

Caracterización hidrogeológica en tres áreas medanosas en el nordeste de La Pampa, Argentina

Eduardo Castro¹, Carlos J. Schulz², Eduardo E. Mariño², María Emilia Ughetti², Lorena Ceballos² y Nayla M. Massara²

¹ Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. Coronel Gil N° 353, 6300, Santa Rosa, La Pampa.

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Avenida Uruguay N° 151 Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Teléfono 54 2954 425166.

eduardocastor@yahoo.com.ar

RESUMEN

La presente contribución plantea la importancia de los acuíferos alojados en ambientes medanosos del NE de la Provincia de La Pampa. Presenta una evaluación hidrogeológica y destaca la trascendencia de la geomorfología en la conformación del recurso hídrico disponible en tres acuíferos denominados como General Pico-Dorila, Quemú Quemú e Intendente Alvear. En las áreas de estudio seleccionadas, la vinculación de la génesis sedimentaria con la ingente actividad antrópica, han originado la formación de cuerpos arenosos que crean condiciones favorables para la infiltración del agua de lluvia. Las propiedades hidráulicas han permitido una explotación con rendimientos superiores a los obtenidos en otros ámbitos y además han incrementado localmente el acceso a agua de mayor aptitud química para distintos usos. Se concluye que estas áreas poseen recursos hídricos subterráneos significativos, en cantidad y calidad, y dicha disponibilidad se ha relacionado con la existencia de estos ambientes geomorfológicos particulares en zonas semiáridas. Palabras clave: acumulaciones arenosas, médanos, geomorfología, acuíferos.

ABSTRACT

This paper raises the importance of aquifers hosted in dune environments in NE of the Province of La Pampa. It presents a hydrogeological assessment and shows the relevance of the geomorphological characteristics of three aquifers named "General Pico-Dorila", "Quemú Quemú" and "Intendente Alvear". The studied areas were selected because their sedimentary origin and the enormous human activity have resulted in the formation of sand bodies with favorable conditions for rainwater infiltration. Their hydraulic properties provide high yielding wells and favour the access to water of good quality for several uses. It is concluded that these areas have very significant groundwater resources, in quantity and quality, and that this availability is uniquely related to the existence of these particular geomorphic environments in semiarid areas.

Keywords: accumulations of sand, dunes, geomorphology, aquifer.

Introducción

Los acuíferos alojados en ambientes medanosos son los principales recursos hídricos con que cuenta la provincia de La Pampa para el abastecimiento de agua destinada al uso urbano y rural. Las acumulaciones arenosas crean condiciones favorables para la infiltración del agua de lluvia, fuertemente condicionada por el marco climático. Sus propiedades hidráulicas permiten una explotación con rendimientos superiores a los obtenidos en otros ámbitos y además incrementan localmente la posibilidad de acceder a agua de mayor aptitud química. Estas cualidades dan lugar a su selección como los sitios preferenciales para la ubicación de

obras de captación. Sin embargo, dichos medios son sensibles al régimen de explotación y cuando éste es inadecuado se produce un marcado deterioro cuantitativo y cualitativo del recurso.

En el presente trabajo se ha tomado como casos de estudio a tres sectores de los acuíferos denominados "de Intendente Alvear", "de General Pico-Dorila" y "de Quemú Quemú" correspondientes a las tres localidades homónimas y que representan a tres cuerpos de agua subterránea ubicados en el sector NE de la provincia de La Pampa, tal cual se observa en la Figura 1.

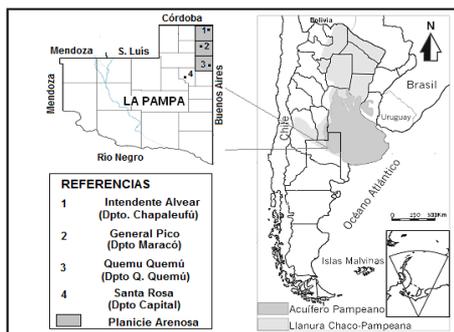


Figura 1. Ubicación del área de estudio

El objetivo central del presente trabajo ha sido demostrar las analogías hidrogeológicas y geomorfológicas entre ellos y cómo las mismas se vinculan con la presencia de agua apta para consumo humano dentro de amplias zonas que se caracterizan por la presencia de aguas con elevados contenidos en Sales Totales y algunos elementos nocivos para la salud humana.

