



Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente • N.º 50 • 2023 • ISSN 2422-5703 • <https://www.editoriasagai.org.ar/>
Rey M., Ruffo A.G., Albouy E.R. y Giorgi J.M.
Hidrodinámica del acuífero freático del cordón de dunas septentrional del partido de Villarino, provincia de Buenos Aires, Argentina
e009, <https://doi.org/10.59069/24225703e009>

Hidrodinámica del acuífero freático del cordón de dunas septentrional del partido de Villarino, provincia de Buenos Aires, Argentina

Hydrodynamics of the phreatic aquifer of the northern dune chain of the Villarino district, province of Buenos Aires, Argentina

Matías Rey^{1,2*} Andrés Gabriel Ruffo^{1,2} Edgardo René Albouy^{2,3,4*} Juan Manuel Giorgi^{1,2,3}

* Contacto

Recibido: 1 de marzo de 2023 • Aceptado: 7 de agosto de 2023 • Publicado: x de agosto de 2023

Resumen

En la porción septentrional del partido de Villarino, sudoeste de la provincia de Buenos Aires, se encuentra un cordón medanoso continental. Estas acumulaciones arenosas alojan un acuífero freático con aguas de buena calidad fisicoquímica que es la principal fuente de abastecimiento de las poblaciones del área. El presente trabajo tiene como objetivo determinar las características hidrodinámicas de dicho acuífero, confeccionando un mapa piezométrico e isopáquico de la zona no saturada mediante el uso de software específico. Con estos mapas se logró identificar la morfología freática, la dirección de flujo del agua subterránea y su velocidad de movimiento, además de calcular los gradientes hidráulicos. Como resultado, se pudo definir que la dirección de flujo del agua subterránea en la zona sigue a grandes rasgos la inclinación del terreno, con los mayores niveles piezométricos tendientes a ubicarse en la porción sudeste del cordón de dunas, mientras que las cotas piezométricas más bajas se ubican en la porción noroeste. El gradiente hidráulico promedio se encuentra en torno al 3 ‰, mientras que la velocidad efectiva del agua subterránea tiene un promedio de 0,26 m/d. Los mayores espesores de la zona no saturada se registran en el sudeste de la cadena de dunas, coincidentes con las mayores cotas topográficas.

En un 90% del área considerada, el mismo no supera los 8 m. El conocimiento de la freaticimetría e hidrodinámica de un acuífero permite obtener información fundamental para la comprensión del funcionamiento del mismo, necesaria para la gestión racional y sustentable del recurso hídrico.

Palabras clave: agua subterránea, cordón de dunas, hidráulica.

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
2. Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur.
3. Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (CGAMA).
4. Instituto Geológico del Sur.

Abstract

In the northern portion of the Villarino district, in the southwest of the province of Buenos Aires, there is a continental dune chain. These sandy accumulations host a phreatic aquifer with waters of good physical and chemical quality, which is the main source of water supply for the populations of the area. The present work aims to determine the hydrodynamic characteristics of this aquifer, drawing a piezometric and isopaquic map of the unsaturated zone using specific software. With these maps we were able to identify the phreatic morphology, the direction of groundwater flow and its velocity, in addition to calculating the hydraulic gradients. As a result, it was possible to determine that the groundwater flow direction in the area broadly follows the slope of the terrain, with the highest piezometric levels tending to be located in the southeastern portion of the dune chain, while the lowest piezometric levels are located in the northwestern portion. The average hydraulic gradient is around 3 ‰, while the effective groundwater velocity averages 0,26 m/d. The greatest thicknesses of the unsaturated zone are recorded in the southeast of the chain, coinciding with the highest topographic elevations. In 90% of the area considered, it does not exceed 8 m. Knowledge of the phreatimetry and hydrodynamics of an aquifer provides fundamental information for understanding its functioning, which is necessary for the rational and sustainable management of water resources.

Keywords: groundwater, dune chain, hydraulics.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El agua es un bien de vital importancia para el desarrollo económico, social y productivo de la población, más aún en regiones de clima semiárido, donde la oferta de agua es fuertemente dependiente de las precipitaciones. En la provincia de Buenos Aires, y particularmente en el sudoeste bonaerense, gran parte de pueblos y ciudades se abastecen de agua subterránea (Kruse, 2015).

En la parte septentrional del partido de Villarino se ubica un cordón medanoso que aloja un acuífero freático con aguas de buena calidad fisicoquímica, que es además la principal fuente de abastecimiento para los habitantes del lugar. Estas acumulaciones arenosas se encuentran en general cubriendo a los depósitos más finos de las formaciones Río Negro y Chasicó. Esta variación litológica de los sedimentos y las diferencias fisicoquímicas del agua subterránea, resultan en una estratificación hidroquímica, con una lente de agua de

baja salinidad contenida en los depósitos arenosos que descansa sobre una más salobre y extensa. Teniendo en cuenta esto, contar con información acerca de la hidrodinámica en el sector toma especial relevancia para la gestión racional y sustentable del recurso hídrico.

Atendiendo a esto, se llevaron a cabo campañas de campo para la realización de un censo de puntos de agua. Posteriormente, con los datos freáticos, mediante el software Surfer 15 se confeccionaron los mapas piezométricos y se determinaron las características hidrodinámicas del acuífero freático contenido en el cordón de dunas. De esta manera, el objetivo de este trabajo es determinar las características hidrodinámicas de dicho acuífero: la dirección de movimiento del agua subterránea, gradiente hidráulico y velocidad de movimiento, así como también identificar la morfología freática del mismo y espesor de la zona no saturada.

