



Honorable Concejo Deliberante
DE
HUINCA RENANCÓ
DPTO. GENERAL ROCA - PROV. DE CÓRDOBA

ORDENANZA N° 1261/2012.-

VISTO:

El informe titulado "Exploración Hidrogeológica en el Entorno de la Localidad de Huinca Renancó -Córdoba" realizado a solicitud de la Cooperativa de Electricidad y Servicios Anexos de Huinca Renancó por profesionales de la facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) -Departamento Geología -elevado por dicha entidad cooperativa a esta Municipalidad; y

CONSIDERANDO:

Que dicho informe demuestra la preocupación de la entidad cooperativa por los problemas de la Comunidad Huinquense, el futuro de la salud y salubridad de la población y los servicios de infraestructura humana que aún restan por lograr.-

Que el mismo, fue realizado a solicitud de la Cooperativa, por profesionales consubstanciados con la problemática de la región, estudiosos de los suelos del área de su competencia, en exactitud la región surcordobesa.-

Que el mismo consiste en un estudio hidrogeológico cuyo objeto es definir las áreas más apropiadas para ubicar posibles perforaciones para el abastecimiento de agua en nuestra Ciudad.-

Que se estima que, por la procedencia del mismo, la metodología y el prestigio de la entidad que cobija el estudio, la Universidad Nacional de Río Cuarto, el documento es de suma utilidad para propiciar gestiones en pos de la futura construcción de red de agua potable domiciliaria y de la forma de sustentación efectiva de la misma en el tiempo.-

POR ELLO

EL HONORABLE CONCEJO DELIBERANTE DE HUINCA RENANCÓ

SANCIONA CON FUERZA DE ORDENANZA

Art.1º).- DECLÁRASE DE INTERÉS y ORDEN PÚBLICO MUNICIPAL el estudio informe denominado "EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL ENTORNO DE LA LOCALIDAD DE HUINCA RENANCÓ -CBA.", elevado a este Municipio por la Cooperativa Limitada de Electricidad y Servicios Anexos de Huinca Renancó realizado a su solicitud por profesionales de la facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) - Departamento Geología - (autores: Blarasin M.; Cabrera, A.; Matteoda, E.; Felizzia, J.; y Eric, C.).-

Art.2º).- FACÚLTASE al Departamento Ejecutivo Municipal de Huinca Renancó a realizar gestiones para la futura provisión de agua potable en la Ciudad de Huinca Renancó y construcción de la Red de Agua Potable Domiciliaria de la Ciudad, ante los organismos del estado Provincial o nacional que correspondieren o tomaren interés en el proyecto, teniendo como base el estudio que por la presente se Declara De Interés y Orden Público Municipal y a efectuar las consultas y convenios que estime necesarios para sentar las bases de la futura concreción del servicio.-

Art.3º).- El estudio mencionado forma parte integrante de la presente Ordenanza como Anexo a la misma.-

Art.4º).- COMUNÍQUESE, publíquese, dése al Registro Municipal y archívese.-

DADO en Sala del Honorable Concejo Deliberante de la Ciudad de Huinca Renancó, en sesión ordinaria de fecha trece de diciembre de dos mil doce .-


María Graciela Quevedo
Secretaria - H.C.D.




ANA CLOTILDE LANFRANCO
Presidente
H. Concejo Deliberante

Promulgada por Decreto N° 272/2012 de fecha 18 de diciembre de 2012.-
TÉNGASE POR ORDENANZA VIGENTE.-

**EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL
ENTORNO DE LA LOCALIDAD DE HUINCA
RENANCÓ-CBA.**

**Solicitante: Cooperativa de Electricidad y Servicios
Anexos de Huinca Renancó**

**Autores: BLARASIN M., A. CABRERA, E. MATTEODA, J.
FELIZZIA y C. ERIC**

**DPTO. GEOLOGÍA
Fac. Cs. Exactas Fco. Qcas. y Nat.
Universidad Nacional de Río Cuarto
Año 2012**



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

INFORME TÉCNICO
**EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN EL ENTORNO DE LA
LOCALIDAD DE HUINCA RENANCÓ**

Autores: BLARASIN M., A. CABRERA, E. MATTEODA, J. FELIZZIA Y C. ERIC

Dpto. Geología.UNRC.

Año 2012

De acuerdo al plan de tareas oportunamente presentado, se realizó un estudio hidrogeológico (campo, gabinete y laboratorio), con el fin de definir las áreas más apropiadas para ubicar posibles perforaciones de abastecimiento de agua para la localidad de Huinca Renancó, que cuenta con 10.000 habitantes.

Requerimientos del solicitante: Según indicara el personal de la Cooperativa de Electricidad y Servicios Anexos de Huinca Renancó, en la actualidad se reparten 550.000 litros/mes de agua potable (aprox 55 l/persona/mes ó 2,3 l/hab/día) procedente del tratamiento de la planta de ósmosis inversa. Sin embargo, se tuvo en cuenta que para presentar proyectos en SRH (Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Cba., ex DIPAS) Y ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento), se toman en cuenta dotaciones de 10 litros por habitante por día para el consumo humano y 250 litros por habitante por día para lo que se denomina consumo general. Por este motivo se exploró con el objetivo de hallar reservas que cubran tales requerimientos.

Se destaca que la localidad no cuenta actualmente con el sistema de red para la distribución del agua potable obtenida en la Planta de tratamiento, sino que la misma se vende en bidones aportados por los propios habitantes o por medio de camiones cisternas que tienen un recorrido diario habitual.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología empleada para el estudio fue la siguiente:

1-Se efectuó la lectura de trabajos geológicos generales del Sur de Córdoba (Blarasin et al., 2005) y se evaluaron datos de trabajos hidrogeológicos previos de la zona de Huinca Renancó, realizados a escala 1:100.000 (Giordano, 2008) en el marco de proyectos de investigación que lleva adelante personal del Dpto. de Geología (Base de datos del Dpto. de Geología) y de un informe de la ex DIPAS (Cebollada Verdaguer, 1988) a escala 1:60.000, lo que permitió verificar la necesidad de efectuar una actualización de la información, definiendo más acabadamente la calidad de agua y las posibles reservas disponibles.



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

2- Se elaboró un mapa hidromorfológico del área seleccionada para el estudio, sobre la base de hojas topográficas (1:100.000) y satelitales del IGN (Instituto Geográfico Nacional). El mapa elaborado previamente en gabinete, fue corroborado en el campo con la descripción y chequeo de las principales características geológica-geomorfológicas. Se definieron unidades hidromorfológicas basadas en el criterio de que el relieve y los materiales geológicos pueden influir diferencialmente en la dinámica y calidad del agua.

3-Se trataron datos de precipitaciones del entorno de la localidad (ver Anexo 1), brindados por la Universidad Nacional de Río Cuarto (serie Ea. El 23+ UNRC: 1911- 2011) con el fin de definir ciclos húmedos y secos que impliquen cambios en las reservas de agua en la zona. Para ello se realizó un balance hídrico seriado a nivel de suelo para los 100 años de la serie, evaluándose la distribución en el tiempo de las precipitaciones y los excesos hídricos (éstos últimos están constituidos por el agua que escurre superficialmente o se convierte en infiltración efectiva (Ie) que recarga el acuífero freático).

4-En sucesivos viajes se censaron 37 perforaciones preexistentes con el objeto de realizar la evaluación hidrogeológica de la zona. Las profundidades del nivel freático se midieron con sonda piezométrica en los sitios en que el diseño de la captación lo permitió, mientras que en algunos la profundidad del nivel fue informada o se estimó en función de la posición del sistema de bombeo o extremo de cañería de succión, según el diseño de las perforaciones existentes. Para evaluar aspectos hidráulicos del acuífero, se contó con ensayos hidráulicos realizados en la región del Sur de Córdoba en este tipo de sedimentos (Becher, 2012; Blarasin et al., 2011) (Anexo 2). Además se seleccionaron muestras de los sedimentos aflorantes (de similares características a los de la parte superior del acuífero, especialmente en zonas de médanos) y de una profundidad de 20 m en una perforación, efectuándose análisis granulométricos (Anexo 2), que fueron usados para la entrada a tablas de datos que permiten establecer características hidráulicas del acuífero: S (coeficiente de almacenamiento), K (conductividad hidráulica) y T (transmisividad).

5-Se realizaron 5 sondeos eléctricos verticales (SEV) localizados especialmente en áreas de lomas o médanos con el objetivo de poder delimitar posibles lentes de agua dulce. El instrumental utilizado fue un multímetro-amperímetro-voltímetro y como dispositivo de campo el denominado Schlumberger. Una vez obtenidas las curvas de resistividades aparentes se utilizó un programa de interpretación (IPI2win) el cual posibilita determinar espesores y resistividades verdaderas de las distintas capas del subsuelo (Anexo 3).

6-Se determinaron in situ parámetros de calidad como pH, Temperatura y Conductividad Eléctrica (parámetro que permite definir Sales Disueltas Totales) y en algunos casos, oxígeno disuelto. Se extrajeron muestras en 33 perforaciones y 5 lagunas en sitios seleccionados con el fin de conocer la calidad físico-química del agua. Además se tomaron 2 muestras de agua en: a) salida de agua potable resultante del tratamiento de la planta de ósmosis de Huinca Renancó (muestra B4) y b)




Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

residuo del tratamiento (muestra B5) que se vierte a la cloaca (según informara el encargado de planta). Se contó, además, con la información del análisis completo de otras muestras de perforaciones (Giordano, 2008) correspondiente a la Base de datos del Dpto. de Geología.

7- En laboratorio se realizaron los correspondientes análisis físico-químicos de las 40 muestras (33 subterráneas, 2 de la planta y 5 lagunas) (Anexo 5).

8- Los datos recogidos en este muestreo y los resultados obtenidos, permitieron realizar los mapas definitivos, de gran utilidad para ubicar espacialmente las posibles reservas (Anexo 6) y diferentes calidades de agua y proponer soluciones al problema. Algunas fotos de tareas realizadas se presentan en el Anexo 7.

Se elaboraron los siguientes mapas y/o esquemas hidrogeológicos sobre la base de la Hoja topográfica 1:100.000 del IGN:

- a- Mapa de líneas equipotenciales del acuífero freático: en el que se definieron líneas de igual potencial hidráulico del nivel freático para interpretar la dirección de escurrimiento del agua subterránea, áreas de recarga y descarga, gradientes hidráulicos, etc.
- b- Mapa de líneas de igual profundidad del nivel freático: en el que se indicaron profundidades de nivel freático referidas a las cotas del terreno.
- c- Mapas hidroquímicos: de distribución del contenido en sales disueltas totales, de Arsénico y Flúor (dada su habitual presencia en aguas de la región) y de nitratos (posibles indicadores de contaminación debido a las actividades urbanas y/o agrícolas-ganaderas).
- d- Perfil y esquema hidrogeológico: indicando características del relieve y litologías (tipo de sedimentos) y su incidencia en el funcionamiento del agua en el acuífero.
- e- Reservas y perforaciones: Cálculo de reservas probables, diseño preliminar y cantidad de captaciones a realizar y ubicación de las mismas.

RESULTADOS

ASPECTOS CLIMÁTICOS

Como se indicara, se dispuso de una serie de precipitaciones de 100 años (1911-2011, Anexo 1). Con esos datos y los hallados mediante la realización del balance hídrico, pudo clasificarse al clima de la zona como de tipo mesotermal, subhúmedo-seco. La temperatura media anual es de 16,5°C y la precipitación media anual es de 703 mm, de los cuales un 80 % se acumula en primavera-verano (Figura 1).

Como se muestra en la Figura 2, analizada la serie de 100 años de precipitaciones, se observa que hubo una variabilidad a lo largo del siglo que muestran 4 ciclos alrededor de la Precipitación media (703 mm). Ellos son, un ciclo húmedo (1911-1928, con un promedio de 758,5 mm), uno seco, más largo (1929-1974, con un promedio de 615,5 mm), uno más húmedo, ubicado por




Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

encima del promedio anual (1975-2002, con un promedio de 845 mm) y finalmente, uno más seco (2003-2011, con un promedio de 596,7 mm) hasta nuestros días. Puede observarse que en este último ciclo más seco intercalan años de mayores precipitaciones como 2004, 2007 y 2010, mientras que el más seco fue el año 2003 con una P anual de 314 mm.

Realizado el balance hídrico a nivel del suelo en la zona, se observa que los excesos hídricos (*agua que escurre superficialmente y alimenta ríos y lagunas o que infiltra superando la capacidad de almacenamiento de los suelos y alimenta el acuífero*) acompañan en forma general estos ciclos (Figura 3). Es decir se perciben excesos a principios del siglo, luego decaen por varios años y vuelven a subir, primero gradualmente desde la década del '70 y más notoriamente a fines de los '90, época caracterizada por grandes inundaciones y ascensos de

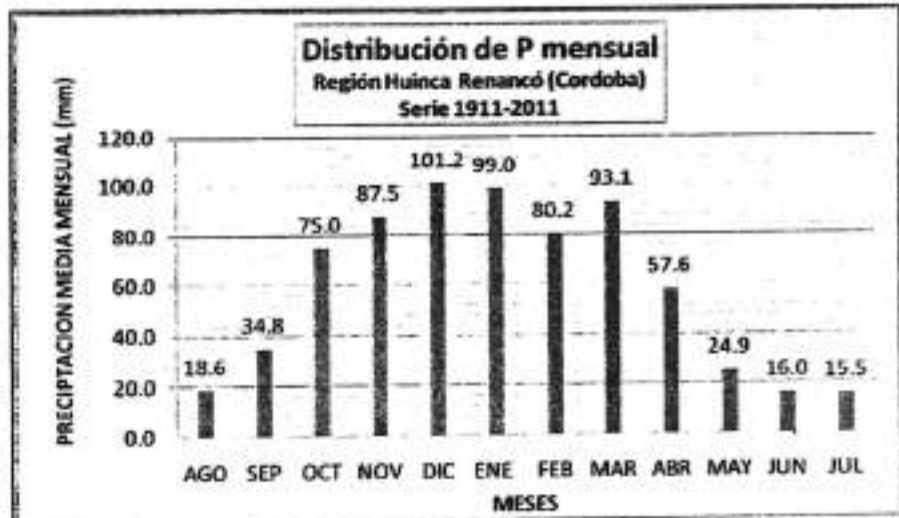


Figura 1. Distribución de P mensuales Huinca Renancó.

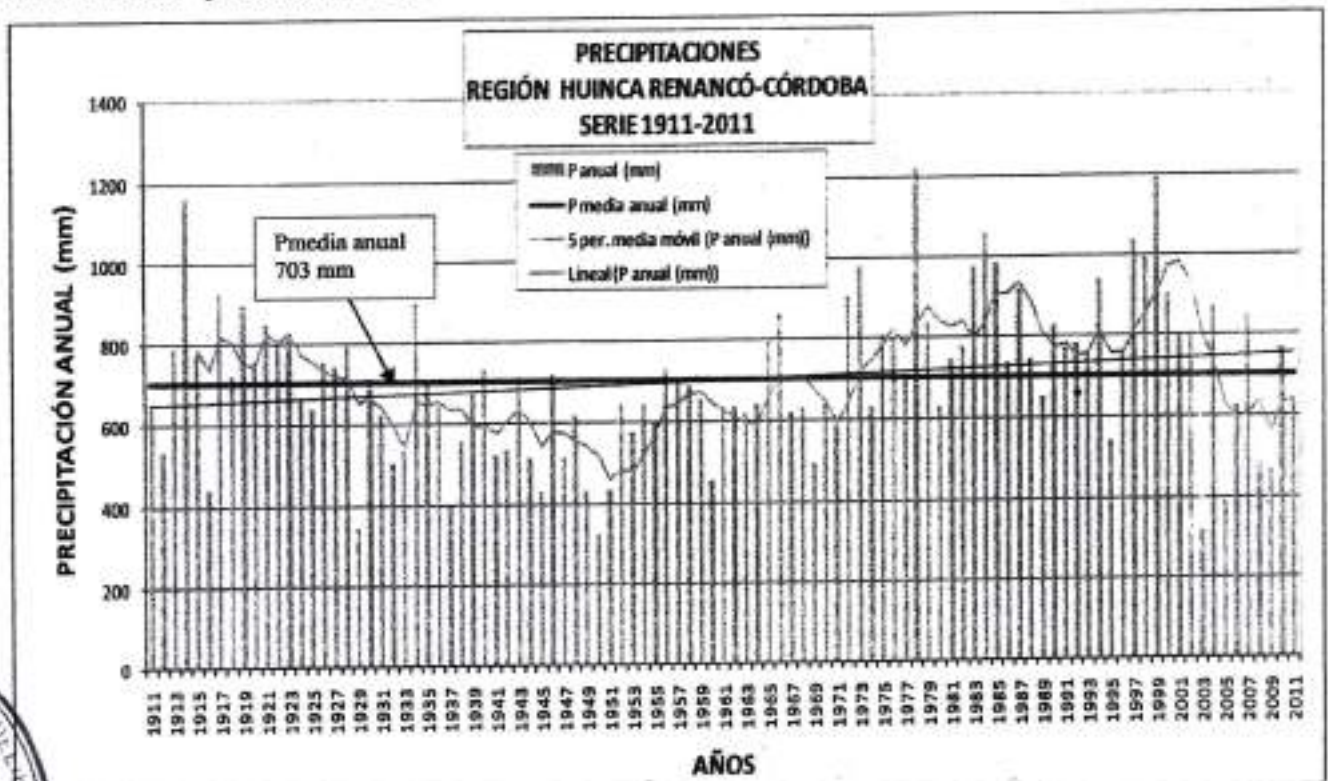


Figura 2. Precipitaciones anuales Zona Huinca Renancó. Serie 1911-2011



Guaymas
Sra. Ana G. Lanfranco
Presidente H.C.D.

niveles freáticos en la región. Nuevamente se observa desde 2003 un descenso en la disponibilidad de agua, lo que produjo el descenso de nivel freático y el desecamiento o reducción de numerosos pantanos y lagunas, especialmente desde 2010 (Blarasin et al., 2011). Los antecedentes de la región (Cebollada y Verdaguer, 1988) indican que en los años '50 los niveles estaban 2 a 4 m más bajos que en la actualidad. En lo que va del presente año se están registrando altas precipitaciones por lo que también es esperable una generación de importantes excesos hídricos.

