

COMPARACIÓN HIDROQUÍMICA EN DIFERENTES AMBIENTES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

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

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

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

³Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera – CSIC. Barcelona, España
Mail de contacto: grigace@gl.fcen.uba.ar

Resumen

Se realizó un estudio comparativo de las aguas subterráneas someras, en tres ambientes hidrogeológicos, la región noreste en la pampa ondulada, en la pampa deprimida de la región del Salado-Villamanca y en la pampa arenosa, al noroeste en las inmediaciones de Trenque Lauquen. Dada las características hidrogeológicas distintivas en cada uno de estos ambientes, se investiga reforzar estas diferencias basadas en el conocimiento hidroquímico. Los tres casos se analizan en zonas rurales, donde el abastecimiento de agua es mediante agua subterránea tanto para el consumo humano como para las actividades agropecuarias que allí se desarrollan. Se relacionó la hidroquímica del agua con la litología del subsuelo, geología, morfología y mineralogía para integrar la información y poder comprender el marco geológico e hidrogeológico en el que se manifiestan estos valores. Se compararon los datos de las 3 regiones, de pH, conductividad, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Si , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Al , As , B , Br , Cu , Fe , Li , Ni , Mn , P y Zn . Los mayores valores son los siguientes, en la Pampa Deprimida: pH, Cond, Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , As , Br , Fe , Ni , Mg^{2+} , Li , Al y P ; en Trenque Lauquen: Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , NO_3^- , y B ; y en la Pampa Ondulada: Si y Zn . Las características hidroquímicas diferenciadas en cada uno de estos ambientes están influenciadas por el tiempo de residencia y por las condiciones geomorfológicas locales, las que se vincularon a elevado pH, Na^+ y CO_3H^- dominantes.

Palabras claves: llanura pampeana, elementos trazas, hidroquímica

Abstract

A comparative study of shallow groundwater was carried out in three hydrogeological environments, the northeastern region of "Pampa Ondulada" (Rolling Pampa), the "Pampa Deprimida" at the Salado-Villamanca region and the Northwestern region (near Trenque Lauquen city) into the "Pampa Arenosa". The three cases are analyzed in rural zones where water provision is through groundwater for both human consumption and agricultural activities that are developing there. The hydrochemistry of groundwater was related to subsoil lithology, geology, morphology and mineralogy to integrate the information and to understand the geological and hydrogeological framework where these values are manifested. Data from the three regions were compared: pH, conductivity, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Si , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Al , As , B , Br , Cu , Fe , Li , Ni , Mn , P and Zn . At the Pampa Deprimida the greatest values were the following: pH, Cond, Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , As , Br , Fe , Ni , Mg^{2+} , Li , Al and P ; at Trenque Lauquen: Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , NO_3^- , and B ; at the Pampa Ondulada: Si and Zn . The conclusion is that the hydrochemical characteristics of the three case studies are differentiated mainly by time of residence of water in the aquifer and local geomorphological characteristics.

Keywords: pampean plain, trace elements, hydrochemistry

INTRODUCCIÓN

Se realizó un estudio comparativo de las aguas subterráneas someras, en tres ambientes hidrogeológicos diferentes de la provincia de Buenos Aires, la región noreste en la Pampa Ondulada en la cuenca del Río Arrecifes-Pergamino; en la Pampa Deprimida de la región del Salado-Villamanca, y la del noroeste en la Pampa Arenosa, en las inmediaciones de Trenque Lauquen (Figura N° 1).

Las características hidroquímicas diferenciadas en cada uno de estos ambientes están influenciadas por el tiempo de residencia y por las condiciones geomorfológicas locales, las que se vincularon debido al elevado pH, Na^+ y CO_3H^- , elementos dominantes.

En los tres ambientes analizados, corresponden a zonas rurales, donde el abastecimiento de agua es mediante agua subterránea tanto para el consumo humano como para las actividades agropecuarias que allí se desarrollan.

La aptitud del agua reviste una gran importancia debido a que en los últimos años se están normalizando y exigiendo determinados niveles de los parámetros químicos en la calidad de los productos derivados de las actividades agropecuarias, apoyando las iniciativas rurales, que son relevantes y con fuertes ingresos para la Argentina.



Figura N° 1. Mapa de ubicación indicando los tres ambientes hidrogeológicos de la provincia de Buenos Aires.

Además de aportar a la gestión del agua para una mejor calidad de vida, que en los últimos años han cambiado dada la expansión de fronteras agropecuarias, y por lo tanto familias de pequeños productores y de trabajadores transitorios agropecuarios.

Asimismo, es aportar con el conocimiento de base del recurso para que pueda fortalecer las acciones que promuevan el manejo sustentable de los recursos tanto en el ámbito interprovincial como local.