El primer acuífero citado provee de agua potable a las localidades de Intendente Alvear y Ceballos, abasteciendo a unos 11.000 usuarios (Castro, 2009). En el mismo sentido, del acuífero de General Pico-Dorila (Mariño, 2003) depende el abastecimiento doméstico e industrial de General Pico, que, con casi 80.000 habitantes, es la segunda localidad más importante del territorio provincial y por último, el acuífero de Quemu Quemu (Malán y Schulz, 1988) que abastece de agua potable a 4650 habitantes. Todos los acuíferos además, satisfacen el consumo ganadero en los establecimientos rurales de sus respectivas zonas de influencia.

Materiales y métodos

Para los casos de estudio se realizó una evaluación de las reservas y recursos disponibles y de la calidad del agua subterránea para distintos usos. El aspecto cuantitativo se basó en la interpretación de los diversos datos recopilados de los estudios anteriores y los realizados específicamente, mientras que la caracterización hidroquímica insumió la obtención y análisis de cerca de 100 muestras de agua, mayormente provenientes de perforaciones de establecimientos rurales de cada una de las áreas y en algunos casos de las baterías de explotación de los servicios de provisión, concesionados y operados todos ellos por el sistema de asociación cooperativa.

Los muestreos se realizaron complementando los existentes y su distribución espacial se orientó a caracterizar los distintos ambientes geomorfológicos del área, partiendo de la hipótesis de la incidencia de tales condiciones sobre la calidad del agua subterránea. Los sectores analizados en consecuencia totalizan un área de más de 800 km² y se distribuyen políticamente en tres Departamentos del NE pampeano: Chapaleufú, Maracó y Quemu Quemu que se extienden con una longitud aproximada de 160 km en sentido N-S y 50 km en sentido W-E (Figura 1).

Los análisis químicos se realizaron según técnicas convencionales, mediante un espectrofotómetro de barrido en espectro visible y consistieron en la determinación de residuo seco, conductividad eléctrica, pH, alcalinidad, dureza, iones principales, nitratos, fluoruros y arsénico. La evaluación de la calidad para consumo humano se basó en los límites adoptados por la Dirección de Aguas de La Pampa, cuyos parámetros en líneas generales se corresponden o asemejan con los establecidos en el Código Alimentario Argentino.

Reseña geomorfológica de las áreas

Es de destacar la importancia que la geomorfología adquiere para la presencia de las aguas subterráneas y a su vez en la morfología de la capa freática. Los resultados obtenidos permitieron individualizar y delimitar dominios geomorfológicos, unidades subordinadas y efectuar una caracterización de su comportamiento hidrológico, especialmente en relación al escurrimiento subterráneo e infiltración.

Las características tanto locales como regionales, guardan relación con una serie de interrupciones que el ciclo fluvial ha tenido y que en forma recurrente actuó desde el Pleistoceno hasta la actualidad (Malagnino, 1989). Tales eventos se hallan estrechamente vinculados con profundos cambios climáticos (alternancia de períodos áridos y húmedos) que afectaron el régimen de los ríos emisarios de centros glaciares, fenómeno que dio lugar a la participación de otros procesos geomórficos, tales como eólicos o fluviales. El efecto tuvo lugar cuando estos sistemas fluviales dejaron de ser funcionales o mostraron mermas severas en sus caudales por efecto de capturas, desvíos y/o anarquía en sus cabeceras por vulcanismo. De esta manera las acumulaciones arenosas localizadas en las planicies aluviales abandonadas quedaron sometidas a los efectos de enérgicos procesos eólicos y comenzaron a

ser deflacionadas y movilizadas, estructurándose de este modo un campo de arenas integrado por médanos de predominancias longitudinales compuestas. Los mismos cubrieron al paisaje fluvial preexistente de tal forma que actualmente la red original subyace al sistema eólico.

