

# Efectos de la urbanización creciente y descontrolada en la zona norte de la ciudad de Salta y el municipio de Vaqueros, Argentina

Emilce de las Mercedes López<sup>1</sup>

Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo (IRNED),  
Instituto de Bio y Geo Ciencias (IBIGEO), Universidad Nacional de Salta, Argentina

Fecha de recepción: 01/10/2010. Fecha de aceptación: 30/11/2010.

## Resumen

La ciudad de Salta y el municipio de Vaqueros han registrado un notable crecimiento demográfico en las últimas décadas, lo que constituye una amenaza para la calidad del agua de la región. El artículo determina mediante datos existentes, el efecto que a través del tiempo provocó la urbanización creciente y descontrolada sobre la calidad físico-química y microbiológica del agua subterránea. Las variables seleccionadas para ello fueron la presencia de microorganismos patógenos (bacterias coliformes) y la concentración de nitratos que se considera el contaminante más común en el agua subterránea. Se concluye existe una relación entre aumento de la población e incremento de la concentración de nitratos, debido a que la fuente principal de la contaminación son los tanques sépticos. Por lo tanto, debe considerarse cuidadosamente la necesidad de implementar sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento. Se hace urgente una planificación del uso del suelo que oriente el crecimiento urbano en el área de estudio.

## Palabras clave

Urbanización, acuífero, nitratos, contaminación bacteriológica.

## Effects of growing and uncontrolled urbanization in the northern region of Salta and Vaqueros in Argentina

### Abstract

*The city of Salta and the municipality of Vaqueros have shown a significant demographic growth over the last few decades, a growth that constitutes a threat to the region's quality of water. By means of analyzing current existing data, the article illustrates the effect that recent and uncontrolled urbanization has had on microbiological, physical and chemical quality of subterranean water through time. Accordingly, the variables selected were the presence of pathogenic microorganisms (coliform bacteria) and nitrate concentration in water, the latter being the most frequent pollutant of underground aquifers. It concludes that the relation between the increase of nitrate concentration and population growth is due to contamination caused by septic tanks, hence, the implementation of sewer systems and water treatment plants should be considered promptly, as well as a thorough land usage plan to control the growth of urban areas in the region focus of this study.*

### Keywords

*Urbanization, aquifers, nitrate concentration/ bacteriological contamination in water.*

.....  
<sup>1</sup>Ingeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Salta, Argentina.  
Candidata a Doctorado en Geoquímica Ambiental, Universidad Nacional de Salta, Argentina.  
emilce\_lopezyahoo.com.ar

