

Evaluación de las características hidroquímicas de antiguos cauces del Río Dulce en Villa Nueva, provincia de Santiago del Estero

Walter M. Trejo¹, Marcela E. Terribile¹, Teófilo A. Neme¹, Ángel del R. Storniolo¹
y Juan M. Thir¹

¹ Departamento de Geología y Geotecnia, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Avda Belgrano (s) 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina

Mail de contacto: waltermariotrejo@yahoo.com

RESUMEN

El acceso al agua segura, en pequeñas localidades como Villa Nueva, es un problema de vieja data. El Área de estudio está situada en el sector SO de la provincia de Santiago del Estero, y geomorfológicamente se ubica en el tramo medio de la Llanura Aluvial del Río Dulce. Se caracteriza por una sucesión de antiguos cauces colmatados y entrelazados. El trabajo de investigación se orientó hacia la caracterización hidroquímica del acuífero libre, y su utilización como soporte de almacenamiento y de recarga en forma natural o artificial, para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano. Mediante perforaciones se realizaron estudios granulométricos de los sedimentos que permitieron obtener una aproximación acerca de la permeabilidad. Los análisis físico-químicos de las muestras de agua obtenidas, no superan los límites tolerables de las aguas seguras, excepto una de ellas, que supera la concentración de sulfatos.

Palabras clave: acuífero, hidroquímica, sedimentos.

ABSTRACT

Access to safe water, in small towns like Villa Nueva, is a long-standing problem. The research area is located in the SW sector of the province of Santiago del Estero, and geomorphologically is located in the middle stretch of the Dulce River Floodplain. It is characterized by a succession of former channels silted and intertwined. The research work was oriented towards free aquifer hydrochemical characterization, and their use as storage media and recharge in natural or artificial, for the supply of water for human consumption. Through perforations were made sediments grain size determination studies, we have obtained an approximation concerning permeability. The physico-chemical analysis of water samples obtained do not exceed tolerable limits of safe water, except one, which exceeds the concentration of sulfates.

Keywords: aquifer hydrochemistry sediments.

Introducción y objetivos.

Ubicación del área de estudio

La necesidad de incrementar la disponibilidad de agua segura, tanto en áreas urbanas como rurales, alejadas de los principales núcleos poblacionales, los que cuentan con importantes fuentes para la explotación y provisión de este significativo recurso, hace necesaria la búsqueda de fuentes alternativas que permitan paliar la escasez de agua en las mencionadas áreas. El estudio geomorfológico es un método indirecto alternativo que es utilizado en la exploración y detección de potenciales áreas portadoras de agua. La falta de agua segura se agudiza

cuando la precipitación es prácticamente escasa o nula en el período comprendido entre junio y septiembre, y las posibilidades de almacenamiento de agua de lluvia se reducen notablemente.

El conocimiento de las características geomorfológicas permite realizar una evaluación acerca de las posibilidades de encontrar formaciones permeables capaces de almacenar y transmitir agua proveniente de las precipitaciones o de escurrimiento superficial (corrientes fluviales naturales o artificiales como los canales de riego). La hidroquímica o química del agua proporciona una idea acerca de las concentraciones de los iones fundamentales, lo cual indica si el agua considerada, se encuentra dentro de los

Metodología

La metodología se basó en la recopilación y evaluación de antecedentes. La información obtenida está relacionada con trabajos y estudios geomorfológicos realizados por otros autores (Aeroterra S.A. 1978; Angueira y Prieto. 2003) que sirvieron de base para la identificación y descripción de unidades y subunidades dominantes en el área de estudio. A través sondeos de observación, se obtuvieron muestras para la realización de análisis granulométrico y posterior identificación de los sedimentos permeables subyacentes. Se tomaron muestras de agua en los pozos existentes y los sondeos realizados para su análisis físico-químico en laboratorio.

Para la selección de los puntos de ubicación de los sondeos realizados, se utilizó una imagen capturada del programa Google Earth (2011), en la cual se identifican los paleocauces existentes en la zona. Ver Figura 2. Ubicación de sondeos. La posición de estos puntos fue registrado en campaña utilizando un navegador GPS para su ubicación en la cartografía definitiva.