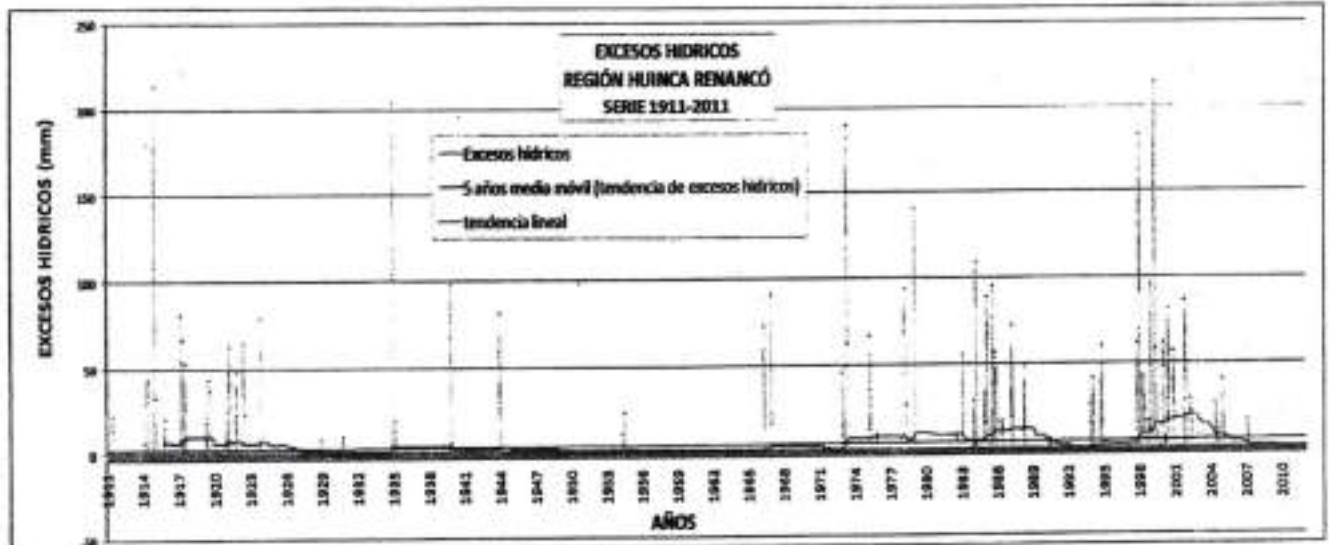


Figura 3. Excesos hídricos. Zona Huinca Renancó.

ASPECTOS GEOLÓGICOS: RELIEVE Y MATERIALES AFLORANTES

La localidad de Huinca Renancó se encuentra ubicada en plena llanura Pampeana (Figura 4) en la llamada **Planicie arenosa** (Degiovanni, 2005). Este ambiente presenta un relieve ondulado generado por la sobreimposición de formas medanosas de distinto origen y edad y forma parte de un campo dunario mayor, que, en la provincia de San Luis, se denominó *Planicie Medanosa Austral* o *Llanura Pampeana de Arena Eólicas*. Específicamente

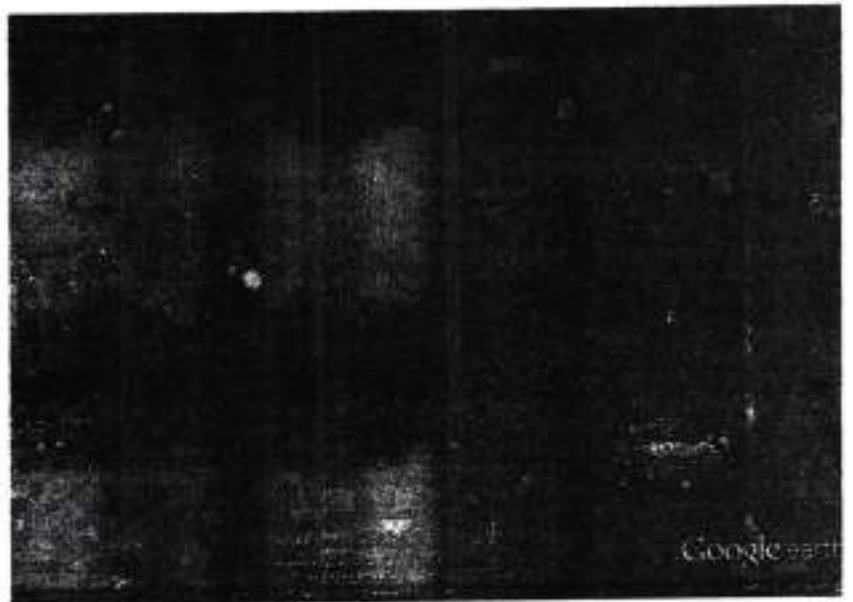


Figura 4. Imagen satelital de la zona de Huinca Renancó (tomada de Google Earth)

Ana C. Lanfranco
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.



se encuentra en la **Llanura medanosa con médanos longitudinales** que se sitúa al Sur de la localidad de Villa Valeria y Del Campillo y llega hasta el límite con La Pampa. Se trata de una planicie de bajos gradientes (0,2 %), constituida por médanos que poseen dirección NO-SE, en algunos sectores reactivados, con bajos intermédanos en gran parte ocupados por agua. Por lo tanto, los sedimentos aflorantes son predominantemente eólicos (transportados y depositados por el viento).

Teniendo en cuenta las formas del relieve, tipo de sedimentos aflorantes observados y dinámica del escurrimiento del agua superficial, la zona fue dividida en 4 unidades hidromorfológicas (Figura 5).

1- **Planicie eólica arenosa:** de relieve muy suavemente ondulado, con gradiente topográfico general del orden de 0,10-0,30% y gradientes locales algo mayores, está cubierta por sedimentos eólicos arenosos finos y muy finos, donde se destacan formaciones medanosas de dirección NO-SE, ortogonales a las que se observan al Norte del río Quinto.

Estos sedimentos eólicos arenosos, a diferentes profundidades aparecen diferencialmente cementados con carbonato de calcio (calcretos o "tosca"). En los bajos topográficos de dirección NO-SE y en caminos principales circula el agua durante las lluvias, dificultando notoriamente el tránsito.

2- **Planicie eólica con médanos reactivados:** especialmente en el centro oeste del área relevada, posee un relieve más ondulado. Esto se debe a la presencia de numerosos médanos o dunas reactivados es decir resultantes de la removilización de los sedimentos por parte de los vientos actuales procedentes de diversas direcciones. Algunas removilizaciones aparecen como

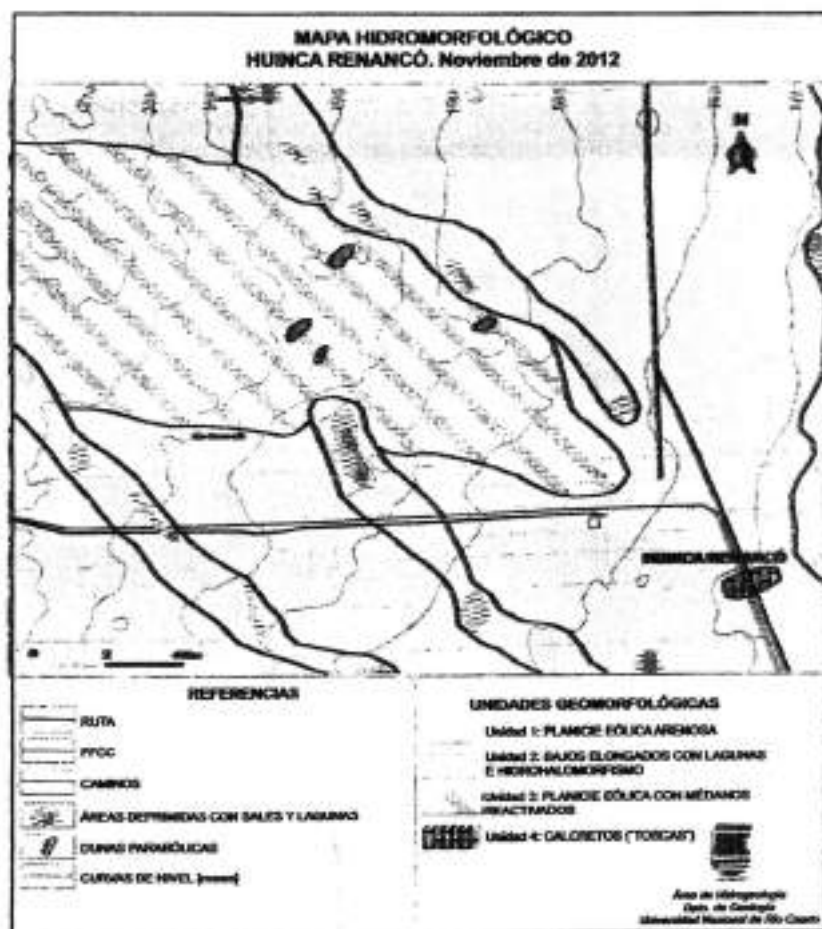


Figura 5. Mapa hidromorfológico. Zona Huinca Renancó



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

mantos con elongaciones en sentido NO-SE mientras que en algunos sitios se observan dunas parabólicas retrabajadas por los vientos que dominan actualmente (procedentes del NE) por lo que se disponen en forma ortogonal al campo dunario más viejo, en sentido NE-SO. Estos materiales removilizados tienen granulometrías de arenas finas dominantes, constituyendo este tamaño de grano más del 50% en peso (Anexo 2). En algunos médanos de esta unidad se observa una delgada capa blanca de 1 cm de espesor, que se corresponde con la caída de cenizas procedente de la erupción del Volcán Quizapu (Chile) en 1932 (Giordano, 2008). Los gradientes asociados a las lomas medanosas son del orden de 0,4 a 0,7 %. Si bien las expresiones topográficas son suavemente marcadas, la presencia de lomas de granulometrías arenosas y sueltas por el retrabajo reciente, otorga a estos materiales mayor permeabilidad, lo que tiene una incidencia notoria en la dinámica y calidad del agua subterránea, como se demostrará más adelante.

3-Bajos elongados con lagunas e hidrohalomorfismo: En esta planicie arenosa suavemente ondulada, se observan depresiones alargadas ocupadas por lagunas permanentes o temporarias, desconectadas entre sí. El origen de las depresiones no sólo está vinculado a corredores de deflación generados por el viento sino que también está relacionado a paleocanales o paleoderrames del río Quinto (antiguas líneas de escurrimiento del río). Estos bajos, desde el punto de vista hidrogeológico no revisten gran interés en profundidad, dado que en general el río, en otros periodos geológicos, en este sector de la provincia, removilizó materiales finos de baja permeabilidad, por lo que no es esperable encontrar sedimentos gruesos muy permeables. En estos bajos se distinguen procesos hidrohalomórficos, es decir, pequeñas áreas con nivel freático cercano y eflorescencias salinas, rodeando la depresión o laguna principal. Estas lagunas tienen claro aporte freático y afloran en ellas aguas muy salinas, especialmente en las más grandes de régimen permanente, dado las condiciones de evolución salina del agua subterránea en esta zona de la provincia, como se indica más adelante. Los sedimentos aflorantes en los bajos son arenolimo-arcillosos.

4-Afloramientos de calcretos: Se trata de un sector pequeño al SE de la localidad donde afloran secuencia laminadas de calcretos o "tosca" de aproximadamente 2-3 m de espesor. Se trata de materiales fuertemente cementados y fracturados, que se observan como viejas superficies de erosión. Se han detectado evidencias de una pequeña y antigua actividad minera en cantera.

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

El espesor de subsuelo explorado a partir de antecedentes de perforaciones y las tareas de campo es del orden de 400 m. El agua subterránea de mayor interés para el abastecimiento para



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

la ciudad se encuentra alojada en el acuífero freático o libre (Figura 6). El acuífero libre o freático, dado los antecedentes regionales, conservaría ese carácter hasta los 70 m donde empieza una capa que se extiende hasta los 140 m constituida por arenas, limos y arcillas cementados con carbonatos (Figura 6). Luego continúan sedimentos finos en todo el perfil con porcentajes variables de arenas -limos-arcillas, con cementación carbonática diferencia a diferentes profundidades. Dada la ausencia general en la región, de perforaciones profundas que capten de acuíferos confinados, no se contemplan como fuentes potenciales de abastecimiento ya que para ello se requeriría de mayores costos para la exploración y explotación. Sin embargo, durante la exploración se detectó al Norte del área (aprox 35 km) en cercanías de Mattaldi una perforación de aprox. 400 m de profundidad que fue muestreada y arrojó un contenido salino del orden de 14 g/L (Becher, 2012), lo que indica el importante aumento en sales a medida que aumenta la profundidad. Este esquema se mantiene en toda la región, por ejemplo en Pincen, aproximadamente 40 km al Este, se dispone de datos de una perforación de 740 m en la que los estudios exploratorios habilitaron capas confinadas entre 377-378 y otros a 525-530, 625-635, 658-675, 700-713 y 742 -745m, todas las cuales fueron desechadas por su alta salinidad y definidas como inaptas para el uso (SGA, 1967).

Por otro lado, una perforación tomada de antecedentes regionales, *cuya ubicación precisa se desconoce* y que está identificada como de la zona de Huinca Renancó (ver anexo 4 perfil 3) indica que se tocó basamento rocoso a los 210 m de profundidad. Este dato no fue detectado por los sondeos eléctricos realizados, pero de ser correcta la ubicación de la perforación, es otro dato más que indicaría la innecesaria exploración a mayor profundidad dado que habitualmente la roca es un medio fracturado con rendimientos de agua muy pobres,

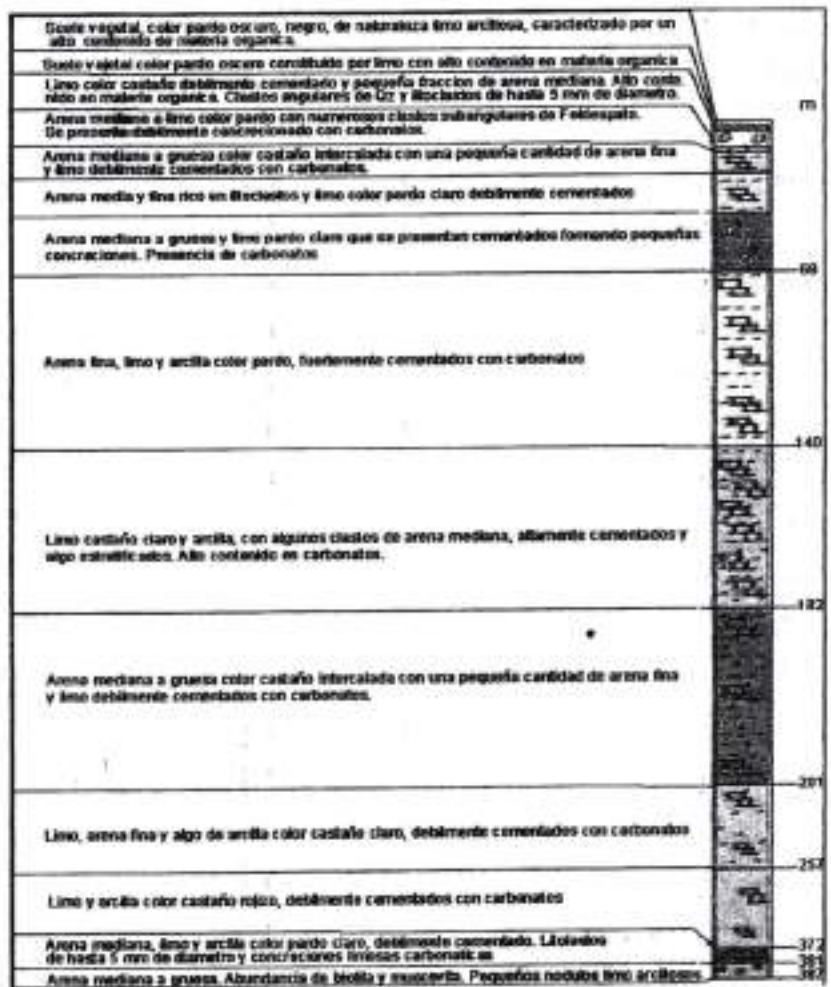


Figura 6. Perfil litológico de Huinca Renancó (Dirección Provincia de Hidráulica (actual SRH) ver original en Anexo 4



Cuavirca
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

además de la salinización del agua en profundidad que se explicara antes y que se profundizará más adelante.

En el censo de perforaciones, los SEV realizados y los antecedentes evaluados permitieron definir que los primeros 40 m de acuífero están compuestos por sedimentos arenosos finos-muy finos de tipo loésicos con diverso grado de cementación carbonática, apareciendo capas de "tosca" a diferentes profundidades. En el sector urbano y entorno aparecen capas de "tosca" de espesores del orden de 0,20 m, algunas de ellas se localizan típicamente a 4, 6, 8 m y a 20 m de profundidad (comunicación verbal perforista Sr. M. Sosa, Figura 7).

