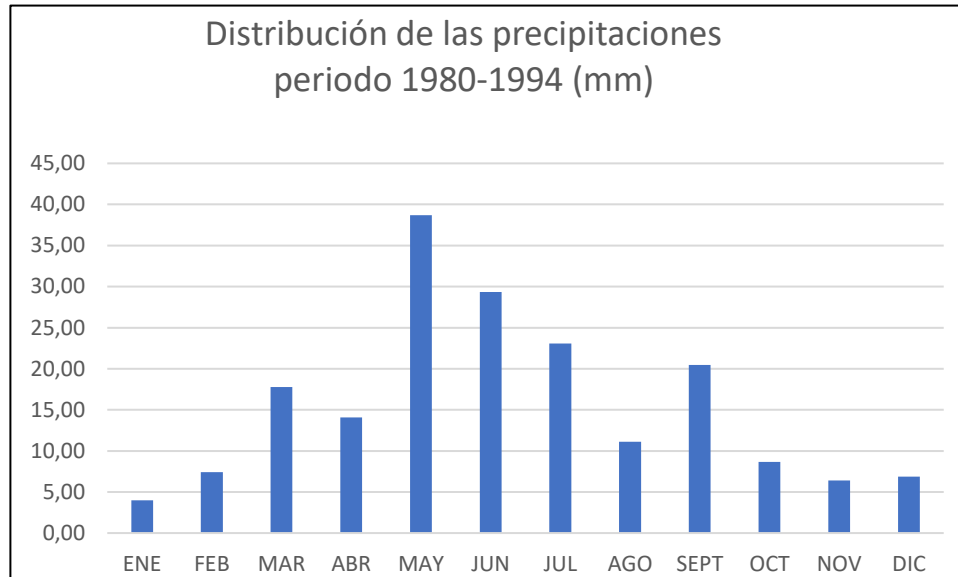


Figura 2.- Distribución de las precipitaciones en el área.

## ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

El arroyo Ñorquinco nace en el faldeo oriental de las estribaciones subcordilleranas de la provincia de Río Negro. Pertenece a la cuenca del río Chubut del cual es tributario luego de recorrer en sentido norte sur unos 90 km.

De acuerdo a la información antecedente en el DPA, presenta un módulo anual promedio de 2,058 m<sup>3</sup>/seg (53,11 hm<sup>3</sup>/año) siendo el periodo septiembre-noviembre el de mayores erogaciones en coincidencia con los deshielos, disminuyendo significativamente durante el estiaje (Enero, Febrero, Marzo, Abril). En la figura 3, puede observarse la distribución anual.

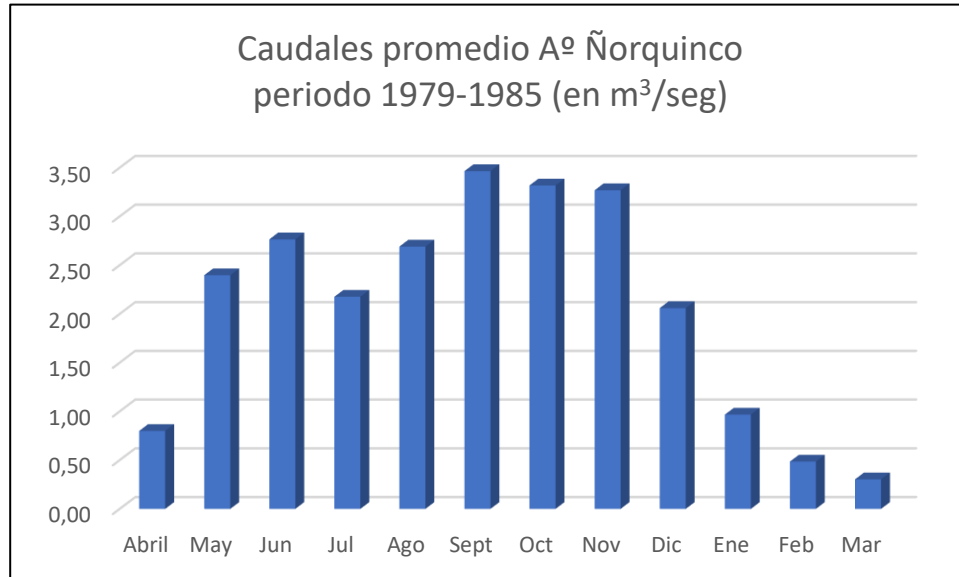


Figura 3.- Distribución de caudales del Aº Ñorquinco

La acción antrópica sobre el cauce del arroyo se manifiesta a través del movimiento de tierras para la construcción de terraplenes como protección ante las crecidas, como así también la disposición de chatarra (Foto 1 y 2).



Foto 1 y 2.- Carrocerías de autos y chatarra en el cauce del arroyo

Asimismo, se observó la acción erosiva del arroyo sobre las márgenes especialmente próximo a la vivienda de Sofía Delgado (Foto 3). Se recomienda su relocalización a un sector del valle más alejado.



Foto 3.- Vista vivienda de Sofía Delgado y la curva convexa de erosión del meandro.

## **MARCO GEOLOGICO – HIDROGEOLOGICO**

En el sector del valle relevado, la unidad geológica aflorante está constituida por la Fm Collón Curá de edad terciaria compuestas por tobas de tonalidades blanquecinas a grisáceas que afloran en ambas márgenes del valle (fotos 4 y 5).

El Aº Ñorquinco ha excavado su cauce en esta unidad geológica y a su vez ha depositado los sedimentos aluviales cuaternarios que rellenan el valle.



Foto 4.- Vista margen izquierda (Este) de los afloramientos de la Fm Collón Curá.



Foto 5.- Vista margen derecha (Oeste) de los afloramientos de la Fm Collon Curá.

En función de los perfiles litológicos observados en pozos construidos por los pobladores y en las barrancas del arroyo (Foto 6), el aluvión del valle está conformado por un horizonte limo arcilloso superficial que en profundidad va aumentando la proporción de arena de unos 3 metros de espesor, disminuyendo en dirección al cauce. Luego se continúa con un manto de arenas, gravas y rodados cuyo espesor se desconoce. A juzgar por algunos comentarios de pobladores que han profundizado sus pozos, este manto puede alcanzar 1 metro de espesor.



Foto 6. Vista de la composición del aluvión del valle.

El aluvión del valle aloja un acuífero freático que es captado principalmente mediante pozos de gran diámetro (jagüeles) para consumo humano, ganadero y riego.

