

Caracterización HIDROQUÍMICA DE LAS REGIONES TERMALES RECREATIVAS DE URUGUAY

Carrión, Roberto 1(*); Massa, E. 1

1 - Dirección Nacional de Minería y Geología (*) Uruguay

Contacto: hidrogeologia@dinamige.miem.gub.uy

Resumen

Las perforaciones profundas termales en Uruguay alumbran aguas subterráneas de acuíferos contenidos en formaciones geológicas mesozoicas y permo-carboníferas en la Cuenca Norte. Esta ponencia caracteriza ambientes termales desde el punto de vista fisicoquímico, de uso principalmente recreativo, señalando también la presencia de metales pesados de origen natural. Se trabajó sobre 62 resultados analíticos de distintas fuentes entre 1946 y 2007. Utilizando software apropiado se ingresaron los resultados seleccionados en base a confiabilidad y área de estudio de 11 pozos, analizándose diferentes diagramas para caracterizar las aguas. En base a la ubicación de las perforaciones termales y la clasificación hidrogeoquímica, se proponen cinco ambientes termales, ordenados de Norte a Sur: Arapey, Salto, Guaviyú, Guichón y Paso Ullestie. Los ambientes termales propuestos se diferenciaron por la constitución hidroquímica de las aguas que, de Norte a Sur evolucionan de bicarbonatadas cálcicas a bicarbonatadas cloruradas sódicas, e incrementan la presencia de sulfatos. Las aguas subterráneas de los ambientes Arapey y Salto están contenidas en acuíferos jurásico-cretácicos, en tanto para los tres restantes ambientes (Guaviyú, Guichón y Paso Ullestie), los acuíferos están en formaciones geológicas permo-carboníferas. En estos últimos, se ha determinado la presencia de As, aportado por las Formaciones Eopaleozoicas pre-Sistema Acuífero Guaraní: Buena Vista y Yaguari.

Abstract

The deep drilling in Uruguay yields thermal groundwater aquifer formations contained in Mesozoic and Permo-Carboniferous in the North Basin. This paper characterizes thermal environments from the standpoint of physical-chemical, used primarily recreational, noting also the presence of heavy metals of natural origin. We worked over 62 analytical results from various information sources between 1946 and 2007. Using appropriate software the results were entered selected based on reliability and study area, 11 wells, analyzed different diagrams to characterize the water. Based on the drilling location and classification hydrogeochemistry thermal, thermal environments proposes five sorted from North to South: Arapey, Salto, Guaviyú, Guichon and Paso Ullestie. The proposed thermal environments were differentiated by the constitution hydrochemistry of waters, from north to south evolve bicarbonate calcium bicarbonate to sodium chloride, and increase the presence of sulfates. Groundwater Arapey environments and Salto aquifers are contained in Jurassic-Cretaceous, while for the remaining three environments (Guaviyú, Guichon and Paso Ullestie), aquifers are geological formations Permo - Carboniferous. In the past, it was determined the presence of As, funded by pre-Early Paleozoic formations Guaraní Aquifer System: Buena Vista and Yaguari

Resumen ampliado

Introducción

Las perforaciones profundas termales en Uruguay alumbran aguas subterráneas de acuíferos contenidos en formaciones geológicas mesozoicas y permo-carboníferas en la Cuenca Norte. Las primeras perforaciones se realizaron en la década de 1930 con el fin de prospectar petróleo. Debido a que las mismas se hicieron con obtención de testigos, fueron aporte fundamental para el establecimiento de la columna estratigráfica regional. Asimismo se comprobó la inexistencia de petróleo en yacimientos tradicionales y como producto marginal – posteriormente- se desarrolló el turismo termal en base a las aguas subterráneas dulces, surgentes y con temperaturas del orden de los 40°C, alumbradas por estos primeros pozos. Hoy día, se estima que el turismo recreativo termal en los departamentos de Salto y Paysandú, tiene un movimiento del orden de los 250.000 turistas por año, generando ingresos del orden de los 300 millones de dólares.

