

## EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA EN LA ZONA DE VILLARRICA, PARAGUAY

Godoy Araña, Ana E. <sup>(1)</sup>, Carrillo-Rivera, J. Joel <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Posgrado en Geografía Ambiental, UNAM, <sup>2</sup> Instituto de Geografía, UNAM

**Resumen.** El acelerado crecimiento urbano sin una planificación previa, el aumento de la deforestación por una tala indiscriminada o por obtener más tierras para cultivo y uso urbano, entre otros, viene provocando en el distrito de Villarrica problemas ambientales, que repercuten en los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la zona. Las formaciones geológicas compuestas predominantemente de areniscas, representan buen potencial de agua subterránea, ya que abarcan grandes cuencas superficiales y que se encuentran conectadas entre sí hidráulicamente. Se propone obtener un mayor entendimiento del funcionamiento del flujo de agua subterránea que permita manejarlo a favor de los usuarios y del ambiente.

**Abstract.** An accelerated and unplanned urban growing, an increasing deforestation rate, and changes in the use of land, among other factors, have produced environmental problems in Villarrica (District of Paraguay). These problems affect superficial flows of water and underground basins located in this area. Sandstone geological formations are a potential source for groundwater, since they cover superficial watersheds and they are interconnected. Our aim is to obtain a better understanding about the dynamics of groundwater, in order to achieve a better water management with positive impacts on the society and the environment.

### INTRODUCCIÓN

El entendimiento del funcionamiento agua subterránea, su comportamiento local y regional, su calidad e interacción con el agua superficial, son factores muy importantes para comprender de que manera actúa sobre el ambiente. Las acciones desarrolladas sin un conocimiento previo ocasionan o pueden ocasionar un deterioro importante en los ecosistemas.

El distrito de Villarrica, en el Departamento Guairá, se encuentra en la Región Oriental del Paraguay (fig.1). Posee una superficie de 247 km<sup>2</sup>. Su clima es subtropical con temperatura anual promedio de 22° C y una precipitación de 1,400 mm/año. El Censo del 2002 indica que el distrito posee una población aproximada de 54,500 habitantes, de los cuales la mayor parte se concentra en la Ciudad de Villarrica y aproximadamente 16,300 habitantes en el área rural.

El área presenta condiciones favorables en cuanto a lo asequible de volúmenes de agua subterránea y superficial para cubrir las necesidades actuales y futuras de la población, pero este recurso se ve amenazado por varios factores a) el crecimiento en forma desordenada de las zonas urbanas, b) la contaminación de los cauces hídricos por el vertido de desechos sólidos y líquidos a los mismos sin tratamiento previo, c) la utilización indiscriminada y sin control de agroquímicos, d) la canalización y drenado de zonas bajas, con el fin de obtener más áreas para uso urbano, e) tala indiscriminada, entre otros, provocando la aparición de respuestas ambientales negativas. Entre estos se encuentran impactos negativos que se reflejan en diversas maneras: I) impacto a la calidad



Figura 1. Localización de Villarrica

del agua superficial y subterránea, II) disminución de la cubierta vegetal en general, III) cambios a procesos de recarga y descarga de agua subterránea, IV) incremento de la erosión, V) efectos a ecosistemas de los humedales, entre otros. Debido a esto se propone como objetivo general lograr un mayor conocimiento del funcionamiento del flujo subterráneo que permitirá manejarlo a favor de los usuarios y del ambiente.

Las formaciones geológicas sedimentarias presentes en el área abarcan grandes subcuencas superficiales con buen potencial de agua subterránea, que se encuentran en su gran mayoría en continuidad hidráulica, y se puede considerar el desarrollo de sistemas de flujo con diferentes jerarquías que favorecen la interdependencia entre distintas subcuencas. Tóth (1995) denomina a esto cuenca unitaria y esta caracterizada por regímenes de flujo específicos denominados: a) zona de recarga donde el flujo natural del agua subterránea es vertical descendente, b) zona de tránsito donde el flujo es lateral y horizontal y c) zona de descarga que se distingue por tener flujo vertical ascendente. En la zona de recarga el nivel de agua observado es profundo, mientras que en la zona de descarga está cerca de la superficie (fig. 2), entre otras, las características químicas y físicas del agua subterránea en estas zonas se pueden usar como trazadores (temperatura, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, etc.)

