

PLANIFICACION DE LA EXPLOTACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN AREAS URBANAS DE LLANURA

**Marcela Perez¹; Mario Fili¹; Ofelia Tujchneider^{1,2} ;
Mónica D'Elia¹ & Marta Paris¹**

Resumen - Desde sus orígenes, el abastecimiento de agua a la localidad de Cañada de Gómez, provincia de Santa Fe, Argentina, se realizó mediante perforaciones localizadas en la zona urbana y su periferia inmediata. Debido al progresivo deterioro de la calidad del agua para consumo, la concesionaria prestataria del servicio de agua potable, construyó dos nuevas baterías de bombeo en la zona rural. En este trabajo se presentan los resultados correspondientes a los estudios hidrogeológicos realizados en el área con el objeto de: 1) establecer las condiciones hidrodinámicas e hidroquímicas del sistema acuífero previo a la puesta en servicio de las nuevas baterías de bombeo y 2) evaluar el comportamiento hidrodinámico del sistema ante el nuevo esquema de explotación.

Palabras claves - hidrogeología urbana - planificación

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cañada de Gómez se localiza a los 32°48' de latitud sur y 61°23' de longitud oeste a una altitud media sobre el nivel del mar que varía entre las cotas de 90 m y 77 m (Figura 1). El Municipio abarca una extensión de 524 km² con una población de 28.610 habitantes. La actividad económica principal del área es la agricultura y ganadería. El abastecimiento de agua para consumo humano y otros usos se basa en la explotación de las aguas subterráneas con un incremento registrado que va desde los 2.175.566 m³ en 1968 a 4.097.096 m³ en 1998. De modo que, tomando un valor promedio entre las

¹ Grupo de Investigaciones Geohidrológicas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria. Casilla de Correos 217. (3000) Santa Fe. Argentina. TE/FAX: +54-342-4 575 244. E-mail: gig@fich.unl.edu.ar - maperez@fich.unl.edu.ar - mfili@fich.unl.edu.ar - pichy@fich.unl.edu.ar - mdelia@fich.unl.edu.ar - mparis@fich.unl.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

extracciones anuales del año 1966 y 1998 ($3.136.331 \text{ m}^3/\text{año}$), en Cañada de Gómez y sus inmediaciones se ha obtenido un volumen de agua subterránea del orden de los 100 hm^3 .

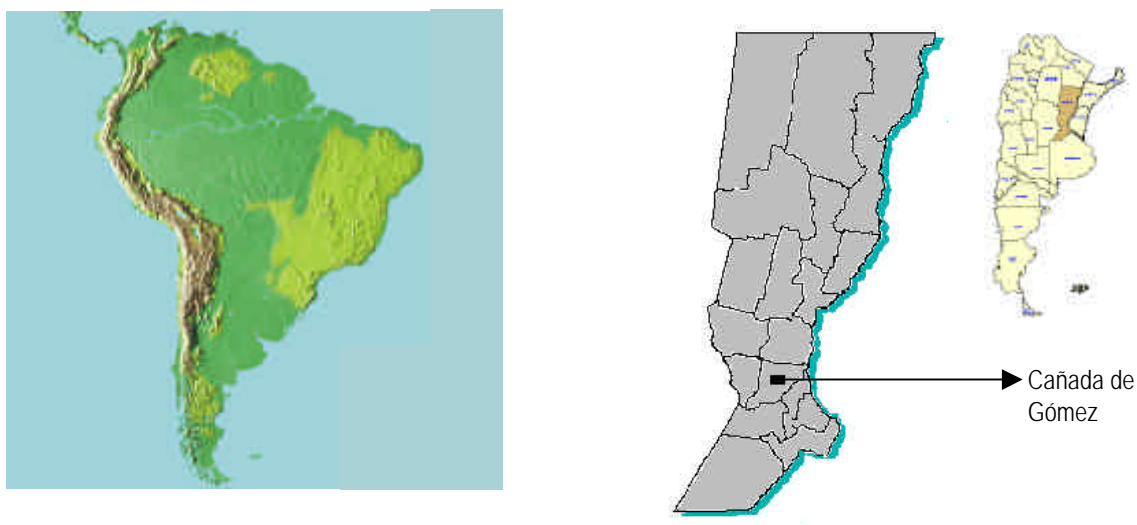


Figura 1: Ubicación del área de estudio

Esta cantidad no incluye la producción de las perforaciones particulares.

En esta región los sistemas acuíferos están conformados por “multiunidades” sedimentarias con características diferenciales que le otorgan a cada unidad un comportamiento hidráulico distintivo. Si bien aquellas más cercanas a la superficie están vinculadas al arco meteórico del ciclo hidrológico, en profundidad poseen aguas con alto contenido salino, con las consecuencias respecto de la calidad que implica el extraer mayores caudales a los que permite la condición de equilibrio hidrodinámico.

Debido al progresivo deterioro de la calidad del agua para consumo, la concesionaria del servicio de agua potable, construyó dos nuevas baterías de bombeo en la zona rural, con el fin de anular los pozos más “salinizados” y explotar al acuífero con un régimen de bombeo unitario menor, mediante captaciones más alejadas del área urbana. (Figura 2).

Ante esta situación los productores agropecuarios, a través de Federación Agraria Argentina, solicitaron al Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, República Argentina) la realización de estudios hidrogeológicos para establecer las condiciones hidrodinámicas e hidroquímicas previas a la puesta en explotación de las nuevas baterías de bombeo y efectuar una prognosis de evolución de los niveles piezométricos en el espacio y en el tiempo.