La mayoría de los pozos se excavan hasta alcanzar las gravas y rodados ya que los métodos de construcción son rudimentarios y no pueden evitar el desmoronamiento de ese material lo cual impide seguir avanzando con la excavación. En este sentido, una vez alcanzado el manto de grava y rodados, habría que ir calzando esos materiales mientras se va trabajando por dentro del pozo.

A efectos de determinar la profundidad del nivel freático se llevó a cabo un censo de pozos en el sector de valle considerado (Tabla 1 – Figura 4). Se censaron los pozos existentes midiéndose los niveles freáticos y se obtuvieron muestras para medir conductividades eléctricas.

ID	Sitio censado	Coordenadas y cota por GPS			Tipo Captación	Diámetro (m)	Profundidad (m)	N.E. (m)	Brocal (m)	Cota N.E. (msnm)	C.E. uS/cm
		Lat S	Long W	Cota (msnm)							
1	MATADERO MUNICIPAL	41° 50' 30,5"	70° 53' 29,5"	874	JAGUEL	1	2,80	2,64	0,3	871,66	145
2	RASTELINI OSCAR	41° 50' 41,3"	70° 53' 43,3"	869	JAGUEL	1,5	3,37	1,92	0,1	867,18	264
3	DELGADO MIGUEL	41° 50' 51,4"	70° 53' 35,1"	868	JAGUEL	1	2,32	1,62	0	866,38	107
4	DELGADO SOFIA	41° 50' 55"	70° 53' 40,5"	867	JAGUEL	0,8	1,96	1,19	0	865,81	91
5	DELGADO SOFIA CASA NUEVA	41° 50' 54,9"	70° 53' 36,2"	868	JAGUEL	1	3,50	2,46	0	865,54	382
6	DELGADO TIO SOFIA	41° 50' 58,1"	70° 53' 22,3"	868	JAGUEL	0,8	3,60	3,23	0,75	865,52	279
7	GONZALEZ MIGUEL	41° 51' 06,2"	70° 53' 37"	867	JAGUEL	1	3,11	2,19	0,2	865,01	233
8	VERGARA HECTOR	41° 51' 09,1"	70° 53' 47,5"	866	JAGUEL		2,55	1,44	0	864,56	169
9	TOLEDO HUGO	41° 51' 12,5"	70° 54' 00"	864	JAGUEL	0,8	1,10	0,4	0	863,60	133
10	ROMERO JUAN	41° 51' 29,2"	70° 54' 20,3"	861	JAGUEL	0,8	3,62	2,71	0,61	858,90	171
11	VERGARA BENICIO	41° 51' 58,3"	70° 54' 26,4"	854	Perf hincada	2,5"	6,50	1	0,2	853,20	
12	MIGUEL IGNACIO	41° 52' 01,4"	70° 54' 32,3"	855	Perf hincada	2,5"	9,4	2,17	0,2	853,03	433
13	COOPERATIVA GANADERA	41° 52' 13"	70° 54' 34,2"	853	JAGUEL	2	3,11	2,34	0	850,66	516
14	MALIQUEO ENRIQUE	41° 52' 11,7"	70° 54' 11,2"	854	JAGUEL	0,8	3	1,67	0,17	852,50	168

Tabla 1.- Censo de pozos

Se midieron 14 pozos, 2 perforaciones hincadas de 2,5 pulgadas de diámetro y 12 jagüeles de variadas dimensiones. Los niveles freáticos se situaron entre 0,4 y 3,23 metros bajo de pozo (m.b.b.p.) y representaría condiciones de humedad y cierta recarga teniendo en cuenta el caudal que llevaba el arroyo. Sería conveniente realizar mediciones durante el estiaje a fin de evaluar el comportamiento del manto freático. Seguramente por cuestiones estacionales, los menores valores se obtendrían en el periodo marzo - abril.

Se observó que ninguno de los pozos atravesó el manto de gravas y arenas, todos terminan donde este material comienza por lo cual los caudales son muchos menores de los que deberían ser si el pozo atravesara totalmente esos sedimentos.

Por el contrario, las perforaciones hincadas son más profundas y teóricamente podrían atravesar el manto de gravas. No obstante, como se hincan con el filtro ya ranurado en la propia cañería, queda la duda si éste se encuentra enfrentado adecuadamente con el horizonte más permeable. Por tal razón, los caudales obtenidos en una de estas perforaciones fueron bajos y no representan los rendimientos que tendría una obra de captación que atravesara totalmente el manto de gravas.

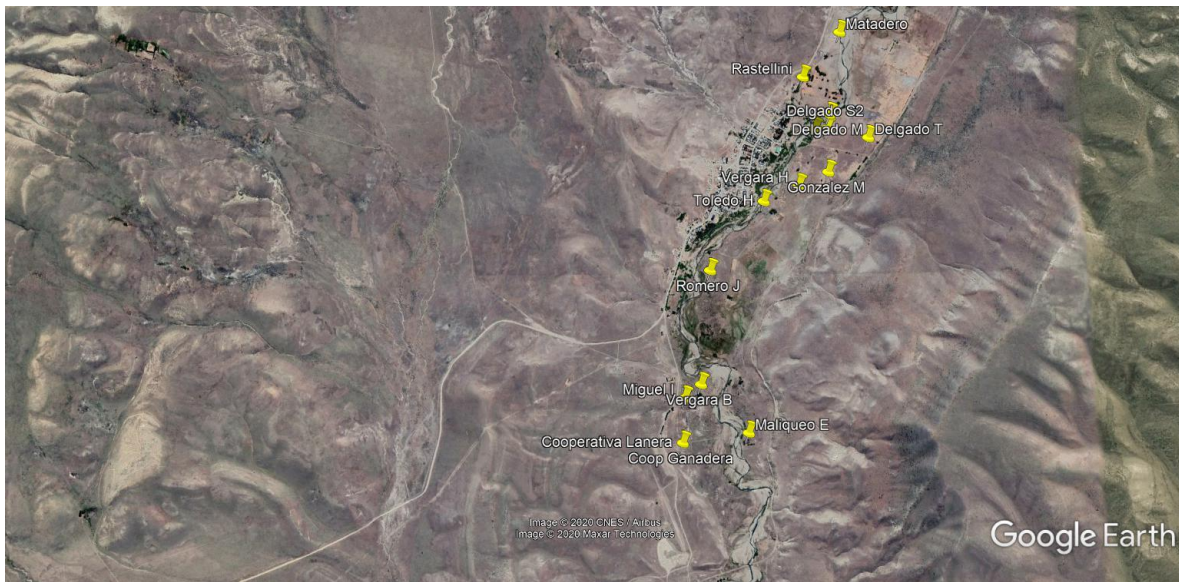


Figura 4.- Ubicación de los pozos censados

La pendiente topográfica del valle varía entre 0,4% y 0,5% mientras que el gradiente hidráulico lo hace entre 0,5% y 0,6%. Como se observa, valores próximos lo que significa que la superficie freática “acompaña” a la superficie topográfica.