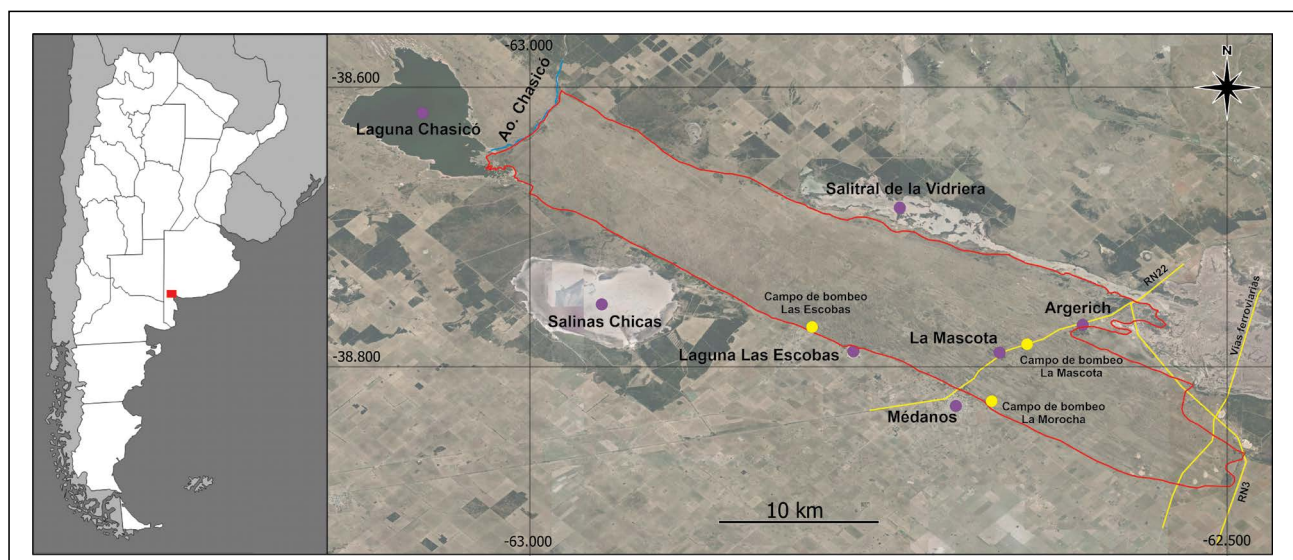


Figura 1. Ubicación del área de estudio, delimitada en rojo.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Figura 1) se encuentra en la porción septentrional del Partido de Villarino, al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. Su centro aproximado se ubica en las coordenadas 38°44'32" de latitud Sur y 62°45'24" de longitud Oeste. Se enmarca a nivel regional dentro de la llanura bonaerense y abarca la cadena de dunas que se extiende unos 50 km en dirección noroeste-sudeste, desde el estuario de Bahía Blanca, al sudeste, hasta la laguna Chasicó y el arroyo homónimo al noroeste. Hacia el noreste limita parcialmente con el salitral de la Vidriera y hacia el suroeste con las Salinas Chicas. Su porción sudeste posee una suave pendiente de 0,2 % hacia el NE y una altura media de 30 m.s.n.m. (Carrica et al., 2012), mientras que el sector noroeste de la cadena tiene una pendiente promedio de 0,5% hacia el SO, con una altura media de 3 m por debajo del nivel del mar.

El clima de la zona es de características subhúmedas a semiáridas. Según los índices climáticos de Thornthwaite (1948) clasifica como C1 B'2 d a', (subhúmedo, mesotermal templado frío, con un nulo o pequeño exceso de agua y una eficiencia térmica menor al 48%), limitando al sur con el sector semiárido (D B'1 d a') (Sánchez et al., 1998).

De acuerdo a Bonorino (1979), la temperatura media anual es de 14,2 °C, con extremos medios en enero y julio

de 22,5 °C y 7 °C, respectivamente. Las precipitaciones (serie 1972-2005 de Médanos) son de un promedio de 546,8 mm/año, con un mínimo en el mes de junio de 20,8 mm y un máximo en marzo de 78,2 mm.

Sobre la cadena de dunas se ubican tres campos de bombeo de la prestataria de agua local, denominados Las Escobas, La Mascota y La Morocha. El primero de estos se encuentra ubicado al oeste de la laguna Las Escobas, sobre el borde sudoeste de los médanos. El campo de bombeo La Mascota se ubica en proximidades de la Ruta Nacional 22, entre la localidad homónima y Argerich. Por último, el campo de bombeo La Morocha se emplaza unos 2 km al este de la ciudad de Médanos.

GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

La geología del sector, a los fines prácticos de este estudio, puede simplificarse de la siguiente forma: al inicio de la secuencia se encuentran los depósitos de la Fm. Chasicó (Pascual, 1961), conformada mayormente por sedimentos limo-arcillosos rojizos de origen continental. Suprayaciendo a estos se encuentran en ocasiones las areniscas fluviales de la Fm. Río Negro (Andreis, 1965). Ambas unidades son de edad Pliocena. Suprayaciendo lo anterior, de manera

FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PROPIEDADES ACUÍFERAS
Médanos (Holoceno)	Depósitos eólicos integrados por arenas medianas a finas, en forma de mantos o cuerpos medanosos. Yacen sobre los Limos Loessoides, la Formación Río Negro o los Rodados Patagónicos	Nivel freático a poca profundidad. Agua en espacios porosos. Alta porosidad y buena permeabilidad. Agua de bajo contenido en sales. (3 m de espesor medio)
Rodados Patagónicos (Pleistoceno)	Gravas medianas a finas con matriz arenosa, de origen fluvial, desarrolladas preferentemente al Sur del río Colorado, fuertemente cementadas por carbonato de calcio en los términos superiores. Apoyan sobre la Formación Río Negro y en algunos sectores sobre los Limos Loessoides	El nivel superior actúa como una capa de permeabilidad por fisuración a través de la cual se infiltra el agua de lluvia. No forma acuíferos (entre 2-4 m de espesor)
Formación Río Negro o Rionegrense (Plioceno)	Arenisca de grano medio a fino, color gris, estratificación entrecruzada.	Buenas porosidad y permeabilidad. Acuíferos de rendimiento variable. Aguas de mediana a alta mineralización. (espesores saturados entre 4-9 m)
Limos Loessoides También denominados Formación Chasicó (Plioceno inferior)	Limos arcillosos de color castaño rojizo, macizos, con intercalaciones de arenas y arcillas y niveles calcáreos y yesíferos	Baja porosidad y permeabilidad. Es portadora de niveles acuíferos de carácter confinado aproximadamente entre los 50 y 200 m de profundidad. (entre 150 y 200 m de profundidad)

Figura 2. Esquema hidroestratigráfico para el área de estudio según Lexow y Bonorino (2012), detallando las propiedades acuíferas y espesores saturados de cada unidad.

discontinua, se puede encontrar ocasionalmente una capa de conglomerados de unos pocos metros de espesor, designada informalmente como “Rodados Patagónicos” (Fidalgo, 1999), de edad Pleistocena. Apoyando en discordancia sobre los depósitos ya mencionados se encuentran las acumulaciones eólicas que conforman la cadena de médanos del área de estudio. Se trata de arenas eólicas de edad Holocena y reciben diferentes denominaciones dependiendo del autor: “Arenas Médanos” (Spaletti e Isla, 2003), Formación Estancia La Aurora (Fidalgo et al., 1987), Formación La Postrera o Formación Médanos (Bonorino, 1974). Son de características similares y comparables a las acumulaciones medanosas presentes en la provincia de La Pampa. Estos depósitos, de diseño de grano unimodal, tienen una potencia en general que ronda los 15 m, pudiendo duplicar su espesor en áreas puntuales. Están compuestas por arenas finas a medias, en ocasiones muy finas, que tienden a disminuir levemente su granulometría hacia el noroeste de la cadena. Se componen principalmente de cuarzo, plagioclasas, microclino, piroxeno, epidoto, magnetita titanífera y no poseen carbonato de calcio (Bonorino, 1979). Rossetto (1953) llevó a cabo un estudio detallado de su granulometría y mineralogía atribuyéndole una componente piroclástica.

En cuanto a la hidrogeología, el área se enmarca dentro de la Región Hidrogeológica de la cuenca de Bahía Blanca, según propone Auge (2004). El acuífero freático objeto de este estudio se encuentra contenido en el cordón medanoso antes mencionado y tiene un espesor saturado variable que en promedio ronda unos 3 m (Bonorino, 1979), superando en sectores puntuales los 30 m (relacionado a cuestiones geomorfológicas). En lo que respecta a la calidad del agua, es dulce, con conductividades eléctricas, en general, entre los 400 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este acuífero se encuentra sobreyaciendo y conectado hidráulicamente a los contenidos en las Formaciones Río Negro y Chasicó. El agua subterránea en estas dos últimas unidades posee en general una mayor mineralización, con conductividades que suelen superar los 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y contenidos importantes de oligoelementos, tales como el F y el As. Por debajo de los 50 m de profundidad pueden encontrarse niveles acuíferos semiconfinados-confinados, con aguas salinizadas naturalmente.

Basándose en investigaciones previas (Bonorino, 1974, 1979; Albouy, 2005) y sondeos eléctricos verticales llevados a cabo en la zona, Lexow y Bonorino (2012) determinaron el

esquema hidroestratigráfico del sector (Figura 2).

Estos mismos autores, detectaron un incremento apreciable de la salinidad en profundidad y propusieron la existencia de una lente de agua de baja salinidad que descansa sobre una más salobre y extensa. De esta manera, tendría lugar una estratificación hidroquímica dentro del sistema, con una zona de transición, debido a la diferencia de densidad de los fluidos, donde el mayor espesor de agua dulce se encuentra en el centro de la cadena medanosa, disminuyendo lateralmente (Figura 3).

Las características litológicas del cordón de dunas, le confieren una alta capacidad de infiltración, impidiendo el desarrollo de una red de drenaje definida. De esta manera, el agua de las precipitaciones es incorporada rápidamente a la zona saturada como recarga del sistema.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se basó en la recopilación de información antecedente de la zona. Posteriormente se realizaron sucesivas salidas al campo para llevar a cabo un censo de puntos de agua, mapeando y midiendo tanto ojos de agua (afloramientos del nivel freático) como perforaciones, totalizando 40 mediciones. La cota topográfica de cada punto, utilizada para el cálculo del nivel piezométrico, fue obtenida a partir del modelo digital de elevación MDE-Ar 2.0 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Para la medición de niveles se utilizaron sondas piezométricas OTT de 50 m y Solinst 102M de 25 m. Las coordenadas de cada punto medido se tomaron mediante un GPS Garmin eTrex 30X.

