



Contenido y distribución de elementos mayoritarios y trazas en aguas subterráneas someras de la Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina

Griselda Galindo¹, J.J. Marquez², C.M. Sainato², J.L. Fernández Turiel³ y F. Ruggieri³

¹Departamento de ciencias geológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – (UBA), Int Guiraldes 2160 - CP: 1428. CABA, Buenos Aires, Argentina.

²Catedra de Física. Facultad de Agronomía – (UBA). CABA, Buenos Aires, Argentina.

³Inst. Ciencia de la Tierra "Jaume Almera" – CSIC. Barcelona

Mail de contacto: grigace@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

Se evaluaron el contenido y distribución de elementos mayoritarios y trazas, de las aguas subterráneas, en la Pampa Arenosa, al oeste de la provincia de Buenos Aires, relacionándolas con las diferentes actividades. El paisaje fue modelado por el viento desarrollando dunas de dirección NNW. El agua subterránea fue muestreada en treinta pozos, se midió temperatura, pH, y la conductividad eléctrica in situ. Los elementos analizados: Ca, Mg, Na, K, Si, S, B, P, Fe y trazas: Al, As, Ba, Br, Cl, Cu, Li, Mn y Zn. La morfología y la hidrogeología de la zona de estudio influyen en la hidrodinámica e hidroquímica del agua, que demuestran variabilidad en su composición. Los iones de Na, Cl, SO₄, Fe, Mn, Ni y As presentan valores altos. El valor del Na, Cl y el As exceden el umbral fijado por la OMS.

Palabras clave: hidroquímica, llanura pampeana, elementos trazas.

ABSTRACT

The content and distribution of major and trace elements of groundwater were evaluated at the West of Buenos Aires Province, Pampa Arenosa, relating them with the different activities. The landscape was modeled by the wind developing dunes with NNW strike.

Groundwater was sampled at thirty wells, temperature, pH, and Electrical Conductivity were measured in situ. The elements analyzed: Ca, Mg, Na, K, Si, S, B, P, Fe and trace elements: Al, As, Ba, Br, Cl, Cu, Li, Mn, and Zn.

The morphology and hydrogeology of the study zone influence the hydrodynamics and hydrochemistry of water showing variability in its composition. Only the ions of Na, Cl, SO₄, Fe, Mn, Ni y As have high values. The value of Na Cl and As exceeds the threshold set by WHO.

Key words: hydrochemistry, Pampean plain, trace elements.

Introducción

La zona de estudio, se ubica dentro del marco geológico en la región de la llanura Chaco Pampeana de la provincia de Buenos Aires, específicamente en el área noroccidental, o Pampa Arenosa. El paisaje ha sido modelado por el viento, dunas aisladas en medialuna. Campos de arenas eólicas, y dunas bordeando bajos inundables. Los mayores conflictos son de tipo hidrológicos, se trata de una comarca de característica arreaica.

Tricart (1983) propone la denominación de unidades hidro-geomorfológicas, caracterizadas por los distintos aspectos de la dinámica del agua, tanto en superficie como debajo de ella, en los suelos y en los acuíferos.

El comportamiento hídrico señala el predominio de la transferencia vertical de agua (precipitación, evaporación e infiltración) sobre la transferencia horizontal. Desde 1970 al 2002, se ha detectado un incremento promedio que supera los 150 mm/año en la tasa anual de precipitaciones medias, estando cerca de los 900 a 950 mm/año (Kruse et al., 2005).

La situación hídrica tiene efectos directos sobre el sistema socioeconómico de la región, destacándose que los impactos naturales más notables son consecuentes con la alternancia de períodos con excesos de agua (inundaciones) y de períodos con déficit de agua (sequías).