El sentido del flujo subterráneo es prácticamente norte – sur, coincidente con la pendiente del valle, Las cotas de la superficie freática se obtuvieron con GPS por lo cual se tienen las reservas del caso (Figura 5).

Con los datos disponibles se intentó determinar la relación agua superficial – agua subterránea que está controlada por la situación relativa de los niveles del arroyo y de los niveles freáticos del acuífero. Esto definirá cuando un arroyo es ganador o efluente (recibe agua del acuífero) o perdedor o influente (aporta agua al acuífero).

Si bien no existe una densidad de pozos que permitan realizar una buena interpolación, y teniendo en cuenta las falencias del GPS en la determinación de las cotas topográficas, se pudo observar que en el tramo Matadero – Romero el acuífero freático se comportaría como influente (aportaría agua al arroyo) mientras que en el tramo Romero - Maliqueo se comportaría como efluente, es decir recibiría agua del arroyo.

Es importante destacar, que la conexión hidráulica arroyo – acuífero es variable en tiempo y espacio, es decir, que puede variar no solo a lo largo del año, sino que también en distintos tramos del arroyo. En épocas de humedad y crecidas se



producirá recarga del acuífero por presenta el curso un nivel de agua superior a la del acuífero, mientras que en los periodos secos en los que el arroyo fluye con menor caudal probablemente la mayor parte de este sea aportado por el acuífero.



Figura 5. Mapa isofreático – líneas de flujo – noviembre 2019

## ASPECTOS HIDROQUÍMICOS

Tanto el A° Ñorquinco como el acuífero freático alojado en el subálveo del valle presentan aguas de muy baja salinidad.

El arroyo presenta conductividades eléctricas que varían entre 30-50 uS/cm en el tramo del valle analizado.

El manto freático presenta salinidades más elevadas inferiores a los 516 uS/cm, con un mínimo de 91 uS/cm y un máximo de 516 uS/cm.

El único análisis disponible es el obtenido de una muestra del pozo de la Planta de ARSA y representa la calidad del agua freática en ese sitio (Tabla 2). Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) alcanzaron un valor de 65 mg/L con un pH neutro 7,28.

CATIONES	mg/l	ANIONES	mg/L
Calcio	12	Cloruros	20
Magnesio	1	Sulfatos	22
Sodio	23	Carbonatos	0
Potasio	4,8	Bicarbonatos	24,4
		Flúor	0,28
		Arsénico	≤0,005

Tabla 2- concentración de aniones y cationes mayoritarios Planta ARSA

Con los datos de este análisis, se procedió a definir la aptitud para riego del agua subterránea. En base al procedimiento del U.S. Salinity Laboratory Staff, el cual toma en consideración la conductividad eléctrica y la relación de absorción del Sodio, denominado RAS (concentración relativa del sodio respecto al calcio y magnesio), se procedió a efectuar una caracterización del agua subterránea para el uso agrícola.

El acuífero freático presenta un valor de RAS de 1,71, es decir, que el peligro de alcalinización o peligrosidad sódica del suelo es baja. No obstante, habría que realizar un muestreo más extenso que abarque un mayor número de pozos a fin de analizar si existen variaciones significativas del RAS a lo largo del valle.

En función de la combinación de las variables Conductividad eléctrica y el RAS la muestra obtenida pertenece al campo C1-S1 propuesto por aquel organismo caracterizado por aguas de muy baja salinidad, que pueden usarse para la mayoría de los cultivos en todo tipo de suelos, con bajo peligro de sodificación.

## ENSAYOS DE POZOS

A efectos de estimar los parámetros hidráulicos se realizaron ensayos preliminares de bombeo y recuperación en algunos de los pozos censados hasta que se ejecuten perforaciones de bombeo y pozos de observación que permitan determinar con mayor precisión estos parámetros.

En principio se determinó la transmisividad y la permeabilidad. Para una mayor comprensión de lo que implica la transmisividad y permeabilidad definiremos ambos términos: la **transmisividad** se define como la cantidad de agua que pasa a través de una franja vertical de acuífero, de ancho unitario y de altura igual al espesor saturado del mismo, cuando el gradiente hidráulico es igual a 1, en realidad indica cuanta agua se mueve a través de la formación acuífera; mientras que la **permeabilidad** es la capacidad de un terreno de permitir el paso del agua a su

través, indica la cantidad de agua que se filtra a través de una sección de acuífero unitaria bajo un gradiente hidráulico igual a 1. La fórmula que relaciona ambos parámetros es:

$$K=T/h_o \quad (1)$$

de donde K es la permeabilidad, T la transmisividad, y  $h_o$  el espesor saturado del acuífero. La transmisividad se expresa generalmente en metros cúbicos/día/metro ( $m^3/día/m$ ) o lo que es lo mismo metro cuadrado/día ( $m^2/d$ ); mientras que la permeabilidad en metros/día ( $m/d$ ).

La metodología utilizada para este caso consiste en interpretar la evolución en el tiempo de los descensos de agua en el pozo mientras se bombea. Con estos datos se construye un gráfico semilogarítmico tiempo – descensos, donde en el eje logarítmico se representan los tiempos, desde el inicio de bombeo, en los cuales se efectúan las mediciones, y en el eje aritmético se indican los descensos. Luego se traza una recta que se ajuste a los puntos ploteados en el gráfico.

Una vez dibujada la recta, se procede a determinar el valor de la variación de los descensos en un ciclo logarítmico, es decir, los descensos que se producen entre dos valores de tiempo cuya relación sea 10 en el eje logarítmico. Cabe señalar que si las mediciones de los niveles se estabilizan, implica que existe una recarga del acuífero dentro del radio de influencia del pozo de bombeo, razón por la cual toda el agua que se extrae de éste es igualada por esa recarga, llegándose a una situación de equilibrio. En este punto es importante destacar que la traza de la recta sobre la cual se determina la transmisividad, no debe evidenciar estos fenómenos de recarga, pues afectan el valor de este parámetro haciéndolo mayor que el verdadero.