En la región pampeana no se producen bruscas variaciones espaciales de los caracteres climáticos medios, debido a su situación geográfica y su configuración fisiográfica.

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). En la región las precipitaciones medias anuales decrecen de noreste a sudeste, desde los 1000 mm/año hasta los 600 mm/año, las temperaturas medias anuales disminuyen de norte a sur, de 19°C a 15°C respectivamente, según Kruse, et al. 2005.

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.

Según Hurtado, et al., 2005, los suelos en la Pampa Arenosa, conocidos como médanos parabólicos, se originaron por los vientos, 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. “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”.

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.

“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 feed lot, aumentan los valores de Ca²⁺, Na⁺ y K⁺, no así el de Mg²⁺. Los suelos a pesar del incremento de Na⁺, no llegan a ser sódicos en ningún caso”. Heredia et al., 2009.

En cuanto a la historia geomorfológica del paisaje bonaerense, Zárate y Rabassa (2005) opinan que a pesar de su aparente monotonía, sintetiza en sus formas una historia geológica compleja. La evolución del paisaje se interpreta en un marco geotectónico continental con el propósito de evaluar los factores de control intervinientes, utilizando atributos geomorfológicos, particularmente las características del drenaje, también fisiográficos geológicos (en especial la litología), paisajísticos y hasta los ambientales que consideran la cubierta vegetal. La tectónica Andina ha tenido un papel significativo como áreas de aportes de sedimentos, así como áreas generatrices de los caudales de los ríos.

En este sentido, la pampa bonaerense se comporta como un receptáculo de sedimentos procedentes del oeste y funciona en esta escala como un ambiente de piedemonte distal aunque en un contexto diferente.

En el norte de Buenos Aires, han ejercido influencias también la dinámica de la cuenca del Paraná y las sierras Pampeanas como áreas de aporte secundario de sedimentos durante el último ciclo de glaciación pleistocena. Durante el Intervalo Plioceno Tardío –Pleistoceno Tardío, la sección basal del intervalo no está expuesta; comprende los depósitos arenosos de la Fm. Puelches, extendida ampliamente en el subsuelo, entre los 20 y 40 m de profundidad con espesores medios de 26 m y un máximo citado de 72 m. Suprayace a las “Arcillas Verdes” miocenas del mar paranense. Se asigna origen fluvial, depositadas por un sistema de canales de orientación NNE-SSO cuya fuente original de materiales fueron sedimentitas originadas por destrucción del Basamento Cristalino. Por encima, continúan los depósitos agrupados en la Fm. Pampeano, Fernández Turiel et al. 2005.

Los estudios composicionales señalan un aporte más complejo en el noreste provincial en relación con el sur, con materiales procedentes, además de los Andes, de Sierras Pampeanas, macizo Brasileiro y quizás Uruguay. En estos depósitos eólicos se reinicia el registro estratigráfico en el sur bonaerense.

Estas tres regiones hidrogeológicas, presentan sedimentología de orígenes diferentes en cuanto a su génesis, espesor, dimensiones y componentes litológicos.

La cuenca de Pergamino-Arrecifes corresponde a la denominada cuenca o subcuenca de Rosario. El espesor sedimentario es reconocido en 1.500 m. Se ubica en la subregión de Pampa Ondulada. El río Pergamino nace a los 80 m s.n.m., en los bañados del Juncal y tiene una dirección de escurrimiento hacia el sudeste donde recibe el aporte de las aguas de pequeños arroyos antes de unirse al río Arrecifes. Los suelos de la zona de

estudio corresponden principalmente a Argiudoles típicos, de suelos alcalino-sódicos (INTA, 1972).

En el área de influencia de bañados y arroyos son Natracuoles típicos. Estos suelos están formados a partir de sedimentos loésicos espesos, cuya granulometría decrece desde SW a NW (de franco a franco-arcillo-limosos). El relieve es ondulado y con drenaje definido, no ofreciendo problemas de desagüe. Dada la escasa pendiente son susceptibles a la erosión hídrica. El uso de la tierra es principalmente agrícola y en menor proporción ganadera. Galindo et al. 2006.

La cuenca inferior del Salado corresponde a una gran cuenca tectónica, con un relleno estimado por sísmica en el sector central del orden de los 7.000 m de sedimentos mesozoicos y cenozoicos. La cuenca ha evolucionado desde el punto de vista geomorfológico, como "Pampa Deprimida" (Hurtado et al., 2005). Se trata de una llanura sumamente plana, caracterizada por tener una muy exigua pendiente y agudos problemas de escurrimientos superficiales. Los materiales originarios de los suelos fueron en su mayor parte depositados por el viento y posteriormente sufrieron sucesivos retrabajamientos por parte de las aguas, que los redistribuyeron en forma de derrames de muy extensa magnitud.