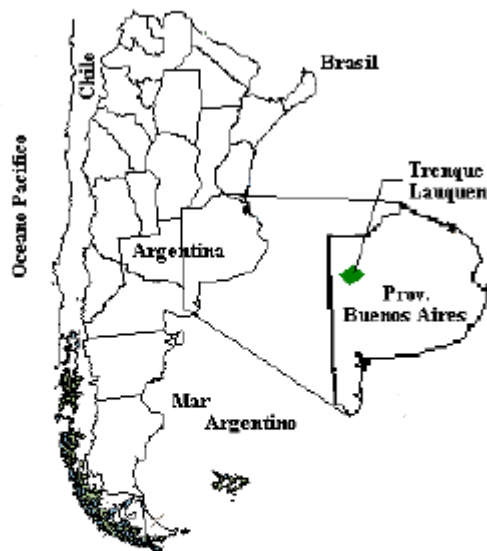


Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

Por otra parte, esta alternancia climática, incide directamente en la calidad de las aguas subterráneas, motivo por el cual se encaró este estudio, midiendo el contenido y distribución de los componentes químicos mayoritarios y trazas en las aguas someras en el Partido de Trenque Lauquen, correspondiente a la Hoja Nueva Castilla, escala 1:50.000, en una superficie del orden de los 6089,53 has, al sur oeste de la Pampa Arenosa. (Fig. 1).

Según Hurtado, et al., 2005, los suelos de la Pampa Arenosa, "muestran características muy especiales en cuanto a sus geoformas actuales. Resulta posible realizar subdivisiones dentro de la Pampa Arenosa. Cada una de estas delimitaciones, posee particularidades específicas que le otorgan un funcionamiento propio a las aguas y a la formación de suelos."

En el sector sur de la Pampa Arenosa, conocidos como médanos parabólicos, se originaron por los vientos, encadenándose "unos con otros, dando lugar a un paisaje muy particular que se manifiestan en algunos partidos, en el sector sur de Trenque Lauquen. Consecuentemente estas geoformas producen una captación de las precipitaciones en los sectores cóncavos de las medialunas, con muy pocas posibilidades de comunicarse con cubetas aledañas y ser evacuadas por la muy escasa pendiente de la región.

"La sumatoria de las depresiones alberga los excedentes hídricos regionales, cuya eliminación sólo es posible por evapotranspiración, dado que la percolación

hacia la profundidad está severamente limitada por la presencia de la capa freática, muy cercana a la superficie. Los médanos parabólicos son posteriores a los longitudinales, superponiéndose a ellas en la parte sur y complicando la circulación del agua en los sectores interdunarios" (Hurtado et al., 2005).

En sitios con relieve plano o tendido, aparecen suelos con escaso espesor del manto arenoso sobre el sedimento de baja permeabilidad. A este sedimento se lo conoce con el nombre de horizonte enterrado o thapto, ya que fue desarrollado en un clima distinto (paleoclima) que el actual. En estos suelos la capa freática suele estar cerca de la superficie, lo cual genera problemas de salinización y exceso de sodio intercambiable en los suelos. Es bien conocido en la zona la alta mineralización de las aguas subterráneas, y las secuelas que deja su ascenso capilar y posterior precipitación en superficie por efecto evaporativo del agua.

Los suelos en este sector de estudio, presentan una secuencia de horizontes A-AC-C con distinta profundidad del horizonte A que es mólico, estos suelos son clasificados como Hapludoles énticos, sin embargo en algunos sectores especialmente en los bajos los suelos se clasifican como Hapludoles típicos con una secuencia A-Bw-C. Para ambos casos ambos suelos son de textura franco arenosa y no presentan síntomas de hidromorfismo. (Heredia et al., 2009).

En trabajos previos de Heredia et al., 2009, el contenido de humedad actual del suelo sigue la misma tendencia que la porosidad del suelo, aumenta cuando aumenta el contenido de carbono oxidable, variando la misma entre 30 % en superficie a 7 % en profundidad.

"Dentro de los cationes intercambiables, el calcio es el ion dominante, estando el complejo saturado en iones alcalino terrosos y no en sodio. Bajo actividad de feedlot, aumentan los valores de Ca, Na y K, no así el de Mg. Los suelos a pesar del incremento de Na, no llegan a ser sódicos en ningún caso" (Heredia et al., 2009).

El aporte de estiércol que realizan los animales incrementa el nivel de carbono oxidable, pH, capacidad de intercambio catiónico, sales y cationes en la superficie del suelo, pero su efecto no es significativo en profundidad. El índice de atenuación de estos suelos es bajo. (Heredia et al., 2009).

Hidrogeología

Los médanos son buenos sectores de infiltración preferencial de las lluvias y en la sección superior de la unidad subyacente,

Pampeano, existen lentes de agua dulce que son las únicas fuentes de provisión de agua potable. La dificultad que presentan estos médanos en forma parabólica y la baja pendiente hace el escurrimiento superficial limitado por la baja inclinación topográfica.