Para la determinación de la trasmisividad se utilizó la fórmula de JACOB para el régimen de no equilibrio cuya expresión es:

$$T= 0,183 Q/\Delta s \quad (2)$$

donde: T es la trasmisividad, Q el caudal y  $\Delta s$  la diferencia de descensos entre dos valores del tiempo cuya relación sea 10 en el eje logarítmico.

Para el ensayo de recuperación se aplicó el método de la Depresión Residual de Theis donde los niveles en recuperación se relacionan con el nivel estático original, es decir, el nivel antes de comenzar con el bombeo.

Lamentablemente no se pudo dar con pozos que atravesaran todo el manto de gravas, por lo cual, son pozos parcialmente penetrantes. La única obra de captación que se presume que atravesaría todo el aluvión la constituye la del poblador Miguel Ignacio que tiene una perforación hincada de 9,60 metros de profundidad.

Cabe destacar, que, en el caso de los pozos de gran diámetro (jagüeles), la interpretación de los ensayos presenta alguna complejidad. Frecuentemente, el diámetro no es uniforme debido a que los pozos han sido excavados manualmente y han sufrido desprendimientos de sus paredes. Asimismo, muchos de ellos no atraviesan totalmente la formación acuífera y las depresiones suelen ser excesivas con relación al espesor saturado. Sin embargo, los ensayos realizados en los pozos de la chacra de Rastelini como en el de la Cooperativa Ganadera, presentan una aceptable distribución de puntos y las rectas se ajustan razonablemente. En este contexto, se pudo estimar la transmisividad y permeabilidad del acuífero freático representando un valor de mínima ya que si los pozos atravesaran todo el manto de gravas y arenas los valores de transmisividad serian mayores.

A continuación, se realizará una breve reseña de los ensayos realizados y de los resultados obtenidos.

### **Ensayo Miguel Ignacio**

Este poblador tiene una perforación construida con caño tubing hincado, de 2,5 pulgadas de diámetro y 9,60 metros de profundidad. El filtro se encuentra en el intervalo 8 - 9,60 metros, queda la duda si el filtro está correctamente enfrentado con el material más permeable.

La bomba instalada es una centrífuga horizontal de 1 HP. Se bombeó a un caudal de 600 litros/hora ( $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ) y el nivel dinámico se estabilizó a los 36 minutos de comenzado el ensayo, esto significa, que el volumen extraído por la bomba era igual al que entregaba el acuífero (Gráfico 1).

Teniendo en cuenta el rendimiento del pozo, es probable que el filtro no se encuentre correctamente situado en el paquete de gravas y arenas, por eso los bajos caudales obtenidos. Empleando la formula (2), se obtuvo una transmisividad de  $1,65 \text{ m}^2/\text{día}$ , que es muy baja máxime si se tiene en cuenta el manto de arena y grava existente en el perfil del valle.

La permeabilidad se calcula en función del espesor saturado y la transmisividad. Para este caso se obtuvo un valor muy bajo, de  $0,22 \text{ m/día}$  (sedimentos limosos).



ENSAYO DE BOMBEO POZO N°:			CAUDAL: CONSTANTE		
Perf. Miguel Ignacio			Duración (horas): 1,15		
Localidad: <b>Ñorquinco</b>	Departamento:	Provincia: <b>Río Negro</b>			
Fecha inicio: <b>31-10-2019</b>	Propietario:	Coordenadas: x (Norte): 41°52'01,4"			
		y (Este): 70°54'32,3"			
Cota boca de pozo (m):	Nivel Estático (NE) (m):	Nivel Dinámico final (ND) (m):			
	<b>2,170</b>				
Caudal medio (m³/h):	Diámetro del pozo (camisa):	Interno (mm):	64	Prof. filtros (m): <b>8</b>	
<b>0,6</b>		Externo (mm):		Prof. total (m): <b>9,6</b>	
Tiempo (horas)	Tiempo (min)	ND (m)	Depresión (m)	Caudal (m³/h)	Observaciones
	0	2,170			
	3	3,600	1,430		
	5	5,460	3,290	0,6	
	13	6,180	4,010		
	18	3,670	1,500		
	26	6,520	4,350	0,6	
	36	6,540	4,370		
	45	6,540	4,370		
	60	6,550	4,380	0,6	
	75	6,550	4,380		

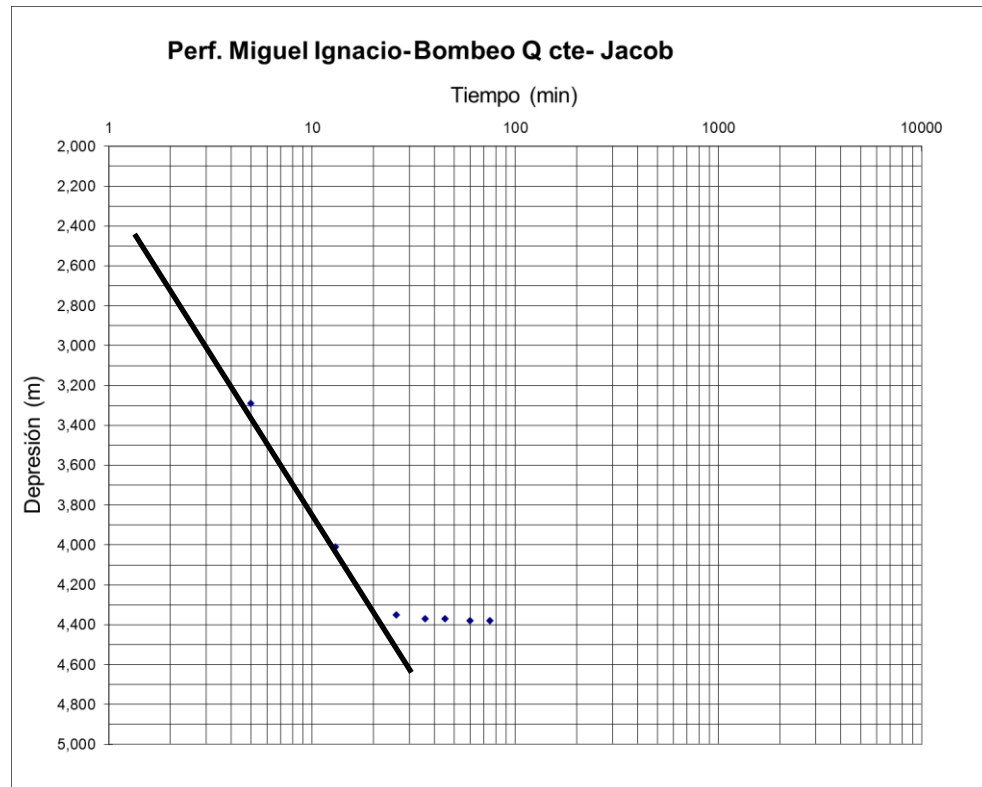


Gráfico 1.- Tiempo vs Depresión – Método de Jacob

### Ensayos Chacra Rastelini

En este sitio se ensayó existe un jaguel de 3,23 metros de profundidad y 1,40 metros de diámetro.