Se caracteriza por poseer pH fuertemente alcalino. Otra de las características de esta región es la presencia de sales de sodio en porcentajes perjudiciales para la estructura del suelo, incidiendo en el desarrollo radicular y la infiltración de las aguas. La casi totalidad de los suelos son sódicos, Natracualfes y Natracuoles típicos. El agua superficial escurre de manera mantiforme, produciendo anegamientos muy frecuentes y depositando en ocasiones capas limo-arcillosas portadoras de sales. Las limitaciones están determinadas por la anegabilidad, alcalinidad, salinidad, baja permeabilidad, influencia de la capa freática y escasa profundidad. Presenta condiciones desfavorables en los horizontes superficiales debidos a su delgado espesor y pobreza de nutrientes minerales y orgánicos. Estas condiciones determinan que sea ampliamente dominante la aptitud ganadera.

En la Pampa Arenosa, en Nueva Castilla, 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 a 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, constituyen la única fuente segura para la provisión de agua potable a la mayoría de las localidades, Galindo et al. 2010.

Se conoce que 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 arsénico y flúor.

La recarga en la región pampeana es de origen meteórico, directa y areal, ingresa a la freática que se encuentra en los primeros metros, la descarga de los acuíferos más profundos es hacia la capa freática, donde posteriormente pasa a formar parte del caudal básico de los ríos.

La dirección de flujo en la Pampa Arenosa es centrípeta, dando el carácter de cuenca endorreica; en la Pampa Ondulada la dirección de flujo local es hacia el río Pergamino y regionalmente es hacia el río Paraná; en la cuenca del río Saldo es localmente hacia la cuenca del río y regionalmente hacia el río de La Plata, en todas se manifiesta el carácter efluente de los ríos. Los gradientes son muy bajos, y los valores de permeabilidad estimados, son bajos, alcanzando unos pocos metros por día. Como es el caso en la región de la cuenca del Salado, la circulación del agua subterránea sucede a muy baja velocidad, con gradientes del orden de cm/km (González, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Con datos hidroquímicos preexistentes de cada uno de los ambientes hidrogeológicos caracterizados en la provincia de Buenos Aires, se trabajó con los referentes más importantes de la misma para analizar la incidencia de la geomorfología y la litología y mineralogía del subsuelo, para integrar la información y poder comprender el marco hidrogeológico en el que se manifiestan estos valores.

Los datos que se compararon de las 3 regiones, son 22 parámetros químicos: pH, conductividad, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Si, HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Al, As, B, Br, Cu, Fe, Li, Ni, Mn, P y Zn.

Se integró la información de las tres regiones en el Diagrama de Chadha, 1999, para definir las características hidroquímicas y procesos vinculados entre ellas.

Con la información estadística preexistente de cada una de las regiones se elaboró la Tabla N° 1.

Los parámetros químicos fueron analizados para la aptitud del agua para consumo humano de acuerdo al Código Alimentario Argentino, 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes regiones, se observa que las mejores aguas para consumo humano son las de Arrecifes en la Pampa Ondulada, donde sólo se exceden, según el Código Alimentario Argentino, levemente en Na^+ , en As con 51 $\mu\text{g/L}$ (límite 10 $\mu\text{g/L}$), y B con 733 $\mu\text{g/L}$, siendo el máximo permitido de 500 $\mu\text{g/L}$. En cuanto al tipo de agua es de características bicarbonatadas sódicas con un bajo porcentaje

que evolucionan a clorurada, y el intercambio de base es muy bajo. Sin peligrosidad de sodificación, ni salinización.

En la Pampa Deprimida, cuenca del río Salado los valores que exceden los niveles guías son: Na⁺, Cl, SO₄, As, B, Fe y Mn. Se caracterizan por ser de tipo bicarbonatadas sódicas la mayoría de las muestras, luego siguen las que son sin anión dominante evidenciando una mezcla de aguas y finalmente las que son de tipo cloruradas sódicas, con intercambio de base mayor a las anteriores.

En la Pampa Arenosa, Trenque Lauquen, se observan una distribución mayor de los iones y mezclas de aniones y cationes; en primer lugar se encuentran tres tipos bien diferenciados: a) las cloruradas sódicas, b) cloruradas cálcica y c) bicarbonatadas sódicas, (Figura 2, Diagrama de Chadha), presentando un mayor intercambio de base que las otras dos regiones.

En cuanto a los parámetros químicos, se observan que los valores que exceden son: Na⁺, Cl, SO₄, Fe y B.