El impacto que el nuevo emplazamiento del campo de bombeo produciría sobre la hidrodinámica del sistema acuífero se evaluó mediante la simulación del nuevo esquema de explotación para lo cual fue necesaria la elaboración del modelo conceptual de funcionamiento del sistema y su representación a través de la modelación matemática hidrogeológica.

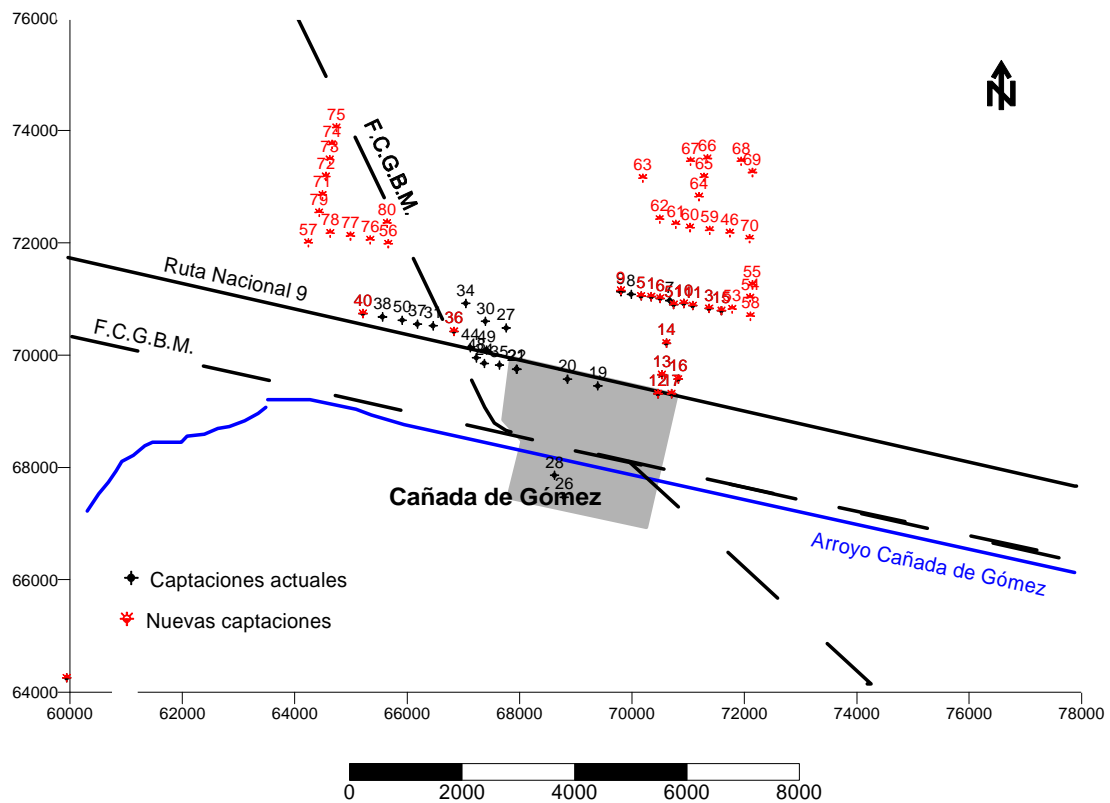


Figura 2: Ubicación de las captaciones actuales y nuevas captaciones

2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Se recopiló y sistematizó información básica antecedente correspondiente a:

- cartografía básica: con información planialtimétrica y localización de captaciones de agua subterráneas tales como molinos o pozos de balde elaborada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) a escala 1:50.000. Como base planimétrica de mayor detalle para las áreas urbana y rural se contó con los planos catastrales a escala 1:5000.
- bibliografía: Se recopilaron publicaciones con información regional sobre las características de la geología y las aguas subterráneas del área.
- datos hidrometeorológicos: Se dispuso de información de precipitaciones, temperatura y vientos, en valores medios mensuales, de una estación climatológica comprendida

en área de estudio (Casilda), operada por el Servicio Meteorológico Nacional, para el período 1941-1960. Se dispuso de registros de precipitaciones mensuales para esta estación (período 1901-1988) y para la estación pluviométrica Cañada de Gómez (período 1957-1992).

- perfiles de perforaciones: Se contó con descripciones de la litología y diseños físicos de diferentes perforaciones realizadas en la zona de Cañada de Gómez y localidades vecinas.
- análisis químicos: Se han compilado y sistematizado más de 486 análisis químicos correspondientes a trabajos y estudios precedentes y a información química de la zona de estudio proporcionada por organismos oficiales. Los mismos abarcan un período que se extiende desde 1990 a 1998.

La información generada en el censo de pozos y perforaciones comprende registros de profundidad del nivel de agua, determinaciones *in situ* de algunas características físico-químicas del agua, georreferenciamiento de los sitios de medida por sistema de posicionamiento satelital (GPS), toma de muestras de agua para análisis químicos y datos proporcionados por los habitantes del lugar sobre las perforaciones (uso, sabor del agua, caudales de extracción, variaciones de la profundidad del agua, datos constructivos, etc.).

3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

3.1. FISIOGRAFÍA

El área de estudio forma parte de lo que se conoce como "Pampa Ondulada", caracterizada por poseer un relieve suavemente ondulado, disectado por cañadas y arroyos. Está comprendida dentro del gran ambiente de la llanura "Chaco-Pampeana".

La región presenta un importante desarrollo de sedimentos de tipo loésico que constituyen la porción superior de la columna sedimentaria.

Sin dudas el elemento geomorfológico de mayor significación son las cañadas. Estudios detallados realizados en el área (Pasotti, 1964) destacan dos sectores: sector noroccidental y sector sudoriental. En el primero las curvas de nivel son bastante más espaciadas, declinando con suave pendiente hacia el NE y E. En el segundo las pendientes son mucho más acentuadas y hacia el río Carcarañá.