Con estos datos, se generó el mapa de isopiezas con el software Surfer 15. El algoritmo de interpolación escogido para la generación de isolíneas fue “Natural Neighbour” (vecino natural), que mostró los mejores resultados en relación a los restantes disponibles. Adicionalmente, mediante el mismo software, se generó una imagen de la superficie freática en 3D. Conjuntamente con esto se confeccionó un mapa isopáquico de la ZNS del área de estudio. Todos los mapas resultantes fueron modificados manualmente para introducirle mejoras utilizando criterio geológico e hidrogeológico.

De acuerdo a las variaciones en las características piezométricas del área de estudio, se dividió la misma en tres

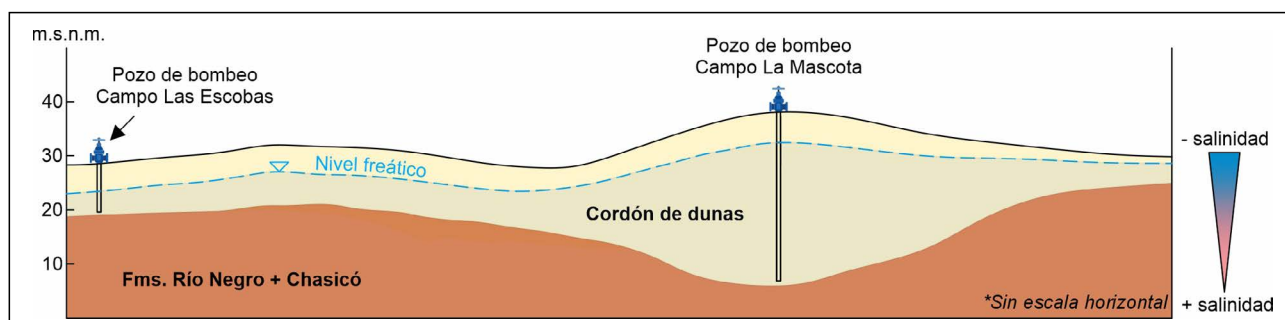


Figura 3. Corte representativo (sin escala horizontal) del sistema acuífero estudiado.

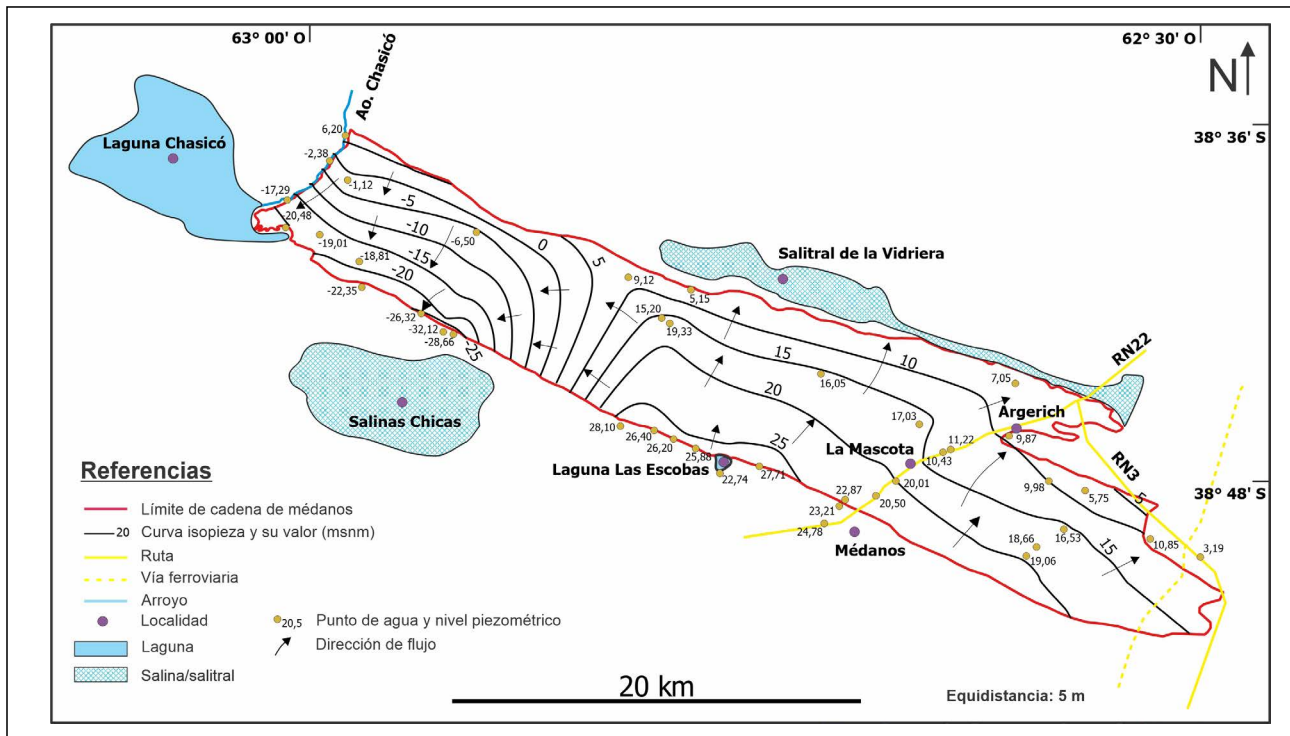


Figura 4. Mapa de isopiezas de flujo regional del acuífero freático medanoso en el área de estudio. Los flujos radiales de corto recorrido no fueron representados en esta figura.

sectores y se calcularon separadamente en cada uno de ellos los gradientes hidráulicos máximos, mínimos y promedios, como así también la velocidad efectiva del agua subterránea en cada caso.