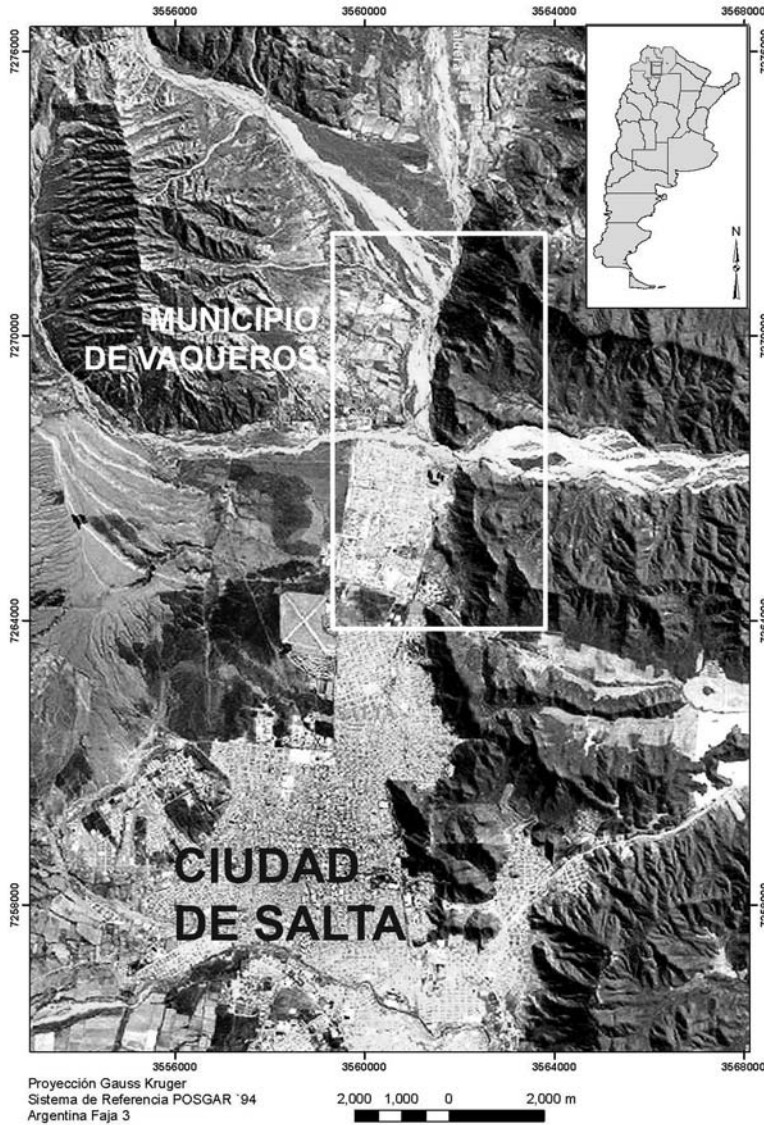


## Introducción

El Banco Mundial en el año 1995 emitió un documento denominado *Contaminación Ambiental en la Argentina, Temas y Opciones para su Gestión*, en el cual se describen aquellos problemas de contaminación de mayor relevancia en el país, y cuyo objetivo fue asistir al Gobierno en el desarrollo de una estrategia para encarar la contaminación ambiental. Según este informe la contaminación de las aguas subterráneas debe considerarse como el problema de contaminación más importante en la Argentina, debido a que la fuente principal de la contaminación son los tanques sépticos (o pozos sépticos) y, en menor medida, las aguas residuales industriales.

La ciudad de Salta enclavada en el Valle de Lerma, ha registrado un notable crecimiento demográfico en las últimas décadas. Como consecuencia de este aumento de la población surgen asentamientos urbanos irregulares, principalmente en la periferia del núcleo urbano, lo que ocasiona impactos negativos sobre el ambiente tales como la destrucción de los ecosistemas, el uso abusivo de la energía y el aumento en la generación de efluentes domiciliarios; lo que significa un serio riesgo para la calidad química y bacteriológica de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (Baudino, 1996). El abastecimiento de agua potable de la ciudad de Salta depende en un 70% de la explotación de recursos hídricos subterráneos. Además, sobre la zona de recarga del sistema acuífero, al norte de la ciudad, se ubican lagunas de estabilización de líquidos cloacales que reciben aproximadamente 4000 m<sup>3</sup>/día de efluentes a tratar (Da Silva Wilches, 2001). Actualmente el deficiente funcionamiento de este sistema se debe a que su capacidad máxima de diseño fue superada ampliamente por la expansión de los asentamientos poblacionales en la zona, situación que da lugar a problemas de malos olores y desborde de las lagunas en época estival.

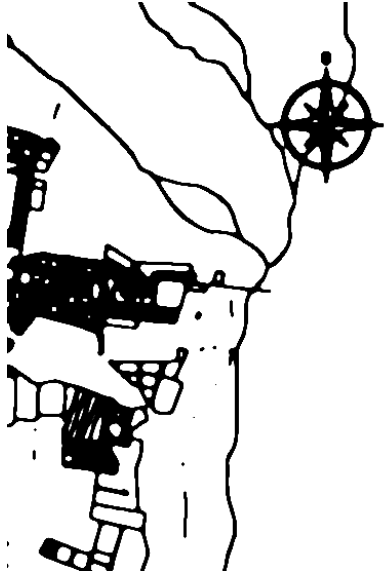
La ciudad de Salta limita al norte con la localidad de Vaqueros; este municipio ha experimentado, en los últimos años, una tendencia creciente en términos de urbanización y un efecto similar a lo que sucede en otras ciudades de Argentina y América Latina, donde debido a la vinculación con los grandes centros urbanos, se produce la migración de la población de las grandes ciudades hacia localidades vecinas. En el municipio de Vaqueros existen problemas de contaminación de aguas subterráneas, originados principalmente por la carencia de sistemas de eliminación de aguas residuales domésticas y en menor medida por las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona. Algunas actividades antrópicas, asociadas a ciertos tipos de contaminantes,