3.2. AGUAS SUPERFICIALES

El área urbana de la ciudad de Cañada de Gómez se ha desarrollado sobre las márgenes del Arroyo Cañada de Gómez, perteneciente a la cuenca del Río Carcarañá.

Su longitud es de 48 km y drena una cuenca de aproximadamente 450 km². El cauce del arroyo y su tributario principal, el Arroyo Bajo de Perrone, colectan las aguas de lluvia y se comportan como efluentes de la capa freática, tal como se refleja en el mapa isopiécico (Figura 3). Los caudales medios de este arroyo son relativamente bajos (25,7 m³/seg), pero en períodos de precipitaciones prolongadas se producen desbordes con inundación de zonas bajas aledañas al cauce, situación que ha procurado superarse con obras hidráulicas.

Tanto el arroyo Cañada de Gómez en sus nacientes, como todos sus tributarios, corren con sentido sudoeste-noreste. Sin embargo cambian varias veces el sentido de su recorrido. Estas características evidencian controles estructurales que pueden tener connotación en las aguas subterráneas.

Al norte del área abarcada por este estudio, la región drena superficialmente por la Cañada Bajo de Los Leones, constituyendo ésta también zona de descarga de la capa freática.

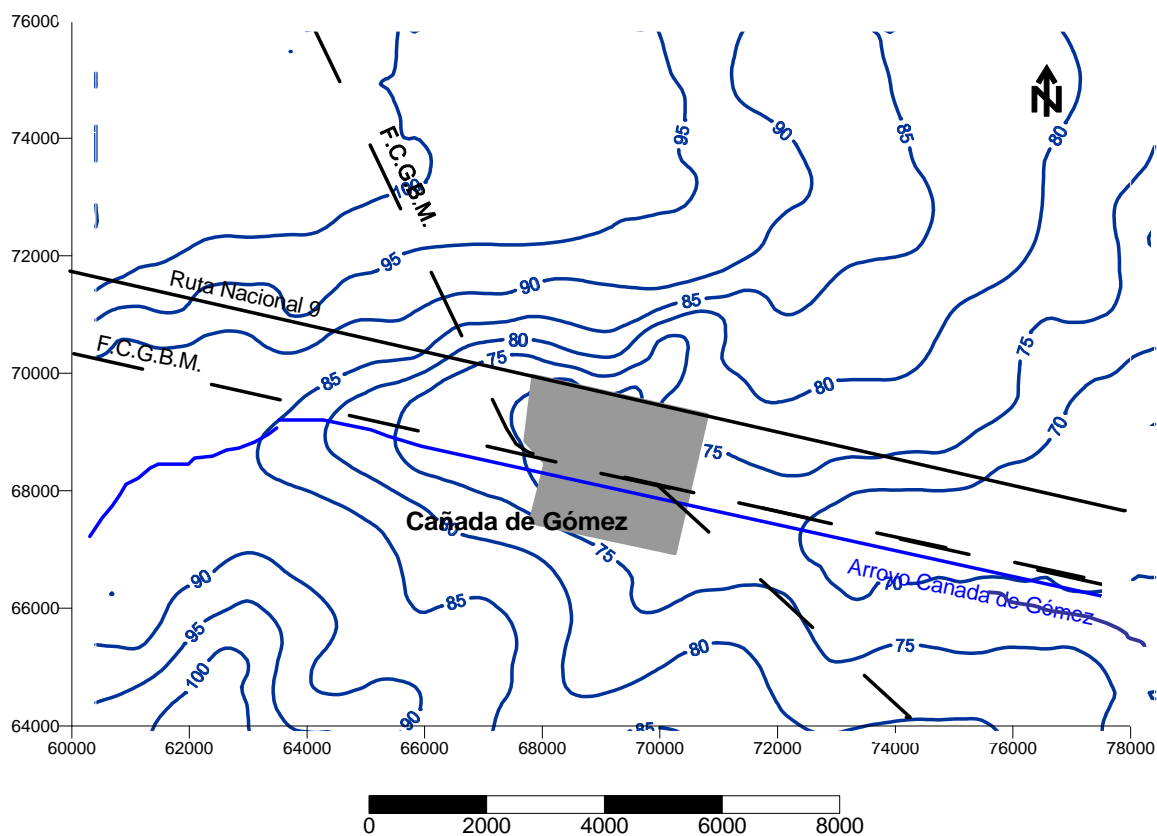


Figura 3: Mapa isopiécico del área de estudio

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A los efectos de caracterizar climáticamente la zona de estudio se procedió a procesar la información climatológica disponible. Los registros medios de precipitación, temperatura, humedad atmosférica y vientos se pueden apreciar en la Figura 4.

La **precipitación** anual media está en el orden de los 900mm. Las precipitaciones medias mensuales en toda el área presentan valores superiores a 80mm entre los meses de octubre y abril. De mayo a septiembre se contabiliza una precipitación media mensual promedio de 40mm.

El análisis de las **temperaturas** muestra que los mayores valores medios mensuales se registran de noviembre a marzo, superando los 20°C, con un máximo en enero de 23,7°C y un mínimo en julio de 9,9°C.

La **humedad relativa** alcanza sus valores máximos de abril a julio superando el 80% y los menores de diciembre a febrero (60%).