Se realizó un ensayo de bombeo y uno de recuperación (depresión residual) donde los puntos se alinearon aceptablemente y las rectas en gráficos semilogarítmico se ajustaron razonablemente (Gráficos 2 y 3). Esto permitió estimar la transmisividad y la permeabilidad teniendo en cuenta el espesor saturado existente en el pozo.

Se midieron los niveles dinámicos en el bombeo a un caudal de 2,59 m<sup>3</sup>/h durante 240 minutos (4 horas) y la recuperación (depresión residual) por el mismo tiempo.

El ajuste de las rectas fue aceptable en virtud que el volumen total extraído durante el bombeo fue de 10,36 m<sup>3</sup> y el agua aportada por el pozo en el intervalo de la depresión fue de 0,44 m<sup>3</sup>, lo que implica solo el 4,24% del volumen total. La pequeña incidencia del agua aportada por el pozo, amerita el empleo de la metodología clásica, en la que en uno de sus requisitos teóricos es que el agua aportada por el pozo sea despreciable respecto del agua extraída durante el ensayo.

ENSAYO DE BOMBEO POZO N°:				CAUDAL:	CONSTANTE
Pozo Chacra Rastelini				Duración (horas):	4
Localidad:	Norquinco	Departamento:		Provincia:	Río Negro
Fecha inicio:	31-10-2019	Propietario:	Rastelini	Coordenadas:	Lat S 41° 50' 41,3" Long O 70° 53' 43,3"
Cota boca de pozo (m):	869,0	Nivel Estático (NE) (m):	1,990	Nivel Dinámico final (ND) (m):	2,280
Caudal medio (m <sup>3</sup> /h):	2,5	Diámetro del pozo (camisa):	Interno (mm): 1400 Externo (mm):	Prof. filtros (m):	0
				Prof. total (m):	3,93
Tiempo (horas)	Tiempo (min)	ND (m)	Depresión (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Observaciones
	0	1,990	0,000		
	1	2,020	0,030		
	3	2,040	0,050		
	5	2,060	0,070		
	10	2,080	0,090	2,62	
	15	2,100	0,110		
	20	2,100	0,110	2,65	
	30	2,120	0,130		
	40	2,130	0,140		
	60	2,160	0,170	2,5	
	90	2,190	0,200	2,7	
	120	2,210	0,220	2,55	
	180	2,240	0,250	2,48	
	240	2,280	0,290	2,55	

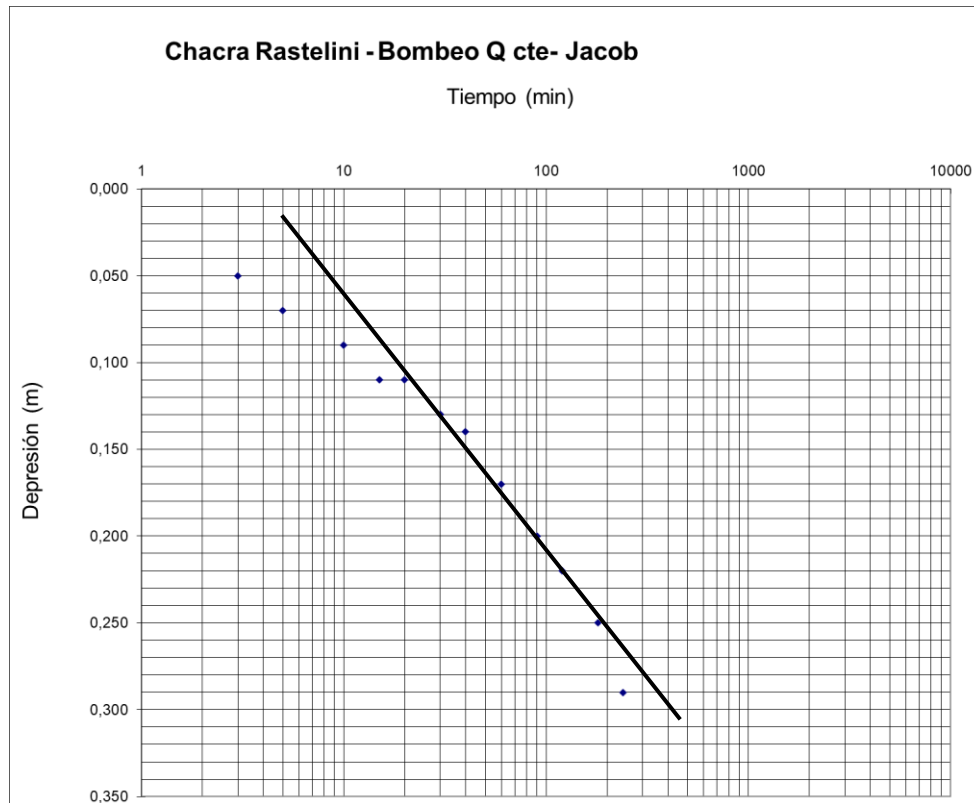


Gráfico 2.- Tiempo vs Depresión – Método de Jacob

Aplicando la fórmula (2), se obtuvo una transmisividad de  $73 \text{ m}^2/\text{día}$ , si el pozo hubiese sido totalmente penetrante, este parámetro sería muy superior.

El ensayo de recuperación empleando el método de la Depresión Residual, arroja un valor más elevado de la transmisividad,  $91 \text{ m}^2/\text{día}$ . Asimismo, en el gráfico correspondiente se observa que la recta no corta al eje de la depresión en el valor cero (caso teórico) es decir en el origen de la recta, sino que lo hace entre el tiempo  $t'1$  y  $t'2$  lo cual estaría evidenciando variaciones en el coeficiente de almacenamiento dado por las diferentes granulometrías que conforman al acuífero y por ser el pozo penetrante por el fondo.