Se ejecutaron 3 captaciones: Una de 6" entubada en 4" (Sondeo N° 1) sobre el eje del paleocauce que rodea a la localidad ubicada al norte de la misma, dos perforaciones de 4" entubadas en 3" (sondeos N° 2 y 3).



Figura 2. Ubicación de sondeos

Geomorfología

En base a los antecedentes geomorfológicos (Aeroterra S.A. 1978; Angueira et al. 2003), el área de estudio se encuentra ubicada en la Unidad Geomorfológica Llanura Aluvial del Río Dulce y dentro de la Subunidad Llanura de Inundación Activa del Río Dulce. Ver Fig. 3. Subunidades geomorfológicas.

Subunidad Cono Aluvial de Río Dulce

Su origen se relaciona con una reactivación tectónica reciente sobreimpuesta a la Bajada del Sistema Subandino-Pampeano. Concretamente la existencia de este cono aluvial se corresponde con la acción de la falla de Huyamampa (de dirección N-S) que provocó el hundimiento del bloque oriental. El ápice de este cono se encuentra en el punto de intersección del Río Dulce con la falla de Huyamampa. La erosión retrógrada eliminó la cubierta cuaternaria cuyo material contribuyó a la formación del cono. Esta erosión se vio favorecida por la existencia de una fractura denominada "Falla del Río Dulce" que se manifiesta por la linealidad del cauce del río, aguas arriba del ápice del cono, con una dirección NNO-SSE. La acumulación de estos sedimentos alcanzó un radio aproximado de 50 Km a partir del ápice, otorgando características hidrogeológicas variables en su desarrollo debido a la disminución del tamaño de los materiales depositados en la zona distal del cono, donde la pendiente se redujo. La profundidad media de estos sedimentos es de 150m, con granulometría variada constituyen el principal reservorio de agua subterránea del cual se abastecen los dos principales núcleos poblacionales de la provincia (Santiago del Estero y La Banda).

Subunidad Llanura de Inundación Activa

Esta subunidad abarca una importante superficie, extendiéndose hacia ambos márgenes del Río Dulce, desde la finalización del tramo distal del Cono Aluvial, hasta su desembocadura en la Laguna de Mar Chiquita en la provincia de Córdoba. Los sedimentos depositados por la corriente fluvial van disminuyendo su tamaño, gradando de fino a muy fino, lo cual indica la capacidad de transporte y la estabilización de su perfil de equilibrio. El ancho aproximado de esta subunidad en el área de estudio alcanza los 38 Km, luego, desde allí, el mismo varía hasta su desembocadura entre los 100 y 60 Km. La

imagen del área de estudio, obtenida del software libre Google Earth, permitió observar en detalle las características morfológicas del relieve y realizar un mapeo e inferir los procesos de remoción y deposición, identificando paleocauces que son los potenciales portadores de sedimentos con diferentes grados de permeabilidad, en este caso particular, del acuífero freático.

El drenaje se corresponde con un diseño anastomosado y meandroso, típico de relieves llanos con escasa pendiente.

Subunidad Paleollanura de Inundación

Se desarrolla en ambas márgenes de Río

Dulce pero con mayor extensión en la margen izquierda, su distribución es irregular debido a factores morfogenéticos. Topográficamente, su nivel es ligeramente superior al del actual cauce del río, son áreas de relieve positivo relictuales que pueden observarse mediante la teledetección. Esta herramienta es utilizada para la identificación de rasgos geomorfológicos en relieves de escasa pendiente sobre todo aquellos relacionados con los rasgos eólicos, fluviales y la cubierta de vegetación, generados en condiciones de mayor aridez que las actuales y durante diferentes fases climáticas.