En función de las características granulométricas, datos de tablas tomadas de la bibliografía, ensayos hidráulicos precedentes para este tipo de sedimentos en otros sitios de la región Sur de Córdoba (Becher, 2012, Blarasin 2003), se estimaron los parámetros hidráulicos del acuífero freático (K, S y T), de utilidad para efectuar cálculos y poder definir la modalidad de explotación del recurso. Los valores más representativos para el acuífero son: Conductividad Hidráulica (K) del orden de 1-5 m/día, Transmisividad (T) del orden de 70-350 m²/día y Coeficiente de Almacenamiento (S) o porosidad efectiva del orden de 7-15 %.



Figura 7. Perfil litológico general de los primeros 25 m del subsuelo

Dadas las características de la zona, en general las captaciones existentes son molinos que, en sectores de lomas, suelen contar con un antepozo, pero en la planicie deprimida en general tienen el cilindro en superficie. En todos los casos la perforación penetra pocos metros en el acuífero, entre 6 y 15 m de acuerdo a los datos relevados y a la información vertida por los propietarios y/o perforista de la zona. Así, los caudales de servicio son pequeños (del orden de 800 l/h a 1500 l/h) y los descensos del nivel freático al extraer agua del orden de 0,5- 1,0 m. En pocos casos, las perforaciones son más profundas (por ejemplo las nuevas realizadas por el municipio que llegan hasta 40 m (dato informado) y los caudales algo mayores (4.000-7.000 L/h). Durante la exploración, se midieron y/o evaluaron los siguientes parámetros para diferentes sitios (Tabla 1a):



Tabla 1a. Ejemplo de caudales en explotación

perforación	Caudal (L/s)	Descenso (m)	Caudal específico L/s/m	Profundidad perforación
Punto B34 Perforó: M. Sosa	6.000	7	850	22 m (con bomba sumergible aprox. 10m de prof)
P3	7000	3	2.300	Bomba de 1,5 HP

En los antecedentes se detectaron perforaciones con diseños mejorados por lo que los caudales y caudales específicos resultaron mayores, por ejemplo:

Tabla 1b. Ejemplo de caudales en explotación

Perforaciones antiguas	Caudal (L/s)	Descenso (m)	Caudal específico L/s/m	Profundidad perforación
DPH "Carnes Huinca"	10.000	2	5.000	16 m (con bomba sumergible .10m de prof)
DPH Huinca Renanco	28.000	4	7.000	Capa ensayada 10-13 m (con compresor)

Dinámica y profundidad del agua subterránea

A pesar de que el diseño de las captaciones existentes impidió realizar algunas mediciones, se contó con información de niveles freáticos para establecer la tendencia general del comportamiento del agua. Como se muestra en la Figura 8 el agua subterránea circula en dirección general NO-SE, con muy bajos gradientes hidráulicos en el orden de 0,10-0,25 %. La zona de la Unidad hidromorfológica 1 de médanos reactivados, dada la recarga preferencial, constituye una divisoria de aguas, entre los bajos elongados ubicados al Norte y los del Sur. Las velocidades de escurrimiento del agua son del orden de 0,07 m/día. En la Figura 9



Figura 8. Mapa de equipotenciales del acuífero freático



Cecilia
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

puede observarse la profundidad del nivel freático en los diferentes sectores, que se encuentran en general entre 1 y 8 m. Como se indicara en el balance hídrico, dado que los últimos 2-3 años fueron más secos y con pocos excesos hídricos, hay pocos sectores con el nivel freático aflorante, aunque sí lo hace en lagunas de carácter permanente. Durante la realización de esta exploración en los últimos 3 meses, han caído importantes precipitaciones que aumentaron el volumen de lagunas y además recargarán el acuífero freático. Según antecedentes del área, y como

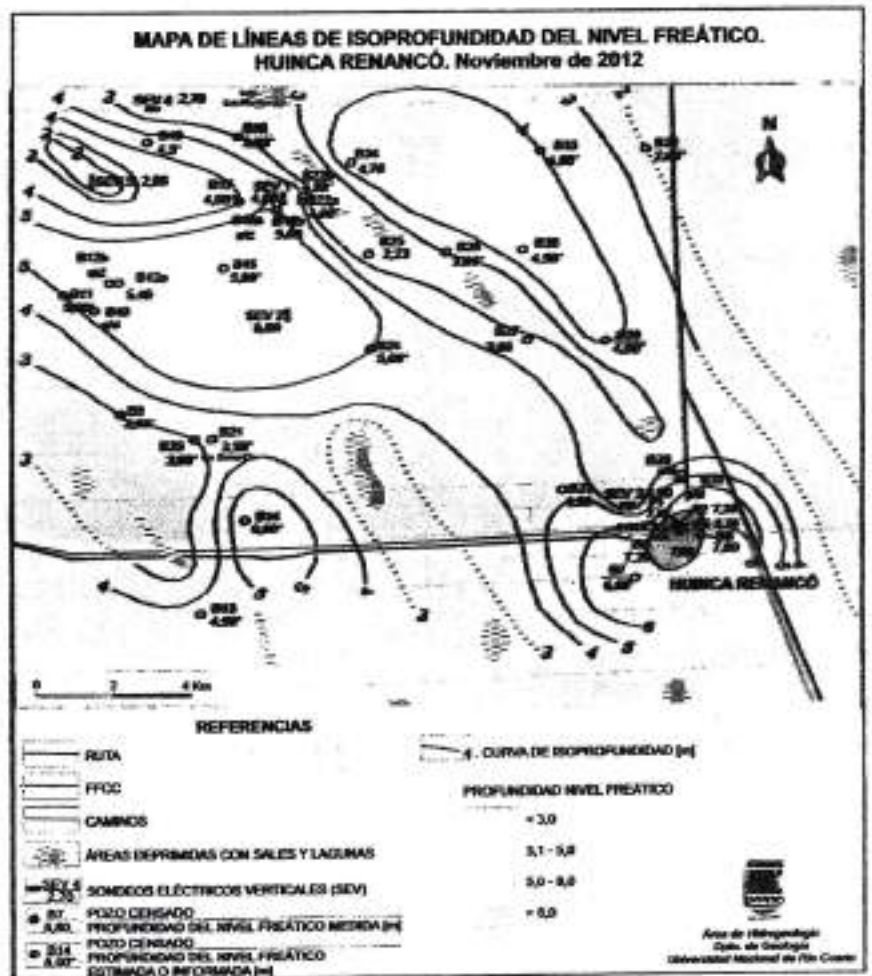


Figura 9. Mapa de líneas de isoprofundidad del nivel freático.

ya se indicara, en la década del 50 el nivel freático estaba 2 a 4 m más bajo que en la década del 80 (Cebollada Verdaguer, 1988), aunque para ésta estaba a profundidades similares que en la actualidad.

Relevamiento geofísico

Sondeos eléctricos verticales (SEV)

Se realizaron 5 SEV con profundidad de investigación hasta 40 m cuyos resultados detallados figuran en el Anexo 3 (ver ubicación de SEV en Figuras 9 y 13). Los SEV son estudios indirectos que se realizan para determinar resistividades eléctricas aparentes de los materiales del subsuelo y poder inferir sus características (por ejemplo posible permeabilidad) y evaluar así la posibilidad de localización de futuras perforaciones. En la medición influye el contenido de agua de las distintas capas e incluso su salinidad.

Los SEV realizados permitieron en esta ocasión establecer fundamentalmente los límites de posibles lentes de agua más dulce del acuífero freático, que pudieran ser de interés para la



Cecilia
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

explotación. Se diferenciaron distintas electrocapas resistivas, lo que permitió definir en primer lugar, el límite entre la zona no saturada y la zona saturada o acuífero, posicionando el nivel freático (límite superior del acuífero) en los distintos sitios a profundidades comprendidas entre 2,0 y 8,60 m, aunque muy localmente en algunas lagunas se encuentra aflorando. Por otro lado, la información brindada por los SEV permitió definir la extensión y profundidad hasta la cual se extienden las lentes de agua más dulce del acuífero, asociadas a la recarga directa del agua de lluvia en la zona. La posible presencia de estas lentes y su composición química fueron analizadas y corroboradas con el muestreo de agua y su correspondiente análisis químico. La disposición de la lente es la que se muestra esquemáticamente en la Figura 10 y que adquiere diferente espesor y extensión según las diferentes zonas.

Teniendo en cuenta ese espesor los SEV de mayor interés son: SEV 1 (espesor probable de agua dulce 13 m) y SEV 2 (espesor probable de agua dulce 13 m) aunque se reitera que la calidad definitiva del agua se define con el análisis físico químico y bacteriológico.

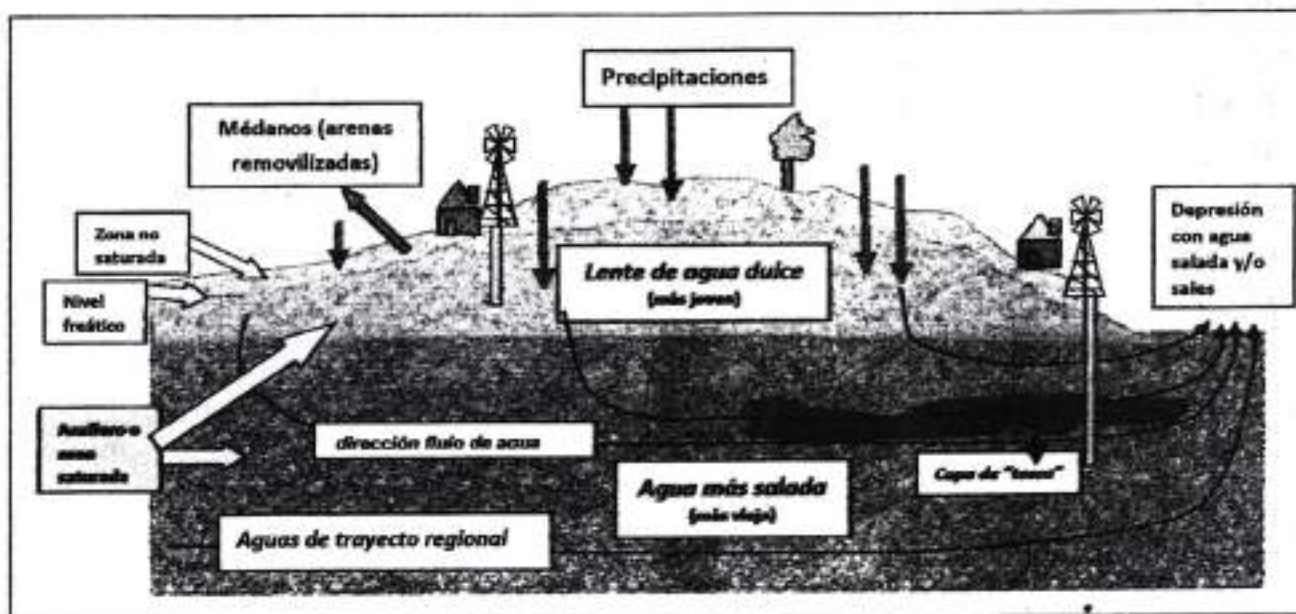


Figura 10. Esquema de recarga de agua de lluvias en zonas de médanos o lomas

Aspectos hidrogeoquímicos: Calidad del agua subterránea

Como se indicara para la elaboración de mapas e interpretaciones se hicieron análisis de 40 muestras, número previsto dado las perspectivas poco favorables de la zona. Se determinaron conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad o sólidos disueltos totales (SDT, mg/l), pH, (in situ) y CO_3H^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , F^- , As y NO_3^- (en laboratorio). La información se resume en el Anexo 5. Dado que las muestras de agua subterránea corresponden a perforaciones

que en su mayoría captan como máximo de los primeros 40 metros de la columna sedimentaria, los mapas que se adjuntan son de utilidad para interpretaciones hasta esa profundidad.

El agua subterránea del área explorada resultó con características geoquímicas variadas como se muestra en la Tabla 2, dominan las bicarbonatadas sódicas en un 37,54% de los casos, mientras que las restantes resultaron de tipo mixto (bicarbonatadas-sulfatadas, cloruradas-sulfatadas, sódico-magnésicas, etc). Se explican a continuación algunos aspectos de la calidad vinculados sólo a algunas de las sustancias o propiedades químicas que se consideraron más relevantes dado los problemas que ocasionan en la aptitud del agua para consumo humano.

Tabla 2. Características geoquímicas

tipo geoquímico	AGUA SUBTERRÁNEA	
	cantidad de muestras	%
HCO ₃ Ca	1	2.86
HCO ₃ MgCa	1	2.86
HCO ₃ NaMg	3	8.57
HCO ₃ MgNa	1	2.86
HCO ₃ Na	13	37.14
HCO ₃ NaCa	1	2.85
HCO ₃ SO ₄ Na	2	5.7
SO ₄ HCO ₃ Na	1	2.86
ClHCO ₃ Na	3	8.57
ClSO ₄ Na	5	14.29
ClNa	4	11.43
	35	100.0
	AGUA SUPERFICIAL	
ClNa	4	80.0
HCO ₃ Na	1	20.0
	5	100.0

Salinidad del agua subterránea

Antes de explicar los resultados obtenidos en el muestreo realizado en el entorno de la localidad de Huinca Renancó, es necesario enmarcar la zona explorada en un contexto regional. De este modo y de manera sintética se destaca que la zona se encuentra en una zona en general deprimida que desde el punto de vista regional recibe aguas de regiones más altas y, dado que desde el punto de vista hidrogeológico el agua subterránea aumenta su salinidad durante su

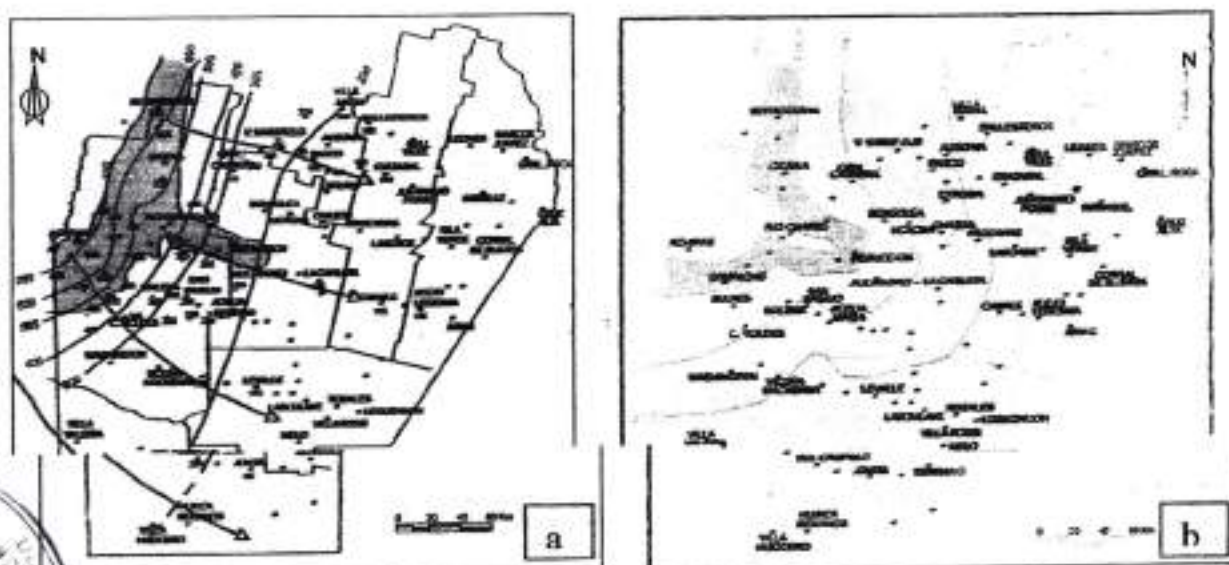


Figura 11. Hidrogeología regional acuífero freático a) dirección del agua subterránea b) salinidad (Blarasin, 2003)



Blarasin
 Dra. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

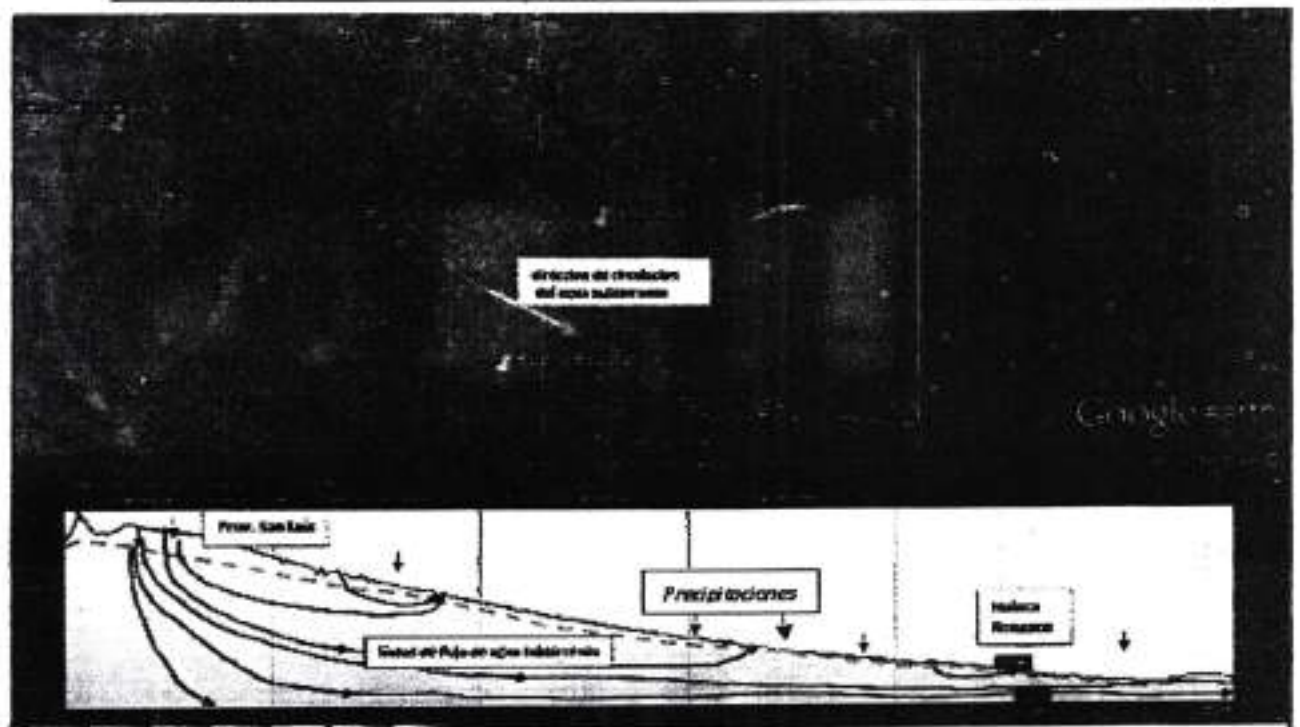


Figura 12. Esquema de evolución de flujos de agua subterránea, regionales y locales tránsito en el acuífero adquiriendo diversas sales, como se observa en la Figura 11 a y b, en este caso, y desde el punto de vista regional, los contenidos salinos se justifican ya que el agua procede del Este con zonas de recarga en la provincia de San Luis (Figura 12).