El Postpampeano, incluye una serie de unidades geológicas de diferente extensión, origen y características, que se desarrollan a partir del Holoceno.

La unidad geológica que representa mayor continuidad areal es el Médano Invasor, formadas por arenas finas y limos arenosos de tonalidad castaña y origen eólico. Tiene escasa manifestación vertical, con el mayor espesor registrado hasta el presente en Salliqueló y Trenque Lauquen con 20 m, disminuyendo hacia el este, esta unidad es la de mayor interés hidrogeológico, pues a los médanos se asocian los lentes de agua dulce, única fuente de abastecimiento de las ciudades más importantes de la región. También le corresponde los limos-arcillosos del fondo de las depresiones, cubetas de deflación, especialmente de las lagunas permanentes.

La unidad medanosa ejerce un notorio control en el comportamiento hidrogeológico, tanto superficial como subterráneo. La elevada permeabilidad de los médanos favorece a la infiltración y por ende la recarga, lo que deriva en lentes de agua freática de baja salinidad, vinculadas a cuerpos medanosos, como en Mari Lauquen, y otras localidades. Estas lentes de agua dulce, que no sólo se emplazan en los médanos, sino también en la sección superior de la Fm subyacente, Pampeano.

El Pampeano subyace al Postpampeano. "Con características limos loessoides, alojando a un acuífero semilibre, con limos arcillosos a arcillas limosas en su base que sirven de techo acuitado a la siguiente unidad acuífera. En la mayor parte de la región se trata de la Fm Araucano, portadora de aguas salobres y de escaso rendimiento" (González, 2005).

El Pampeano presenta continuidad en toda el área de estudio, con variaciones de espesor poco significativas. Hidrogeológicamente el Pampeano actúa como acuífero de media productividad siendo, menos permeable que el Postpampeano arenoso. La intercalación de algunos niveles arcillosos de poco espesor, le otorgan un confinamiento parcial que se incrementa en profundidad. La salinidad, manifiesta una acentuada zonación lateral y vertical. La primera debido al flujo y a la variación litológica de los sedimentos portadores y la restante, por diferencia en la densidad del agua y por cambios litológicos. Por ello, la

sección superior es la de menor contenido salino, fundamentalmente cuando está cubierta por médanos, debido a la recarga proveniente de los mismos y en estos casos se lo aprovecha para consumo humano, en ciudades como 9 de Julio o Trenque Lauquen, es esta última junto con la unidad superior (Fm Junín).

La composición mineralógica del Pampeano, con algunos horizontes donde abunda el vidrio volcánico, particularmente asociados a sedimentos tobáceos, hace que el agua subterránea pueda presentar altos tenores de flúor y en algunos casos de arsénico.

El Araucano y Arenas Puelches, son dos unidades geológicas sincrónicas, pero de características sedimentológicas y comportamiento hidrogeológico diferentes. El Araucano se ubica en el subsuelo de la mayor parte del área estudiada. Está integrado por areniscas arcillosas, castaño claras, con cemento calcáreo y abundante yeso, con intercalaciones de arcillas de tonalidades rojizas. De origen lagunar, pertenece al Plioceno (Auge et al, 2004). Se ubica entre el Pampeano y la Fm Paraná, conformando, tanto su base como techo, superficies de discordancia erosiva.

Hidrogeológicamente se comporta como acuífero de baja productividad. El incremento salino en profundidad, su constitución arcillosa y la presencia de abundante yeso, hacen que el agua contenida en esta unidad tenga elevada salinidad, mayor a 5 g/l y sea del tipo sulfatada, esto limita su aprovechamiento a la provisión para el ganado (Auge, 2004).

Materiales Y Métodos

Se muestrearon 30 perforaciones del acuífero libre (10 a 20 m de profundidad), los datos fueron georeferenciados. Se midieron in situ temperatura, pH y conductividad. En laboratorio se determinaron los parámetros mayoritarios mediante espectrometría de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción (ICP-OES): Ca, Mg, Na, K, Si, B, P, y Fe mientras que los elementos trazas se analizaron con espectrometría de masas (ICP-MS) con fuente de plasma acoplado por inducción: Al, As, Ba, Br, Cl, Cu, Li, Mn, Zn. Considerando las características fisicoquímicas de las muestras, la concentración de Br, Cl y S se expresan como Br^- , Cl^- y SO_4^{2-} , respectivamente. El método empleado está descrito en Fernández-Turiel et al. (1995, 2000). La variabilidad de la composición hidroquímica de las aguas subterráneas se analizó con el diagrama de Piper. Se utilizó estadística descriptiva.