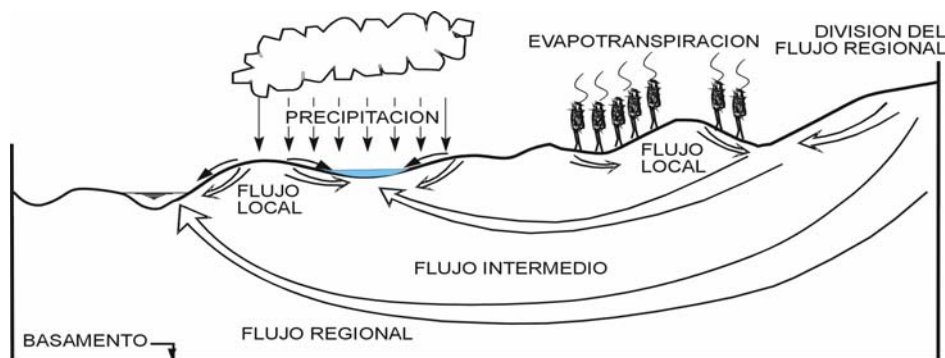


Figura 2. Sistemas de flujos de agua subterránea (tomado de Carrillo-Rivera, 2000)

## HIDROGEOLOGÍA

La hidrogeología del área debe ser interpretada a escala regional. Las potentes capas de areniscas Permo-triásica, presentan un buen potencial de agua subterránea que abarcan subcuencas con gran superficie y que en la mayoría de los casos se encuentran conectadas hidráulicamente (SARO, 2001). En general las areniscas presentan un acuífero libre, con niveles freáticos profundos a someros de un lugar a otro, en los sectores de coladas basálticas cretácicas, existen reducción por efecto del intemperismo químico excepto por grandes fracturas, donde pueden presentarse condiciones de conductividad hidráulica en el área de estudio y su vencidas preexistente y se caracteriza por la ausencia de descargas termaleas.

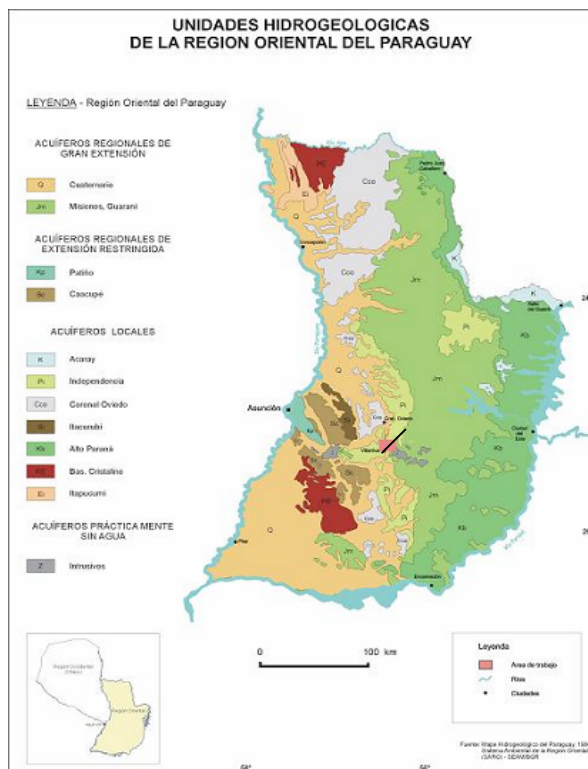
La geología del área esta compuesta por una secuencia sedimentaria con gran variedad litológica y textural, abarcando la parte del margen occidental de la Cuenca del Paraná.

- a) El Grupo Independencia de edad Pérmica está constituido por las formaciones San Miguel y Tacuary, la primera Formación está compuesta predominantemente de arcillitas, siltitas y areniscas intercaladas de granulometría mediana a gruesa. La ausencia de afloramientos de esta formación impide la descripción de las mismas, pudiendo únicamente diferenciarse en pozos en los cuales se describen entre 100 y 110 m de sedimentos depositados en tramo regresivo, las capas arenosas presentan espesores máximos de 60 centímetros (González. et. al. 2001). La Formación Tacuary presenta sedimentos de granulometría fina a muy fina, su contacto inferior con la Formación San Miguel representa la transición entre las litofacies con dominio arenoso a las litofacies con dominio arcilloso con presencia de capas de caliza oolítica y troncos de madera silicificada. Las capas arenosas poseen espesores entre 10 cm a 1 m y las capas arcillosas presentan espesores entre 1 cm a 1 m y se hallan intercalado con capas arenosas, este conjunto presentan formato plano paralelo y en parte sigmoidal. Dentro de este grupo de formaciones geológicas se encuentra el denominado

**acuífero Independencia**, aflora en una superficie aproximada de 9,200 km<sup>2</sup>, el resto se encuentra subyaciendo a la Formación Misiones. Pozos perforados presentan caudales de 10,000 - 18,000 l/h y caudal específico medio de 500 - 1,00 l/h/m. La calidad del agua es buena, presenta valores de STD 90 – 280 mg/l; Temperatura 15 – 22 °C; pH 7.0 – 9.2; C.E. 174 – 554 μS/cm; Cl<sup>-</sup> 0.1 – 20.4 mg/l, (SARO, 2001).