Específicamente en relación a la exploración realizada y como se muestra en la Figura 13 el agua subterránea del acuífero freático posee **salinidad variable en el espacio**, formando un mosaico complejo. Esto se debe a que si bien en general es una zona de descarga regional de aguas saladas la presencia de lomas medanosas genera una recarga preferencial por flujos locales que forma lentes de agua dulce, dada su menor densidad, por encima del agua salada. Los sectores con agua más dulce, por debajo de 2.000 mg/L de salinidad, son aquellos vinculados al campo de médanos reactivados (Unidad Hidromorfológica 2). Dentro de esta gran zona se encuentran sectores con aguas más dulces (menor a 1000 mg/L) detectados en las perforaciones B9, B10, B11 y B12 (zona de la batería de perforaciones de Villa Huidobro) y en B24. Si se tienen en cuenta el límite de 1.500 mg/L admisible para consumo humano por el Código Alimentario Argentino (CAA), se observa un sector con aguas entre 1.000 y 1.500 mg/L detectado en el ámbito de las perforaciones B15, B27 y SEV 2.

Por otro lado, y tal como se interpretara a partir de los SEV y datos químicos, es importante destacar que los valores de salinidad también **cambian con la profundidad**. Así, como ejemplo, puede observarse que la muestra de la perforación B17 al NO de la localidad, ubicada en la zona de médanos reactivados, el agua subterránea captada a una profundidad de aproximadamente 8



m, posee salinidad muy baja, menor a 1.000 mg/L. Sin embargo, a escasos 1000 m, el punto B18b que capta agua a 16 m de profundidad, posee el doble de sales. Esto corrobora el patrón de cambios de salinidad con la profundidad (Figura 14).

Todos los sectores que rodean la unidad hidromorfológica 2 de médanos reactivados tienen aguas salobres a saladas, superiores a 2.000 mg/L y hasta 7.000 ú 8.000 mg/L como ocurre en la zona urbana de Huinca Renancó, donde el aumento de salinidad está también vinculado al aumento de los iones (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , etc.) por contaminación a partir de actividades urbanas,

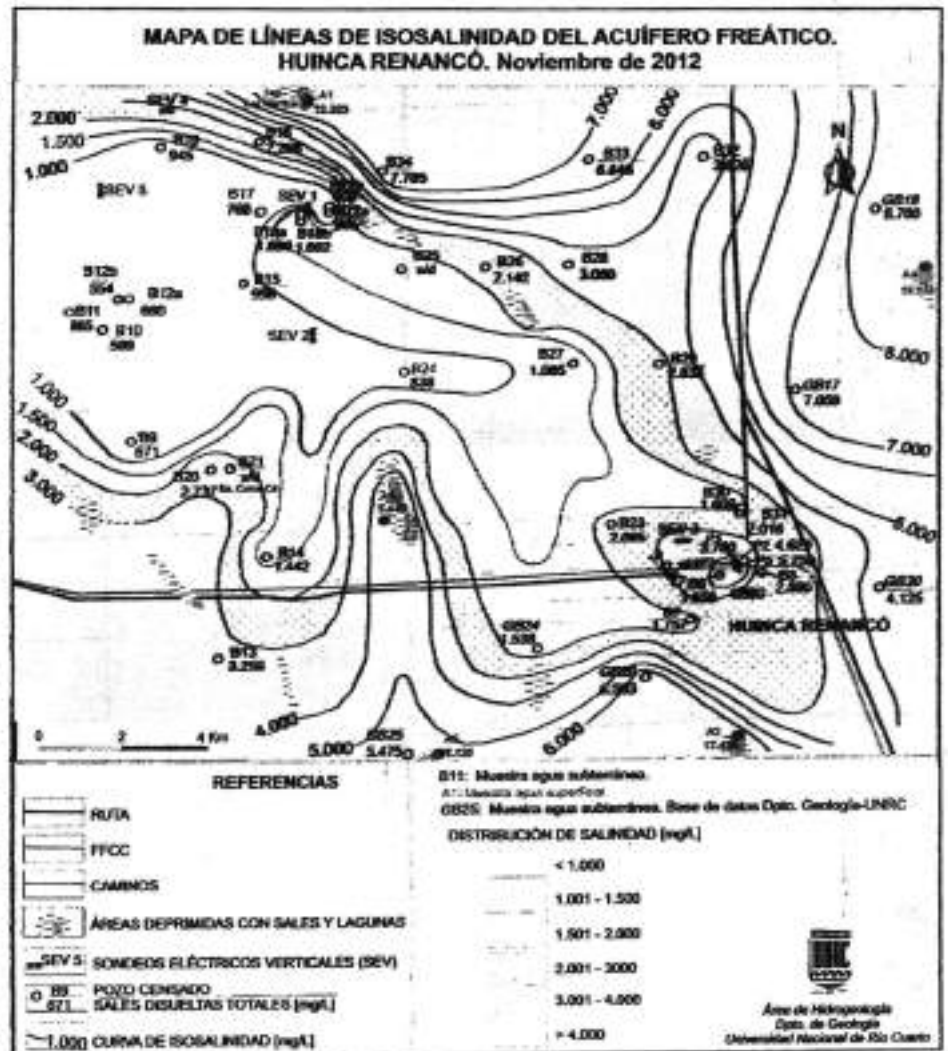


Figura 13. Salinidad del acuífero freático

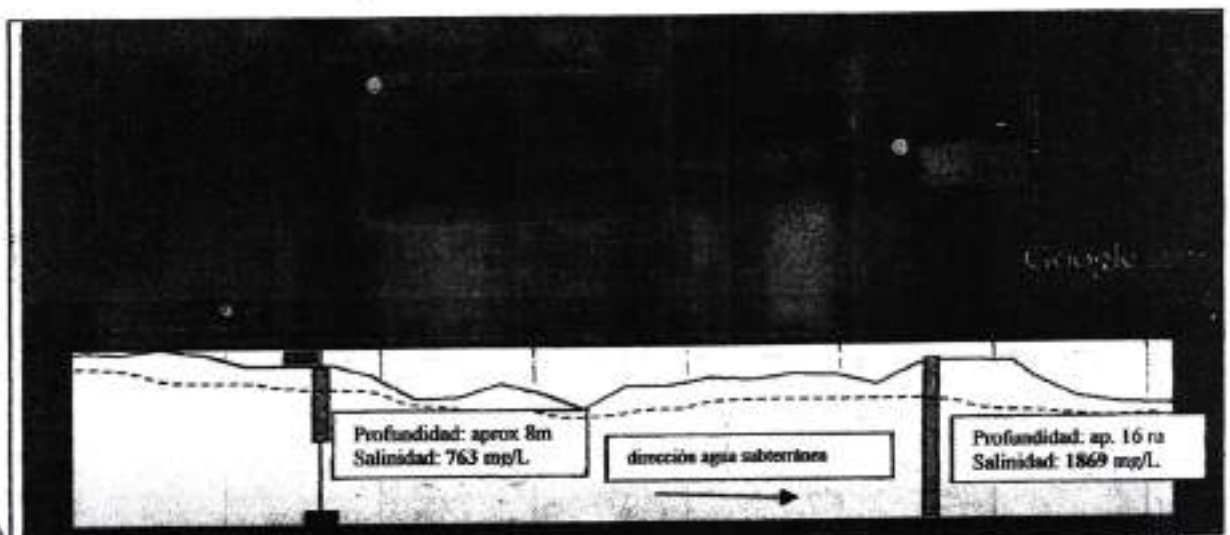


Figura 14. Cambios de salinidad de agua subterránea con la profundidad



Requena
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidenta H.C.D.

"pozos negros" fundamentalmente. Se recuerda que desde el punto de vista de la aptitud de uso para consumo humano las muestras con valores de salinidad superior a 1.500 mg/L se encuentran por encima del límite recomendado por el CAA y la SRH de Córdoba, por lo que, como se observa en la Figura 13, la zona presenta un panorama poco alentador. Se suma a esto el proceso de salinización en profundidad ya explicado.

Contenido en elementos minoritarios y trazas

En el Sur de Córdoba existen numerosas evidencias de que la calidad de agua subterránea está muy condicionada por el tipo de sedimentos que conforman el acuífero. En aquellos sectores donde el acuífero presenta sedimentos finos de tipo loésicos, los minerales que los constituyen (biotita, anfíboles vidrio volcánico, óxidos de Fe, entre otros) aportan, en determinadas condiciones geoquímicas (preferentemente ambiente de aguas bicarbonatadas y rangos de pH altos), Arsénico y Flúor al agua subterránea (datos de este tipo se pueden consultar en Smedley et al., 2000; Cabrera et al, 2005, entre otros). A la presencia de Fluoruros disueltos en aguas de consumo se deben los problemas de fluorosis dental (moteado de dientes, en general de color marrón) y posible afectación a huesos, mientras que el Arsénico es tóxico para el organismo humano (Hidroarsenicismo crónico regional endémico) por encima de determinados valores.

Flúor en agua subterránea

La distribución espacial de este elemento en el agua subterránea de la zona explorada se ha definido teniendo en cuenta el límite de 1,3 mg/L que se usa en las normas de la SRH. Este valor está también reglamentado por el CAA y queda definido por valores de temperatura media ambiente regional entre 14,7 y 17,6 °C.

En el mapa de la Figura 15 se observa que la zona relevada está muy afectada por la presencia de este elemento en el agua subterránea, ya que el 68% de las muestras presentan

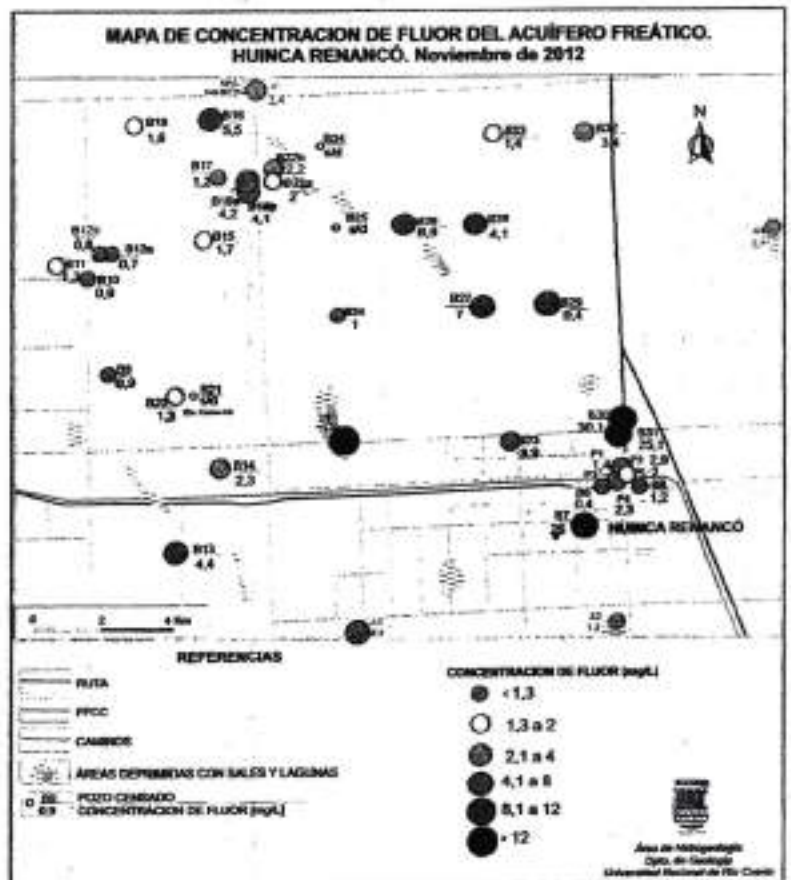
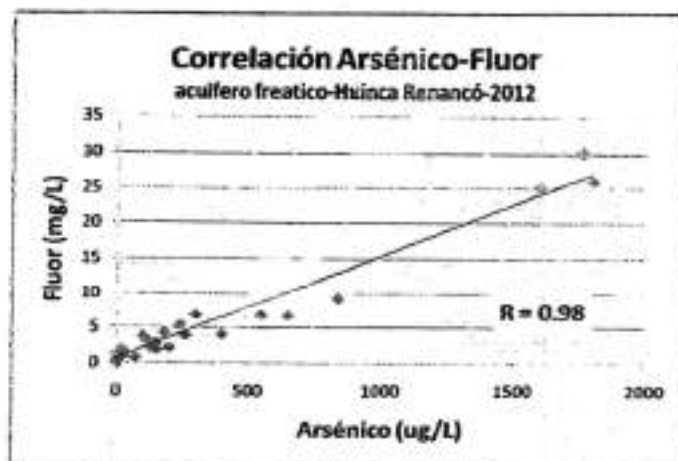


Figura 15. Flúor en aguas subterráneas



Ana C. Lanfranco
 Sra. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

valores superiores al límite admisible. El comportamiento del Flúor tiene un patrón de distribución que en general se corresponde con el relieve. Así, los mayores valores están en la periferia de la zona explorada en los bajos elongados y áreas deprimidas de la planicie arenosa (mayor a 4 mg/L), mientras que los más bajos menores a 2 mg/L están vinculados a aguas recientes de recarga en los médanos



reactivados. De las muestras de agua dulce sólo 5 de ellas presentan Flúor con valores menores a 1,3 mg/L. Se destaca la muy alta correlación entre Flúor y Arsénico como lo exhibe la Figura 16, es decir cuando uno aumenta en el agua el otro también lo hace.

Figura 16. Correlación As-F en agua subterránea

Arsénico en agua subterránea

En la provincia de Córdoba el límite admisible de Arsénico total en agua, como valor aceptable de concentración del componente sin efecto perjudicial para la salud, es de 50 $\mu\text{g/L}$ (ó 0,05 mg/L). El CAA lo ha fijado en 10 $\mu\text{g/L}$ aunque recientemente se ha extendido a 5 años el plazo para alcanzar ese valor tan pequeño en provincias donde abunda el Arsénico en agua. Como se observa en el mapa de la Figura 17, un 75 % de las muestras presenta valores mayores a 10 $\mu\text{g/L}$. Los sectores con valores menores a 50, se encuentran preferencialmente en la zona de médanos vinculado a recarga de agua más reciente. Hay 2 muestras

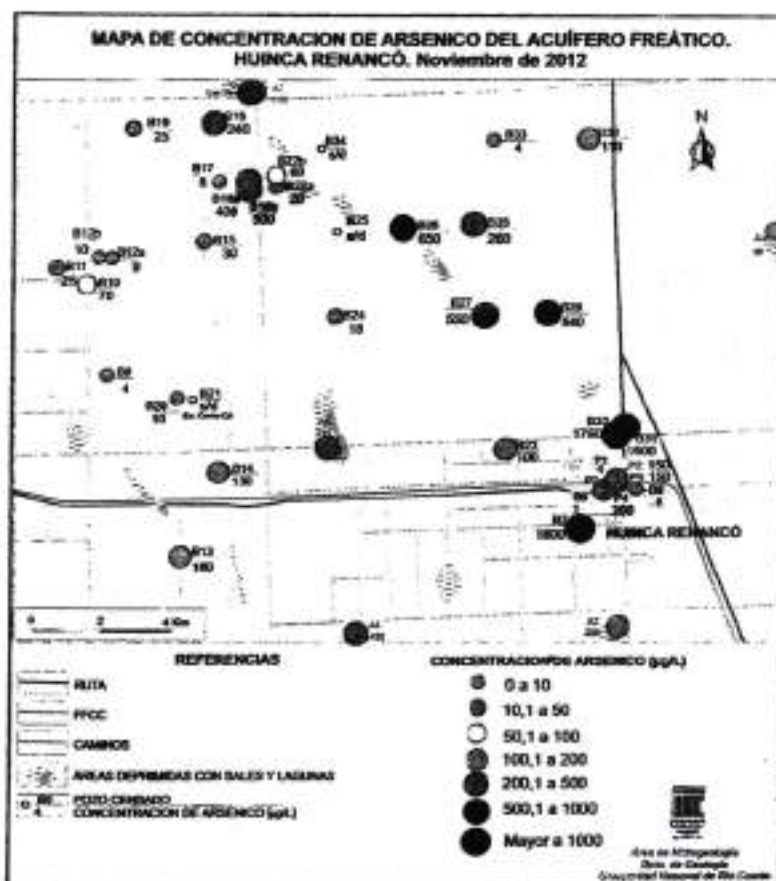


Figura 17. Arsénico en agua subterránea

en la ciudad con bajos tenores de As y F pero muy saladas, como ocurre en todo el ámbito urbano.



Guaukita
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidenta H.C.D.