Las interacciones agua-suelo y dirección de las aguas subterráneas se determinaron por las relaciones hidrogeoquímicas, dado que la región es de características arreicas, con medanos que intervienen fuertemente en el comportamiento hidrogeológico, tanto superficial como subterráneo, y la presencia de lentes de agua dulce. Se eligieron las relaciones rCa/Mg , rCa/SO_4 y rNa/Cl , en función de la composición del agua subterránea y litología con las que tuvieron contacto. Se realizó un perfil hidroquímico de dirección SO-NE (A-A'), coincidente con la pendiente topográfica, con una longitud del orden de los 8744 m. (Fig. 2).

Para evaluar la posibilidad de uso de las aguas subterráneas para riego de los cultivos sin producir excesiva salinización o peligro de sodificación, se utilizaron las normas del U.S. Salinity Soil Laboratory of Riverside.

Para determinar la aptitud según contenido de microelementos para uso humano se utilizaron normas del Código Alimentario Argentino (CAA), 2007, Ley 24.051 de Residuos Peligrosos y WHO (World Health Organization), 2004.

Para el mapeo de la información hidroquímica, se realizó una base de datos georeferenciada con los resultados de los análisis medidos en campo y analizados en laboratorio, posteriormente mediante la implementación del software SURFER 8, el método de interpolación implementado fue Kriging, con el que realizaron diferentes mapas de isocontenido para los elementos representativos.

Resultados y discusión

La mayoría de las muestras definen una composición bicarbonatada sódica, le sigue el grupo de características cloruradas sódicas, otro clorurada cálcicas y finalmente un pequeño grupo se define como bicarbonatadas cálcicas. (Fig. 3).

El catión dominante es el sodio; el potasio no tiene trascendencia y el calcio domina sobre el magnesio. El origen del calcio se debe a las concreciones calcáreas, del sedimento eólico en forma de loess.

En cuanto a los aniones, domina el bicarbonato, seguido del cloruro, y finalmente el sulfato. Las aguas bicarbonatadas sódicas son perjudiciales para el riego ya que fijan el sodio en el terreno, creando un medio alcalino.

En la Tabla 1, se exponen los valores estadísticos de los parámetros analizados, con los límites permitidos para consumo humano. Siendo en la mayoría de los casos, la dureza, el

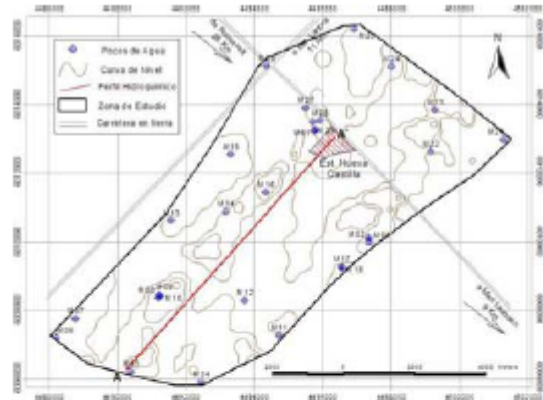


Fig. 2. Ubicación de las perforaciones muestreadas y ubicación del perfil hidroquímico A-A'

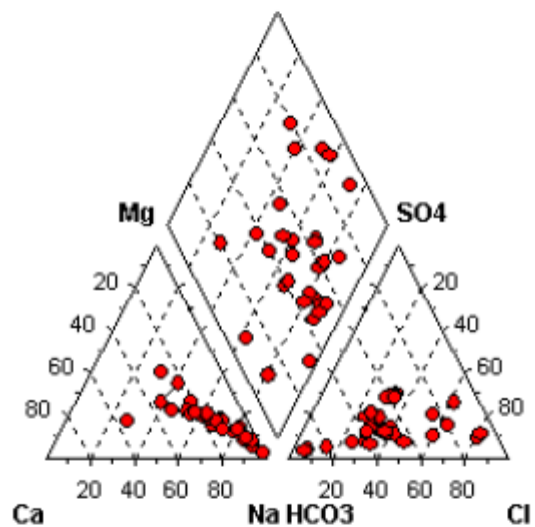


Fig. 3. Diagrama de Piper.