La permeabilidad alcanzó un valor que se sitúa entre  $38$  y  $47 \text{ m/día}$  que correspondería a un acuífero con predominancia de arenas gruesas.



ENSAYO BBEO. POZO Nº:		RECUPERACIÓN	CAUDAL:	CONSTANTE	
Pozo Chacra Rastelini		Duración (min):	Bombeo (t):	240	
			Recuperación (t'):	240	
Localidad:	Norquínco	Departamento:	Norquínco	Provincia:	Río Negro
Fecha inicio:	10/12/19	Propietario:	Rastelini	Coordenadas:	Lat S 41° 50' 41,3" Long O 70° 53' 43,3"
Cota boca de pozo (m):	869,0	Nivel Estático (NE) (m):	1,99	Nivel Dinámico final (ND) (m):	2,28
Caudal medio (m³/h):	2,59	Diámetro del pozo (camisa):	Interno (mm): 1400	Prof. filtros (m):	
			Externo (mm):	Prof. total (m):	3,23

Tiempo t (min)	Tiempo t' (min)	(t + t') / t' (min/min)	ND (m)	Recuperación (m)	Depresión Residual (m)	Depresión fin bbeo.(m)
0	0	240	2,28		0,29	
	1	241,0	2,25		0,26	
	3	81,0	2,22		0,23	
	5	49,0	2,19		0,20	
	10	25,0	2,16		0,17	
	15	17,0	2,12		0,13	
	20	13,0	2,11		0,12	
	30	9,0	2,09		0,10	
	40	7,0	2,07		0,08	
	60	5,0	2,05		0,06	
	90	3,7	2,04		0,05	
	120	3,0	2,03		0,04	
	180	2,3	2,02		0,03	
	240	2,0	2,01		0,02	

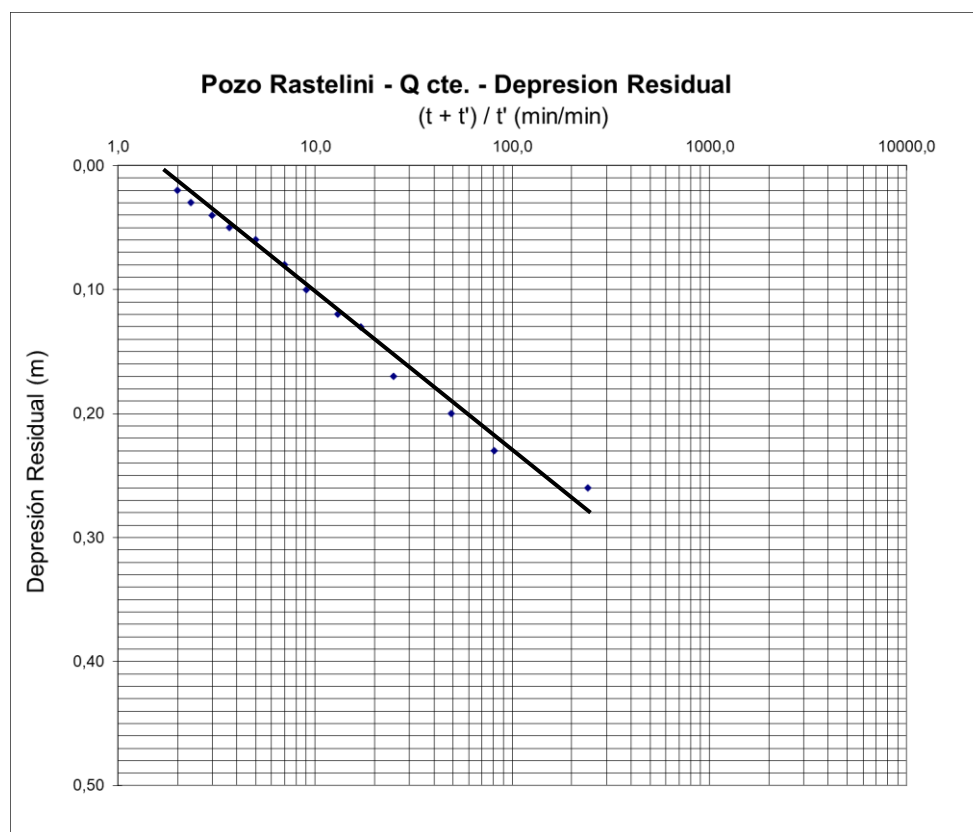


Gráfico 3.- Tiempo vs Depresión Residual



### Ensayos pozo Cooperativa Ganadera

La Cooperativa Ganadera, utiliza un pozo de gran diámetro (jaguel) de 3,11 metros de profundidad y 1,30 metros de diámetro.

Se realizó un ensayo de bombeo y uno de recuperación (depresión residual) donde los puntos se alinearon aceptablemente y las rectas en gráficos semilogarítmico se ajustaron razonablemente (Gráficos 4 y 5). Esto permitió estimar la transmisividad y la permeabilidad teniendo en cuenta el espesor saturado existente en el pozo.

Se midieron los niveles dinámicos en el bombeo a un caudal de 2,14 m<sup>3</sup>/h durante 240 minutos (4 horas) y la recuperación (depresión residual) por el mismo tiempo.

El ajuste de las rectas fue aceptable en virtud que el volumen total extraído durante el bombeo fue de 8,56 m<sup>3</sup> y el agua aportada por el pozo en el intervalo de la depresión fue de 0,54 m<sup>3</sup>, lo que implica solo el 6,30% del volumen total. La pequeña incidencia del agua aportada por el pozo, amerita el empleo de la metodología clásica, en la que en uno de sus requisitos teóricos es que el agua aportada por el pozo sea despreciable respecto del agua extraída durante el ensayo.