Nitratos en agua subterránea

En general, los nitratos no aparecen naturalmente en agua subterránea, su presencia es indicio de algún proceso de contaminación derivado de fertilizantes o materia orgánica nitrogenada (tambos, corrales, pozos negros, etc.) que se degrada en el ámbito subterráneo derivando de ella elementos químicos como los nitratos que se mantienen y viajan en el acuífero cuando este se encuentra en condiciones oxidantes. Para la zona y momento de relevamiento el 60% de las muestras presentaron contenidos superiores a 45 mg/L (Figura 18) que es el límite admitido para consumo humano por CAA y SRH. La presencia de este elemento químico en solución permite inferir la afectación de la calidad del agua en la región. Este problema que afecta a la parte superior del acuífero, suele solucionarse haciendo perforaciones más profundas, sin embargo en este caso no se puede acudir a esa solución, dada la salinización natural en profundidad.

Como se observa en la Figura 18 los valores más altos se encuentran en la zona de médanos, dado que la mayor profundidad del nivel freático permite la oxidación de los compuestos del nitrógeno en la zona de aereación lo que genera la llegada de mas nitratos al acuífero, el que se encuentra en un estado de suficiente oxidación (5-6 mg/L). Por el contrario en las zonas de bajos y áreas más deprimidas la más baja velocidad del agua y la cercanía del nivel freático genera un ambiente con menos oxígeno en el acuífero (2-3 mg/L) que genera la reducción y desaparición de este compuesto. En la zona urbana hay un mosaico complejo de altos y bajos valores dados por la variabilidad en la carga contaminante urbana concentrada y profundidad del nivel freático.

CÁLCULO DE RESERVAS DE AGUA DULCE

Con toda la información obtenida se realiza una estimación del volumen de agua dulce disponible en la lente de la parte superior del acuífero. En este caso el cálculo es realizado para el **sector A** (en verde en la Figura 19) que se considera el ideal para una futura

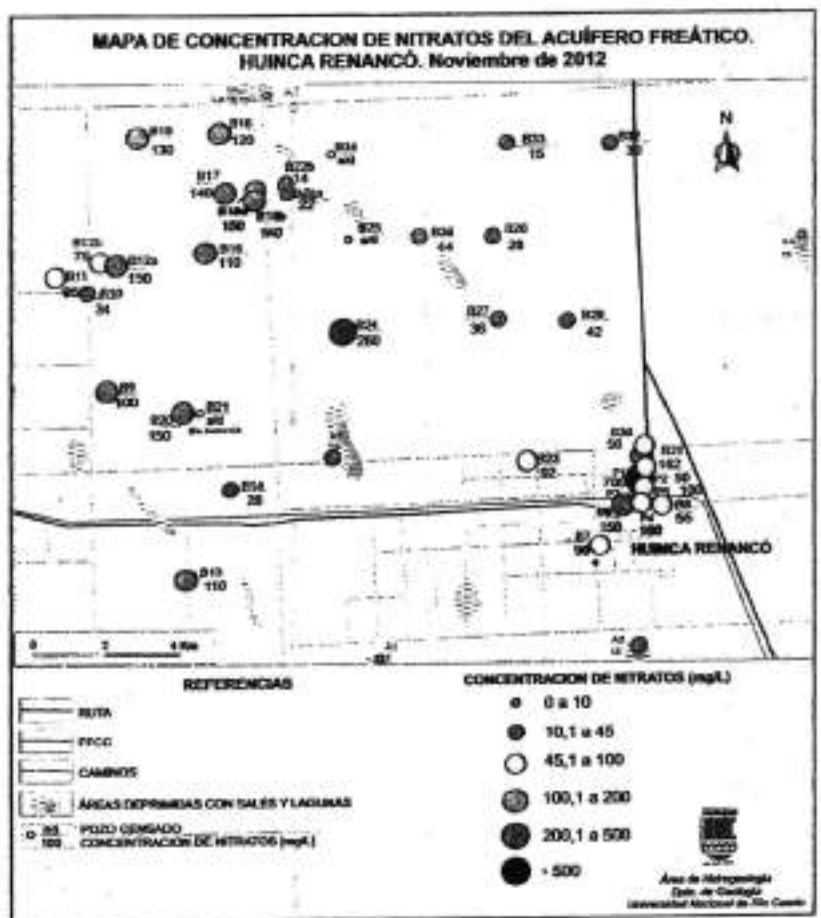


Figura 18. Nitratos en agua subterránea



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

exploración-explotación, ubicado en la zona de médanos reactivados, dado que allí el área y espesor de agua más dulce es mayor según los datos obtenidos con análisis y sondeos eléctricos verticales que muestran un espesor de la lente de agua dulce del orden de 13 m. El detalle del cálculo se presenta en el anexo 6.

Para la realización del cálculo se tuvieron en cuenta 3 escenarios diferentes 2012- 2020 y 2030 (con una proyección estimativa de aumento de cantidad de habitantes del 12 %) teniendo en cuenta extracciones probables de 10 L/hab/día de agua potable y 250L/hab/día para usos generales.

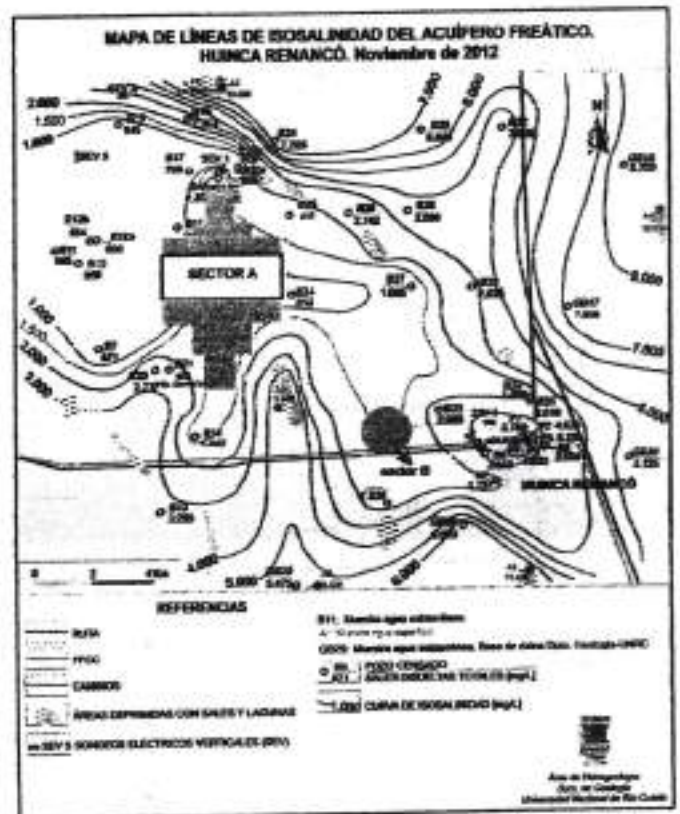


Figura 19. Indicación del mejor sector para explotación

Como se indica en la tabla del Anexo 6, si la ciudad saca toda el agua de la lente (potable y no potable) usaría el 6,75 % de la reserva total de la lente y el 70 % de lo que se repone anualmente por lluvias. Si sólo sacara de la lente agua potable usaría el 0,28 % de la reserva total de la lente y el 2,81 % de la que se repone por lluvias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Si bien el acuífero presenta sedimentos de permeabilidades en general bajas-moderadas, dado que dominan arenas finas parcialmente cementadas con carbonato ("toscas"), no existen problemas para extraer caudales del orden de los que desea obtener la Cooperativa. Debe aclararse que la cantidad de agua a extraer quedará definida por el diseño y cantidad de perforaciones a realizar, ya que la reserva de agua es suficiente.
- ❖ El problema más importante está dado por la calidad de agua. Así, y como se indicara en el cuerpo del informe, la zona presenta amplios sectores de aguas saladas a lo que se suma un proceso de salinización natural a medida que se profundiza en el acuífero que complica el hallazgo de aguas dulces. Por otro lado, aún en algunos sectores muy localizados con aguas dulces, casi todas las muestras arrojaron contenidos de Arsénico, Flúor y/o nitratos variables (bajos a altos).



Luciana
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

- ❖ La mejor calidad de agua quedó restringida al ámbito NO de la localidad ubicado a aproximadamente 12 km de la localidad, en el campo de médanos reactivados (Unidad hidromorfológica 1).
- ❖ La lente de agua dulce por debajo de 1.000 mg/L es pequeña y la profundidad se estima en el orden de 10-13 m dados los resultados de los sondeos eléctricos verticales y de los análisis químicos obtenidos de muestras de perforaciones a diversas profundidades.
- ❖ La mejor opción de explotación es la siguiente:
- ❖ Perforación exploratoria en el camino ubicado en el sector del sondeo eléctrico vertical SEV 2 (sector A, figura 19) en la zona de médanos reactivados donde se encontró la mejor calidad de agua y, dada la posición topográfica del sector, el agua podría conducirse a la ciudad por gravedad. Si se realiza la explotación del recurso, el inconveniente en este caso es que debe realizarse un acueducto de más de 10 km hasta la localidad.
- ❖ Atendiendo a las características del acuífero se estimó una reserva de agua dulce en el sector central de los médanos (sector A) de 13,5 hm³ y una reposición de agua de lluvia de 1,3 hm³/año. Si bien suficiente para abastecer a la ciudad, el uso del agua deberá ser de extracciones graduales y con perforaciones de pequeño caudal, de manera tal de permitir la reposición de agua de lluvia y no mezclar con agua salada. Se advierte que dada la importante distancia a la batería de perforaciones de Villa Huidobro no habrá ningún tipo de interferencia hidráulica, como lo prueban los cálculos y mapas presentados, habiendo reserva suficiente de agua para este nuevo emprendimiento.
- ❖ Se recomiendan perforaciones de exploración y/o explotación someras (Ejemplo en Figura 20), de manera de no penetrar el agua salada y explotar sólo el agua dulce. De tomar la decisión de explotar el agua en la zona de médanos indicada como sector A se sugiere el siguiente diseño de perforación de explotación, que debe ser acorde a los sedimentos finos existentes en la zona. Por ello, se deberá contemplar:

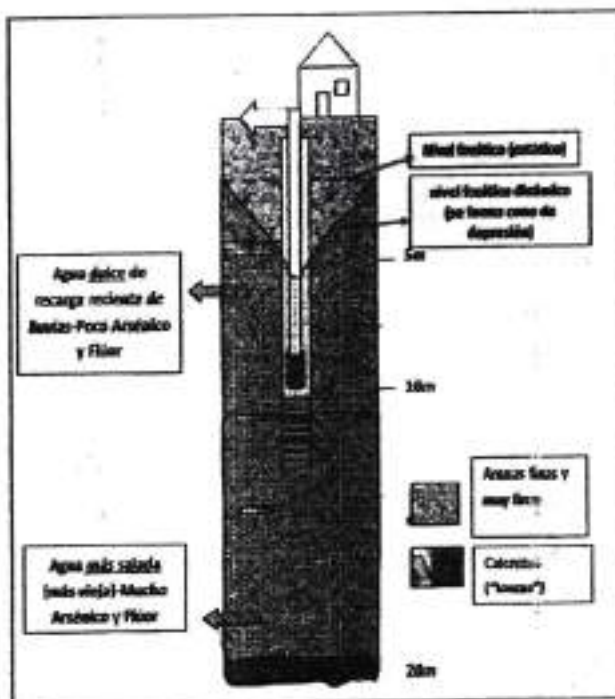


Figura 20. Ejemplo de modo de explotación sugerido

a-perforaciones cuya longitud no exceda los aproximadamente 9 m de agua dulce (aunque para el sector se estiman 13 m, siempre se debe explotar menos). Es decir, si la profundidad del nivel freático es de 6 m la perforación no debe



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

excede de 15 m. Es indispensable antes de diseñar la perforación, verificar la profundidad del nivel freático.

b-mayor longitud posible de filtros (2-3 m) en el tramo final de la perforación (lente de agua dulce), con filtros de ranura continua que son los más efectivos (de 1mm de apertura) de manera de asegurar régimen laminar y la entrada correcta de agua a la perforación.

c-Si bien se dispone de poco espesor de agua dulce para hacer un óptimo diseño de perforación, al momento de la realización de la captación se debe asegurar que los filtros deben estar colocados al menos 4-5 m por debajo del nivel freático (dados los descensos observados en perforaciones de la zona, aún para caudales más grandes de extracción y lo estimados para el diseño de perforación que se propone, en el orden de 2-3 m, (ver anexo 2) de manera tal que cuando la bomba esté en funcionamiento y se forme el cono de depresión (ver Figura 20) y el nivel deprimado, no queden los filtros en zona no saturada.

d-Colocación del correspondiente pre-filtro de gravas, que asegure una buena entrada de agua a la captación, evitando la distorsión de los filetes de flujo de agua y la entrada de sedimentos finos que enturbien el agua y afecten la unidad de bombeo. Todo esto implicará descensos menos marcados del nivel dinámico en el momento de la explotación, otorgando mayores caudales específicos (caudal por metro de descenso) y con los beneficios que a su vez puede implicar en el mantenimiento de la calidad de agua si no se conecta con flujos procedentes de más abajo (más salados).

e-El diseño final de la perforación dependerá de los materiales alumbrados en el momento de la exploración. De usar máquina de perforar de tipo rotativa o percusiva, el perforista deberá respetar el diseño sugerido para alcanzar los resultados esperados.

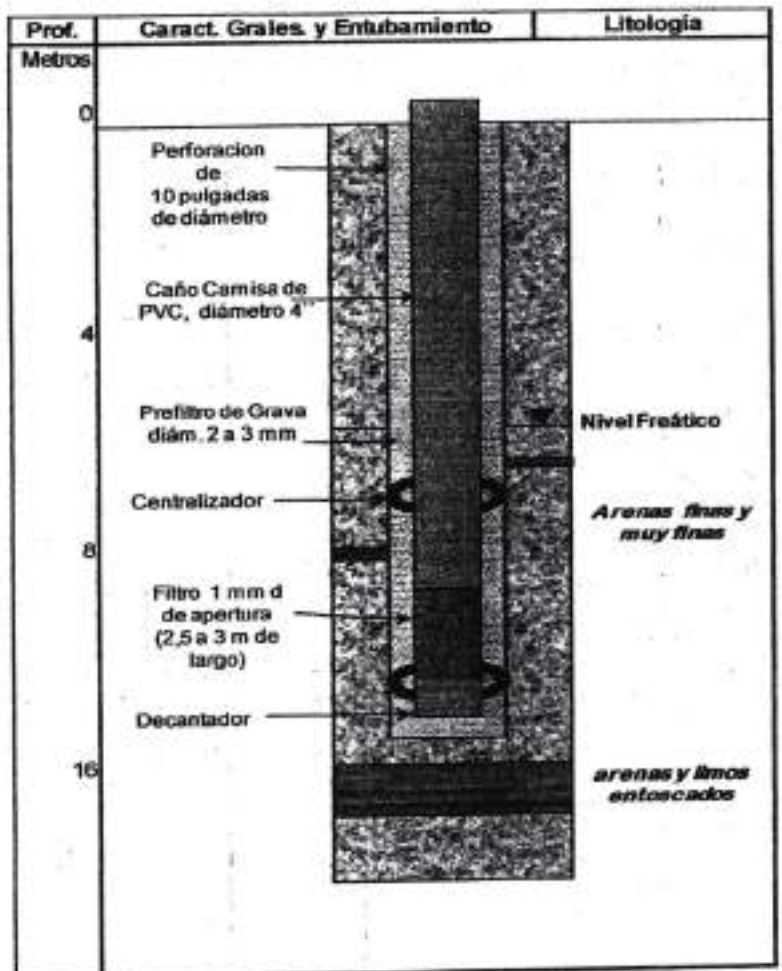


Figura 21. Diseño propuesto de perforación



Ana C. Lanfranco
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

- ❖ Para abastecer el caudal requerido de agua potable se sugiere la realización de una batería de 3 perforaciones con el diseño indicado (Figura 21), espaciadas 150 m una de la otra (para evitar interferencias de conos de depresión) colocando en ellas bombas electro sumergibles de una capacidad de no más de 2.000 L/h. De este modo, se obtendrían para las 3 perforaciones en marcha aprox. 6000 L/h, que durante 24 hs sumarían 144.000 L/día o 144 m³/día (que excede los 100 m³/día que se necesitan de agua potable). Por esto, se sugiere no tener las perforaciones todo el día en extracción y tampoco las 3 juntas, sino hacerlo alternativa y gradualmente.
- ❖ Si eventualmente la Cooperativa requiriera agua para otra cañería de usos no potables se sugiere hacer otra batería de perforaciones, pero alejadas al menos 1000 m de las destinadas a agua potable. Incluso podrían realizarse algunas en la zona ubicada inmediatamente al Norte del ferrocarril, al Oeste del pozo B23, indicado en el mapa de la Figura 19 como sector B. Estas deberán gradualmente sumar en el orden de 25 perforaciones para abastecer lo requerido para usos múltiples (aprox. 2500 m³/día). Para el diseño se sugiere respetar el ya indicado, aunque se pueden colocar bombas que extraigan 4.000 L/h y, en este caso, respetar una longitud de filtro de al menos 3 m, de manera de evitar mayores descensos al poner en marcha las bombas (se estiman descensos del orden de 4,5 a 5 m).
- ❖ En todos los casos se sugiere realizar un monitoreo (al menos mensual) de la calidad de agua para evitar salinización de las perforaciones, especialmente las destinadas a agua potable.
- ❖ Tratamiento de agua: Dado que la zona elegida, si bien posee valores bajos de salinidad (menor a 2000 mg/L, Arsénico en el orden de 10-50 µg/L y F en el orden de 0,5-2 mg/L, posee tenores altos de nitratos. esto implica que el agua deberá ser casi seguramente ser tratada, aunque en menor cantidad que lo que actualmente lo hace la localidad. La calidad final del agua a extraer de esa lente de agua más dulce sólo podrá definirse luego de realizada la/s perforación/es.
- ❖ Se recuerda que en el futuro y al disponer de agua de red, se recargará aún más el acuífero freático vía los sistemas de saneamiento in situ existentes en cada casa ("pozos negros"), hecho que habitualmente hace ascender el nivel freático. Esto puede ocasionar problemas en la infraestructura (asentamientos) o al realizar alguna excavación, por lo que se recomienda una campaña educativa para evitar el derroche de agua y el control del nivel freático en la ciudad en algunos pozos de monitoreo.
- ❖ Se sugiere como medida complementaria la posible recolección de agua de lluvia en cercanías de las perforaciones para aumentar la recarga hacia el acuífero (jagüeles, represas), teniendo el cuidado correspondiente de que no se viertan allí residuos de ningún tipo.
- ❖ Si se realizan las captaciones, se sugiere definir un ámbito de protección de las mismas en su área de influencia en la zona indicada como de aguas dulces para que, dada la prioridad que tiene el uso de agua para consumo humano en el Código de aguas de la Provincia (Ley 5589), en esa zona no se establezcan captaciones para riego ni actividades contaminantes (feed lots,




Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.


efluentes de fábricas, basuras, etc.). Para establecer un área de protección deberá consultarse a la Autoridad de aplicación (SRH).