Na , Cl , SO_4 , Fe , Mn , Ni y As los que superan el límite permitido.

El pH varía de entre 7 a 8. La CE presenta una máxima de $6,80 \mu S/cm$ y una mediana de $2,40 \mu S/cm$, convirtiéndolas en aguas de tipo salobres. Los valores de dureza indican aptitud para el consumo humano, sin embargo hay que tener en cuenta que valores superiores a $380 mg/l$ las convierte en perjudiciales para los equipos de lavado de ordeños y para otros usos, debido a la incrustaciones que provocan. Siendo el 63 % de las muestras que superan este valor.

Al graficar los valores para ver la relación de adsorción de sodio (RAS), lo cual genera problemas de salinización y exceso de sodio

intercambiable en los suelos, los valores obtenidos indican un mayor problema debido a la salinización de las aguas más que al sodio. Variando de C_2S_1 a C_4S_4 .

Esta característica está asociada a procesos naturales de sodificación, por el intercambio iónico de Na-Ca, siendo la evapotranspiración responsable de la salinización. Los procesos de intercambio Na-Ca fijan el calcio del yeso natural, y de los nódulos de tosca, del acuífero Pampeano, en la fracción arcillosa y transfieren al agua el sodio previamente fijado en las arcillas, así como el sulfato del yeso. Por otra parte, estos procesos de salinización incrementan las concentraciones en el agua del Mg, Cl y elementos trazas tales como Br, Li y, en menor medida del B.

La SiO_2 presenta una mediana del orden de los 27,09 mg/l, son valores típicos de la llanura pampeana (Galindo et al, 2006), asociadas a aguas bicarbonatadas sódicas.

El 63,33 % de los pozos supera el contenido de Cl. Considerando además los altos valores de Br, cuya mediana es del orden de los 1356 $\mu g/l$. Por otra parte el Boro es otro elemento a tener en cuenta referido a la aptitud para consumo humano (500 $\mu g/l$), como para la agricultura, que son perjudiciales, el valor máximo hallado es del orden de los 5128 $\mu g/l$ y su mediana es de 940 $\mu g/l$.

Los SO_4 están en exceso en el 33 % de las muestras, superando el límite permitido (400 mg/l del CAA).

Tabla 1. Parámetros utilizados en el análisis de las aguas subterráneas

Parámetro	Unidad	WHO	CAA	Min.	Máx.	Mediana	DS
Temp	°C			0,00	24,0	18,5	6,1
pH		6,5- 8,5	6,5- 8,5	7,00	8,0	7,5	0,5
Cond	$\mu S/cm$			0,00	6,0	2,4	2,1
Dureza	mg/l		400	66,80	1529,0	515,5	378,3
RAS				1,95	48,8	13,9	12,0
Ca	mg/l			6,05	238,5	82,7	65,7
Mg	mg/l			12,58	227,3	66,3	58,0
Na	mg/l	200		95,94	1961,7	604,7	612,6
K	mg/l			7,70	67,0	20,6	14,7
Si	mg/l			21,68	30,8	27,1	2,4
Cl	mg/l	250	350	15,45	1278,5	527,0	407,7
SO_4	mg/l	250	400	14,32	1527,0	200,2	453,7
HCO_3calc	mg/l			191,25	2969,2	768,2	895,4
NO_3	mg/l		45	0,00	332,0	61,5	96,9
Li	$\mu g/l$			16,36	63,7	38,2	14,4
B	$\mu g/l$	500	500	94,70	5128,9	940,0	1194,2
Al	$\mu g/l$	200	200	5,57	1041,3	71,1	258,5
P	$\mu g/l$			14,97	2427,7	70,1	466,4
Fe	$\mu g/l$	300	300	46,67	876,1	216,8	218,4
Mn	$\mu g/l$	500	100	1,67	4749,7	5,6	865,2
Ni	$\mu g/l$	20	20	0,67	36,9	2,3	6,8
Cu	$\mu g/l$	2000	1000	4,32	385,4	9,5	68,5
Zn	$\mu g/l$	5000	5000	9,89	2453,8	32,4	449,0
As	$\mu g/l$	10	10	4,34	260,3	12,1	61,2
Br	$\mu g/l$			141,1	5438,5	1356,0	1702,2

La influencia antrópica esta vinculada en la mayoría de los casos a situaciones puntuales, como el de los NO_3 , el 60 % de los pozos contiene nitratos, estas concentraciones están asociados a las actividades antrópicas de características ganaderas y asentamiento humano.