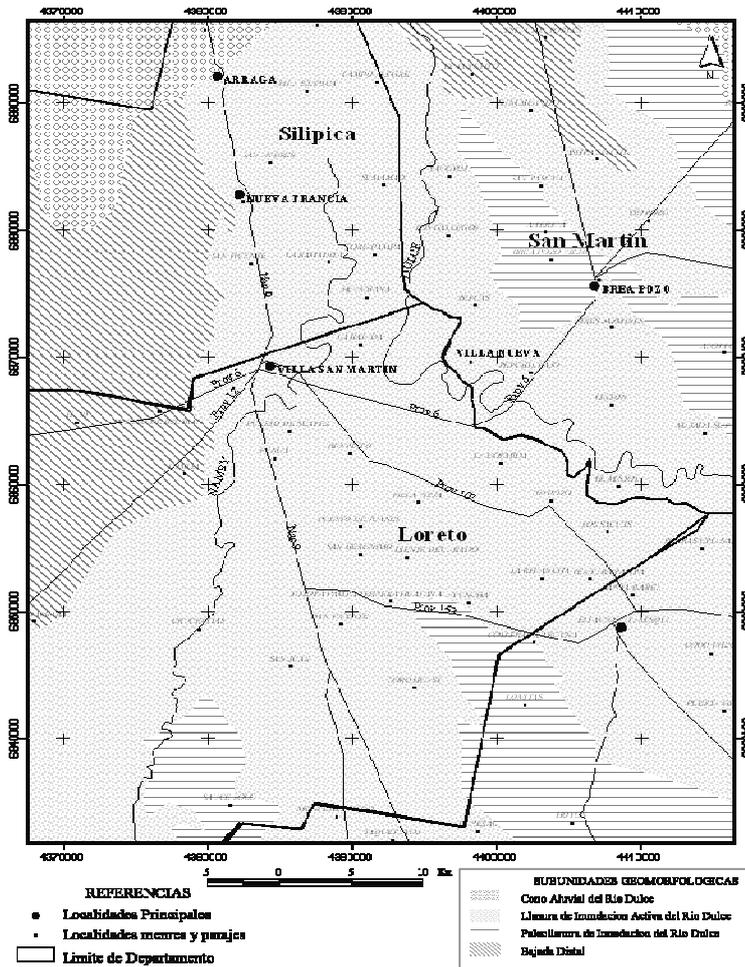


Figura 3. Subunidades Geomorfológicas

Análisis granulométrico

Se realizó el tamizado de las muestras obtenidas en los sondeos de observación con la finalidad de establecer su clasificación, tamaño, el grado de uniformidad de los sedimentos y su distribución en profundidad con el propósito de establecer una correlación mediante la confección de perfiles de pozos. Debido a que la distribución de los materiales en los perfiles de los tres sondeos es similar, se optó por considerar como representativa para el área, solamente la muestra del sondeo 1, correspondiente a la profundidad de 5,80 m

Se seleccionó una pila de tamices de acuerdo a la escala de tamaño de grano tomados de la tabla de Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984). Esto nos permite puntualmente establecer a priori, una dominancia de porcentajes de tamaños de sedimentos en el perfil del sondeo.

Los datos fueron volcados a una tabla (Ver Tabla 1. Análisis granulométrico) la que permitió realizar los cálculos correspondientes

para elaborar finalmente la curva acumulativa. (Ver Figura 4. Curva acumulativa).

A partir de ella se extrajeron los valores correspondientes al coeficiente de uniformidad

Para calcular el Coeficiente de Uniformidad se utilizó la siguiente relación:

$$CU = \frac{\Phi 40\%}{\Phi 90\%}$$

Del gráfico obtenemos los valores de diámetro correspondiente al 40 % y al 90%, resultando 0,125 mm y 0,053 mm respectivamente y realizando el cociente el valor de coeficiente de uniformidad es 2,36, lo que nos estaría indicando que se trata de materiales resultantes de una mezcla de arenas medianas a gruesas, en consecuencia con un potencial de permeabilidad buena. La forma de S de la curva granulométrica también puede ser considerada como un indicador de materiales granulares depositados por una corriente de agua.

Tabla 1. Análisis Granulométrico

MUESTRA N° 1 – Sondeo 1 – Profundidad: 5,80 – 7,30 m					
Tamiz N°	Diámetro en mm	Peso gr	%	% Acumulado	Sedimento
5	4,000	0,00	0,00	0,00	Guija
10	2,000	0,35	0,17	0,17	Sábulo
18	1,000	4,38	2,14	2,31	Arena Muy Gruesa
40	0,750	9,72	2,50	4,81	Arena Gruesa
60	0,250	7,82	6,00	10,81	Arena Mediana
120	0,125	61,69	30,15	40,96	Arena Fina
230	0,062	70,28	34,35	75,31	Arena muy fina
270	0,053	22,36	12,82	88,13	Limo Grueso
Fondo	>0,061	28,00	11,87	100,00	Arcilla
		204,60	100		