- b) Formación Misiones, sedimentaria de edad Triásica. La continentalización de la Cuenca del Paraná a partir del Pérmico Superior, deposita en las últimas facies regresivas areniscas continentales fluviales en proyección lateral y vertical a areniscas eólicas. Las areniscas fluviales presentan una granulometría media a gruesa decreciente, con granos subredondeados, pobremente cementados, con matriz altamente arcillosa o comúnmente friables y sacaroidal. Las areniscas eólicas poseen granulometría media a gruesa, de granos redondeados y muy bien seleccionadas, las areniscas tienen color rosado y en ocasiones son rojizas. En general son areniscas cuarzosas, homogéneas, con poco material arcilloso como matriz, poco cementados, friables, sacaroidal y localmente silicificados (González. et al. 2001). Está formación representa un acuífero regional de gran extensión llamado **acuífero Misiones** (Acuífero Guaraní). Con espesores que varían en el área de estudio entre 20 a 140 m. En parte explotada por pozos profundos y someros, producen caudales superiores a los 15,000l/h. La calidad del agua es buena, con valores aproximados de Temperatura 22.7 °C; pH 5.1; C.E. 10 μS/cm; Cl<sup>-</sup> 1.1 mg/l, (SARO, 2001).
- c) Suite magmática Alto Paraná de edad Cretácico inferior, representados principalmente por basaltos toleíticos y rocas alcalinas potásica, usualmente esta formación actúa como formación confinante.

Se pueden distinguir en la figura 3 los dos grupos principales en el área de estudio (ONU, 1986): a) *Acuífero local*, y, b) *Acuífero regional*.



**Figura 3. Unidades hidrogeológicas (tomado de SARO, 2001)**



Figura 3a. Sección geológica esquemática

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Considerando la posible interconexión hidrogeológica entre el Grupo Independencia y la Formación Misiones, en la zona de Villarrica (figura 3a.), se puede proponer un sistema hidrogeológico extenso y continuo que sugiere que el acuífero Independencia es un importante reservorio de agua subterránea, del cual es necesario conocer el funcionamiento del flujo subterráneo.

El entender que se tienen unidades geológicas de extensión regional, gran espesor (70 - 140 m.) y la existencia de subcuencas superficiales en estas unidades permite la interacción flujos de diferentes jerarquías. Esto implica la posibilidad que cambios en el uso del suelo en una subcuenca pueda afectar otra en diferentes intervalos de tiempo. La ausencia de descargas termales sugiere que los recursos hídricos subterráneos usados corresponden con aquellos de flujo local que son más vulnerables a los impactos producidos por el hombre y el conocer con más detalle el funcionamiento del agua subterránea permitirá realizar acciones que minimicen estos impactos que influyen tanto en los ecosistemas como en la salud humana..

## Agradecimientos

A la Red XVII-A Vulnerabilidad de Acuíferos, CYTED, al Proyecto ORDAZUR Secretaría del Ambiente-SEAM/Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales - BGR, a la Sra. Olga Marecos, por los apoyos financieros y técnicos.

## REFERENCIAS

- Carrillo-Rivera, J.J. 2000. Application of the groundwater-balance equation to indicate interbasin and vertical flow in two semi-arid drainage. *México Hydrogeology* (8), 503-520.
- González M., Cubas, N., Pasig, R. 2001. Mapa Geológico de la República del Paraguay, esc. 1:1,000,000 – Hoja Villarrica. *Texto explicativo*, 20-76.
- ONU 1986. Memoria del mapa hidrogeológico de la República del Paraguay, escala 1:1,000,000. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto PAR 83/005*; p. 80, Asunción.
- SARO 2001. Proyecto Sistema Ambiental de la Región Oriental. Informe Técnico Final, 27-41, San Lorenzo, Paraguay.
- Tóth, J. 1995. Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology*, 3-4:4-16.