RESULTADOS

En base al mapa de isopiezas realizado (Figura 4), se pudo definir la dirección de flujo del agua subterránea contenida en el acuífero arenoso en la zona, la cual sigue a grandes rasgos la inclinación del terreno. Localmente se presentan flujos radiales cortos de descarga en las áreas de interduna (superpuestos a aquellos más profundos y de mayor recorrido), condicionados por la morfología, dando lugar en ocasiones a bajos inundados que conforman humedales de escasa expresión superficial. De esta manera, se pueden identificar dos sistemas de flujo: uno somero, de tipo local, con recorridos cortos, y otro más profundo que el anterior, de carácter regional y recorridos más extensos.

En el modelo 3D generado (Figura 5) se puede apreciar, a simple vista, que los mayores niveles piezométricos tienden a ubicarse en la porción sudeste del cordón de dunas, mientras que las cotas piezométricas más bajas se ubican en la porción noroeste.

Como se mencionó anteriormente, el área fue subdividida en tres sectores para analizar independientemente sus características piezométricas e hidráulicas (Figura 6): en la parte este del área de estudio (sector A), el agua subterránea sigue una dirección SO-NE, hacia el bajo del Salitral de la

Vidriera, el cual actúa naturalmente como área de descarga. El gradiente hidráulico tiene máximos de 3,2 ‰ y mínimos de 1,4 ‰, con el gradiente promedio ubicándose en 2 ‰.

Considerando un valor de conductividad hidráulica de 17 m/d y una porosidad eficaz de 20% (Bonorino, 1979) para los sedimentos arenosos, la velocidad efectiva del agua subterránea varía entre 0,27 y 0,12 m/d, con un promedio de 0,17 m/d. Estos parámetros solo corresponden al acuífero contenido en las arenas, ya que los sedimentos subyacentes al cordón de dunas poseen características hidráulicas diferentes.

A lo largo del trayecto que atraviesa la Ruta Nacional 22, entre localidades de Médanos, La Mascota y Argerich, se puede observar una inflexión en las curvas isopiezas. Su presencia podría asociarse a una profundización en los niveles vinculada al bombeo de agua subterránea mediante las numerosas obras de captación existentes en el sector, que aglomera casi la totalidad de los habitantes del área de estudio considerada. El mismo efecto se observa en la curva equipotencial de 25 m.s.n.m., al oeste de la Laguna Las Escobas, producto del campo de bombeo homónimo. En el campo de bombeo La Morocha no fue posible realizar mediciones de nivel, debido a que todos los pozos se encuentran tapados y cerrados, por lo que no se cuenta con información de la piezometría en detalle de esa porción del área de estudio en particular. La Laguna Las Escobas corresponde a una depresión local, la cual recibiría aguas del flujo proveniente de la llanura circundante. Los flujos subterráneos de carácter local que podrían intersectarla no se encuentran graficados en el mapa debido a la escala del mismo.

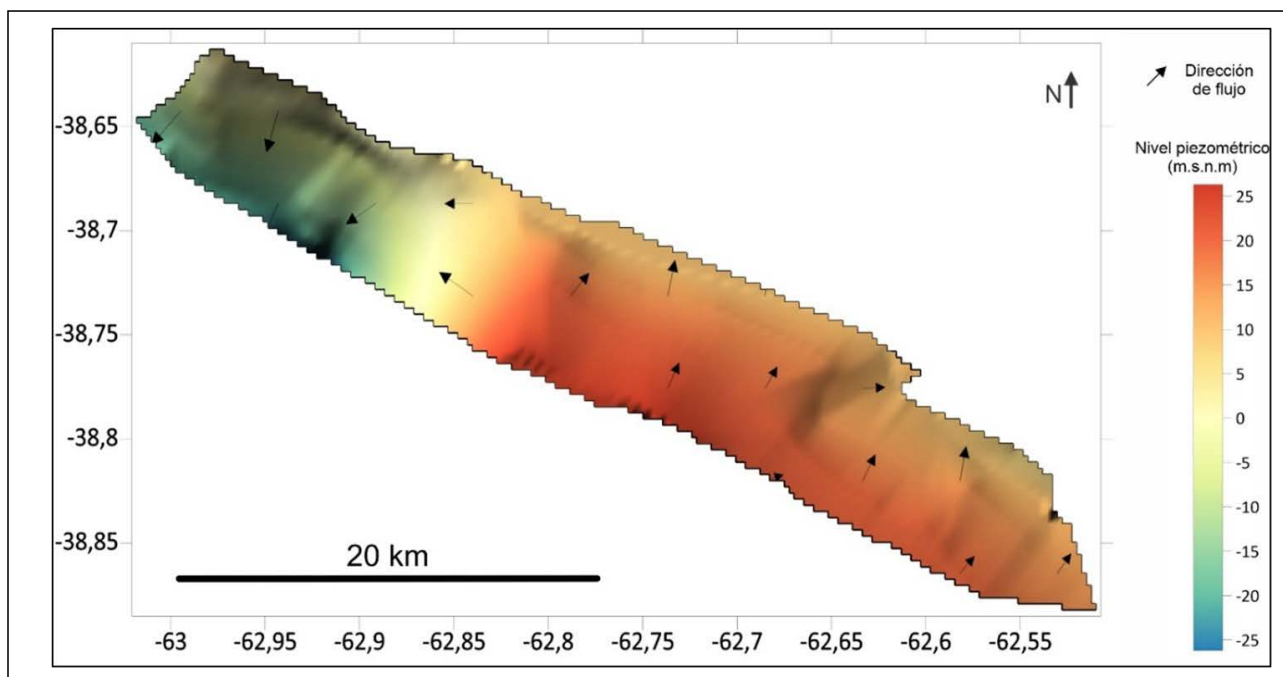


Figura 5. Superficie freática y líneas de flujo, generados mediante el software Surfer.