El Fe supera en el 30 % de las muestras el límite admisible para consumo humano, la WHO recomienda niveles de $<0,3$ mg/l. Proveniente de la composición del suelo, al igual que el Mn.

Se analizaron los valores de Zn, Ni y Cu, como micronutrientes, de importancia para la nutrición animal. Los valores de Zn y Cu están dentro de los valores normales. Se explica su presencia en las aguas subterráneas debido a que el sedimento loésico está integrado por

anfíboles y piroxenos entre otros minerales. El Ni sólo excede en una muestra, posiblemente influenciadas por factores ambientales, como el pH 8 y presencia de materia orgánica. Los valores máximos encontrados de Ni se ubican en el sector SE del área de estudio, entre 36,9 y 15,1 $\mu\text{g/l}$, siendo la mediana de 2,8 $\mu\text{g/l}$.

Los valores de sodio exceden el 80 % de las muestras, con una mediana de 604,76 mg/l. Concentraciones elevadas en sodio son perjudiciales a las plantas al reducir la permeabilidad del suelo; son especialmente nocivas si las concentraciones de Ca y Mg son bajas.

Dada las características del fósforo, se mantiene fuertemente en la mayoría de los suelos y no se filtra fácilmente, los valores hallados presentan mínimos de 14 $\mu\text{g/l}$, máximos de 2427,27 $\mu\text{g/l}$ este valor corresponde a la muestra m1, donde existe un feedlot con más de 7 años de actividad, sobre suelos arenosos, y en algunos casos con niveles freáticos pocos profundos.

El 57 % de los pozos pasan el nivel guía admisible en As, mostrando una correlación negativa con la sílice, en los mapas de isocontentidos, estas características son típicas de la llanura pampeana. (Galindo et al. 1999). El origen del arsénico es natural y está relacionado con el vulcanismo de la cordillera de los Andes, siendo el mecanismo dominante el hídrico.

También incide en la calidad del agua subterránea el contenido de Br, con valores de 1356 $\mu\text{g/l}$ a 5438 $\mu\text{g/l}$, aumentando los valores de salinidad.

La relación rCa/Mg va aumentando en dirección noreste, o sea que las aguas se van enriqueciendo en Ca, hasta 5,6 en las zonas más bajas topográficamente. En la relación rCa/SO₄, se encuentran mas elevadas en los sectores de mayor topografía, evidenciando restos de material yesífero donde el agua toma contacto con el mismo. En la relación rNa/Cl también se observa el aumento en dirección noreste de la zona de estudio, que en muy pocos casos sobre pasa a 1 (Figs.3 y 4).

La presencia de loess de las dunas eólicas constituidas por sílice, carbonato de calcio y las arcillas de los sedimentos subyacentes, le imprimen al agua las características bicarbonatadas sódicas y en menor proporción bicarbonatadas cálcicas.

Como resultado, fijan el calcio del yeso natural existente (además del calcio natural procedente de los nódulos y costras calcáreas –tosca- del acuífero Pampeano) en la fracción arcillosa (esmeclita y en menor medida illita) y

transfieren al agua el sodio previamente fijado en las arcillas, así como el sulfato del yeso natural.

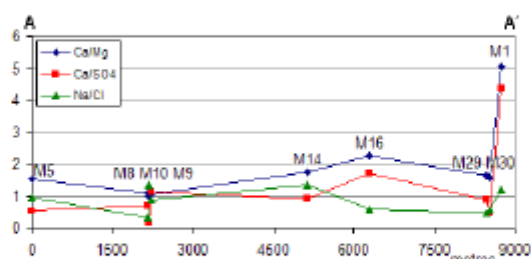


Fig. 4 Perfil hidroquímico

En base a los resultados químicos de las aguas subterráneas se realizaron 16 mapas de isocontentidos, se observó que había elementos que tenían una distribución y concentración espacial similares, que permitieron diferenciarlos en 3 grupos.

Esta distribución, en la mayoría de los casos está condicionada a la alternancia climática, generalmente incidiendo en las sales presentes.