**Figura 1.** Área de estudio: norte de la ciudad de Salta y municipio de Vaqueros, Argentina  
**Fuente:** elaboración propia con base a Cartaimagen 2566ii IGM.

tendrán mayor probabilidad de contaminar un acuífero, por lo tanto son las cargas contaminantes las que determinan si existirá o no contaminación (Hirata, 2002). Asociamos el deterioro de la calidad del agua con la pérdida de su estado natural. Las variables más importantes consideradas para ello son: la presencia de microorganismos patógenos (coliformes totales y fecales), los parámetros físicos (turbidez, color, temperatura) y las características químicas (dureza, presencia de nitrógeno, metales, etc.) (UNESCO-OMS, 1978).

El artículo determina mediante datos existentes, el efecto que a través del tiempo, provocó la urbanización creciente y no planificada sobre la calidad físico-química y microbiológica del recurso hídrico en el área de estudio.



## Metodología

Con base en estudios realizados por distintos investigadores en un período de dos décadas (Igarzabal & Medina, 1991; Baudino, 1996, 2001; Da Silva Wilches, 2001; Moya, 2003; López, 2006; Kirschbaum & Baudino, 2007), y fotografías aéreas de las últimas cuatro décadas; se analizó la evolución urbana de la ciudad de Salta y del municipio de Vaqueros, haciendo énfasis en la contaminación de los acuíferos subterráneos de la zona, que por efecto de la expansión no planificada y la ausencia de servicios básicos de saneamiento se han visto severamente afectados en su calidad físico-química y microbiológica.

## Caracterización del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el Valle de Lerma (Figura 1) e involucra la zona norte de la ciudad de Salta, capital de la provincia homónima, y el municipio de Vaqueros, debido a la vinculación que existe entre ambos centros urbanos. El Valle de Lerma se caracteriza por presentar clima subtropical serrano, cálido, subhúmedo con estación seca (Bianchi & Yáñez, 1992). La temperatura media anual es de 17,9° centígrados según los registros de 57 años (1934-1990). Las precipitaciones de régimen estival se concentran entre los meses de noviembre a marzo. La estación meteorológica más próxima a la zona de estudio es la correspondiente al “Angosto-Río Mojotoro” ubicada a 1078 msnm, latitud 24° 44’ S y longitud 65° 16’ O, para la cual se estableció una precipitación media anual de 686 mm por año (años 1934-1990). El Valle de Lerma pertenece a la provincia hidrogeológica de “frente montañoso”. Los acuíferos que caracterizan esta provincia se encuentran en ambientes aluviales modernos situados al pie de un relieve montañoso, y la recarga depende principalmente de la infiltración de agua superficial en el área del piedemonte. La extensión de las cuencas hídricas superficiales que aportan a la recarga es mucho más importante que la del reservorio subterráneo, y estas cuencas se encuentran fuera de los límites del mismo (Baudino, 2001).



**Figura 2.** Fotografía oblicua de la zona de estudio, década de 1970.  
**Fuente:** Geólogo Teodoro Chafatinos.

## Evolución del asentamiento poblacional

Mediante el uso de sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes satelitales, etc.) es posible documentar la expansión del área de estudio desde 1969, época en la que no había ningún asentamiento urbano en la zona norte de la ciudad de Salta. La Figura 2 muestra la margen derecha del río Vaqueros, parte de la ciudad de Salta, que es un área inestable bajo riesgo de erosión e inundación, debido a que el antiguo cauce del río atravesaba la zona actualmente urbanizada (Igarzabal & Medina, 1991).

En las siguientes fotografías puede observarse la ocupación progresiva de la periferia de la ciudad de Salta, desde 1969 hasta llegar al registro fotográfico más reciente, correspondiente al año 2003 (López, 2006).



**Figura 3a.** Fotografía aérea del área de estudio en 1969.  
**Fuente:** fotografía N° 2.565-113-13, escala 1:35.000. IGM, 1969.