Agradecimientos

Al Sr Pablo Piorno por colaborar en la extracción de agua de la planta de ósmosis y explicar el proceso, al Sr. M. Sosa perforista de la zona, por sus interesantes aportes, a los propietarios de campos por permitir la entrada a sus establecimientos y a los miembros de la Cooperativa de Electricidad y Servicios anexos de Huinca Renancó.

REFERENCIAS

- Becher F. , 2012. Informe de tesis de doctorado UNRC. "Implicancias ambientales de las relaciones hidrodinámicas e hidroquímicas entre aguas superficiales y subterráneas en la planicie arenosa del sur de Córdoba. argentina" 78 pag. inedito.
- Blarasin M., S. Degiovanni, A. Cabrera y M. Villegas, 2005. Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: una perspectiva geambiental". Ed. UNRC ISBN: 950-665-350-X.
- Blarasin, M., 2003. Geohidrología Ambiental del Sur de Córdoba, con énfasis en la ciudad de Río Cuarto y su entorno rural. Tesis Doctoral. UNRC. Inédita
- Blarasin, M., A. Cabrera y N. Alincastro. 2011. Evaluación del nivel freático y consecuencias en relación a procesos de recarga-descarga del acuífero. Río Cuarto, Cba, Arg. Hidrogeología Regional y Exploración Hidrogeológica. Salta. ISBN: 978-987-23936-9-4. CD. T29. Pp. 220-227
- Cabrera, A. Blarasin M. y Matteoda E., 2007. Análisis hidrometeorológico e hidrodinámico del acuífero freático en ambientes morfotectónicos contrastantes. Córdoba. Arg. Pag 422-432. Actas V Cong. Arg. Hidrogeología. E.Rios. Comp.: E. Díaz et al. ISBN 978-987-23936-3-2
- Cabrera, A., M. Blarasin, E. Matteoda, G. Villaiba y M.L. Gómez, 2005. Composición química del agua subterránea en el Sur de Córdoba: línea de base hidroquímica o fondo natural en referencia a Arsénico y Flúor "Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba: una perspectiva geambiental". Ed. UNRC ISBN: 950-665-350-X. pag 81-90
- Cebollada Verdaguer, P., 1988 Estudio Hidrogeológico de Huinca Renancó. Dirección Provincial de Hidraulica. 16 pag.
- Degiovanni 2005. Geomorfología del Sur de Cordoba. Cap2. pag 19 a 31. En el libro "Aguas superficiales y subterráneas del Sur de Cordoba. Ed UNRC. ISBN 950-665-350-X
- Giordano, R. 2008. Caracterización hidrogeoquímica del entorno rural de la localidad de Huinca Renancó. 104 pag mas anexos. Tesis de Licenciatura. Inédita Dir. M. Blarasin. Co direct.: J. Felizzia
- SGA 1967, Sistema de grandes acueductos. Prov de Cordoba. GAI.



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidenta H.C.D.

-Smedley, P., D. MacDonald, H. Nicolli, A. Barros, J. Tulio y J. Pearce, 2000. Arsenic and other Quality problems in groundwater from Northern La Pampa Province. Argentina. British Geological Survey.

Río Cuarto, 30 de noviembre de 2012


Sr. BLAS ARASIN M.


Adriana Cobrea


Sr. Eduardo Matteoda




Sr. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

ANEXO 1- DATOS DE PRECIPITACIONES SERIE HUINCA RENANCÓ 1911-2011

HUINCA RENANCÓ 1911-2011													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	total
1911	0	20	50	70	30	5	4	43	22	25	118	262	649
1912	75	42	45	65	8	5	10	15	40	60	93	74	532
1913	2	115	71	96	40	30	0	87	72	39	128	105	785
1914	189	52	67	154	79	4	12	36	28	98	69	374	1162
1915	166	69	74	34	4	0	6	13	75	161	89	83	774
1916	53	144	73	26	0	0	2	49	0	17	22	51	437
1917	111	323	80	134	0	33	95	0	49	61	25	14	925
1918	137	31	82	33	0	35	10	5	37	103	181	68	722
1919	179	103	132	34	69	65	56	0	9	47	98	101	893
1920	147	107	50	11	4	5	22	2	2	46	198	158	752
1921	158	62	187	2	12	2	24	2	77	175	80	65	846
1922	136	119	53	70	160	46	4	20	39	24	57	68	796
1923	48	89	205	3	21	7	29	93	22	183	69	57	828
1924	77	73	155	53	20	12	30	1	19	40	25	153	658
1925	97	50	61	32	43	0	20	0	37	35	123	139	637
1926	68	84	42	71	76	23	23	56	9	62	107	131	752
1927	104	20	107	7	1	18	22	115	5	102	106	132	739
1928	44	115	57	74	66	9	23	14	93	100	104	92	791
1929	93	45	34	58	15	38	0	0	18	24	3	15	343
1930	88	43	14	152	40	0	0	21	139	57	75	84	713
1931	82	80	46	58	26	0	11	15	13	111	42	137	621
1932	75	21	146	64	24	0	0	14	17	46	20	75	502
1933	38	102	118	19	0	0	0	5	80	76	44	51	533
1934	36	12	125	24	15	1	0	3	98	110	351	117	892
1935	161	53	51	24	8	40	0	6	0	146	103	106	698
1936	72	47	33	104	0	20	18	0	0	57	157	133	641
1937	61	68	109	0	14	4	3	11	17	62	27	20	396
1938	65	64	93	130	43	0	3	10	10	73	59	0	550
1939	57	38	3	11	10	38	7	0	153	210	39	107	673
1940	103	118	11	17	13	47	33	50	26	93	90	131	732
1941	26	64	110	33	61	0	25	25	0	36	105	35	520
1942	124	169	0	20	0	35	3	7	45	15	47	66	531
1943	13	32	92	29	10	66	112	2	3	119	199	37	714
1944	179	37	114	50	0	0	0	0	11	62	0	57	510
1945	47	85	107	91	0	5	4	8	27	5	19	30	428
1946	109	29	63	101	58	52	8	27	10	69	47	142	715
1947	59	121	98	63	8	25	0	3	57	24	37	16	511
1948	117	63	114	20	99	1	1	15	23	59	7	95	614
1949	57	41	34	10	22	0	39	28	7	52	89	53	432
1950	9	20	63	15	16	3	1	0	19	85	33	56	320
1951	79	69	23	32	18	0	10	0	0	2	38	160	431
1952	25	37	76	4	6	54	36	51	41	117	86	105	638
1953	64	13	47	65	0	22	0	0	4	40	77	238	570
1954	62	41	36	191	12	69	3	29	27	99	31	39	639
1955	81	51	87	44	54	11	16	0	3	109	97	42	595
1956	120	63	97	44	54	0	22	23	49	108	130	17	727
1957	26	79	66	100	5	52	0	4	29	4	117	225	707
1958	150	83	54	12	17	3	76	53	39	68	47	86	688
1959	63	71	35	93	18	19	0	33	56	100	71	92	651
1960	85	39	67	3	8	15	37	26	40	77	67	18	448



Ana C. Lanfranco
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidenta H.C.D.

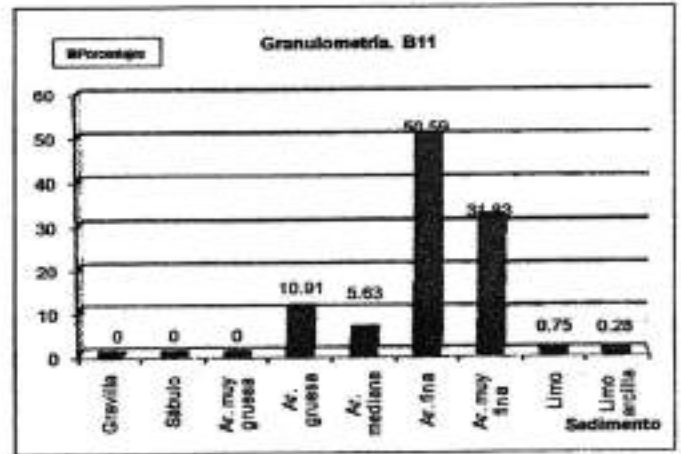
1961	79	75	71	81	3	17	0	10	12	126	107	49	630
1962	71	73	48	21	15	0	28	50	0	27	184	114	631
1963	110	106	48	20	3	6	0	2	33	45	116	126	615
1964	52	73	44	71	0	0	0	0	33	33	206	128	640
1965	141	72	101	78	3	32	1	0	7	78	174	106	793
1966	136	19	154	153	8	0	30	0	0	11	297	49	857
1967	96	32	64	35	44	0	10	0	62	133	78	62	616
1968	83	75	101	1	4	19	0	34	35	98	58	119	627
1969	42	31	157	49	30	70	0	0	3	27	59	22	490
1970	208	44	109	5	10	0	0	0	29	157	33	41	636
1971	149	81	126	29	9	18	12	26	14	57	25	37	583
1972	89	90	66	64	0	20	0	108	85	38	200	141	901
1973	93	182	281	118	9	36	26	0	7	61	37	126	976
1974	89	105	32	0	80	2	25	13	36	115	22	107	626
1975	146	59	285	54	19	11	0	28	65	106	26	4	803
1976	49	166	41	63	6	0	2	74	20	57	166	157	801
1977	112	30	78	14	14	31	3	4	11	137	89	190	713
1978	217	164	186	82	0	2	22	0	58	85	120	282	1218
1979	231	76	105	18	17	60	21	8	28	20	128	120	832
1980	18	137	62	128	5	20	3	0	0	57	75	122	627
1981	149	74	31	150	2	0	3	0	4	56	142	135	746
1982	176	112	62	73	2	56	38	0	44	87	63	65	778
1983	275	57	55	82	43	4	14	47	12	88	110	188	975
1984	126	206	201	49	6	12	4	16	83	27	188	141	1059
1985	222	51	14	111	0	5	197	6	101	130	39	107	983
1986	156	88	115	97	20	6	5	6	81	54	40	69	737
1987	90	183	196	7	22	2	61	36	2	73	138	106	916
1988	131	54	208	30	9	3	0	0	106	2	66	137	746
1989	63	75	180	27	24	12	23	12	4	52	32	145	649
1990	74	156	133	39	88	0	8	0	51	94	112	68	823
1991	151	35	86	85	32	48	6	35	53	111	58	68	768
1992	45	67	96	41	50	0	3	124	68	8	101	179	782
1993	126	26	68	58	80	8	1	22	53	162	86	72	762
1994	230	51	99	58	63	10	18	89	11	163	27	123	942
1995	99	85	71	52	58	4	6	1	17	24	61	60	538
1996	127	105	90	156	5	8	0	3	0	84	38	142	758
1997	60	37	178	36	17	18	13	3	34	238	75	328	1037
1998	62	201	82	108	58	38	5	22	82	51	212	73	994
1999	92	7	427	114	1	35	17	19	60	66	166	187	1191
2000	112	123	95	74	118	6	14	3	7	200	120	28	900
2001	98	25	101	125	6	3	0	7	123	180	63	60	791
2002	137	48	167	112	32	1	4	39	7	49	51	156	803
2003	46	41	65	64	8	3	4	2	4	0	10	67	314
2004	42	30	110	93	157	1	51	7	0	25	95	254	865
2005	72	65	82	5	4	9	5	17	22	7	67	30	385
2006	136	100	89	99	9	2	3	0	3	53	85	43	622
2007	189	202	91	21	1	32	0	3	67	116	64	56	842
2008	35	194	87	16	5	13	12	4	10	13	26	68	483
2009	49	74	20	11	10	6	0	0	65	8	49	172	464
2010	142	165	101	5	0	0	0	0	93	108	94	56	764
2011	55	154	90	87	3	6	3	0	17	83	110	23	631



ANEXO 2: DATOS GRANULOMÉTRICOS DE SEDIMENTOS, ENSAYO DE BOMBEO Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS

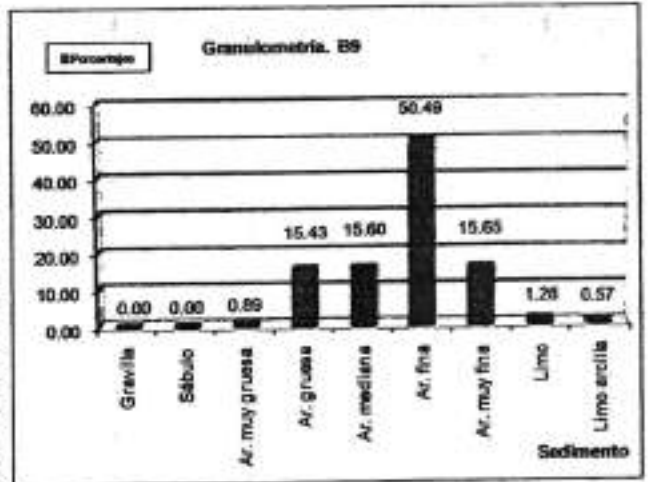
Zona Huinca Renancó
 Muestra N°: B11
 Fecha: 28-09-12
 Procedencia: médano.....

Sedimento	Tamiz	Peso gr.	%
Gravilla	5	0	0.00
Sábulo	10	0	0.00
Ar. muy gruesa	18	0	0.00
Ar. gruesa	35	19.892	10.91
Ar. mediana	60	10.2757	5.63
Ar. fina	120	92.2810	50.59
Ar. muy fina	230	58.0611	31.83
Limo	270	1.3645	0.75
Limo arcilla	fondo	0.5176	0.28
		182.3919	100.0



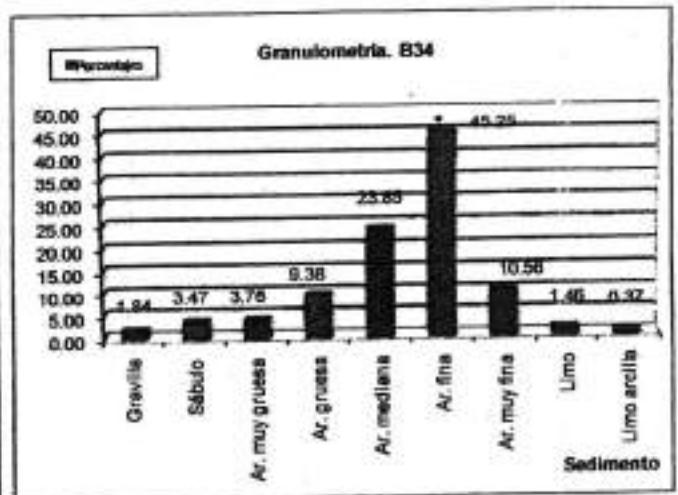
Zona Huinca Renancó
 Muestra N°: B9
 Fecha: 28-09-12
 Procedencia: médano.....

Sedimento	Tamiz	Peso gr.	%
Gravilla	5	0	0.00
Sábulo	10	0	0.00
Ar. muy gruesa	18	1.7244	0.89
Ar. gruesa	35	30.0647	15.43
Ar. mediana	60	30.4013	15.60
Ar. fina	120	98.4070	50.49
Ar. muy fina	230	30.4985	15.65
Limo	270	2.4915	1.28
Limo arcilla	fondo	1.1051	0.57
		194.6925	100

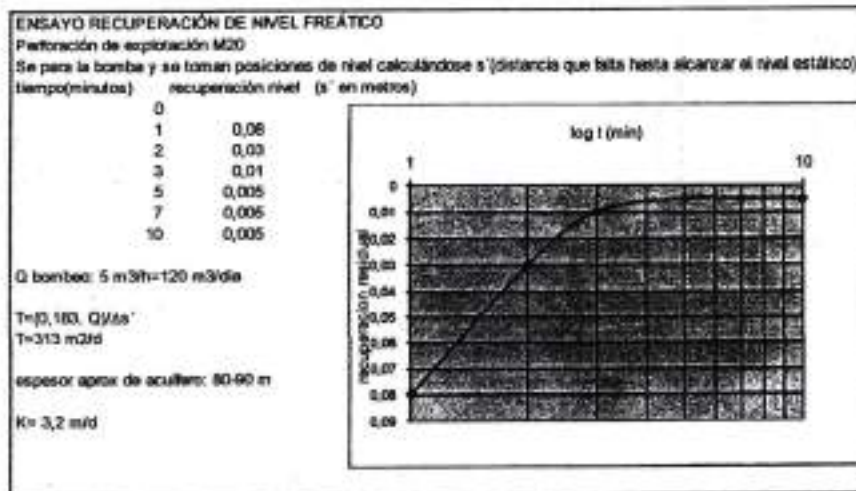


Ciudad: Huinca Renanco
 Muestra N°: B34M
 Fecha: oct 2012
 Procedencia: perforación próxima a los 3 molinos
 Profundidad muestra: 20 m

Sedimento	Tamiz	Peso gr.	%
Gravilla	5	5.5023	1.84
Sábulo	10	10.6388	3.47
Ar. muy gruesa	18	11.3964	3.78
Ar. gruesa	35	28.5475	9.38
Ar. mediana	60	73.0206	23.85
Ar. fina	120	138.3905	45.25
Ar. muy fina	230	32.1609	10.58
Limo	270	4.3014	1.46
Limo arcilla	fondo	1.0919	0.37
		306.1705	100



Quaranta
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.