Parámetros	Unid.	CAA	Salado	Arrecife	Trenque Lauquen
pH		6,5-8,5	7,95	6,76	7,5
Cond	mS/cm		4110	1047,7	2400
Ca ²⁺	mg/l		64,28	20,55	82,74
Mg ²⁺	mg/l		54,24	12,15	66,32
Na⁺	mg/l	200	802,37	293,15	604,76
K ⁺	mg/l		34,46	17,33	20,6
Si	mg/l		18,14	28,6	27,09
HCO ₃ ⁻	mg/l		668,02	691,66	768,19
Cl	mg/l	250	782,39	68,59	527,03
SO₄	mg/l	200	545,21	93,61	200,22
NO ₃	mg/l	45	35,28	43,9	61,5
Al	ppb	200	74,48	147,41	71,07
As	ppb	50	101	51,17	12,12
B	ppb	500	817,68	733,43	940,02
Br	ppb		1255	170,24	1356,02
Cu	ppb	1000	20	5,68	9,46
Fe	ppb	100	552	66,9	216,81
Li	ppb		50	44,24	38,21
Ni	ppb	20	6	1,09	2,28
Mn	ppb	50	251	18,22	5,61
P	ppb		215	142,36	70,09
Zn	ppb	5000	103	99,49	32,35

Tabla No.1. Muestra los valores de referencia del Código Alimentario Argentino, 2007 y los valores medios en cada una de las regiones en estudio. Los valores resaltados en negritas son los que exceden los niveles guías del CAA.

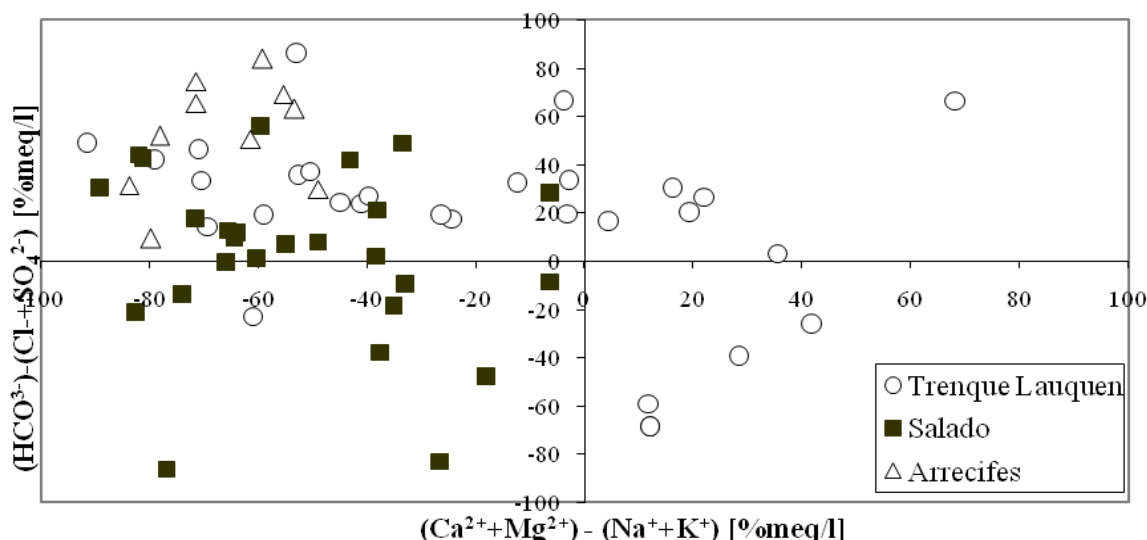


Figura N° 2. Representación de las composiciones de iones mayoritarios del agua según el diagrama de Chadha (1999). Se representó el área de Trenque Lauquen, Pampa Arenosa (O); Cuenca Inferior del Salado, Pampa Deprimida (■); y Arrecifes, Pampa Ondulada (Δ).

CONCLUSIONES

Se concluye que las características hidroquímicas presentan una marcada diferencia en cada una de las regiones mencionadas. Se evidencia que la calidad del agua subterránea está controlada por el tiempo de residencia, tanto los gradientes como sus permeabilidades son bajos, alcanzando unos pocos metros por día; provocando una circulación lenta, permitiendo el intercambio de sus iones.

Son notables las características químicas de la Pampa Arenosa, al ser de tipo arreica, con mayor tiempo de residencia, refleja la litología por la que atraviesa y provoca un mayor intercambio iónico.

Por otro lado en la Cuenca Deprimida, si bien se observa el intercambio de base, se señala que prevalecen los movimientos verticales ascendentes y descendentes, provocados por la incidencia del clima, originando la mezcla de iones y aumentando considerablemente la salinidad de las mismas.