Se puede concluir que la conformación geomorfológica se trata de una llanura de agradación, cuya colmatación se produce en el Terciario - Cuaternario temprano. Posteriormente todas estas zonas son afectadas por procesos geomórficos que las transforman dentro de su carácter llano en una sucesión de bajos y lomas, donde en particular el viento, ha dejado su huella. Por ello, las geoformas deben nominarse en general como cuencas o cubetas de deflación y médanos, donde su tamaño varía entre montones de arena y extensos cordones longitudinales de rumbo aproximado Norte-Sur, particularmente en este sector de la provincia. Generalmente los bajos más profundos (pfannen) se comportan como lagunas temporarias o playas, mientras que en las áreas elevadas que han sido profusamente cultivadas, es común la presencia de médanos antrópicos desarrollados sobre los antiguos médanos o planicies medanosas (Castro, et al, 1989).

Caracterización hidrogeológica

Acuífero de Intendente Alvear

La zona se ubica al E casi en el límite con la Provincia de Buenos Aires (Figura 1), presenta un régimen climático edáfico areal térmico de régimen údico a ustico (Cano, et al, 1980), y según Thornthwaite, (1948), Húmedo II, Mesotérmico o mesotermal con pequeña falta de agua y una concentración estival de la eficacia térmica del 24% (Castro, 2009). Hay una clara tendencia de aumento en las precipitaciones que se ha mantenido constante hasta la fecha considerada, salvo excepción de los últimos años, con valores mínimos de 525 mm en 2010 y valores máximos de 1496 mm en el año 1997, con un valor medio de 952,5 mm/año para la serie considerada (1980-2010). Se ha determinado además un gradiente pluviométrico regional en la zona del orden de 1mm/km en el sentido ENE.

Un detalle singular son los desniveles topográficos en la región. Los mismos ocasionalmente superan los 5 m y raramente alcanzan los 8 m como diferencias neta entre el cordón medanoso principal y un pedestal sobre el cual se destacan los médanos actuales, en muchos de los casos "vivos o móviles". En ellos

se distinguen dos ramas, de las cuales la oriental se prolonga hacia el sur en mejores condiciones dentro del área en estudio, mientras que la occidental tiene una mejor continuación hacia el norte. Hacia el Sur de estas geoformas, ambas ramas están separadas por una pequeña zona de descarga, visualizándose en ciertas épocas del año anegamientos temporarios. Como el nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie, en algunos casos las lagunas son realmente zonas de descarga, al igual que algunos bajos que a veces presentan suelos parcialmente salinizados producto de la intensa evaporación que se lleva a cabo en esas áreas.

Desde el punto de vista hidráulico, los espesores saturados alojados en la "Formación Arenosa" sobrepuesta al "Pampeano" presentan una permeabilidad relativamente elevada, en el orden de los 10-20 m/día, constituyendo ambos una sola unidad acuitarda. No obstante ello en algunos sectores a pesar de su litología predominantemente limosa presenta muy buenas características hidráulicas con caudales de hasta 32 m³/h, una Porosidad Eficaz de 4,5 10⁻² y un caudal característico de 7,3 m³/h.m para pozos de sólo 20 m de profundidad. Si bien el escurrimiento regional es netamente hacia el NE de ésta región, la variabilidad morfológica determina distintas situaciones en cuanto a la dinámica del agua subterránea. Las formas elevadas del relieve se comportan obviamente como áreas de recargas, presentando valores de la misma que oscilan entre el 11 y 16% de las precipitaciones, según la metodología de cálculo empleada (Castro, 2009), en tanto que las amplias depresiones o incluso las pequeñas de ubicación intermedanasas, actúan como áreas de descarga, ya sea formando lagunas o bañados y a veces de carácter imperceptibles. Las áreas de conducción se localizan tanto en los sectores intermedios entre los anteriores, como en aquellas extensiones de relieve predominantemente llano y con suave pendiente oriental.