Ejemplo de ensayo de bombeo en la región (Becher, 2012)

Cálculo de descenso del nivel en perforación. Uso de ecuación de de Glee para pozos parcialmente penetrantes:

$$s_p = \frac{Q}{2\pi T} \left\{ (b/\lambda) \ln(\pi \lambda / 2rp) + 0,10 + \ln(R/2b) \right\}$$

sp: descenso en el pozo

Estimación del descenso a producirse en una perforación de 16 m de profundidad para un caudal de 2000 l/h y un radio de cono de depresión de como máximo 100m.

Q: 2000L/h= 48 m³/día

b: espesor saturado considerado: 16m

λ: longitud tramo filtros: 2,5 m

diámetro de perforación: 0,254 m (10")

sp= 2,76 m

ANEXO 3:

SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES-Huinca Renancó 2012:

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS: Los SEVs son estudios indirectos que se realizan para determinar resistividades eléctricas aparentes de los materiales del subsuelo y poder inferir sus características hidrolíticas y evaluar así la posibilidad de localización de futuras perforaciones. Se presenta a continuación la información más importante que puede extractarse de los gráficos obtenidos. Como se observa más abajo se exploró hasta un máximo de 38 m de profundidad (d) dadas las salinidades de agua halladas en la región. Atendiendo a las



Huinca Renancó
Sra. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

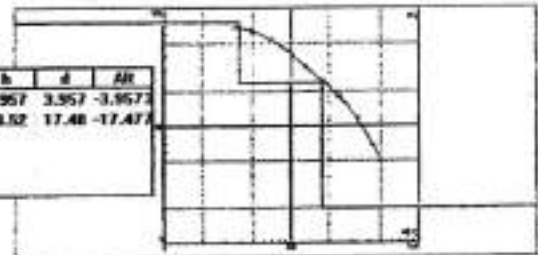
resistividades aparentes y verdaderas, se interpretaron fundamentalmente, estado de saturación de los sedimentos y salinidades relativas del fluido que satura. Se destaca que las interpretaciones de salinidad del agua son relativas, es decir "más dulce que" no necesariamente significa que el agua sea dulce y apta para consumo. En todos los casos, se interpretó una importante homogeneidad litológica para toda la zona explorada.

SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES -EXPLORACIÓN HUINCA RENANCÓ 2012- UNRC

SEV 1:

Se observan 3 electro capas, la 1ª con una resistividad de 76,5 Ω m y casi 4 m de profundidad correspondería a la zona no saturada. La 2ª que se extiende hasta los 17 m, con una resistividad de casi 24 Ω m podría corresponderse con aguas dulces, mientras que la última, que por debajo de los 17,5 m el agua sería más salada.

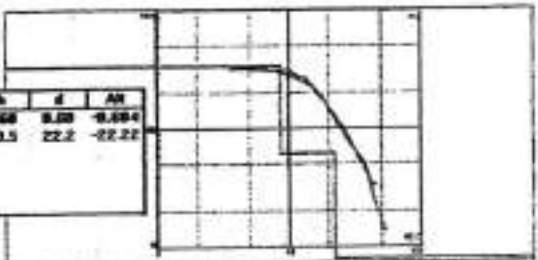
N	p	h	d	AR
1	76.50	3.957	3.957	-3.957
2	23.65	13.02	17.48	-17.47
3	1.578			



SEV 2:

Se observan 3 electrocapas, la 1ª con una resistividad de 339 Ω m y casi 9 m de profundidad correspondería a la zona no saturada. La 2ª que se extiende hasta los 22 m, con una resistividad de casi 61.7 Ω m podría corresponderse con aguas más dulces que las del SEV 1, mientras que por debajo de los 22 m el agua sería más salada.

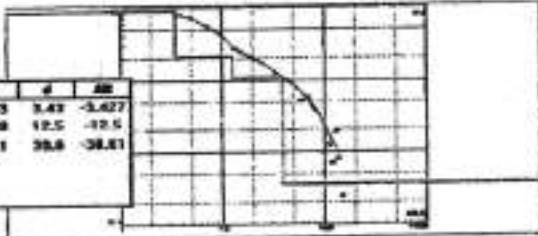
N	p	h	d	AR
1	339	8.88	8.88	-8.88
2	61.7	13.5	22.2	-22.22
3	6.108			



SEV 3:

Se observan 4 electrocapas, la 1ª con una resistividad de 92 Ω m y casi 4 m de profundidad correspondería a la zona no saturada. Por debajo se observan 3 electrocapas, con un aumento notable de la salinidad a medida que se profundiza.

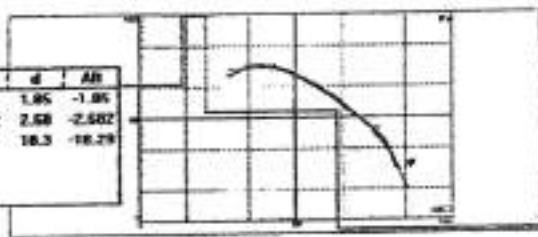
N	p	h	d	AR
1	92	3.43	3.43	-3.427
2	21.7	8.88	12.5	-12.5
3	11.2	28.1	38.8	-38.81
4	6.353			



SEV 4:

Se observan 4 electro capas, la 1ª y la 2ª corresponderían a la zona no saturada (aprox 3 m) con resistividades de 21 y 156 Ω m respectivamente, mientras que la 3ª capa, entre 3 y 18 m con una resistividad de 11.6 Ω m correspondería a aguas no muy dulces que se salinizan aún más en profundidad (por debajo de los 18 m)

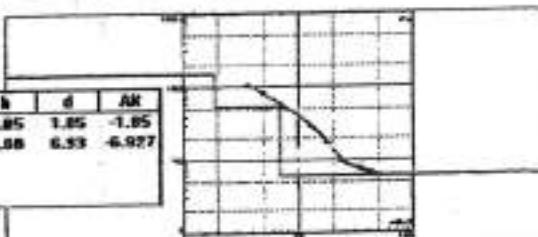
N	p	h	d	AR
1	21.1	1.85	1.85	-1.85
2	155	6.832	2.58	-2.582
3	11.6	15.6	18.3	-18.29
4	6.6239			



SEV 5:

Se observan 3 electrocapas, la 1ª con una resistividad de 155 Ω m y casi 2 m de profundidad podría corresponderse con la zona no saturada, la 2ª que se extiende hasta los 7 m, con una resistividad de casi 55 Ω m podría corresponder a agua más dulce para luego después de los casi 7 m se interpreta agua más salada.

N	p	h	d	AR
1	155	1.85	1.85	-1.85
2	54.5	5.88	6.53	-6.927
3	6.1			

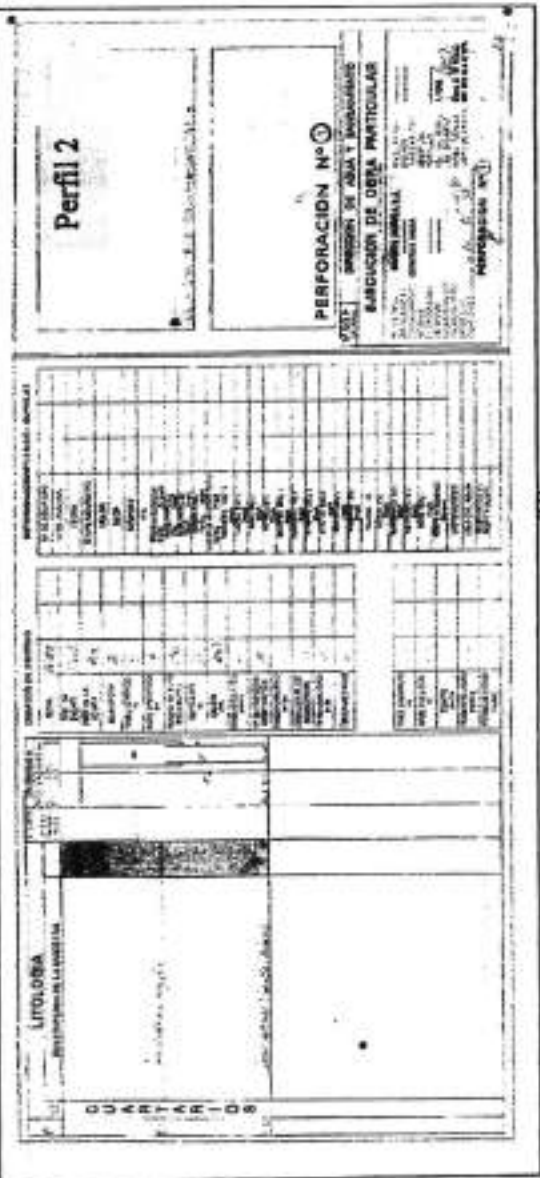
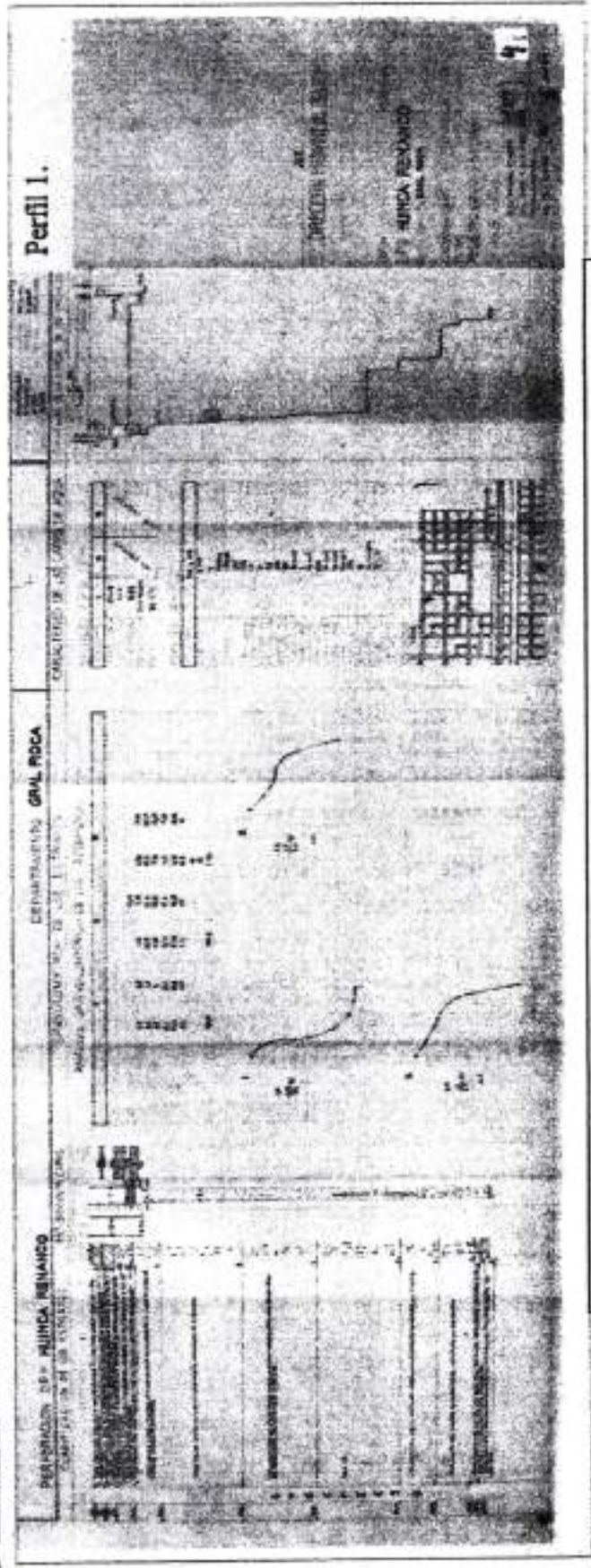


Ana C. Lanfranco
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.



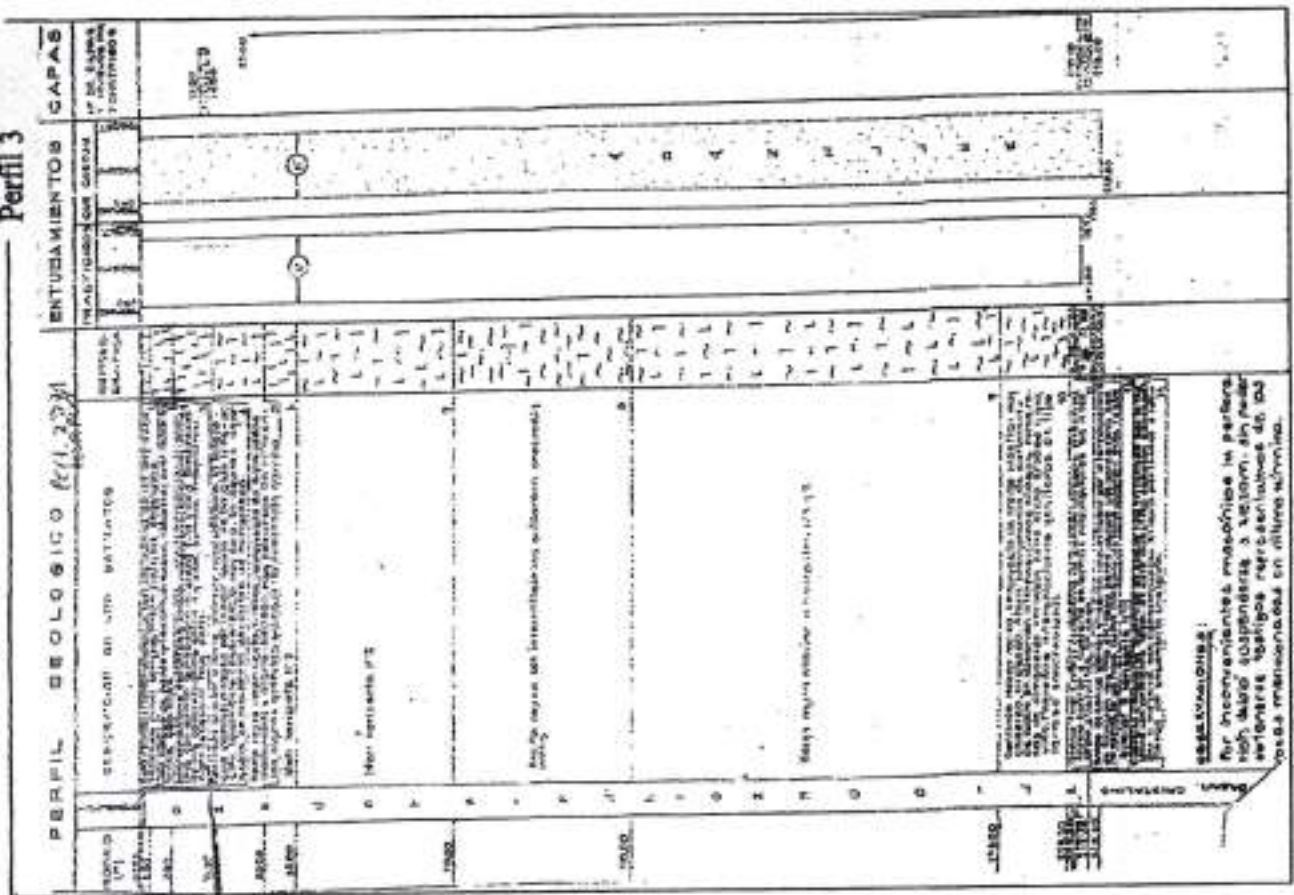
Universidad Nacional de Rio Cuarto
 Facultad de Ciencias Exactas Fisico Quimicas y Naturales
 Dpto. Geología - Área Hidrogeología

ANEXO 4: PERFILES HIDROGEOLOGICOS HUINCA RENANCO



Ana C. Lanfranco
 Srta. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.

Perfil 3



Quindío
 Sra. Ana C. Lenfrenco
 Presidente H.C.D.