En la Pampa Ondula los ríos conforman un modelo diferente del resto de la provincia, constituyendo una red fluvial cuyo diseño areal es relativamente homogéneo, significando una posible disipación parcial de la energía (Salas y Rojo; 1994). Ya en el año 1983, Salas y otros, opinaron que las variaciones químicas en cada región, dependerían fundamentalmente del escurrimiento (recorrido) y la evaporación. En esta región el drenaje es adecuado y suficiente como para que el agua no se salinice de una manera exagerada.

Dada las fuertes modificaciones antrópicas, se debe prestar atención a las modificaciones que conllevan las mismas. Se sugiere una mayor atención a los datos históricos del clima, y los niveles piezométrico para poder realizar una gestión adecuada del recurso.

Estas conclusiones nos llevan a recomendar un mayor estudio con énfasis en la paleohidrogeología para poder comprender la complejidad de estos acuíferos, en sus diferentes formas de manifestarse.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Grupo de Investigación Consolidado PEGEFA (Ref. 2009 SGR 972) de la Generalitat de Catalunya y financiado parcialmente por el Proyecto ASH (Ref. CGL2008-00099 del MICINN).

REFERENCIAS

- Chadha, D.K.** (1999). "A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data". *Hydrogeology Journal*, 7: 431-439.
- Código Alimentario Argentino (CAA). 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. MSA N° 494 Del 7.07.94)". <http://www.anmat.gov.ar/principal.html> [Consulta: 18-7-2011].
- Fernández-Turiel J.L., Galindo G., Parada M.A., Gimeno D., García-Vallès M., Saavedra J.**, 2005. Estado actual del conocimiento sobre el arsénico en el agua de Argentina y Chile: origen, movilidad y tratamiento. In: Galindo G., Fernández-Turiel J.L., Parada M.A., Gimeno D. (eds.), *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. II Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea - IV Congreso Hidrogeológico Argentino*. Río Cuarto, 25-28 octubre 2005. ISBN 987-05-0058-7, pp. 1-22.
- Galindo, G.; Marquez, J.J.; Sainato, C.; Fernández Turiel, J.L. y Riggieri, F.** 2010. Contenido y distribución de elementos mayoritarios y trazas en aguas subterráneas someras de la Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires, Argentina. 21 al 24 de setiembre.
- 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.
- 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. Relatorio del XVI Cong. Geol. Arg. Ed: de Barrio, R.E. Etcheverry, R.O. Caballé, M.F. y Llambías, E. La Plata. Cap. XII: 201-218.
- INTA.** 1972. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3360-32 (Pergamino), Buenos Aires, Argentina.
- 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.
- Sala, J.M. y Rojo, A.** 1994. Pasado presente y futuro de la hidrología subterránea en la Provincia de Buenos Aires. En: *Temas actuales de la hidrología subterránea*. Ed: E. Bocanegra y A. Rapaccini. Universidad Nacional de Mar del Plata y Consejo Federal de Inversiones.
- Sala, J.M., Gonzalez, N. y Kruse, E.** 1983. Generalización hidrológica de la provincia de Buenos Aires. Coloquio internacional sobre hidrología de grandes llanuras. Vol II. Pag. 973-1009. Olavaria, Argentina, 11 al 20 de abril.
- Zárate, M.A. y Rabassa, J.** 2005. Geomorfología de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Cong. Geol. Arg. Ed: de Barrio, R.E. Etcheverry, R.O. Caballé, M.F. y Llambías, E. La Plata. Cap. VIII: 119-138.

VII Congreso Argentino
de Hidrogeología



V Seminario Hispano Latinoamericano
sobre temas actuales
de la **Hidrología**
Subterránea

Octubre | 2011
Salta Argentina

Compiladores | Rodolfo Fernando García | María Verónica Rocha Fasola

Calidad y Contaminación de Agua Subterránea

“El acceso al agua potable
y al saneamiento:
un derecho humano universal”

Organizado por:

Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Salta

Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Argentino

VII CONGRESO ARGENTINO DE HIDROGEOLOGÍA y V SEMINARIO HISPANO- LATINOAMERICANO SOBRE TEMAS ACTUALES DE LA HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CONTENIDOS