Este acuífero presenta aguas con un contenido salino total comprendido entre 300 y 1400 mg/l, típicamente de 500 mg/l y son de carácter bicarbonatado sódico. En la mayoría de los casos, el flúor está por debajo de los 2 mg/l (Giai y Tullio, 2001).

Acuífero de General Pico-Dorila

El área cuenta con numerosos estudios hidrogeológicos, inicialmente orientados a establecer la posibilidad de obtener agua subterránea para abastecer a la localidad de General Pico (Malán, 1983) y luego dedicados a

profundizar el conocimiento del sistema (Consultora A.H. Risiga y Asociados, 1988, Mariño y Bonorino, 1996, Mariño, 2003 y Mariño y Dalmaso, 2003).

La zona se ubica en el noreste de la provincia de La Pampa (Figura 1) y tiene un régimen climático subhúmedo seco (Cano *et al.*, 1980), con una precipitación media anual para el período 1921-2010 de 731,6 mm y una temperatura media anual para el período 1961-2010, de 15,8°C, siendo la máxima media de 22,7°C y la mínima media 8,9 °C. Presenta un relieve suavemente ondulado dado por la alternancia de planicies arenosas y depresiones suaves que se completa con médanos aislados, bajos inundables y lagunas temporarias. Una geoforma medanosa elevada y elongada en sentido NNW- SSE, constituye el área de recarga del acuífero libre (Malán, 1983) y determina una divisoria de drenaje subterráneo a partir de la cual la circulación se produce hacia el este y suroeste, donde aparece una zona de descarga local.

El acuífero libre puede dividirse, según las variaciones sedimentológicas, en una sección superior alojada en una capa arenosa eólica y en otra subyacente, en sedimentos loésicos. Estas secciones tienen características hidráulicas bien diferenciadas pero están íntimamente relacionadas debido a que entre ellas no hay niveles que interrumpan la conexión hidráulica. Según los ensayos de bombeo realizados en la zona por Malán (1983), para el acuífero alojado en el nivel arenoso superior la permeabilidad promedio es de 20 m/día, el rendimiento específico del 11%, y el espesor saturado oscila entre los 3 y 6,50 metros. El acuitardo conformado por el nivel limo-arenoso posee una permeabilidad promedio de 2 m/día y un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-3} . La profundidad del nivel freático no supera los 4 metros y los caudales que pueden obtenerse están en el orden de los 15 m³/h, para perforaciones de unos 25 metros de profundidad.

En cuanto a la calidad del agua, la misma determina un espesor útil de entre 25 y 30 m para agua potable. Las sales totales en las áreas de recarga, son menores a 1 g/l. Este contenido aumenta hacia ambos lados de los cordones medanosos, en especial hacia el suroeste. Las agua en áreas de recarga son bicarbonatadas cálcicas. Además, el contenido

salino aumenta con la penetración en el acuífero en forma normal, al igual que el flúor y el arsénico (Giai y Tullio, 2001).

Acuífero de Quemu Quemú

Se encuentra dentro de la unidad geomorfológica "De la llanura de modelado eólico superimpuesto", Calmels (1996) caracterizada por un manto de arena en la superficie de entre 0,4 y 15 m. Los procesos morfogenéticos que actuaron fueron principalmente hídricos (de escurrimiento difuso) y eólicos (de acumulación-deflación). Los primeros elaboraron una superficie calcárea con pendiente regional hacia el E, sobre la cual el viento acumuló un manto arenoso.

El relieve está representado por ondulaciones arenosas con sentido N-S y médanos aislados. Intercaladas entre estas ondulaciones existen planicies arenosas de 3 a 4 km de ancho, y frecuentemente áreas deprimidas con lagunas temporarias. El área de estudio pertenece a la región hídrica denominada "Región medanosa de la llanura oriental", la cual se caracteriza por tener precipitaciones con promedios anuales de 750 mm,(1921-2011) disminuyendo desde el norte hacia el sur de la región. El clima es de tipo subhúmedo seco, con una temperatura media anual de 15,9°C. Los vientos predominantes son del N-NE y S-SW, con una velocidad promedio anual de 10 km/h, siendo más intensos durante el período de septiembre a diciembre (Cano *et al.*, 1980).