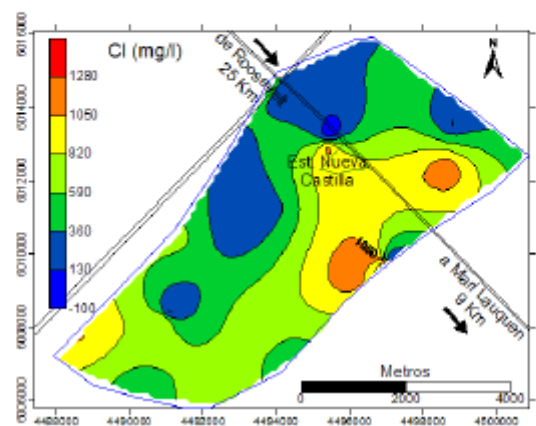


Fig. 5. Distribución de Cloruros - Grupo 1.

Conclusiones

La calidad del agua subterránea es el reflejo de la litología por la que atraviesa y la contiene, a esto hay que sumarle el factor climático, donde tiene mayor incidencia la evapotranspiración en aquellos lugares donde los niveles de agua subterránea se encuentran muy próximos a la superficie. Las fluctuaciones están relacionadas con las lluvias, sumado a ello que la zona no saturada es de poco espesor, el índice de atenuación de estos suelos es bajo y la recarga de los acuíferos es de forma directa, los contaminantes ya sea de tipo antrópicos o naturales tienen un efecto directo sobre las aguas subterráneas, esto

sugiere una especial atención por parte de los gestores o responsables del recurso.

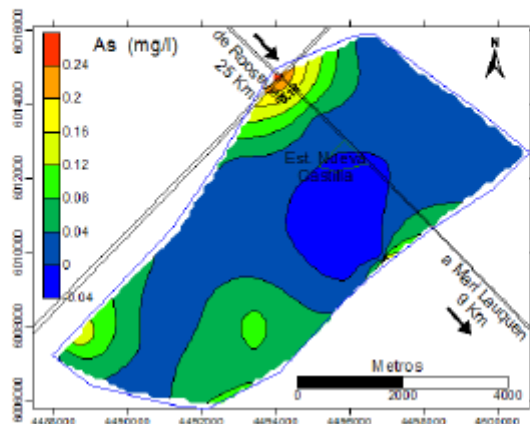


Fig. 6. Distribución de Arsénico – Grupo 2.

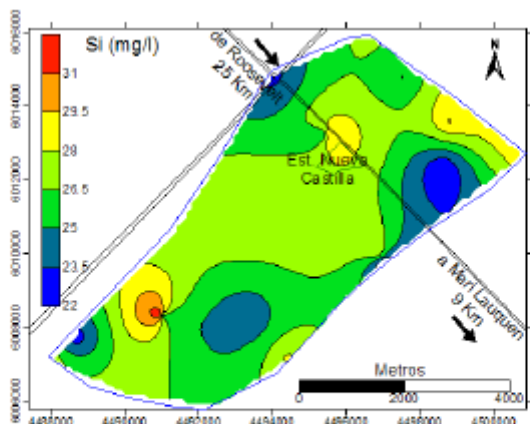


Fig. 7. Distribución de Sílice – Grupo 3.

El grupo 1: Dureza, Na, Mg, Ca, K, Cl, HCO₃, SO₄, Mn, P y Ni (figura 5). El Grupo 2 constituido por As, RAS, pH y NO₃ (Fig. 6) y finalmente el grupo 3: constituido por Si, Zn, Fe y Cu (Fig. 7). Por cuestiones de espacio en el texto sólo mostramos un mapa por cada grupo.

Por lo que se aconseja tomar como uno de los indicadores del sistema hídrico, las fluctuaciones de estos niveles freáticos, a través del tiempo.

Otros factores a tenerse en cuenta, que contribuye a la calidad del agua subterránea, están relacionados con procesos naturales de sodificación por intercambio iónico Na-Ca y salinización.

La incidencia del suelo en las aguas subterráneas se evidencia a nivel puntual más que local o regional, observando siempre las actividades que se realizaron sobre el mismo, ya sea de agricultura o feedlot.

Los suelos no funcionan como un buen amortiguador de los contaminantes, por lo que se recomienda precaución en el manejo tanto de efluentes como fluidos con exposición directa al suelo.