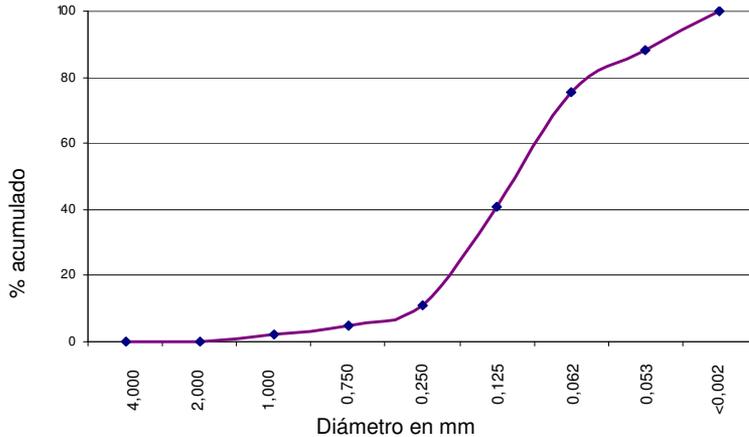


Figura 4. Curva Acumulativa

Hidroquímica del acuífero freático

Se tomaron muestras de agua de los sondeos realizados, cuyas profundidades totales, diámetro y niveles freáticos registrados son los siguientes: Sondeo 1: Ø 4", 6 mbbp, 3,80 mbbp; Sondeo 2: Ø 3", 8 mbbp, 5,70 mbbp y Sondeo 3: Ø3", 8,50 mbbp y 6 mbbp.

Se realizaron los análisis físico-químicos en laboratorio con determinaciones de concentraciones de iones mayoritarios, cuyos valores se encuentran transcritos en la Tabla 2. Propiedades físicas y Tabla 3. Concentraciones de iones mayoritarios. Además se determinaron dos elementos: Flúor y Arsénico, cuyas concentraciones son de interés, Cuando se encuentran contenidos en aguas para consumo humano.

Tabla 2. Propiedades Físicas

Muestra Nº	C.E. (µS/cm)	pH	Res. Seco (mg/l)	Dureza Total (mg/l)	Alc. Total (mg/l)
1	1.330	7,3	920	395	370
2	1.390	7.2	980	430	390
3	2.270	7,40	1.912	530	160

Tabla 3. Concentraciones de iones

Nº Muestra	CATION mg/l						ANION mg/l				
	Ca ⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	As	F	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁼
1	110	29	120	12	0,016	0,4	451	0	156	58	S/D
2	115	25	130	10	0.010	0,35	480	0	180	160	S/D
3	138	44	375	23	0,018	0,56	195	0	291	787	S/D

mayoritarios

Análisis Gráfico de los Resultados

Con la finalidad de realizar una primera aproximación para la caracterización hidroquímica del acuífero libre, se procesaron los resultados obtenidos en laboratorio utilizando el programa AquaChem 3.7.0042, mediante el cual se obtuvieron los gráficos de Stiff.

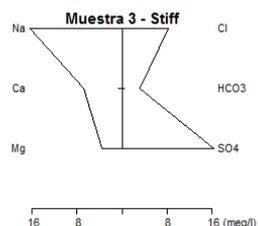
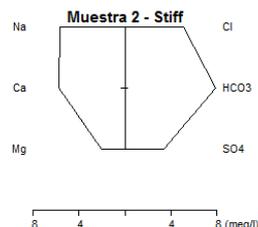
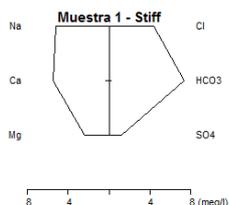
La muestra 1, obtenida en el Sondeo N°1, ubicado en el eje del paleocauce colmatado y que corresponde a un meandro abandonado que bordea la localidad, corresponde a un agua bicarbonatada cálcica. De ello, se infiere que se trata de un agua que proviene de una infiltración o recarga reciente.