La zona acuífera abarca una superficie aproximada de 216 km², aunque la producción mediante pozos de explotación se circunscribe a un área considerablemente menor. Consiste en una capa arenosa superficial, al igual que los anteriores, que por su granulometría y escaso grado de consolidación actúa como elemento de captación y almacenamiento importante de los excedentes hídricos. Por debajo se continúan los sedimentos característicos de la Formación Cerro Azul, constituidos por limos arenosos finos y muy finos. Cuando ambas secciones están saturadas conforman un acuífero multiunitario, el cual se comporta hidráulicamente como libre con drenaje diferido. La recarga anual, calculada por varios métodos, está entre 11 y 13% de las precipitaciones (Arroyo, 2005) y su porosidad Eficaz es de 5×10^{-2} (Malán y Schulz, 1988).

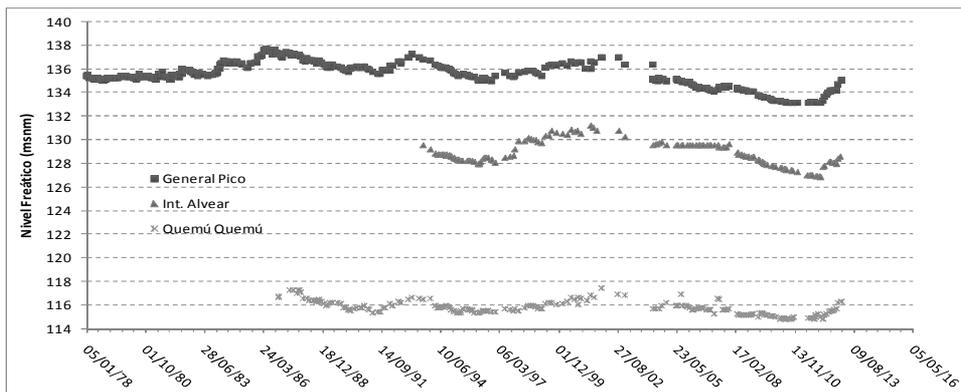


Figura 2. Oscilaciones piezométricas

La alta salinidad, cuyo valor promedio es de 3000 mg/l, coincide con los sectores de descarga y los bajos topográficos, ubicados al SW de la localidad. Por el contrario, el sector del acuífero que se explota, ubicado hacia el NE y W de Quemú Quemú, coincide con el área de recarga y aquí el valor promedio es de 1000 mg/l. Los tenores de flúor varían entre menos de 1 y más de 8 mg/l. En profundidad dicho tenor aumenta, aunque en las secciones de menor contenido se mantiene por debajo de los 2 mg/l hasta los 24 m de profundidad (Giai y Tullio, 2001).

También es importante destacar las similitudes de los de los niveles piezométricos en el área. Para la ocasión se tomaron tres piezómetros representativos de las áreas medianosas de Alvear, Pico y Quemu-Quemu (Figura 2).

Conclusiones

Las analogías hidrológicas, geomorfológicas y geohidrológicas de las tres zonas analizadas han permitido determinar el comportamiento como una sola unidad del acuitardo que en su parte superior presenta una importante cubierta arenosa a la cual subyacen sedimentos más finos limo-arenosos, dándole un carácter particular, desde el punto de vista hidráulico, catalogado como un acuífero libre con drenaje diferido.

En función de lo expuesto en el desarrollo del presente informe, se concluye que las tres áreas acuíferas poseen recursos hídricos subterráneos muy significativos, en cantidad y calidad, para usos en el ámbito urbano y rural. Esta condición se vincula a la existencia de ambientes medianosos, donde la cobertura

arenosa genera condiciones favorables para la infiltración.