Estos indicadores serán de gran utilidad tanto a los productores para sus tareas de planificación y operatividad, como para la evaluación y planificación de obras hidráulicas.

Se debe preservar la aptitud del recurso que es sumamente frágil, y por ende fácilmente degradable si se emplean prácticas de explotación que no contemplen el necesario equilibrio entre los ingresos mediante la recarga de lluvia y los egresos debido a la explotación.

Referencias

- Auge, M. 2004. Hidrogeología ambiental. *SEGEMAR. Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento Territorial # 5: 1-131*. ISSN 0328-9052. Buenos Aires.
- Auge, M.; Menéndez Escobar, R. Y Nagy, M.I. 1988. Hidrogeología del partido de Saliqueló, Prov. De Buenos Aires, Argentina. *Rev. Asoc. Bras. Aguas Subterráneas (ABAS)*. Vol 12: 75-90- Sao Paulo.
- Decreto reglamentario 831/93 de Ley 24.051. *Residuos Peligrosos – Boletín oficial*. Lunes 3 de mayo de 1993:15-17 Argentina.
- Fernandez-Turiel, J.L. Llorens, J.F. Carnicero, M. y Valero, F. 2000. Application of ICP-MS to outlet water control in the Llobregat and Ter drinking water treatment plants, *Química Analítica*, 19 (1) 217-224.
- Fernandez-Turiel, J.L. López, A.; Llorens, J.F.; Querol, X., Aceñolaza, P., Durand, F., López, J.P., Medina, M.E., Rossi, J.N., Toselli, A.J. y Saavedra, J. 1995. Environmental monitoring using surface water, riversediments, and vegetation: a case study in the Famatina Range, La Rioja, NW Argentina, *Environment International* 21 (1) 807-820.
- Galindo, G., Giraut, M.A., Fernández Turiel, J.L., Medina, V. y Gimeno D. 2006. Valores de arsénico en aguas en dos cuencas de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina. *IVº Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental. (IV CIFYQA)*. Sesión II - Agua y Ambiente. T1, pp 307-316. Cáceres - España.
- Galindo, G. Herrero, M.A. Flores, M. y Fernández Turiel, J.L. 1999. Correlación de metales trazas en aguas subterráneas someras en la cuenca del río Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Serie de Correlación Geológica N° 13*. Hidrología Subterránea. ISSN: 1514-4186.

- pp. 251-261. Editor: Alfredo Tineo. S.M. de Tucumán.
- González, N., 2005. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. R.E. de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit): *Geología de Recursos minerales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Cong. Geol. Arg.* La Plata.
- Heredia O. S., Mengoni H., Márquez J.J., Sainato C. 2009. Caracterización de suelos bajo feedlot y su evaluación para la protección de agua subterránea. En *Avances en Ingeniería Rural 2007-2009*. Ed. N. Di Leo, S. Montico, G. Nardón, ISBN 978-950-673-752-8. Pag 552-557.
- Hurtado, M.A.; Moscatelli, G.N. y Godagnone, R.E. 2005. Los suelos de la provincia de Buenos Aires. En: *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*. Editores: R.E de Barrios, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías. La Plata. Capítulo XII: 201-218.
- Kruse, E., Forte Lay, J.A. y Aiello, J.L. 2005. Water table fluctuations: An indicator of hydrologic behavior in the Northwest region of Buenos Aires Province (Argentina). *7 IAHS Scientific Assembly*. Foz de Iguazú, Brasil.
- MSA-ANMAT (Ministerio de Salud y Ambiente – Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica), 2007. Código Alimentario Argentino-Capítulo XII – Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada - Agua Potable - Artículo 982 - (Res Msys N° 494 Del 7.07.94). <http://www.anmat.gov.ar/principal.html>.
- Tricart, 1983. Reflexiones a los trabajos presentados al Coloquio referente a la Pampa Depresiva. *Actas del Coloquio de Olavarría de Hidrología de las grandes llanuras*. Vol. II, pp. 1191-1193. Buenos Aires, Argentina.
- United States Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil and Water Conservation Branch, Agricultural Research Service, *U.S. Dpt. Agriculture, Washington, D.C., Handbook 60*. 160 pp.
- WHO (World Health Organization). 2004. *Guidelines for drinking-water quality*. Volume 1, Recommendations. Geneva. 3rd edition. 515 pp.