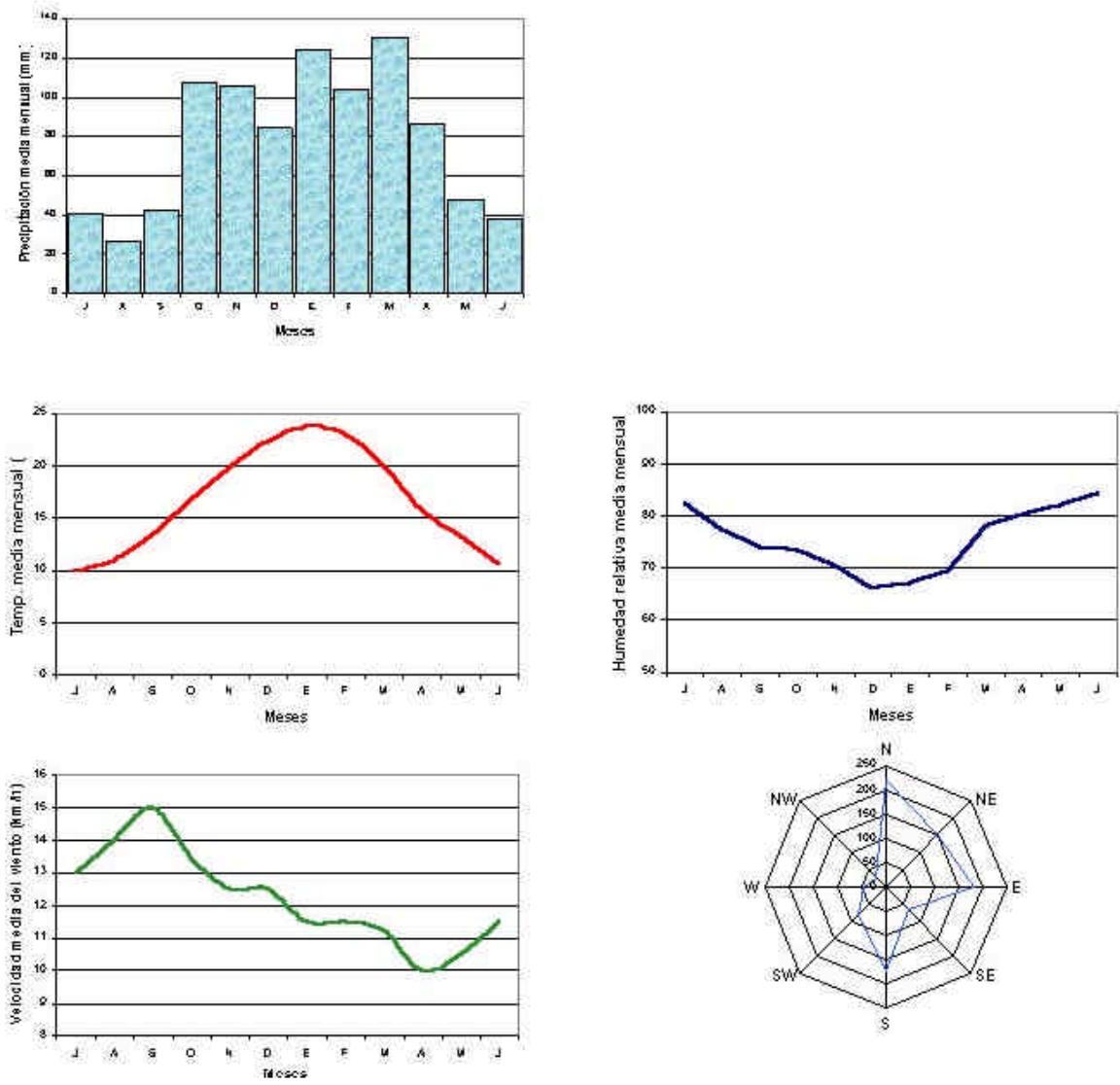


Figura 4: Registros Medios

La velocidad del **viento** promedio es de 12,5 km/h, con dirección predominante del cuadrante NE.

3.4. BALANCE HIDROLÓGICO

A los fines de determinar la distribución mensual de excesos y déficit hídricos que permitan estimar un rango en el porcentaje de agua disponible para el escurrimiento superficial y la infiltración se planteó, calculó y analizó el balance hídrico medio.

Para establecer los límites de la humedad de reposición del suelo se calcularon, en función del tipo de suelo presente en el área, los valores de los parámetros edáficos: capacidad de campo, marchitez permanente, densidad aparente y profundidad radicular.

El valor de evapotranspiración potencial (ETP) considerado fue el obtenido por el método de Thornthwaite. Los excesos anuales resultantes están en el orden de los 110 mm. Este monto comprende el total de agua disponible para el escurrimiento superficial y la infiltración.

La determinación del escurrimiento superficial y, consecuentemente el remanente disponible para infiltración se realizó sobre la base de las características físicas del área: tipo, uso y características hidrológicas de los suelos, pendiente del terreno. El porcentaje de escurrimiento resultante fue del orden del 17% de la precipitación que representan 62mm en los meses de excesos. Para estos períodos el valor de infiltración a nivel regional se considera de 48 mm/año.

3.5. GEOLOGÍA. COLUMNA HIDROGEOLÓGICA

La columna sedimentaria de interés hidrogeológico que se conoce en la zona de Cañada de Gómez corresponde a una perforación de 196m profundidad y cuya cota de boca de pozo es de 84m (Kreimer, 1969). Según ella se tiene que:

Formación	Profundidad (metros)	Características
Sedimentos Pampeanos (Pleistoceno - Holoceno)	0,00 a 90,20	Limos arenosos y arcillosos con calcáreo.
Formación Puelches (?) (Plioceno -Pleistoceno)	90,20 a 93,40	Arena con arcilla
Formación Paraná (Mioceno superior)	93,40 a 196,0	Arcillas verdes

Desde el punto de vista hidrogeológico solamente es aprovechable la secuencia superior, hasta profundidades no mayores de 50m. Está compuesta por sedimentos finos con capas acuíferas de bajo rendimiento alternando con otras de comportamiento acuitado. La parte inferior de los limos y las arenas que le subyacen tienen agua de elevada salinidad.