La muestra 2, obtenida en el Sondeo N°2, ubicado al SO de la localidad en las proximidades de un meandro abandonado que bordea la localidad, corresponde a un agua bicarbonatada cálcica-sódica. Al igual que la muestra 1, se infiere que se trata de un agua que proviene de una infiltración o recarga reciente.

La muestra 3, obtenida en el Sondeo N°3, ubicado en la plaza de la localidad, se encuentra en lo que podríamos denominar un interfluvio, con material de granulometría no uniforme y de distribución caótica, según los resultados obtenidos en el tamizado, con alternancias de arenas limosas, fina a gruesa. El gráfico expresa que se trata de un agua sulfatada sódica. De ello, se infiere que se trataría de un agua mixta, que al momento de la toma de muestra estuvo influenciado por un descenso del nivel piezométrico debido a un excesivo bombeo al que fue sometido el pozo cavado próximo al sondeo.

CONCLUSIONES

- La granulometría de la muestra obtenida en el sondeo 1, corresponde a tamaños que alternan entre limos arenosos, arenas finas a medianas y gruesas. Esta alternancia en los materiales se corresponde, probablemente, con los diferentes períodos de deposición del río. La forma de la curva acumulativa y el valor obtenido del coeficiente de uniformidad, confirman que se trata de una mezcla de sedimentos que fueron depositados por una corriente de agua.
- Los resultados de análisis físico-químicos de las muestras de agua se encuadran en



los límites tolerables del Código Alimentario Argentino, a excepción de la muestra 3 que supera el límite de concentración de SO_4^{2-} , conductividad eléctrica y residuo seco. Se infiere que esta anomalía se debe tal vez a un sobrebombeo al que fue sometido el acuífero en ese punto, en momentos previos a la toma de muestra.

- El Arsénico y Flúor, no superan los límites de concentración establecidos por el Código Alimentario Argentino (0,01 mg/l y 0,4-0,8 mg/l respectivamente, para temperatura media anual de 26,3 y máxima de 32,6 °C).
- Cabría la posibilidad de plantear un plan de recarga del acuífero libre, a partir de

una evaluación sobre la eficacia de la gestión de la recarga de acuíferos, desde el punto de vista de la calidad del agua, conociendo previamente la calidad natural de la misma, los impactos de las actividades humanas y los procesos geoquímicos involucrados (Asociación Internacional de Hidrogeólogos & Comisión en Gestión de Recarga de Acuíferos. AIH-GRA. 2005

- La utilización de la formación acuífera en el área de estudio tiene características granulométricas apropiadas para la ejecución de una obra de recarga artificial del acuífero libre. La ejecución de dicha obra implicaría la disposición de infraestructuras de bajo impacto ambiental que permitieran la conducción del agua hasta estos puntos. No cabe duda de que el efecto de tales acciones repercutiría de forma positiva en la recuperación, regeneración y mantenimiento del sistema acuífero subyacente. (Molina García et al. 2008)

Referencias

- Aeroterra S.A., 1978. *Estudio Geomorfológico de la Provincia de Santiago del Estero*.
- Angueira Cristina, Prieto D. 2003 *SigSE – Sistema de Información Geográfica de Santiago del Estero*. INTA – ProSusNOA. INTA. ISBN – 987-521-114-1
- Asociación Internacional de Hidrogeólogos & Comisión en Gestión de Recarga de Acuíferos. AIH-GRA. 2005, *Estrategias para la gestión de Recarga de Acuíferos (GRA) en zonas semiáridas*, UNESCO/PHI-LAC, París, 2005.
- Google Earth, Software libre, Version 6.1.0.5001, Fecha de compilación 17/10/2011, Servidor kh.google.com
- Martín, R., Cortés, J., Storniolo, A., Thir, J. 2003, *Zonificación Hidrogeológica de Santiago del Estero*. Universidad Nacional de Santiago del Estero-Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías – Departamento de Geología y Geotecnia.
- Molina García, J. M., Pulido Bosch, A., López Martos, J., Marín, A., Gisbert, J., Vallejos, A. & Fructuoso, M. 2008. *Aprovechamiento de Aguas de Tormentas para Recargar Acuíferos en Regiones Semiáridas*.
- Udden-Wentworth, modificado de Adams y otros (1984), Tabla de clasificación granulométrica.