PREFACIO	1
1- HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO FREÁTICO Y ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE INGESTA DE AGUA CON FLÚOR EN POBLADORES RURALES, SAMPACHO, CÓRDOBA	3
<i>M. Blarasin, A. Cabrera, S. Torti y M. Defacci</i>	
2- ANÁLISIS DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA EN EL ACUÍFERO MOTRIL-SALOBREÑA, ESPAÑA	11
<i>Corina Iris Rodríguez, Carlos Duque, María Luisa Calvache, Manuel López-Chicano</i>	
3- ANÁLISIS DE LITIO, BORO Y ESTRONCIO PARA DETERMINAR POSIBLE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO EN LA SUBCUENCA EL CARRIZAL, POR ACTIVIDAD PETROLERA	20
<i>Laura Natalia Montero Hagen (UNDeC), Diego Rafael Ulloa (InSTEC) y Leslie Molerio León</i>	
4- ANÁLISIS ESPACIO – TEMPORAL DE LOS CONTENIDOS DE NITRATO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA SANTA ROSA – TOAY, LA PAMPA, ARGENTINA	28
<i>Karina Echevarria , Eduardo Mariño y Carlos Camilletti</i>	
5- AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE QUISSAMÃ-RJ, BRASIL	36
<i>Priscila Alves Marques Fernandes, Maria da Glória Alves, Gérson Cardoso da Silva Jr, José Luiz Ernandes Dias Filho E Izabel de Souza Ramos</i>	
6- APLICACIÓN DE MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN ESPACIAL EN LA VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS EN ZONA DE LLANURA	44
<i>Lima M.L., Massone H., Barilari A., Albornoz D. y Vivar J.</i>	
7- CONSIDERACIONES HIDROGEOQUÍMICAS SOBRE EL ACUÍFERO DETRÍTICO COSTERO DEL RÍO ANDARAX (ALMERÍA, ESPAÑA) SOMETIDO A LA CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR	52
<i>Sánchez-Martos, Francisco; Vallejos-Izquierdo, Ángela; Molina-Sánchez, Luis; Gisbert, Juan y Pulido-Bosch, Antonio</i>	
8- CALIBRACIÓN Y APLICACIÓN DE SENSORES DE CAPACITANCIA PARA MEDICIÓN DE INFILTRACIÓN	60
<i>Teresa Reyna, Santiago Reyna, María Lábaque, Jorge Linares y Raquel Murialdo</i>	
9- CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS TRAZAS EN EL AGUA TERMAL. TERMAS DE RÍO HONDO - SANTIAGO DEL ESTERO-REPÚBLICA ARGENTINA	68
<i>Raúl A. Martín, Ángel Stormiolo, Juan M. Thir y María de los Ángeles Vera</i>	
10- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE LAS NACIENTES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA MAR CHIQUITA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES	76
<i>Glok Galli M, Martínez D.E., Kruse E.E., Lima L. y Grondona S.I.</i>	
11- CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DEL ACUÍFERO QUE ABASTECE DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE QUEMÚ QUEMÚ, PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA	84
<i>Lorena Ceballos, Carlos J. Schulz y Laura M. Wisner</i>	
12- CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA DEL ACUÍFERO PAMPEANO EN LA CUENCA DEL RÍO QUEQUÉN GRANDE	92
<i>Quiroz Londoño, O. M., Martinez, D., Massone H., Bocanegra, E. y Ferrante, A.</i>	
13- ESTRATIFICACIÓN QUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL PROYECTO CERRO MORO, PROVINCIA DE SANTA CRUZ	100
<i>Minghinelli, Leonardo y Cuello, Mario</i>	
14- EVALUACIÓN Y MODELACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO COSTERO DE MORROSQUILLO (SUCRE-COLOMBIA)	108
<i>Martínez Franco, Diana Carolina ; Betanur Vargas, Teresita y Herrera Parra, Hector Mario</i>	
15- SALINIZACIÓN DE ACUÍFEROS EN EL NOROESTE DEL BOLSÓN DE MAZÁN, DEPARTAMENTO ARAUCO, PROVINCIA DE LA RIOJA	116
<i>Esteban Tálamo, Rodolfo F. García, Federico Moya Ruiz y Verónica Rocha Fasola</i>	
16- ANÁLISIS PRELIMINAR DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN TAMBOS DE TANDIL, BUENOS AIRES	124
<i>Mauricio Baldovino; Corina I. Rodríguez; Alejandro Ruiz de Galarreta; Gladys N. Bilbao; Miguel A. Quiroga y Roberto D. Landa.</i>	

17- ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA LOCALIDAD DE GARDEY (TANDIL, BUENOS AIRES) _____	132
<i>Rodríguez, Corina Iris; Miguel, Roberto Esteban; André, Mario Joaquín; García, María Celeste; Ruiz de Galarreta, Alejandro y Banda Noriega, Roxana.</i>	
18- CONTAMINACIÓN NATURAL POR FLÚOR EN EL COMPLEJO TERMAL SURGENTE DE LA CIUDAD DE TERMAS DE RÍO HONDO DE SANTIAGO DEL ESTERO _____	140
<i>Alfredo Martín, Martín Manuel Paz, Rodolfo Palazzo y Silvia Lencina</i>	
19- DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE VINAZAS SOBRE ZONA NO SATURADA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS VALLE DEL CAUCA – COLOMBIA _____	148
<i>Páez Ortigón, Gloria Isabel</i>	
20- EL RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS; UNA INTERACCIÓN ENTRE EL PELIGRO Y LA VULNERABILIDAD HUMANA _____	156
<i>Gaviria Saldarriaga, Jorge Ignacio, Betancur Vargas Teresita, Massone Héctor</i>	
21- INTERACCIÓN ENTRE LA EVAPORACIÓN Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN SISTEMAS SALINOS NATURALES _____	165
<i>Gamazo, Pablo; Bea, Sergio; Saaltink, Maarten; Carrera, Jesus y Ayora, Carlos</i>	
22- CARACTERIZAÇÃO E MODELO HIDROGEOQUÍMICO DO ACUÍFERO DO DISTRITO DE ITAIPUAÇU, MARICÁ - RJ, BRASIL _____	173
<i>Cristo, Vinicius do Nascimento y Cardoso da Silva Jr., Gerson</i>	
23- ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO E ISOTÓPICO DEL SISTEMA BARRANQUITA-KNUTZEN. CÓRDOBA. ARGENTINA _____	181
<i>Giuliano Albo, M. J.; M. Blarasin y H. Panarello</i>	
24- ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA Y DISTRIBUCIÓN DEL BORO EN ACUÍFEROS DE LA LLANURA CHACO-PAMPEANA, ARGENTINA _____	189
<i>Hugo B. Nicolli, Ofelia C. Tujchneider, María del C. Blanco, Jorge W. García, Carlos M. Falcón, Jochen Bundschuh, Marta del C. Paris, Jorge E. Rusansky, Miguel A. Gómez Peral, Juan D. Paoloni, Martín Espósito y Nilda M. Amiotti</i>	
25- EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS EN FASE LIBRE LOCALIZADOS EN AMBIENTES DE BAJA PERMEABILIDAD _____	197
<i>Ruíz, S.; Ainchil, J. y Kruse, E.</i>	
26- APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA EN LA CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE LA ESTEPA CENTRAL, SANTA CRUZ, ARGENTINA _____	205
<i>Pereyra Ginestar, Blanca</i>	
27- CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CIUDAD DE PENONOMÉ, PROVINCIA DE COCLÉ, PANAMÁ _____	213
<i>Salinas, Pedro, Schulz, Carlos, Miranda, Roberto y Tejeira, Eric</i>	
28- EVALUACIÓN PRELIMINAR DE NITRATOS EN LA CUENCA DEL ARROYO LANGUEYÚ, PARTIDO DE TANDIL, BUENOS AIRES _____	221
<i>Rosario Barranquero; Alejandro Ruiz de Galarreta; Marcelo Varni; Roxana Banda Noriega; Miguel Ángel Quiroga y Roberto Landa</i>	
29- LA HIDROQUÍMICA DE LOS ACUÍFEROS PROFUNDOS EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS _____	229
<i>Daniel Mársico, Antonio Pulido, Ángela Vallejos y Eduardo Díaz</i>	
30- HIDROGEOQUÍMICA DE UN ACUÍFERO FREÁTICO SEDIMENTARIO. RELACIÓN CON ASPECTOS DINÁMICOS, MODELACIÓN GEOQUÍMICA Y PROCESOS DE MEZCLA. CÓRDOBA. ARGENTINA _____	236
<i>Edel Mara Matteoda, Mónica Blarasin y Adriana Cabrera</i>	
31- HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO FREÁTICO DE LA LOCALIDAD DE GENERAL CABRERA Y ENTORNO RURAL, CÓRDOBA, ARGENTINA _____	244
<i>Maldonado L., M. Blarasin, A. Cabrera, J. Felizzia, E. Matteoda y J. Giuliano Albo</i>	
32- ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE ORIGEN DOMICILIARIO EN EL PARAJE DE LA CANAL _____	252
<i>Díaz Adriana; Banda Noriega Roxana</i>	
33- PROCESOS INTERVINIENTES EN LA CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE UN SECTOR DE LA LLANURA ALUVIAL DEL RÍO LIMAY _____	260
<i>Patricia Laurencena, Eleonora Carol y Eduardo Kruse</i>	
34- IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON MÉTODOS ESTADÍSTICOS MULTIVARIADOS _____	268
<i>Marta Paris, Ofelia Tujchneider, Marcela Pérez y Mónica D'Elia</i>	
35- ESTUDIO HIDROGEOQUÍMICO EN LA CUENCA ALTIPLÁNICA DE PAMPA LIRIMA, ANDES CENTRALES (CHILE) _____	276
<i>Luciano Achurra, Emilio Custodio, Igor Aguirre, Rodrigo Arcos, Jorge Clavero</i>	
36- PROCEDENCIA DE SOLUTOS A PARTIR DE RELACIONES GEOQUÍMICAS EN SALMUERAS INTERSTICIALES. LAGUNA DE GUAYATOC, PUNA DE JUJUY _____	284
<i>R. L. López Steinmetz; C. I. Galli y W. Chayle</i>	
37- MIGRACIÓN DE METIL AZINFOS EN EL PERFIL DEL SUELO E IMPACTOS EN ACUÍFERO LIBRE ALUVIAL SOMERO _____	291
<i>Ana Cecilia Dufilho, Sebastián Vázquez y Miriam Loewy</i>	
38- PASIVO AMBIENTAL, CONTAMINACIÓN CON BORO EN LA ZONA SUR DE SALTA, CAPITAL _____	299
<i>Jorge Torres, Silvia Díaz y Gabriela Pízzú</i>	