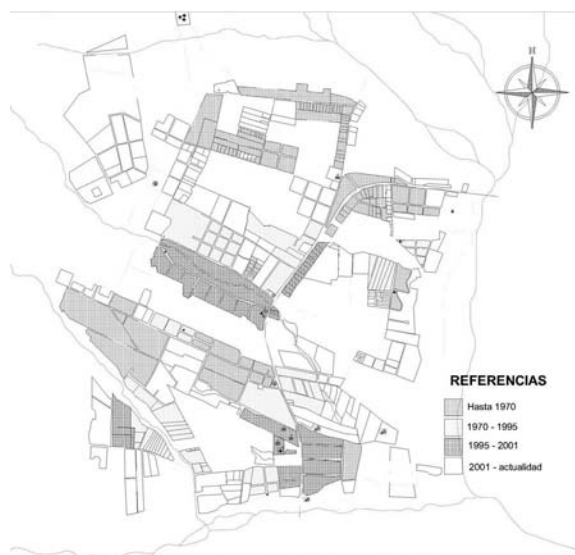


**Figura 3b.** Fotografía aérea del área de estudio. Año 2001.  
**Fuente:** levantamiento aero-fotográfico, fotografías N° 8 y 10, escala 1:10.000. IRNED, 2001.

**Figura 3c.** Fotografía aérea del área de estudio. Año 2003.  
**Fuente:** levantamiento aero-fotográfico, fotografía N° 72, escala 1:10.000. IRNED, 2003.



El incremento de la población en el municipio de Vaqueros (Figura 4) presenta una gran diferencia respecto a la población que se asentó en la zona norte de la ciudad de Salta, especialmente en cuanto al nivel de ingresos de la población. Los ciudadanos que constituyen los asentamientos periféricos de Salta se encuentran en general por debajo del nivel de pobreza; en cambio, los “nuevos” habitantes del municipio de Vaqueros lo eligieron en principio como lugar de esparcimiento, aunque la mayoría se estableció definitivamente debido a la cercanía con la ciudad de Salta, lo que denota en ellos un nivel de ingresos superior.



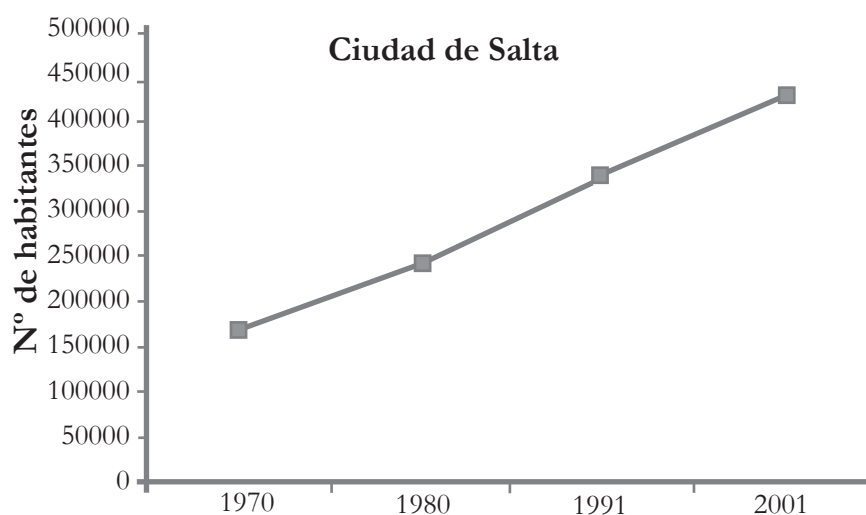
**Figura 4.** Evolución de la urbanización en el municipio de Vaqueros.  
**Fuente:** Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de la Nación (2007).

**Tabla 1. Crecimiento poblacional de la ciudad de Salta y del municipio de Vaqueros.**

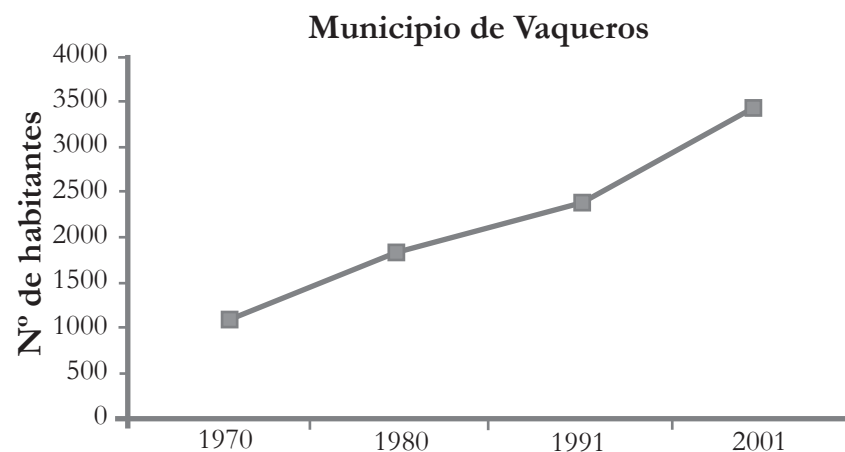
| Año                   | 1970    | 1980    | 1991    | 2001    |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Municipio de Vaqueros | 1.095   | 1.843   | 2.395   | 3.450   |
| Ciudad de Salta       | 182.770 | 263.377 | 369.463 | 464.478 |