3.6. PARÁMETROS HIDRÁULICOS FORMACIONALES

Ante la falta de ensayos por bombeo suficientemente prolongados dentro del área de estudio que permitan considerar confiables sus resultados, se adoptaron los siguientes valores para los parámetros hidráulicos formacionales:

<i>conductividad hidráulica</i>	K = 2.0 m/día
<i>coeficiente de almacenamiento</i>	S = 0.03

Estos valores se estimaron en función de las características hidrolíticas de los sedimentos y se encuentran dentro del rango registrado a nivel regional para esos mismos sedimentos.

3.7. AGUAS SUBTERRÁNEAS

3.7.1. Características hidroquímicas

Con el objeto de caracterizar el comportamiento hidroquímico del sistema acuífero perteneciente al área de estudio se llevaron a cabo diferentes procedimientos metodológicos.

De los 486 análisis químicos disponibles sólo el 22% posee registros de aniones y cationes principales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos, calcio, magnesio, sodio+potasio y flúor); residuo seco; alcalinidad; dureza y conductividad eléctrica. El resto presenta únicamente algunas de las determinaciones anteriormente mencionadas. La información procesada fue categorizada y con ella se calcularon los estadísticos descriptivos para las muestras correspondientes a los años 1990 y 1998. En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos que resumen las características químicas principales aportadas por la información disponible. En ella se puede observar la elevada variabilidad en la conductividad eléctrica. Esto se asocia a los rangos observados en los iones SO_4^- , Cl^- , Mg^{++} , Ca^{++} y Na^+ . Respecto de los nitratos, éstos presentan la mayor variación aunque sus contenidos se deben más bien a acción antrópica y no a las características naturales del agua.

Se graficaron los histogramas de frecuencias relativas y el ajuste a la ley probabilística Normal. Se pudo observar que los iones cuya distribución no se ajustaba a la ley Normal son: sulfatos y nitratos por la rama aniónica y calcio, magnesio y sodio por la rama catiónica por lo que, en la prosecución de estas investigaciones, se deben tener en cuenta las probables interacciones entre los mismos.

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Varianza</i>	<i>Desvío</i>	<i>Asimetría</i>	<i>Curtosis</i>
Cond. Eléct.	2865.30	2784.00	1450.00	5000.00	3550.00	411606.20	672.01	0.39	-0.022
Residuo Seco	1967.57	1898.00	1140.00	3681.00	2541.00	184290.10	429.29	0.57	0.27
Alcalinidad	513.21	510.00	370.00	700.00	330.00	2817.10	53.08	0.46	0.10
Dureza	233.39	220.00	98.00	534.00	466.00	6132.40	78.31	1.14	2.05
Cloruros	349.26	340.00	50.00	740.00	690.00	17163.30	131.00	0.20	-0.69
Sulfatos	443.16	420.00	67.00	1170.00	1103.00	29412.60	171.50	0.74	0.79
Bicarbonatos	626.64	622.20	451.40	854.00	402.60	4201.60	64.82	0.44	0.08
Nitratos	24.13	12.00	1.00	192.00	191.00	949.70	30.82	2.38	5.74
Flúor	0.86	0.90	0.20	2.00	1.80	0.10	0.30	0.61	0.00
Calcio	35.00	34.00	10.00	82.00	72.00	154.80	12.44	0.81	1.13
Magnesio	36.35	35.00	3.00	181.00	178.00	276.30	16.62	2.49	16.18
Sodio	547.53	540.00	300.00	842.00	542.00	11997.50	109.53	0.10	-0.37

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las características químicas principales

Se tuvieron en cuenta, además, las variaciones temporales de conductividad eléctrica, cloruros y sulfatos. Las mismas son representativas del comportamiento hidroquímico de las distintas captaciones que brindan servicio. En todos los casos los valores de conductividad eléctrica están por encima de los valores sugeridos en la normativa provincial. Las fluctuaciones que se observaron en algunos pozos, para los diferentes valores anuales reflejan el régimen de explotación. Los valores de cloruros y sulfatos superan, en algunos casos, el límite recomendado en la normativa provincial (250 y 200 mg/l, respectivamente), y en otros el límite obligatorio (400 mg/l en ambos casos).

De acuerdo a lo observado en los diagramas de Stiff, de Piper y de Schöeller, las aguas del acuífero Pampeano en la zona rural periférica a Cañada de Gómez, son predominantemente del **tipo bicarbonatadas sódicas**.

3.7.2. Características hidrodinámicas

A partir de las profundidades medidas en las captaciones de agua subterránea en oportunidad de la realización del censo de perforaciones se realizó el análisis estructural del comportamiento espacial de la variable *nivel piezométrico*. Ello permitió obtener la configuración de la superficie piezométrica a partir de la interpolación de valores por el método de *kriging*. Este procedimiento dio como resultado el mapa isopiécico presentado en la Figura 3.

El análisis morfológico del este mapa isopiécico permite extraer información valiosa sobre el comportamiento hidrodinámico de la capa acuífera en su estado actual y constituye el punto de partida para la prognosis de evolución de los niveles, bajo las nuevas condiciones de explotación.

En el mismo puede observarse que las isopiezas descienden desde altos situados en los sectores noroeste y sudoeste, hacia la Cañada de Gómez, acompañando en líneas generales a la topografía.