Localidad:	<b>Norquino</b>	Departamento:	<b>Norquino</b>	Provincia:	<b>Río Negro</b>
Fecha inicio:	<b>10-12-19</b>	Propietario:	<b>Cooperativa</b>	Coordenadas:	Lat S 41° 52' 13"
					Long O 70° 54' 34,2"
Cota boca de pozo (m):	<b>853,0</b>	Nivel Estático (NE) (m):	<b>2,190</b>	Nivel Dinámico final (ND) (m):	<b>2,280</b>
Caudal medio (m <sup>3</sup> /h):	<b>2,14</b>	Diámetro del pozo (camisa):	Interno (mm): <b>1300</b>	Prof. filtros (m):	<b>0</b>
			Externo (mm):	Prof. total (m):	<b>3,11</b>
Tiempo (horas)	Tiempo (min)	ND (m)	Depresión (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Observaciones
	0	2,190	<b>0,000</b>		
	1	2,220	<b>0,030</b>		
	3	2,240	<b>0,050</b>		
	5	2,270	<b>0,080</b>		
	10	2,330	<b>0,140</b>	2,16	
	15	2,370	<b>0,180</b>		
	20	2,410	<b>0,220</b>	2,25	
	30	2,460	<b>0,270</b>	2,09	
	40	2,480	<b>0,290</b>		
	60	2,500	<b>0,310</b>	2,16	
	90	2,520	<b>0,330</b>	2,08	
	120	2,540	<b>0,350</b>	2,08	
	180	2,570	<b>0,380</b>	2,16	
	240	2,600	<b>0,410</b>	2,16	

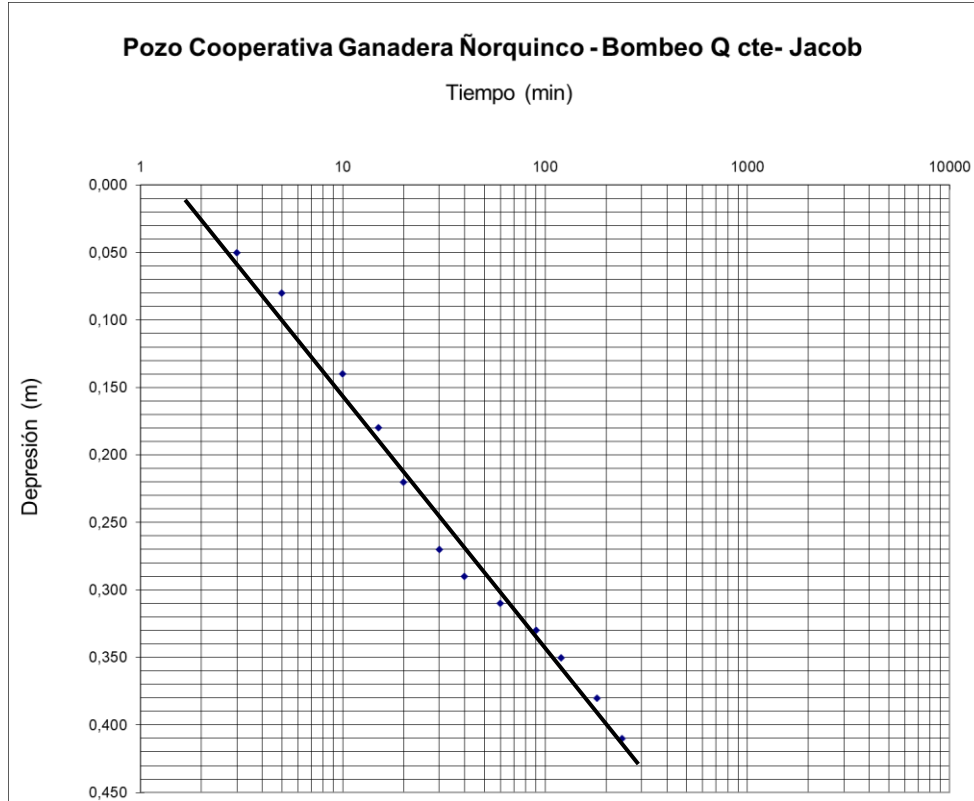


Gráfico 4.- Tiempo vs Depresión – Método de Jacob

Aplicando la fórmula (2), se obtuvo una transmisividad de 47 m<sup>2</sup>/día, si el pozo hubiese sido totalmente penetrante, este parámetro sería muy superior.

ENSAYO BBEO. POZO N°:		RECUPERACIÓN CAUDAL:		CONSTANTE		
Pozo Cooperativa Ganadera Ñorquinco		Duración (min):	Bombeo (t):	240		
			Recuperación (t'):	240		
Localidad:	Ñorquinco	Departamento:	Ñorquinco	Provincia:	Río Negro	
Fecha inicio:	10/12/19	Propietario:	Cooperativa	Coordenadas:	Lat S 41° 50' 41,3"	
				Long O	70° 53'43,3"	
Cota boca de pozo (m):	853,0	Nivel Estático (NE) (m):	2,19	Nivel Dinámico final (ND) (m):	2,60	
Caudal medio (m <sup>3</sup> /h):	2,14	Diámetro del pozo (camisa):		Interno (mm):	1300	
				Prof. filtros (m):		
				Externo (mm):		
				Prof. total (m):	3,11	
Tiempo t (min)	Tiempo t' (min)	(t + t') / t' (min/min)	ND (m)	Recuperación (m)	Depresión Residual (m)	Depresión fin bbeo.(m)
0	0	240	2,60			0,41
	1	241,0	2,58			0,35
	3	81,0	2,54			0,31
	5	49,0	2,50			0,24
	10	25,0	2,43			0,19
	15	17,0	2,38			0,16
	20	13,0	2,35			0,13
	30	9,0	2,32			0,10
	40	7,0	2,29			0,09
	60	5,0	2,28			0,08
	90	3,7	2,27			0,07
	120	3,0	2,26			0,06
	180	2,3	2,25			0,05
	240	2,0	2,24			0,05