Fuente: Dirección General de Estadísticas: Censo de población y vivienda. Provincia de Salta, Argentina.

El crecimiento de la población de la ciudad de Salta y del municipio de Vaqueros (Tabla 1) muestra una clara tendencia exponencial como puede apreciarse en los siguientes gráficos.



Fuente. Dirección General de Estadísticas: Censo de población y vivienda. Provincia de Salta, Argentina.

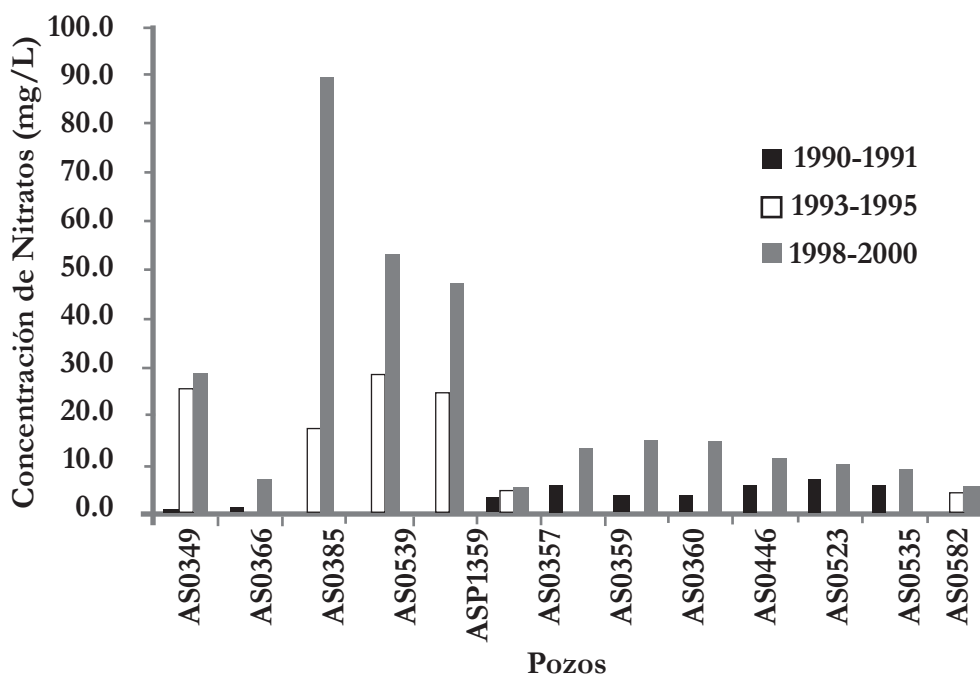


Fuente. Dirección General de Estadísticas: Censo de población y vivienda. Provincia de Salta, Argentina.

## Evolución del contenido de nitratos

El contaminante más común en el agua subterránea del área de estudio es el ion nitrato, debido a su estabilidad química, por lo tanto es un buen indicador de calidad ambiental. Hasta el año 1991, el agua subterránea extraída de los pozos profundos en la zona norte de la ciudad de Salta, no poseía limitantes físico-químicas para el consumo humano (Rocha & Baudino, 2002).