Objetivo

Esta ponencia caracteriza ambientes termales desde el punto de vista fisicoquímico, de uso principalmente recreativo, señalando también la presencia de metales pesados de origen natural en alguno de estos ambientes. La investigación aplicada y su disponibilidad debería ser de singular importancia para los usuarios con el objeto de la gestión del agua desde distintos ángulos: regulación del gasto, salud pública, ordenamiento territorial y promoción del turismo recreativo. Establecer una “línea base” de calidad de aguas, identificando distintos

ambientes termales recreativos, es el principal objetivo de este trabajo para que organismos competentes dispongan el establecimiento de monitoreos periódicos en cantidad y calidad de estas aguas, a efectos de su gestión, otorgamiento de nuevos permisos para pozos y relaciones internacionales transfronterizas.

Antecedentes

Desde la década de los años '40 hasta los recientes análisis fisicoquímicos realizados en 2006 en el marco del Proyecto Acuífero Guaraní, se han realizado diversas caracterizaciones y reinterpretaciones de la hidroquímica de aguas termales en el corredor del Río Uruguay. **Tahal** (1986) refiere a los análisis realizados por el Instituto Geológico del Uruguay por **IPT** (1980). Este estudio considera los pozos de Arapey, Daymán y Guaviyú, indicando que las aguas cumplen con las normas internacionales de potabilidad, con una restricción por el alto tenor de Na⁺ de las aguas de Guaviyú. Allí se indica que en dirección al límite sur del “sistema acuífero Tacuarembó – Yaguari” hay aumento de Na⁺ y K⁺, cloruros y residuo seco, entendiéndose lícito admitir que existe comunicación hidráulica con las formaciones geológicas infra-yacentes San Gregorio / Tres Islas.

Hidrosud (s/f, ca 1990) no hace énfasis particular en la calidad de las aguas de los pozos termales, sino que el objetivo de su estudio analiza la situación, perspectivas y recomendaciones de cuatro pozos (Arapey, Daymán, Guaviyú y Almirón) desde el punto de vista de su explotación hidráulica. En el informe se incluyen análisis de aguas que fueron utilizados en el procesamiento de datos del presente trabajo.

Consorcio Guaraní (2008) en el Informe final de Hidrogeología, se sitúan los pozos del corredor termal en Uruguay en la zona hidroquímica II, “*caracterizada pela ocorrência de águas principalmente Bicarbonatadas Sódicas, onde o aquífero se encontra confinado e com maior grau de mineralização, refletido principalmente nas médias condutividades elétricas observadas. Esta zona apresenta uma subzona localizada ao longo do Rio Uruguai, entre os territórios da Argentina e Uruguai, onde as águas são caracterizadas pela presença do ânion cloreto em sua composição*”. Esta conclusión general va en línea y es más precisa en cuanto a la caracterización hidroquímica de las aguas que los trabajos anteriores citados. La revisión finaliza con el informe de la Hidroquímica regional del SAG del **Consorcio Guaraní** (2009), elaborado por *Marisol Manzano y Martín Guimarãens*, donde se manifiesta que “*Las aguas de la franja termal uruguaya junto a la frontera con Argentina tienen aguas cuya composición es mezcla de la facies B (aguas de elevado tiempo de permanencia en las areniscas del SAG) con otras aguas mas salinas, de tipo probablemente Na-Cl y cuya procedencia no es el SAG (...) Esto indica que hay un proceso adicional de mezcla con aguas de distinto origen y mas salinas que va modificando la facies química hacia el Tipo C.*

Previamente en el informe indican que las aguas de Tipo B son “*bicarbonatado sódico, poco mineralizadas (CE entre 120 y 760 µS/cm; con frecuencia entre 200 y 600 µS/cm) y con pH entre neutro y básico (y) se encuentran en zonas proximales a intermedias del SAG confinado.*

AMBIENTE asignado	Perforación	Prof. (metros)	Caudal de surgencia (m ³ /h)	Temp. (°C)	C.E. (µS/cm)	As µg/l (*)	Notas
Arapey	Arapey	1.494	170	38,0	610	>10	Pozo activo, surgente, sin bomba.
Salto	Termas de Daymán	2.204	125	45,0	766	35	Pozo activo, surgente, con bomba.
Salto	Fuente Nueva (ex - Kanarek)	1.280	180	45,5	680	32	Pozo activo, surgente, con bomba.
Salto	Posada del Siglo XIX	1.209	190	46,5	600	34	Pozo activo, surgente, sin bomba.
Salto	San Nicanor	1.104	130	43,5	716	44	Pozo activo, surgente, sin bomba.
Salto	Perf. OSE Salto	1.368	60	47,0	3.850	23	Inactivo desde 1998
Salto	Club Remeros Salto	1.326	135	45,0	750	32	Pozo activo, surgente, con bomba.
Salto	Hotel H. Quiroga	1.245	230	44,0	890	35	Pozo activo, surgente, con bomba.
Guaviyú	Termas de Guaviyú	1.109	128	40,0	1.198	85	Pozo activo, surgente, sin bomba.
Guichón	Termas de Almirón	925	0	34,0	9.950	>10	Pozo activo, actualmente sin surgencia, con bomba.
Paso Ullestie	Pozo de estudio	978	>10	26,0	4.430	>10	Pozo surgente natural, abandonado.