En la porción oeste de la zona de estudio (sector C), solo con población rural dispersa, el flujo sigue una dirección NE-SO, descargando parcialmente hacia las Salinas Chicas y Laguna Chasicó. El gradiente hidráulico es mayor que en el caso anterior (producto de un mayor desnivel topográfico), con máximos de 13 ‰ y mínimos de 2,8 ‰, con un valor promedio que se ubica en el orden de 3,5 ‰. Considerando los mismos parámetros utilizados con anterioridad, la velocidad efectiva del agua subterránea varía entre 1,1 y 0,24 m/d, con un promedio de 0,3 m/d.

El cambio en el sentido del flujo entre los dos sectores descriptos, se da aproximadamente en el centro de la cadena de médanos (indicado como sector B), posiblemente relacionado a las características topográficas allí presentes. La dirección general de flujo es ESE-ONO. El gradiente hidráulico se ubica entre 3,9 y 3 ‰, con un valor promedio de alrededor de 3,6 ‰. La velocidad efectiva del agua subterránea varía entre 0,33 y 0,26 m/d, con un promedio de 0,31 m/d.

Todos los valores calculados (sintetizados en la Tabla 1) se encuentran dentro del orden de magnitud lógico para el tipo de acuífero tratado.

Tabla 1. Valores de gradiente y velocidad del agua subterránea para los tres sectores considerados.

		Sector A	Sector B	Sector C
Gradiente hidráulico (‰)	Máximo	3,2	3,9	13
	Mínimo	1,5	3,0	2,8
	Promedio	2,0	3,6	3,5
Velocidad efectiva del agua subterránea (m/d)	Máximo	0,27	0,33	1,1
	Mínimo	0,12	0,26	0,24
	Promedio	0,17	0,31	0,3

En lo que respecta al espesor de la zona no saturada (ZNS), el mismo varía en general entre los 12 y los 2,5 m (Figura 7). Los mayores espesores se registran en el sudeste de la cadena de dunas, coincidente con las mayores cotas topográficas, y principalmente en los alrededores de la localidad de Médanos. Posiblemente, estén influenciados por las numerosas captaciones en el núcleo urbano que deprimen la capa freática.

El efecto producido por los campos de bombeo sobre el nivel freático se observa al analizar el mapa isopáquico de la ZNS, donde las isolíneas de 8 m son alteradas debido al bombeo existente en las cercanías de La Mascota y oeste de la Laguna Las Escobas. Como se mencionó anteriormente, en el campo de bombeo La Morocha no fue posible realizar mediciones de nivel, por lo que no se cuenta con información en detalle de la freatimetría de esa porción de zona.

Los menores espesores de la ZNS se ubican mayormente en el sector noroeste de la cadena. El área ocupada por cada intervalo de espesor de ZNS considerado en el mapa se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Área de la zona de estudio ocupada por cada intervalo de espesor de ZNS considerado en el mapa isopáquico.

Espesor de ZNS	Área ocupada (km²)	Porcentaje del total del área de estudio
< 4 m	220,48	50,41 %
	4-8 m	173,85
	8-12 m	43
>12 m	0,05	0,01 %
	Mínimo	0,12
	Promedio	0,17