Rocha y Baudino (2002), en un estudio realizado a partir de datos existentes del período 1991-2000, provistos por la Dirección de Obras Sanitarias de la Provincia de Salta y por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, detectaron un incremento en las concentraciones de nitratos y cloruros en el agua de los acuíferos subterráneos que es utilizada para consumo humano en la zona norte de la ciudad de Salta. En la Figura 5 se observa el incremento de la concentración de nitratos en algunos de los pozos analizados por estos autores en la zona norte de la ciudad. Asimismo, en el período 2002-2003, Moya realizó una evaluación físico-química y microbiológica del agua para consumo en la misma zona, concluyendo que la concentración de nitratos fue el único parámetro que incrementó sus valores en dicho período. Los resultados de los análisis microbiológicos elaborados por Moya, no detectaron contaminación bacteriológica.



**Figura 5.** Variación de la concentración de nitratos en pozos de abastecimiento de agua para el consumo humano de la zona norte de la ciudad de Salta.

**Fuente.** elaboración propia a partir de datos de Rocha y Baudino (2002).



Kirschbaum y Baudino (2007) identificaron elevadas concentraciones de coliformes totales y fecales en muestras tomadas en pozos someros del acuífero libre de Vaqueros, todos ellos ubicados en el municipio de Vaqueros, y que proveen de agua para el consumo humano a muchos de sus pobladores. Según criterios bromatológicos, la sola presencia de estos microorganismos en el agua, es un indicador cualitativo de contaminación, por lo que aún niveles bajos de coliformes indican contaminación de tipo orgánico. La concentración de nitratos analizada en este trabajo resultó dentro de los valores normales.

## La urbanización y la presión sobre el recurso hídrico

El crecimiento urbano desordenado y no planificado provoca grandes presiones sobre el ambiente, principalmente sobre el recurso hídrico. El reemplazo significativo de la vegetación por superficies impermeables reduce los coeficientes de intercepción del agua de lluvia por parte del follaje, así como el promedio anual de evapotranspiración, y provoca alteraciones en los tiempos, tasas y volúmenes de recarga y descarga de los acuíferos subterráneos. El aumento del escurrimiento superficial ocurre como consecuencia de la disminución de la infiltración de los flujos de agua, y facilita las inundaciones y el desplazamiento de aguas contaminadas de fuentes puntuales (efluentes de aguas servidas) y difusas (jardines, cultivos agrícolas, calles) hacia ríos y arroyos.

El sistema más común de disposición de excretas domiciliarias, en las zonas periféricas de las grandes ciudades de América Latina, es el tanque séptico, debido a su bajo costo de construcción y a la imposibilidad de acceder, en muchas zonas, a una red apropiada de alcantarillado sanitario. No obstante, la disposición de excretas *in situ* ha sido identificada como una fuente de contaminación de aguas subterráneas, principalmente por microorganismos patógenos y por nitratos (Ureña, 2004).

Los asentamientos no planificados de la periferia de la ciudad de Salta cuentan con el servicio de agua potable pero no así con una adecuada red de eliminación de aguas residuales domésticas, por ello se asocia el incremento en las concentraciones de nitratos a la incorporación de filtrados del sistema de evacuación de aguas residuales domésticas (Rocha y Baudino, 2002), y su distribución sigue de manera general la dirección preferencial del flujo regional de agua subterránea.

En el caso del municipio de Vaqueros el aumento de la población y la expansión urbana implican un incremento en la demanda del servicio de agua potable y de alcantarillado. Sin embargo, el único sistema de

eliminación de excretas domiciliarias con el que cuentan los pobladores es el tanque séptico; y por la carencia de acueducto, la mayoría de las viviendas cuenta con un pozo somero (a nivel freático) para la extracción de aguas subterráneas, que se emplean para el consumo humano, el riego, el llenado de piscinas, etc. Por lo tanto, la contaminación de tipo orgánico (por coliformes fecales) en las aguas extraídas de los pozos someros, puede atribuirse a filtrados de los tanques sépticos.

## Conclusiones

A nivel urbano los resultados obtenidos por los diversos estudios realizados en la zona, demostraron que existe una relación directa, entre el aumento del contenido de nitratos en el agua de los acuíferos y el incremento descontrolado de la población que se instala en las afueras de la ciudad de Salta, y en el municipio de Vaqueros, de manera no planificada. De manera que es posible atribuir los aportes contaminantes principalmente a la utilización de sistemas ineficientes de eliminación de excretas domiciliarias, como los pozos sépticos a los que se recurre por la ausencia de redes de alcantarillado en estas zonas de expansión urbana.