Fuentes: Proinsa 2008; BD DINAMIGE, 2010; Hidrosud/OPP ca. 1990

Tabla N° 1 – Datos básicos de pozos profundos, por ambiente termal

En numerosos pozos del corredor del Río Uruguay se ha señalado la presencia de As, particularmente en la lista presentada en la Tabla N° 1 se ha insertado una columna para indicar los valores detectados. Estas ocurrencias son atribuidas (Gastman et al, 2009) a los procesos de desorción de As a partir de óxidos e hidróxidos de Fe que

recubren los granos de arenas de formaciones geológicas pre-SAG. El origen de este AS está asociado a la intensa actividad magmática del final del Pérmico e inicio del Triásico, especialmente cenizas volcánicas. La circulación de aguas alcalinas, ricas en Na y con pH próximos a 8, mezcladas con el agua del SAG, hacen sea detectada la presencia de este elemento en algunos pozos del SAG (Tabla N° 1).

Metodología

Se trabajó sobre un total de 62 resultados analíticos de distintas fuentes, realizados entre los años 1942 y 2007. A los efectos de este trabajo se tomaron aquellos que reportaban un error analítico menor o igual al 20%, determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$E(\%) = 200 \times Abs \left[\frac{\sum cationes - \sum aniones}{\sum cationes + \sum aniones} \right]$$

A partir de esta clasificación fueron seleccionados 31 análisis a los efectos de este estudio. Con estos datos se trabajó fundamentalmente con el software AquaChem y planillas de cálculos Excel, para el tratamiento de toda la información y

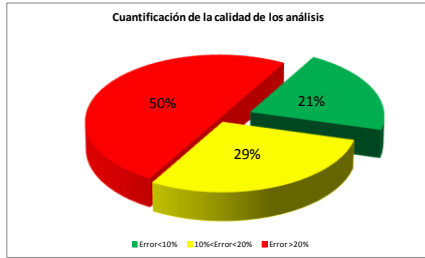


Figura N° 1 – Selección de muestras consideradas

en especial la seleccionada.

Fueron confeccionados diagramas de Piper y Schöeller-Berkaloff, evolución temporal de los parámetros físico – químicos y diagramas de torta.

Las perforaciones utilizadas para este trabajo se corresponden con el denominado “corredor termal”, pertenezcan o no al Sistema Acuífero Guaraní. En la figura N° 2, se muestra en forma esquemática la localización de las perforaciones utilizadas, el área del acuífero Guaraní y las líneas del flujo del agua subterránea.

A partir de los análisis fisicoquímicos de las perforaciones termales del Uruguay y de resultados analíticos de los pozos termales de agua dulce en Concordia (Argentina), se presentan a continuación los diagramas de Schöeller para los diferentes ambientes:

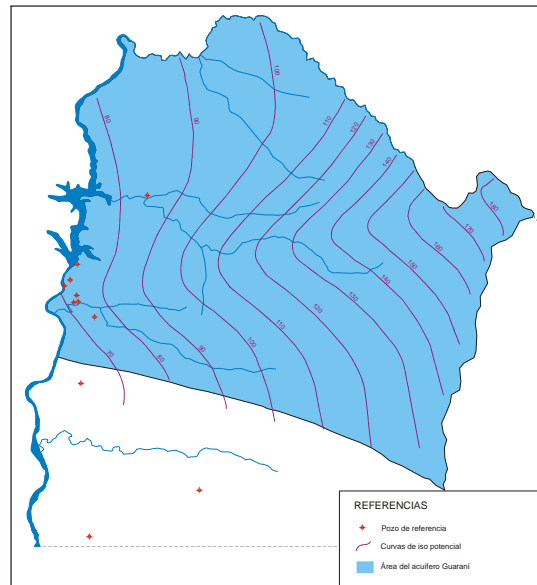


Figura N° 2 – Detalle Acuífero Tacuarembó (DINAMIGE, 2003)