ANEXO 5: HUINCA RENANCO-PLANILLA DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

Tabla 1a. Planilla resumen análisis físico-químicos de aguas subterráneas en mg/L. Huinca Renanco, Noviembre de 2012

Muestra	pH	Cond. (µS/cm)	SDT (mg/L)	CO ₂ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Cl (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	As (µg/L)	F (mg/L)	NO ₃ (mg/L)
B4-Agua potable	7.40	335	244	0	40.0	15.7	69.6	72.8	0.9	4.8	7.3	0	0.0	34
B5-efluente planta	8.40	17120	12943	48.48	2510.0	2171.4	3114.3	4524.8	66.8	120.0	160.5	300	7.0	200
B6	7.90	5500	3850	0	507.5	838.2	1022.9	934.3	24.6	154.4	215.6	1	0.4	150
B7	8.50	2510	1757	7.27	1040.0	81.6	51.4	594.5	9.8	5.6	5.4	1600	26.0	90
B8	7.60	3700	2590	0	767.5	591.8	514.3	894.8	21.1	40.0	46.8	8	1.2	55
B9	7.90	958	671	0	377.5	30.7	20.0	65.7	13.5	60.0	38.5	4	0.9	100
B10	7.50	941	589	0	477.5	31.5	22.9	107.2	9.5	44.0	38.0	70	0.9	34
B11	7.80	1235	865	0	590.0	46.4	42.9	133.5	39.3	52.0	52.2	25	1.3	95
B12a	7.60	943	660	0	377.5	33.4	26.6	66.7	8.5	61.6	45.4	9	0.7	150
B12b	7.40	781	554	0	355.0	28.1	17.1	72.6	8.4	35.2	37.5	10	0.8	75
B13	7.90	4650	3255	0	850.0	594.5	788.6	906.0	24.6	70.4	92.2	180	4.4	110
B14	7.80	2060	1442	0	660.0	167.2	197.1	419.6	10.8	18.4	22.9	130	2.3	28
B15	7.70	1425	968	0	665.0	114.0	46.6	189.1	27.0	42.4	65.9	30	1.7	110
B16	8.60	3240	2268	20.61	1108.8	267.9	254.3	788.7	19.0	17.6	29.3	240	5.5	120
B17	7.90	1065	760	0	365.0	116.1	60.0	109.2	12.6	71.2	43.4	8	1.2	140
B18a	8.20	2700	1890	0	925.0	339.3	177.1	535.9	16.7	52.0	70.7	400	4.2	150
B18b	7.90	2860	1862	0	950.0	285.7	174.3	525.8	18.9	62.4	59.5	500	4.1	140
B19	7.80	1350	945	0	537.5	68.9	77.1	203.2	21.2	63.2	32.2	25	1.6	130
B20	7.70	3910	2737	0	592.5	671.1	545.7	652.2	19.8	75.8	123.9	10	1.3	150
B22a	8.00	1236	865	0	512.5	82.5	60.0	192.6	9.2	28.8	36.1	20	2.0	22
B22b	7.60	1156	809	0	525.0	146.3	51.4	221.4	8.4	25.6	32.7	60	2.2	14
B23	8.20	2950	2065	0	685.0	383.3	205.7	503.0	10.5	24.8	42.0	100	3.8	92
B24	7.80	1197	838	0	372.5	65.3	20.0	127.4	76.2	73.3	30.1	18	1.0	260
B26	8.30	3060	2142	0	1205.0	212.0	214.3	679.5	11.3	8.8	15.1	650	6.9	44
B27	8.30	1550	1065	0	730.0	85.3	45.7	307.9	8.5	17.6	17.1	550	7.0	36
B28	8.00	4400	3080	0	887.5	835.4	508.6	935.3	20.5	29.6	42.9	260	4.1	28
B29	8.30	4050	2835	0	815.0	608.5	380.0	894.8	14.2	12.8	17.6	840	9.4	42
B30	8.30	2299	1609	0	1012.5	124.4	66.6	558.1	10.3	5.6	9.3	1780	30.1	50
B31	8.20	2680	2016	0	1100.0	115.1	142.9	667.3	10.8	11.2	15.6	1600	25.1	162
B32	8.10	5180	3626	0	790.0	832.6	805.7	1132.5	17.6	26.4	33.2	110	3.4	30
B33	7.80	9783	6848	0	570.0	1570.7	2285.7	2163.8	32.8	89.6	135.6	4	1.4	15
P1	8.30	5400	3780	0	860.0	543.0	551.4	1221.4	23.7	30.4	36.6	4	1.4	700
P2	9.00	6600	4620	62.42	847.5	1142.4	1060.0	1547.0	82.6	32.0	43.9	150	2.8	50
P4	8.36	6700	4690	6.06	906.3	1279.3	1094.3	1592.5	24.6	36.0	60.0	200	2.3	100
P5	8.32	7500	5250	1.21	828.6	1290.5	1357.1	1789.7	27.5	60.0	106.3	150	2.0	100

Sra. Ana C. Lanfranco
Geóloga F.C.R.C.





Tabla 2. Planilla resumen análisis físico-químicos de aguas superficiales en mg/L. Huinca Renancó. Noviembre de 2012

N° Muestra	pH	Cond. [µS/cm]	SDT [mg/L]	CO ₂ [mg/L]	HCO ₃ ⁻ [mg/L]	SO ₄ ⁻² [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	Na ⁺ [mg/L]	K ⁺ [mg/L]	Ca ²⁺ [mg/L]	Mg ²⁺ [mg/L]	Fe [mg/L]	NO ₃ ⁻ [mg/L]
A1	9.10	14940	10458	128.5	530.0	2565.9	3714.3	4297.3	77.4	24.0	31.7	1000.0	2.4
A2	8.59	24900	17430	43.6	805.0	1848.5	7742.9	5055.6	215.4	60.8	179.5	200.0	1.2
A3	9.54	8350	5845	766.1	2910.0	205.8	1028.6	2123.4	83.5	12.8	5.4	280.0	13.8
A4	8.86	22600	15620	113.9	922.5	1234.2	6857.1	4752.3	142.1	34.4	88.3	50.0	1.1
A5	9.37	11600	8120	109.1	862.5	597.3	3142.9	3033.4	73.3	15.2	13.7	400.0	6.6

Tabla 3. Planilla resumen análisis físico-químicos de aguas subterráneas en mg/L. Base de datos Dpto. de Geología-UNRC

N° Muestra	pH	Cond. [µS/cm]	SDT [mg/L]	CO ₂ [mg/L]	HCO ₃ ⁻ [mg/L]	SO ₄ ⁻² [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	Na ⁺ [mg/L]	K ⁺ [mg/L]	Ca ²⁺ [mg/L]	Mg ²⁺ [mg/L]	Fe [mg/L]	NO ₃ ⁻ [mg/L]
GB17	7.48	9410	7058	0	665	1358.2	2171.4	2244.7	48.4	104	184.9	100	2.4
GB18	7.7	11600	8700	0	700	810.4	2757.1	2957.5	48.4	67.2	107.3	150	2.83
GB20	8.16	8790	6593	0	1325	831.2	1428.6	2032.4	63	20.8	47.8	300	4.39
GB24	8.56	2050	1538	12.1	780	95.2	234.3	495.5	8.8	3.2	5.4	200	5.1
GB25	7.36	7300	5475	0	1182.5	665.6	1580	1510.6	334.1	104	81.9	200	3.6
GB30	8.07	5500	4125	0	820	536.1	908.6	1323.6	27.8	25.6	34.2	200	4.78



Ana C. Lanfranco
Srta. Ana C. Lanfranco
Presidente H.C.D.

ANEXO 6: ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DISPONIBLES EN LENTE DE AGUA DULCE

Realizado en: SECTOR A: AREA NOROCCIDENTAL DE LA ZONA DE MÉDANOS DE HUINCA RENANCÓ (zona del SEV 2)
 LENTE DE AGUA DULCE: De forma conservadora, se toma un área de 15 km² (ver área seleccionada zona verde)

> Reserva total o Volumen de agua dulce disponible en la lente: para realizar un cálculo conservador, y a pesar de que se estima un espesor de agua dulce de aprox. 10-13 m, se toma un espesor de agua dulce de sólo 6 m teniendo en cuenta que en ciclos muy secos puede bajar el nivel 2 a 4 m en esta región. Se advierte que se multiplica por la porosidad específica (pe) dado que el agua sólo se aloja en los poros interconectados de los sedimentos. En función de los datos granulométricos que mostraron muy altos porcentajes de arenas finas, se toma una pe de 15%.

Volumen de agua: $A \times \text{espesor} \times pe = 15.000.000 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} \times 0,15 = 13.500.000 \text{ m}^3 = 13,5 \text{ hm}^3$

> Reserva reguladora o volumen aportada anualmente por lluvias: se considera que la recarga anual al acuífero a partir de lluvias, sobre todo en zonas llanas donde el porcentaje que infiltra es importante, es del orden de 8-20 % de la P total anual según cálculos de recarga al acuífero realizados en la región (Cabrera, 2009, Blarasin et al., 2011) con el método del ion cloruro o el de fluctuación de niveles freáticos (con transductores colocados en perforaciones que monitorean el nivel freático cada 4 hs) Se toma un promedio de 12 % de la P media 703 mm:

Por lo tanto: lámina o espesor de agua aportada por lluvia: 84 mm Área: 15 km²

RR= Área x espesor de agua aportada por lluvias

RR = 15.000.000 m² x 0,084 m = 1,3 Hm³/año

(ver cálculos de porcentajes de uso de agua en tabla A)

Sra. Ana C. Lanfanco
 Presidente H.C.D.

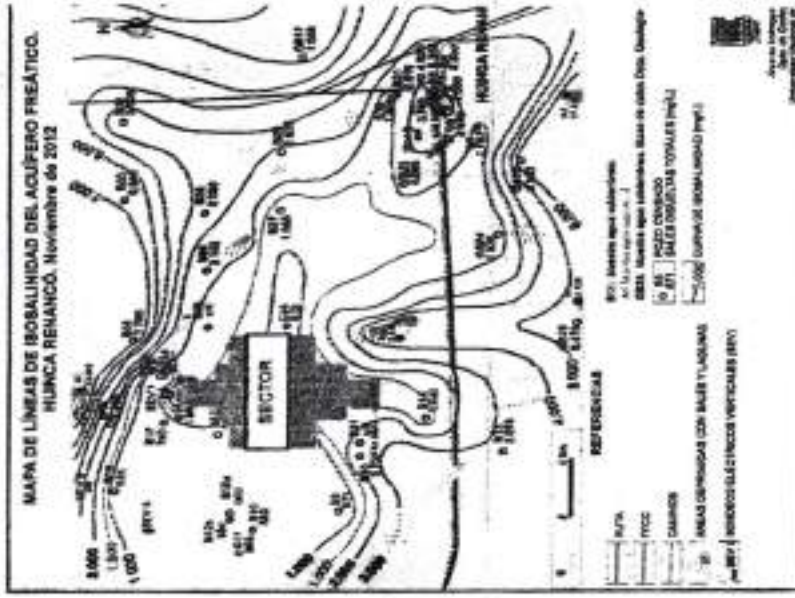
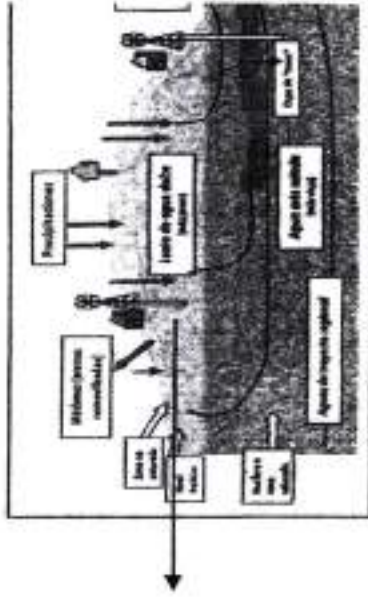


TABLA A. LENTE DE AGUA DULCE: MEDANOS AL NW de Huilca Renancó

Reserva reguladora (anual): **1,3 hm³/año**

Reserva total de la lente en el área seleccionada: **13,5 hm³**

año	cantidad habitantes	dotación solicitada (litro/habitante/día)	Volumen total requerido diario		volumen total requerido anual hm ³ /año	% de la reserva reguladora	% de la reserva total de la lente
			L/día	m ³ /día			
2012	10.000	potable	100.000	100	0,0365	2,81	0,26
		uso general	2.500.000	2.500	0,912	70,15	6,75
		total	2.600.000	2.600	0,9485	72,96	7,03
2022	11.200	potable	112.000	112	0,041	3,15	0,30
		uso general	2.800.000	2.800	1,022	78,6	7,57
		total	2.912.000	2.912	1,063	81,75	7,87
2032	12.544	potable	125.440	125	0,046	3,54	0,34
		uso general	3.136.000	3.136	1,145	88,01	8,46
		total	3.261.440	3.261	1,191	91,54	8,82



Ana C. Lentini
Dr. Ana C. Lentini
F. Ciencias H.C.R.



ANEXO 7: FOTOS



Foto 1. Unidad 1 "Planicie eólica arenosa"



Foto 2. Diferentes vistas de médanos en la Unidad 2 " Planicie de médanos reactivados" compuestos por arenas finas y muy finas



Foto 3. Sectores de la Unidad 3 "Bajos Elongados con lagunas e hidrohalomorfismo"



Foto 4. Unidad 4. Afloramientos de calcretos ("toscas") al Sur de la ciudad de HR

Ana C. Lenirani
Presidente H.C.D.



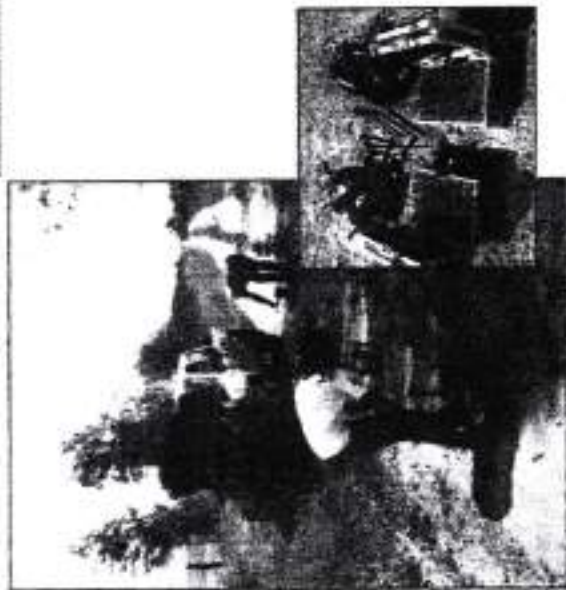


Foto 5. Realización de sondes eléctricos verticales



Foto 6. Medición de nivel freático con sonda en perforaciones



Foto 9. Extracción de agua dulce mediante molinos en zona de médanos



Foto 8. Medición in situ de parámetros químicos del agua



Foto 10. Actividades agropecuarias que pueden afectar la calidad del agua



Foto 7. Nivel freático aflorante al fondo de antepozo de molino



Foto 7. Nivel freático aflorante al fondo de antepozo de molino



Alvarado
Lic. Ana C. Lozano
Presidente I.C.D.

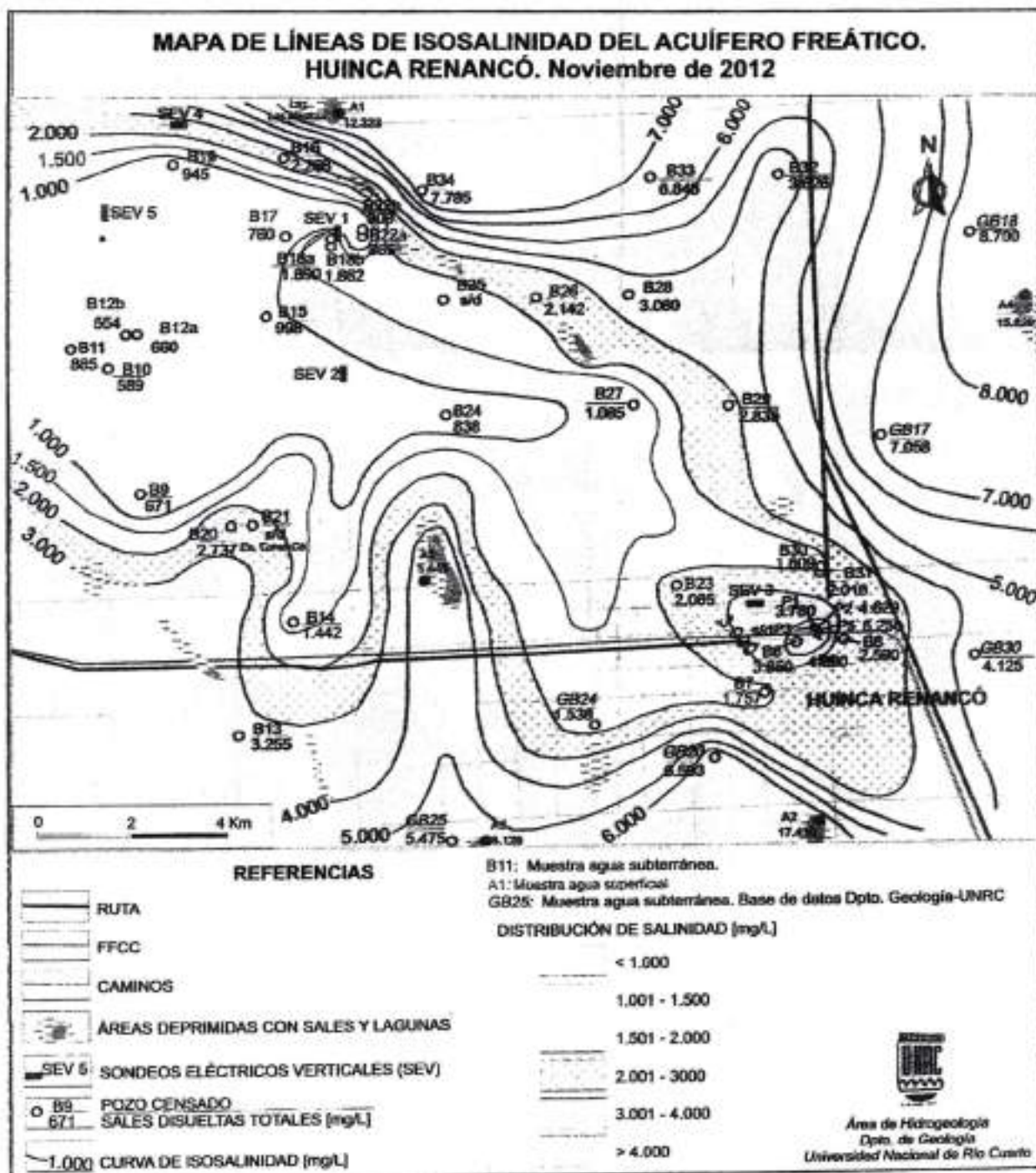


Figura 13. Salinidad del acuífero freático



Ana C. Lanfranco
 Sra. Ana C. Lanfranco
 Presidente H.C.D.