De acuerdo a este sentido dominante del escurrimiento subterráneo, se aprecia que el agua se mueve desde zonas con niveles potenciométricos superiores a 100m, hacia valores que se encuentran por debajo de 70m en el eje de la cañada.

Puede considerarse que en los altos hidromorfológicos, por encima de la isopieza de 95m, predomina la recarga del acuífero; que entre 95m y 85m se tiene una zona de conducción o transferencia y por debajo de 85m predomina la descarga de agua subterránea, tanto natural como por extracción. En las áreas con predominio de recarga la morfología de la superficie potenciométrica es radial divergente y en las zonas de descarga es radial convergente.

Puede observarse que, a causa de la extracción concentrada en el sector norte de la ciudad, se produce un aumento del gradiente hidráulico.

4. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA

El sistema acuífero aprovechable está localizado en la parte superior de la columna estratigráfica y directamente relacionado con el arco meteórico del ciclo hidrológico del cual proviene su recarga.

Los sedimentos que lo componen son de granulometría fina a muy fina (limos, limos arcillosos y arcillas) y, consecuentemente su comportamiento hace que su rendimiento sea de moderado a bajo dando lugar a un sistema acuífero de tipo multicapa, cuyo

comportamiento hidráulico es libre o semilibre en la parte superior, tendiendo al semiconfinamiento de niveles relativamente más productivos en profundidad.

La descarga artificial está concentrada en una zona muy próxima a la de descarga natural.

Las aguas poseen contenidos salinos de moderados a altos, con progresivo aumento hacia las zonas de descarga y, más acentuadamente, en profundidad. En la zona de mayor explotación la extracción es superior a la afluencia horizontal y a la recarga vertical; en este caso el desequilibrio se compensa por afluencia de agua de niveles inferiores que, como ya se mencionó, son de mayor salinidad.

5. MODELO HIDROGEOLÓGICO MATEMÁTICO. PROGNOSIS DE EVOLUCIÓN

Con el objeto de evaluar la afectación que, sobre los niveles piezométricos del sistema acuífero del área considerada, produciría la puesta en servicio de las nuevas baterías de explotación, correspondientes al “Proyecto de renovación de las fuentes de agua” propuesto por la empresa prestataria del servicio se realizó la modelación matemática del sistema acuífero, representando al sistema real como así también a las acciones que se ejercen sobre él y las leyes que las relacionan.

En función de lo enunciado, y de la información disponible se adoptaron las siguientes consideraciones:

- ♦ el área modelada se encuentra comprendida entre las coordenadas $53^{\circ}60'00''$ y $53^{\circ}78'00''$ sobre la horizontal; y $63^{\circ}64'00''$ y $63^{\circ}76'00''$ sobre la vertical. Es decir, la superficie abarca 18 km en sentido E-W y 12 km en sentido N-S, lo que hace un total de 216 km².
- ♦ la misma se discretizó en elementos rectangulares de 200, 250 y 500 m de lado. Los espaciamientos más pequeños se dispusieron en las zonas de mayor afectación de las perforaciones;
- ♦ acuífero libre, compuesto predominantemente por limos arenosos, con conductividades hidráulicas del orden de los 2 m/d, con niveles freáticos que varían entre 3 y 26 m de profundidad;
- ♦ transmisividad variable en función del espesor acuífero;
- ♦ aportes (entradas) y erogaciones (salidas) del sistema: recarga natural, condiciones de flujo regional, cursos de agua, aportes subyacentes.

El modelo matemático se consideró calibrado al representar con fidelidad la configuración de las isopiezas presentadas en la Figura 3. Para esta calibración se

tuvieron en cuenta además las extracciones producidas por la empresa prestataria del servicio, con el esquema de explotación actual (ubicación y caudales de explotación), perforaciones particulares, recargas y descargas laterales y en profundidad. Los resultados obtenidos se observan en la Figura 5.