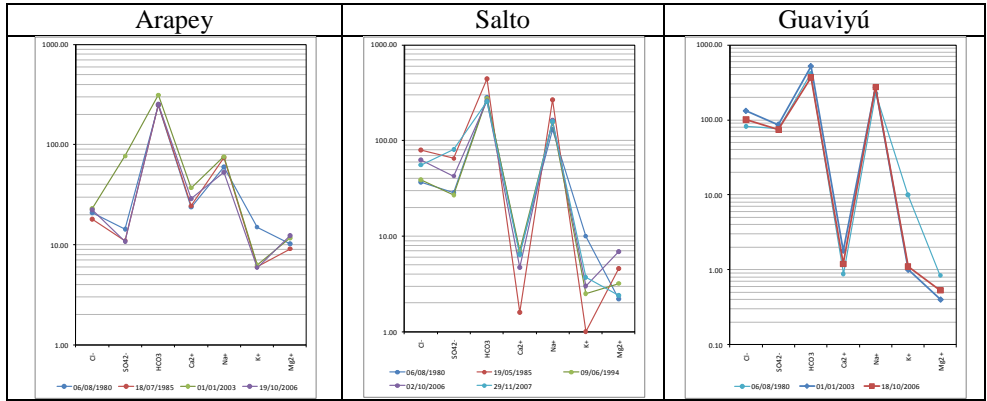


Figura Nº 3 – Diagramas de Schöeller; ambientes termales Arapey, Salto y Guaviyú.

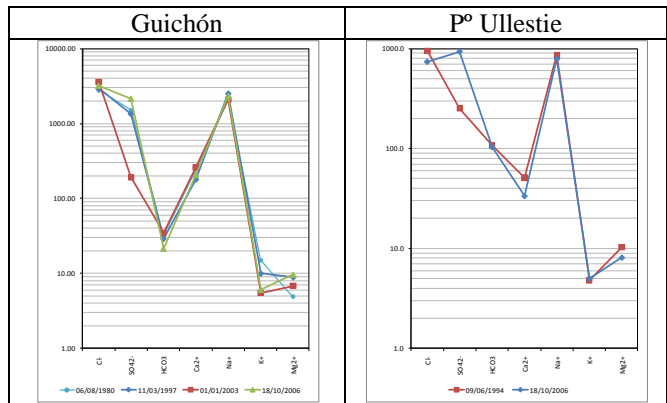


Figura Nº 4 – Diagramas de Schöeller; ambientes termales Guichón y Paso Ullestie

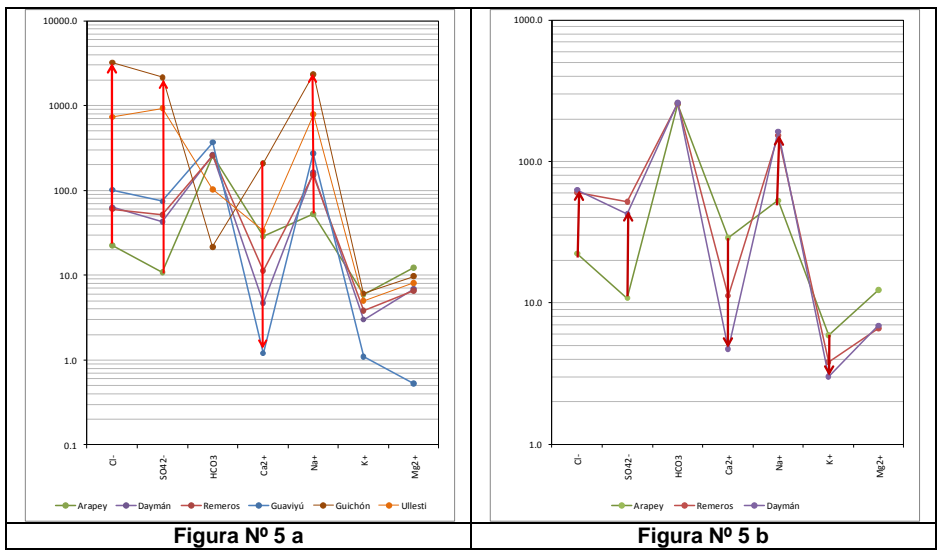


Figura Nº 5 a

Figura Nº 5 b

En las Figuras Nº 5a y 5b se muestra la evolución de las aguas subterráneas en el conjunto SAG y pre SAG (Fig 5a) y, por separado, la misma evolución pero sólo para pozos que explotan el SAG (Fig 5b).