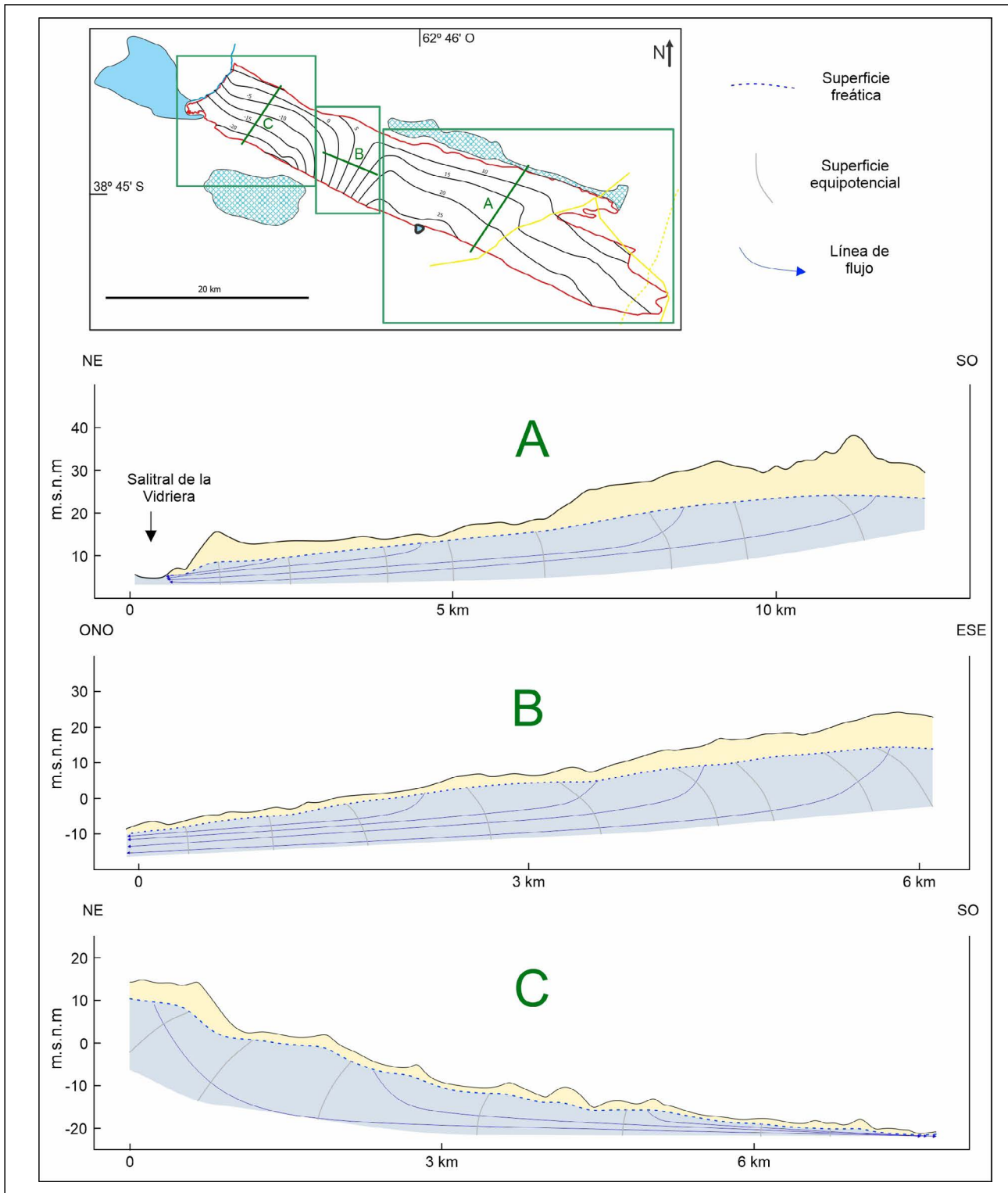


Figura 6. Sectores del área de estudio divididos de acuerdo a sus características piezométricas y cortes esquemáticos del acuífero psamítico de cada uno. La escala no permite apreciar los flujos locales de descarga interduna mencionados en el texto.

Como puede observarse, en la mayor parte del área de estudio (50,41 %), el espesor de la ZNS no llega a superar los 4 m, mientras que en la amplia mayoría de la misma (90 %) no llega a superar los 8 m.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que la dirección de flujo del agua subterránea en el área de estudio sigue a grandes rasgos la superficie del terreno.

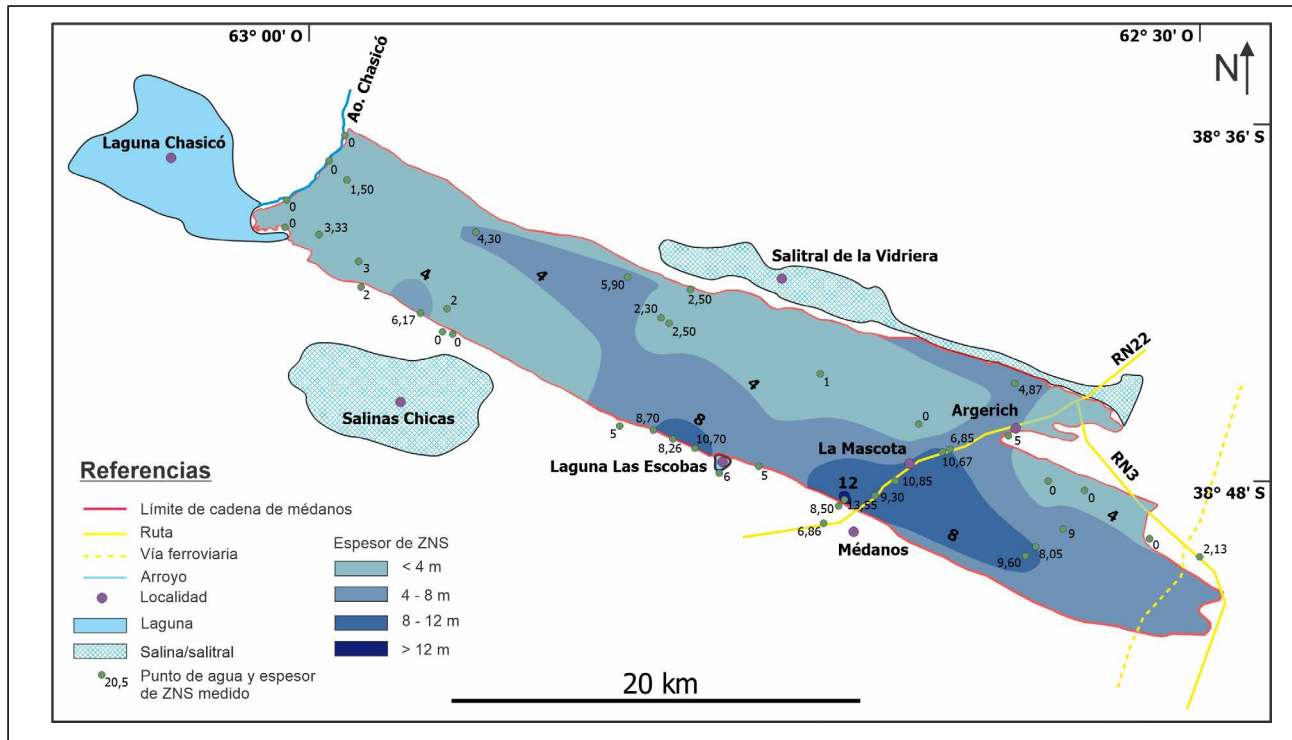


Figura 7. Mapa isopáquico de la zona no saturada del área de estudio.