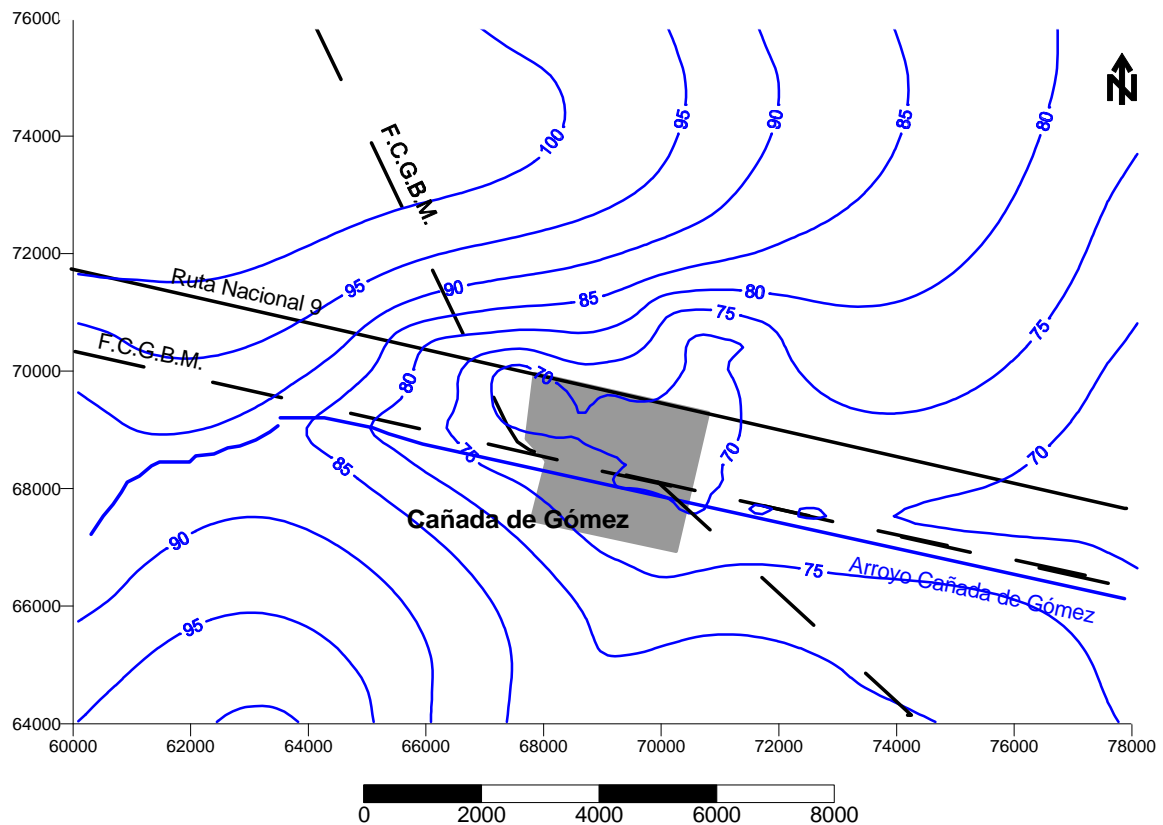


Figura 5: Piezometría modelada

Para simular la respuesta del sistema acuífero ante el nuevo esquema de explotación propuesto por dicha empresa se consideraron períodos de 1, 2, 3, 5 y 10 años. Cabe destacar que las simulaciones se realizaron considerando:

- el esquema de explotación propuesto por la mencionada empresa en lo que hace a geometría, ubicación y caudales de extracción de cada perforación;
- que los filtros de las perforaciones se encuentran ubicados entre cotas 50m y 70m;
- que las condiciones climáticas, consideradas medias (sin eventos extremos), se mantendrán durante todo el período analizado;
- que no aumentarán ni el número de perforaciones ni los caudales de explotación establecidos en el esquema precitado.

En la Figura 6 se pueden observar las isolíneas del estado actual de los niveles

piezométricos (Figura 6A), como así también las correspondientes a: 1, 5 y 10 años de explotación del sistema bajo ese régimen (Figura 6B, 6C y 6D, respectivamente). Se evidencia cómo se van modificando las isopiezas iniciales, a medida que transcurre el nuevo esquema de explotación, haciendo converger el escurrimiento subterráneo hacia las zonas de captación. De igual modo en el área donde cesa la explotación se produce una paulatina recuperación de los niveles. Se ve claramente que las transformaciones no afectan al sector Sur del área estudiada.