En consonancia con lo manifestado anteriormente, la recarga de los acuíferos en todos los casos es importante como consecuencia de la cobertura arenosa superior, y la misma fluctúa entre valores del 11 al 16% de las precipitaciones anuales.

El aprovechamiento sustentable de estos sectores acuíferos requiere una planificación y gestión adecuada que contemple la sensibilidad propia de los sistemas hídricos en las zonas semiáridas.

Referencias

- Arroyo, C., 2005. Estimación de la recarga en el sector de explotación del acuífero que abastece a la localidad de Quemú Quemú, Provincia de La Pampa. Tesina de grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNLPam, 51 p.
- Calmels, A. P., 1996. Bosquejo Geomorfológico de La Provincia de La Pampa. UNLPam. Santa Rosa. 106 p.
- Cano, E.; Casagrande, G.; Conti, H.A.; Fernandez, B.; Hevia, R.; Lea Plaza, J.C.; Maldonado Pinedo, D.; Martinez, H.; Montes, M.A. y Peña Zubiato, C.A. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa-Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación. INTA-Gobierno de La Pampa-UNLPam, 493 p, Santa Rosa.
- Castro, E. y Tullio, J. 1989. Informe preliminar de los pozos de Exploración en la localidad de Intendente Alvear. Consideraciones Geológicas y Geomorfológicas. Informe Interno. Dir. Rec. Hídricos. Santa Rosa.

- Castro, E. 2009. Análisis Hidrogeológico y Modelo Conceptual del funcionamiento del acuífero de Intendente Alvear. La Pampa. Argentina. Tesis de Magister en Ciencias Hídricas. Universidad Nacional de La Pampa. 191 p. Inédito.
- Consultora A.H. Risiga y Asociados. 1988. Estudio para ajustar el conocimiento hidrogeológico del acuífero Pico-Dorila y el funcionamiento hidráulico de la batería de pozos que abastecerán al servicio de agua potable de la ciudad de General Pico. Informe Final. Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Tomos 1 a 9, Santa Rosa (inédito).
- Cooperativa de Obras, Servicios Públicos, Crédito y Provisión de Quemú Quemú Limitada, COSYPRO Ltda. Disponible en: www.cosypro.com. Consultada el 3 de Marzo de 2011.
- Giai, S. B. y Tullio, J. O. 2001. Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa. Facultad de Ciencias Humanas UNLPam y Dirección de Aguas de La Pampa.
- Malagnino, E. 1989. Paleoformas de origen eólico y sus relaciones con los modelos de inundación de la Provincia de Buenos Aires. *IV Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. IX Reunión Planetaria SELPER*. PP.611-620. Bariloche.
- Malán, J.M. 1983. Estudio hidrogeológico para el abastecimiento de agua potable a la localidad de General Pico, departamento Maracó, provincia de La Pampa. Informe Preliminar. *Coloquio de Hidrología de Grandes Llanuras*, Actas III:1449-1457, Olavarría.
- Malán, J.M. y Schulz, C. 1988. Estudio hidrogeológico para la provisión de agua potable a Quemú Quemú, La Pampa. *Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses*. Actas: 567-578, Bahía Blanca.
- Mariño, E.E. 2003. Sistema hidrogeoquímico de un acuífero libre en ambiente medanoso en el área General Pico-Dorila, provincia de La Pampa. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, 141 p, Córdoba (inédito).
- Mariño, E.E y Bonorino, A.G. 1996. Estimación de la infiltración eficaz en un acuífero en ambiente medanoso a partir de mediciones periódicas del nivel freático. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, IV:405-408, Buenos Aires.
- Mariño, E.E. y Dalmaso, M.G. 2003. Análisis de la información básica para la gestión del acuífero que abastece a General Pico, La Pampa, Argentina. *Memorias del III Congreso Argentino de Hidrogeología y I Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales en hidrología subterránea*, Tomo 1: 209-218, Rosario.
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Reprinted from the *Geographical Review*, XXXVIII (1): 55-74.