El gradiente hidráulico promedio se encuentra en torno al 3 %, con un máximo de 13 % y un mínimo de 1,5 %. Los mayores valores corresponden a la porción oeste de la cadena medanosa, producto de una mayor topografía en dicho sector. La velocidad efectiva del agua subterránea tiene un promedio de 0,26 m/d, con un máximo de 1,1 m/d y un mínimo de 0,12 m/d.

Los bajos del Salitral de la Vidriera, Salinas Chicas y la Laguna Chasicó actúan como áreas de descarga del acuífero. Ciertas porciones del acuífero se ven afectadas por campos de bombeo de la prestataria del servicio de agua local, ubicados sobre la cadena de dunas.

Los mayores espesores de la ZNS se registran en el sudeste de la cadena, coincidente con las mayores cotas topográficas. En un 90% del área considerada, el mismo no supera los 8 m.

El conocimiento de la freaticimetría e hidrodinámica de un área es de gran importancia en cualquier estudio hidro-

geológico y permite obtener información fundamental para la comprensión del funcionamiento de un acuífero, necesaria para la gestión racional y sustentable del recurso hídrico.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Matías Rey; Metodología: Matías Rey y Andrés Gabriel Ruffo; Análisis de datos: Matías Rey y Andrés Gabriel Ruffo; Redacción - preparación del borrador original: Matías Rey; Redacción - revisión y edición: Matías Rey, Andrés Gabriel Ruffo, René Albouy y Juan Manuel Giorgi. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe algún conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albouy, R. (2005). Estudio hidrogeológico expeditivo en proximidades de la localidad de Argerich, provincia de Buenos Aires. *Informe FUNSA*, 7 pp. (Inédito).
- Andreis, R. (1965). Petrografía y paleocorrientes de la Formación Rio Negro. *Revista Museo de la Plata, Nueva Serie*, 5, 245-310.
- Auge, M. (2004). *Regiones hidrogeológicas. República Argentina y provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe*. Edición del autor.

- Bonorino, A.G. (1974). Contribución al conocimiento de las aguas subterráneas de la zona de Médanos, partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). *C.I.C. de la provincia de Buenos Aires. La Plata*. (Inédito).
- Bonorino, A.G. (1979). Estudio hidrogeológico para la provisión de agua subterránea en la zona de Médanos, partido de Villarino, provincia de Buenos Aires. *VI congreso Geológico Argentino. Actas* 443-465.
- Carrica, J.C., Lexow, C. y Bonorino, A.G. (2012). La recarga a través de cordones medanosos en zonas semiáridas. Estudio de caso: Médanos, Prov. de Buenos Aires, Argentina. *XI Congreso latinoamericano de Hidrogeología*. Cartagena de Indias, Colombia. Memorias en CD.
- Fidalgo, F. (1999). El Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. En: Caminos, R. (Ed): *Geología Argentina*, SEGEMAR, Anales 29: 700- 703, Buenos Aires.
- Fidalgo, F., Tonni, E., Porro, N. y Laza, J. (1987). Geología del área de la Laguna Chasicó (Partido de Villarino, Provincia de Buenos Aires) y aspectos bioestratigráficos relacionados. *Asociación Geológica Argentina. Revista* 42 (3-4), 407-416.
- Kruse, E. (2015). Uso del agua subterránea y desarrollo sustentable. *Núcleos*, 2 (8), 30-36.
- Lexow, C. y Bonorino, A.G. (2012). Estudio hidrogeológico de Médanos. *Informe FUNS para ABSA*. (Inédito).
- Pascual, R. (1961). Un Nuevo Cardiomyinae (Rodentia, Caviidae) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno inferior) de la provincia de Buenos Aires. *Ameghiniana* 2 (4), 57-71.
- Rossetto, H.L. (1953). *Contribución al conocimiento psamográfico de los médanos de la zona oriental del partido de Villarino, Pcia. de Buenos Aires*. Tesis doctoral (inédita). Museo de Ciencias Naturales de La Plata.
- Sánchez, R., Pezzola, N. y Cepeda, J. (1998). Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA E.E.A. Hilario Ascasubi, Partidos de Villarino y Patagones, provincia de Buenos Aires. *Boletín de divulgación* N° 18. INTA Hilario Ascasubi. 72 pp. (Inédito).
- Spaletti L. e Isla, F. (2003). Características y Evolución del Delta del Río Colorado (“Colú- Leuvú”) Prov. de Buenos Aires, República Argentina. *AAS (Asociación Argentina de Sedimentología). Revista*. 10 (1), 23-37.
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geologic. Rev.* (38), 55-94. <http://dx.doi.org/10.2307/210739>