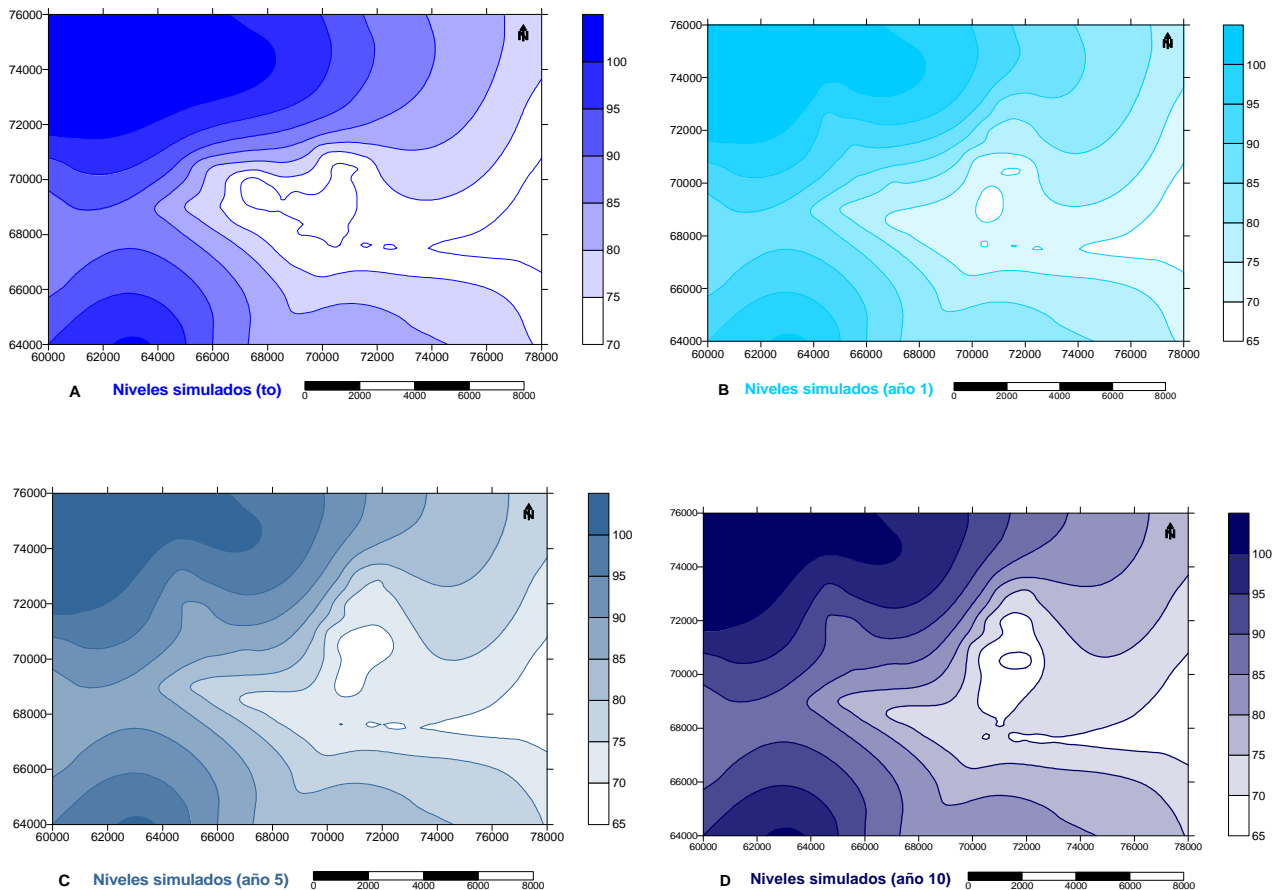


Figura 6: Niveles piezométricos simulados

Analizando los descensos que se producirían con el nuevo emplazamiento de las perforaciones en el término 10 años se pudo constatar que los mismos alcanzarían en la batería ubicada al oeste valores de aproximadamente 10m mientras que en la otra batería valores de algo más de 15m. En la zona urbana los niveles piezométricos podrían recuperarse entre 5 y 10m.

Asimismo, examinando la evolución de los niveles dinámicos en función del tiempo para algunas perforaciones seleccionadas de ambas baterías se pudo observar que las depresiones son mayores en las captaciones localizadas en la zona central de los campos

de bombeo lo que estaría indicando la interferencia que se produce entre las mismas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La región es rica en recursos hídricos superficiales, sin embargo hace uso de las aguas subterráneas para satisfacer –total o parcialmente- requerimientos domésticos, industriales y rurales dado que las aguas superficiales no son aptas ni para consumo humano ni para riego.

Debido a las características hidrogeológicas del área y la composición química de las aguas subterráneas, la explotación intensiva y prolongada del acuífero, tiene como consecuencias indeseables, por una parte el descenso de los niveles y por otra el progresivo aumento de la salinidad. Es evidente que la explotación realizada hasta la fecha, desde hace más de 60 años, ha producido:

- por una parte el aumento de la salinización del acuífero. Esta es atribuible, además de la explotación, a que las baterías de los pozos actualmente en servicio fueron ubicadas en una zona predominantemente de descarga de aguas subterráneas donde es natural encontrar mayor mineralización;
- por otra parte, no obstante la prolongada explotación, los efectos de salinización y descensos de los niveles se han expandido muy poco fuera de las zonas con concentración de captaciones.

Los resultados obtenidos de la prognosis de evolución hidrodinámica del acuífero presentadas en este trabajo han permitido evidenciar con claridad las consecuencias del esquema propuesto de aprovechamiento, tanto en el espacio como en el tiempo:

- ✓ el mapa isopotenciométrico elaborado para las condiciones actuales se modifica en toda la mitad norte del área de estudio; la mitad sur permanece sin alteraciones. Esto refleja la concentración de la explotación.
- ✓ los descensos son marcados al inicio de la explotación y se comienzan a estabilizar a partir de los 5 años, alcanzando valores para el final del período modelado (10 años) de entre 10 y 15 metros de profundidad. Como consecuencia de lo señalado, las captaciones menos profundas, de los establecimientos agropecuarios situados en las proximidades de las baterías de bombeo podrían quedar en seco o con muy poca columna de agua.

- ✓ la variación en el tiempo de los niveles dinámicos en los pozos propuestos para la explotación localizados en áreas periféricas y centrales muestran efectos de interferencia.
- ✓ en el área urbana, en el futuro sin explotación, se produciría una recuperación de niveles de aproximadamente entre 5 y 10 metros.

En función de los resultados obtenidos se recomiendan las siguientes estrategias de planificación:

- replantear el esquema de explotación con caudales unitarios inferiores a los 15 m³/h a fin de minimizar efectos indeseados.
- Evaluar con un grado de mayor detalle las características hidroquímicas del sistema acuífero a los efectos de simular su comportamiento ante un esquema de explotación.
- Diseñar e implementar una red de monitoreo que permita el seguimiento de la evolución hidrodinámica e hidroquímica del acuífero
- Determinar la vulnerabilidad del sistema de aguas subterráneas a la contaminación y paralelamente erradicar de la zona de explotación los focos potencialmente contaminantes, controlando las actividades que puedan configurar riesgo para la calidad del recurso.
- Establecer áreas de actividad controlada en las baterías de bombeo, y sus proximidades.

7. AGRADECIMIENTOS

A la Federación Agraria Argentina, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, a la Municipalidad de Cañada de Gómez, al Ente Regulador del Servicio Sanitario de la Provincia de Santa Fe y a la Empresa Prestataria del Servicio de Agua Potable (APSF).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Fili, M., O. Tujchneider, M. Paris, M. Perez y M. D'Elía. (1999). Estudio de diagnóstico de la situación de las aguas subterráneas en Cañada de Gómez y sus inmediaciones. Informe Final. Grupo de Investigaciones Geohidrológicas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. (Inédito).
- Kreimer, R. (1969). Descripción Hidrogeológica de la Zona de Firmat - Casilda y Cañada de Gómez, Provincia de Santa Fe. Bol. N° 117. Dirección Nacional de Geología y

Minería. Subsecretaría de minería y Combustibles. Sec. de Estado de Energía y Minería. Ministerio de Economía y Trabajo.

Passotti, P. (1964). La cuenca del Arroyo Cañada de Gómez. Instituto de Fisiografía y Geología. Universidad Nacional del Litoral. Publicación XLVIII, Rosario.

Ley Provincial N° 11.220, Anexo A: Aptitud del agua para consumo humano.