Discusión y Resultados

En base a la ubicación de las perforaciones termales y la clasificación hidrogeoquímica, se proponen cinco ambientes termales, ordenados de Norte a Sur: **Arapey, Salto, Guaviyú, Guichón y Paso Ullestie**. Las aguas subterráneas de los ambientes Arapey y Salto están contenidas en rocas jurásico-cretácicas, en tanto para los restantes tres ambientes (Guaviyú, Guichón y Paso Ullestie), los acuíferos están en formaciones geológicas permio – carboníferas. Se ha determinado la presencia de As, atribuyéndose su origen a las Formaciones Eopaleozoicas pre-Sistema Acuífero Guaraní: Buena Vista y Yaguari. (Gastman 2009, Consorcio Guaraní, 2008). Esto se ve en las perforaciones de los ambiente Salto y Guaviyú

La calidad hidroquímica de las aguas en nuevas perforaciones a ejecutar en el entorno de las caracterizadas en estos ambientes, podrá ser la siguiente:

Ambiente	Calidad hidroquímica	Acuífero
Arapey	Bicarbonatada cálcica, sin As	SAG
Salto	Bicarbonatada sódica, con As	SAG
Guaviyú	Bicarbonatada sódica, sin magnesio, con As	PreSAG
Guichón	Clorurada sódica, sin As	PreSAG
Paso Ullestie	Clorurada sulfatada sódica, sin As	PreSAG

Tabla N° 2 – Calidad hidroquímica de las aguas subterráneas por ambiente termal

Tomando la información presentada como “línea de base” de la calidad de las aguas subterráneas de las perforaciones profundas -habida cuenta que se realizó la revisión de los análisis existentes desde 1946 a la fecha es necesario continuar con un seguimiento (monitoreo) hidrodinámico e hidroquímico periódico, e integrarlo en una base de datos consistente (por ejemplo en DINAMIGE), y que esta información esté disponible para usuarios públicos y privados a efectos de la gestión del agua de estas perforaciones de uso recreativo (Autoridades de Agua, Salud y Ordenamiento Territorial, permisarios/concesionarios de pozos termales, municipios).

Bibliografía

- Consorcio Guaraní (2008). Informe final de Hidrogeología. Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. GEF/Banco Mundial/OEA. Rio Claro SP.
- Consorcio Guaraní (2009). Hidroquímica regional del SAG. Estudio del origen de la composición química de las aguas subterráneas del Sistema Acuífero Guaraní. Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. GEF/Banco Mundial/OEA. Montevideo.
- DINAMIGE (2003). Mapa Hidrogeológico del Uruguay. Escala 1/1.000.000. Heinzen W et al. Montevideo.
- DINAMIGE (2010). Base de Datos de perforaciones. Montevideo.
- GASTSMANS, D et al (2009). Origem das anomalias de Arsênio no Sistema Aquífero Guarani ao longo do corredor termal do Rio Uruguai. Arbitraje para Revista Geociências. UNESP. Rio Claro SP.
- HIDROSUD/Fo.Na.De.P/OPP (s/f, ca 1990) – Consultoría para el desarrollo de los centros termales de Salto y Paysandú. Montevideo.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo/C.A.L.N.U (1980). Reconhecimento Hidrogeológico do Aquífero Tacuarembó, entre Paysandú e Bella Unión – República Oriental del Uruguay. Relatório N° 14.364. São Paulo.
- PROINSA - Proyectos de Ingeniería S.A. (2008). Informe final de inventario y muestreo. Zona operativa Sur. Proyecto para la Protección ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. GEF/Banco Mundial/OEA. Santa Fe ER.
- TAHAL Consulting Engineers Ltd./Ver.NO/OPP (1986) – Proyecto agrícola de riego basado en la perforación de pozos profundos. Tomo 1 – Informe principal, Tomo 3 – El acuífero Tacuarembó. Montevideo.

Agradecimientos

Bibliotecóloga Lic. Ana Rebellato (DINAMIGE) por la lectura y sugerencias a la ponencia.

Lic. Josefina Marmisolle (ANCAP) por cedernos el artículo sometido a arbitraje para publicar en la Revista Geociências, del cual es co-autora.