Los resultados obtenidos en el área de estudio evidencian una contaminación generalizada del acuífero libre con bacterias coliformes. La presencia de coliformes fecales en los pozos someros, puso en evidencia que la mayoría de ellos están contaminados con materia fecal, probablemente proveniente de filtraciones de las cámaras sépticas (pozos sépticos), o debido a que el agua de los pozos someros es extraída a poca profundidad. Por su parte, los pozos profundos no presentan evidencias de contaminación orgánica (Moya, 2003).

Teniendo en cuenta que es inevitable el incremento de la urbanización en el Valle de Lerma, debe considerarse cuidadosamente la extensión de los servicios de saneamiento y agua potable a las áreas urbanas en expansión y a los asentamientos periurbanos de la ciudad de Salta que actualmente no los reciben, así como la implementación de un sistema adecuado de eliminación de aguas residuales domésticas en el municipio de Vaqueros.

Es necesaria la planificación de los usos del suelo que oriente el crecimiento urbano en el Valle de Lerma, y además, el desarrollo de investigaciones en la zona, para comprender mejor los mecanismos y procesos de incorporación de contaminantes que tienen lugar en este complejo sistema hidrogeológico.

## Referencias

- ◆ Banco Mundial (1995) *La contaminación ambiental en la Argentina: temas y opciones para su gestión*. World Bank Report N° 14070-AR.
- ◆ Baudino, Guillermo (1996) *Vulnerabilidad de los acuíferos del norte del Valle de Lerma, Provincia de Salta, Argentina*. Informe final de Beca Posdoctoral, CONICET. Salta, Argentina: inédito.
- ◆ Baudino, Guillermo (2001) *Relevamiento georreferenciado y clasificación de los pozos de agua subterránea en explotación, en función del riesgo actual o potencial de degradación del recurso hídrico subterráneo en las cuencas Arias-Arenales y Toro-Rosario. Provincia de Salta*. Informe final. Concejo Federal de Inversiones. Salta, Argentina: Inédito.
- ◆ Bianchi, A. R. & C. E. Yáñez (1992) *Las precipitaciones en el noreste argentino* (Segunda Edición). Salta, Argentina: Ediciones INTA, EEA.
- ◆ Da Silva Wilches, A. C. (2001) *Estudio de impacto ambiental de las lagunas de estabilización de Castañares y Ciudad del Milagro*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Argentina: Inédito.
- ◆ Hirata, Ricardo (2002) *Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas*. II Seminario-Taller. Protección de Acuíferos frente a la Contaminación: Caracterización y Evaluación. Ciudad de La Habana, Cuba. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Hirata2.html>
- ◆ Igarzabal A. P. & A. J. Medina (1991) La cuenca torrencial del Río Mojotoro; su evolución y riesgos derivados. Departamento La Caldera. Provincia de Salta. *Revista Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Jujuy*, N° 8: 123-144.
- ◆ Kirschbaum, Alicia & Guillermo Baudino (2007) Monitoring groundwater quality in the Vaqueros free Aquifer, Salta, Argentina. En: Olga E. Scarpati & Anthony Jones (Editores) *Environmental change and rational water use*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora S. R. L.
- ◆ López, Emilce de las Mercedes (2006) *Ordenamiento Territorial del sector norte del Valle de Lerma con base en el riesgo por inundación y anegamiento*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- ◆ Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de la Nación (2007) *Vaqueros un lugar con historia, sabores y diversidad*. Proyecto “Saberes locales e identidad escolar en Vaqueros”. Programa de Voluntariado Universitario –convocatoria 2007–. Salta: Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de la Nación.
- ◆ Moya, M. L. (2003) Evaluación físico química y microbiológica del agua subterránea para consumo humano en la zona norte de la ciudad de Salta. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- ◆ Rocha, Verónica & Guillermo Baudino (2002) Contaminación con nitratos en el norte de la ciudad de Salta Capital, Noroeste argentino. En: Bocanegra, E.; Martínez, D. & H. Massone (Editores) *Groundwater and human development*. XXXII Congreso de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Mar del Plata, Argentina.
- ◆ UNESCO-OMS (1978) *Water Quality Surveys*. París: UNESCO.
- ◆ Ureña Retana, Natalia (2004) *Efectos del aumento poblacional y del cambio de uso del suelo sobre los recursos hídricos en la Microcuenca del Río Ciruelas, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0449e/A0449e.pdf>