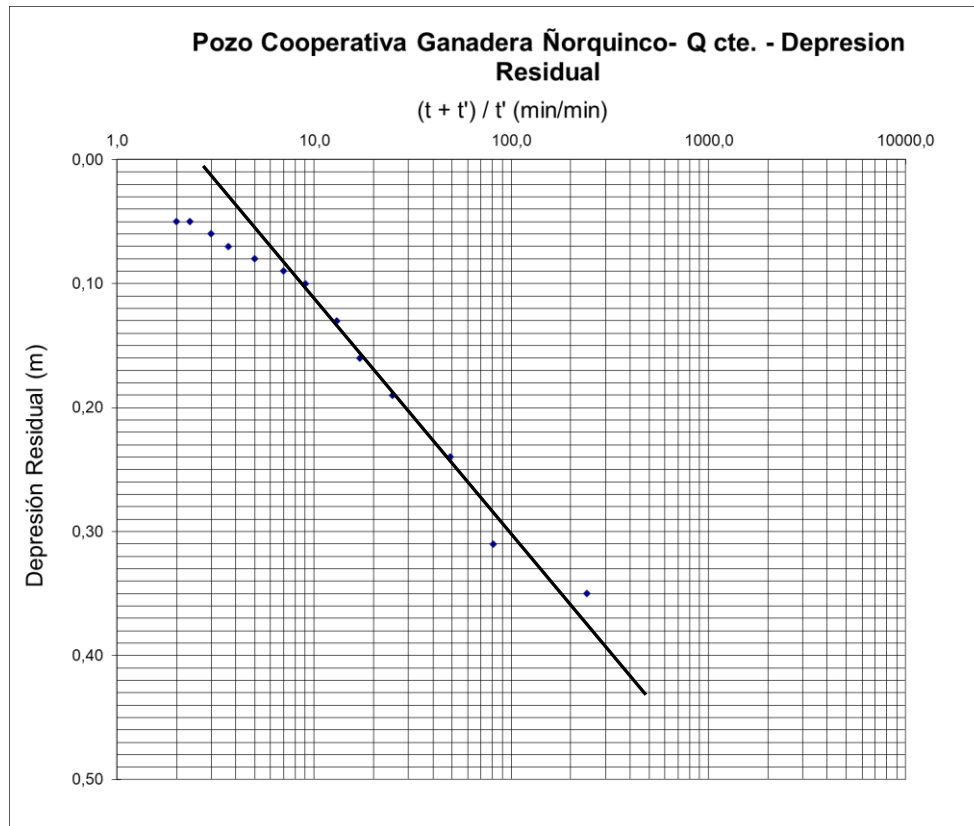


Gráfico 5.- Tiempo vs Depresión Residual

El ensayo de recuperación empleando el método de la Depresión Residual, arrojó un valor más elevado de la transmisividad,  $55 \text{ m}^2/\text{día}$ . Asimismo, en el gráfico correspondiente se observa que la recta no corta al eje de la depresión en el valor cero (caso teórico) es decir en el origen de la recta, sino que lo hace entre el tiempo  $t^2$  y  $t^3$  lo cual estaría evidenciando, al igual que en el pozo de Rastelini, variaciones del coeficiente de almacenamiento debido a las heterogeneidades granulométricas del acuífero a lo largo del valle y por ser el pozo parcialmente penetrante.

La permeabilidad obtenida varía entre  $51$  y  $60 \text{ m/día}$ , que correspondería a un acuífero con predominancia de arenas gruesas.

### ESTIMACION DEL FLUJO SUBTERRANEO NATURAL

Con los datos obtenidos del censo de pozos mas los ensayos hidráulicos realizados se procedió a cuantificar el recurso subterráneo que circula naturalmente por la sección transversal del arroyo Ñorquinco a la altura del pueblo.

Para tal cometido se aplicó la Ley de Darcy cuya fórmula se expresa como:

$$Q = K i A$$

Donde **Q** es el caudal (m<sup>3</sup>/día), **K** es la permeabilidad (m/día), **i** es el gradiente hidráulico natural, **A** es el área por donde pasa el flujo (m<sup>2</sup>).

Se promediaron las permeabilidades obtenidas, los espesores saturados, se tomó una sección transversal en función de los datos a la altura de la chacra de Rastelini obteniéndose los siguientes valores:

$$K = 43 \text{ m/día} \quad i = 0.0098 \quad A = 700 \text{ m}^2$$

$$Q \text{ pasante} = 295 \text{ m}^3/\text{día}$$

El caudal pasante naturalmente en la sección transversal del arroyo Ñorquinco a la altura de la chacra Rastelini es del orden de los 295 m<sup>3</sup>/día. Con estudios más rigurosos se podrá calcular con mayor precisión este valor que seguramente sería superior.

## CONSIDERACIONES FINALES

El relevamiento expeditivo del tramo del valle del arroyo Ñorquinco situado a la altura del pueblo homónimo, determinó la presencia de un acuífero freático alojado en el subálveo del valle, de baja salinidad, conformado por arenas y gravas en la sección inferior y sedimentos limosos en la superior.

Los niveles freáticos se situaron entre 0,4 y 3,23 metros bajo de pozo (m.b.b.p.) y representaría condiciones de humedad y cierta recarga teniendo en cuenta el caudal que llevaba el arroyo. Sería conveniente realizar mediciones durante el estiaje a fin de evaluar el comportamiento del manto freático. Seguramente por cuestiones estacionales, los menores valores se obtendrían en el periodo marzo - abril.

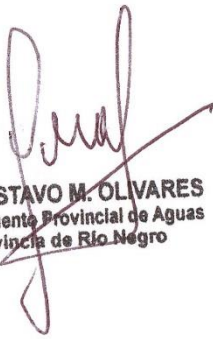
Los valores de transmisividad obtenidos varían entre 47 y 72 m<sup>2</sup>/día en los ensayos de bombeo, mientras que en los de recuperación (Depresión Residual) variaron entre 55 y 91 m<sup>2</sup>/día. Los valores de la permeabilidad se situaron entre 38 y 60 m/día. Cuando se ejecuten las perforaciones de estudio, estos parámetros seguramente van a ser más elevados debido que se atravesará todo el espesor del acuífero. Por lo tanto, estos valores representarían una condición de mínima.

El flujo subterráneo que circula naturalmente por la sección transversal del arroyo a la altura de la chacra de Rastelini se estimó en 295 m<sup>3</sup>/día.



La salinidad expresada por medio de la conductividad eléctrica varía entre 91 y 516 uS/cm. El análisis del pozo de la planta de ARSA dio una concentración salina (SDT) de 65 mg/L. El acuífero freático presenta un valor de RAS de 1,71, es decir, que el peligro de alcalinización o peligrosidad sódica del suelo es baja. No obstante, habría que realizar un muestreo más extenso que abarque un mayor número de pozos a fin de analizar si existen variaciones significativas del RAS a lo largo del valle.

En función de los datos obtenidos del relevamiento preliminar del valle, en el tramo considerado, el agua subterránea alojada en el subálveo del arroyo Ñorquinco, presenta un interesante potencial tanto desde el punto de vista hidroquímico como hidráulico. No obstante, es necesario realizar perforaciones de estudio que atraviesen la totalidad del espesor del manto acuífero a fin de conocer con mayor precisión los parámetros hidráulicos (transmisividad, permeabilidad), los caudales de extracción y cuantificar con mayor certeza el flujo subterráneo natural que circula por la sección transversal del valle.

  
Lic. GUSTAVO M. OLIVARES  
Departamento Provincial de Aguas  
Provincia de Río Negro