39- PRESENCIA DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN EL ACUÍFERO PROFUNDO DEL DELTA DEL LLOBREGAT (BARCELONA, ESPAÑA)	305
<i>Cabeza, Yoar ; Teijón, Gloria y Candela, Lucila</i>	
40- QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS POÇOS PROFUNDOS DA REGIÃO NORTE FLUMINESE-RJ, BRASIL	313
<i>Maria da Glória Alves, Gerson Cardoso da Silva Jr. y Cláudio Limeira Mello</i>	
41- PELIGRO DE CONTAMINACIÓN ANTROPOGÉNICA DEL ACUÍFERO FREÁTICO DE LA CIUDAD DE CATAMARCA: REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	321
<i>Luis A. Segura y Marta Saracho</i>	
42- COMPARACIÓN HIDROQUÍMICA EN DIFERENTES AMBIENTES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	329
<i>Griselda Galindo, J.J. Marquez C.M.Sainato y J.L. Fernández Turiel</i>	
43- VULNERABILIDAD DE SUELOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA CON APLICACIONES DE AGROQUÍMICOS	337
<i>Santiago Reyna, Teresa Reyna, Raquel Murialdo, Hugo Pesci, María Lábaque, Eugenia Durand, Jorge Linares, M., Fabián Fulginiti</i>	
44- VULNERABILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA A LA ACCION ANTRÓPICA VALLE DE TULUM - PROVINCIA DE SAN JUAN	345
<i>Mérida, Silvia y Tores, Liliana</i>	
45- ANÁLISIS RELATIVO A LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y SU PROBABLE CONTAMINACIÓN, EN UN ÁREA URBANA Y PERI-URBANA A GENERAL ACHA (LA PAMPA)	353
<i>Carla Cufre, Carlos J. Schulz y Gabriela Dalmaso</i>	
46- RELACIONES ENTRE TIPOS DE SUELOS E HIDROQUÍMICA DEL ACUÍFERO FREÁTICO EN EL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	361
<i>Silva Busso Adrián y Calvo Daniel</i>	
47- CARACTERIZACIÓN ISOTÓPICA E HIDROQUÍMICA DE LAS PRECIPITACIONES EN EL SECTOR SUR DE TANDILIA	369
<i>Martínez D.E., Quiroz Londoño O.M., Dapeña C., Glok-Galli M., Massone H.E. y Ferrante A</i>	
48- CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA CONCEPTUAL Y MODELACIÓN EN LA LLANURA MEDANOSA DE LAGUNA OSCURA – CÓRDOBA - ARGENTINA	377
<i>Bécher Quinodóz F., M. Blarasin y A. Cabrera</i>	
49- COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE LAS PRECIPITACIONES EN EL NOROESTE ARGENTINO	385
<i>Cristina Dapeña y Héctor O. Panarello</i>	
50- DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO EN UN ÁREA DEL SUROESTE BONAERENSE	393
<i>Albouy, René y Lafont, Daniela</i>	
51- ESTRATIFICACIÓN SALINA EN UN ACUÍFERO FREÁTICO CON INFLUENCIA MAREAL	401
<i>Carol Eleonora, Kruse Eduardo y Melo Marisol</i>	
52- INFLUENCIA DE MINERA LA ALUMBRERA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO VIS VIS – AMANAO, CATAMARCA	408
<i>Alicia Kirschbaum y Raúl Seggiaro</i>	
53- FILTRO LATERÍTICO DE ARSÉNICO (FLAs3), REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL AGUA DE CONSUMO, UNA EXPERIENCIA EN LA VIVIENDA DEL POBLADOR	416
<i>Ángel del R. Storniolo, Raúl A. Martín, Juan Martín Thir, Antonio E. Ramírez, Elsa M. Terribile</i>	

Organizado por:

Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Salta

Asociación Internacional de Hidrogeólogos - Grupo Argentino

