



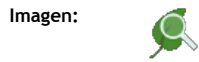
# Indicadores ambientales



# RECURSO HÍDRICO

# Tendencias en las concentraciones de nitratos y determinación de sus orígenes usando isótopos estables ( $^{18}\text{O}$ y $^{15}\text{N}$ ) en el agua subterránea de la parte oeste del Valle Central, Costa Rica

**Autores:** Dra. Jenny Reynolds Vargas; M.Sc. Julio Fraile Merino y Dr. Ricardo Hirata



**Descripción:**

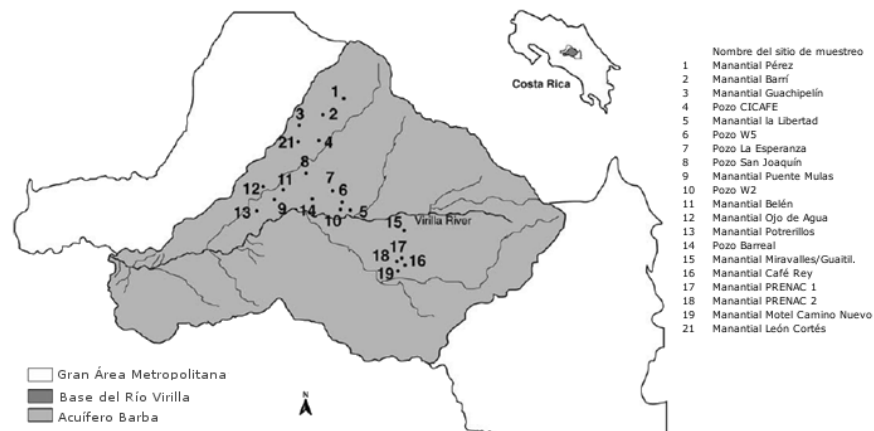
El nitrato es el contaminante más común en el agua subterránea y se deriva principalmente de la lixiviación de fertilizantes sintéticos y desde sistemas in situ de disposición de aguas negras, especialmente en áreas con una densidad poblacional media o alta (WHO 1996). En países en vías de desarrollo, así como en áreas rurales de naciones industrializadas, los hogares generalmente no se encuentran conectados a un sistema de alcantarillado sanitario centralizado; en su lugar, dependen de tanques sépticos o letrinas. El límite recomendado por las organizaciones mundiales de salud es de 10 mg/L de  $\text{NO}_3\text{-N}$  ó 45 mg/L de  $\text{NO}_3$  en agua para consumo (WHO 1996). El consumo de agua que contiene altas concentraciones de nitratos puede causar metemoglobinemia.

El nitrato es muy soluble en el agua y es fácilmente lixiviado de suelos con cargas negativas permanentes o de suelos con pH moderado a alto. Existe evidencia de la capacidad de adsorción de los suelos volcánicos como un mecanismo que contribuye a retardar la lixiviación del nitrato (Singh y Kanehiro 1969; Kinjo et al 1971). Sin embargo, la habilidad de estos suelos de retardar esta lixiviación es altamente variable (Reynolds-Vargas et al 1994). Además, las fuerzas electrostáticas que adsorben los nitratos son típicamente débiles, y su eficacia en la protección de la calidad del agua subterránea puede ser limitada.

En Costa Rica, más de 1 millón de personas depende del agua subterránea captada de los acuíferos de la parte oeste del Valle Central. Es decir, más del 60% de la población en las ciudades principales del Valle Central obtiene agua de estos acuíferos, porcentaje que puede aumentar hasta un 90% durante los próximos 10 a 15 años para satisfacer las demandas de la población en crecimiento (Reynolds-Vargas y Fraile 2002). La contaminación por nitratos en estos acuíferos ya se ha identificado como un problema potencial (BGS/SENARA 1988; Reynolds-Vargas y Richter 1995), no solo por los problemas que puede causar en la salud, sino también porque su presencia en el agua subterránea puede servir como un indicador indirecto de la presencia de otros contaminantes derivados de la actividad antropogénica.

## Metodología del indicador

Se llevó a cabo un estudio para evaluar las tendencias a largo plazo en las concentraciones de nitrato y para tratar de identificar el origen del nitrato usando isótopos estables ( $^{15}\text{NNO}_3^-$  y  $^{18}\text{ONO}_3^-$ ). Los muestreos se realizaron periódicamente en 20 sitios por 4 a 17 años (Figura 1).



## Indicadores

Los datos indican que hay un aumento significativo ( $p < 0.01$ ) en las concentraciones de nitratos en cinco de los 20 sitios muestreados. Tres de estos cinco puntos, extraen agua del acuífero Barba y fueron muestreados por más de 12 años (Figura 1): manantial Guachipelín y pozo CICAFAE, ubicados en áreas bajo cultivo intensivo de café, y manantial Ojo de Agua, el cual tiene aproximadamente el 50 por ciento de su Zona de Contribución (ZOC) bajo uso urbano. Los resultados de análisis isotópicos (Cuadro 3) indican una relación entre los patrones de uso de suelo y la identidad isotópica del nitrato en el agua subterránea, lo que sugiere que los procesos de urbanización sin los sistemas adecuados de disposición de desechos, seguido por las prácticas de fertilización del café, están amenazando la calidad del agua en la región. Las concentraciones más altas de nitratos (mayores a 4 mg/L  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) fueron observadas en áreas urbanas y semiurbanas que carecen de sistemas de alcantarillado, mientras que pozos y manantiales localizados en áreas agrícolas muestran una concentración de nitratos promedio de 2.0 mg/L.

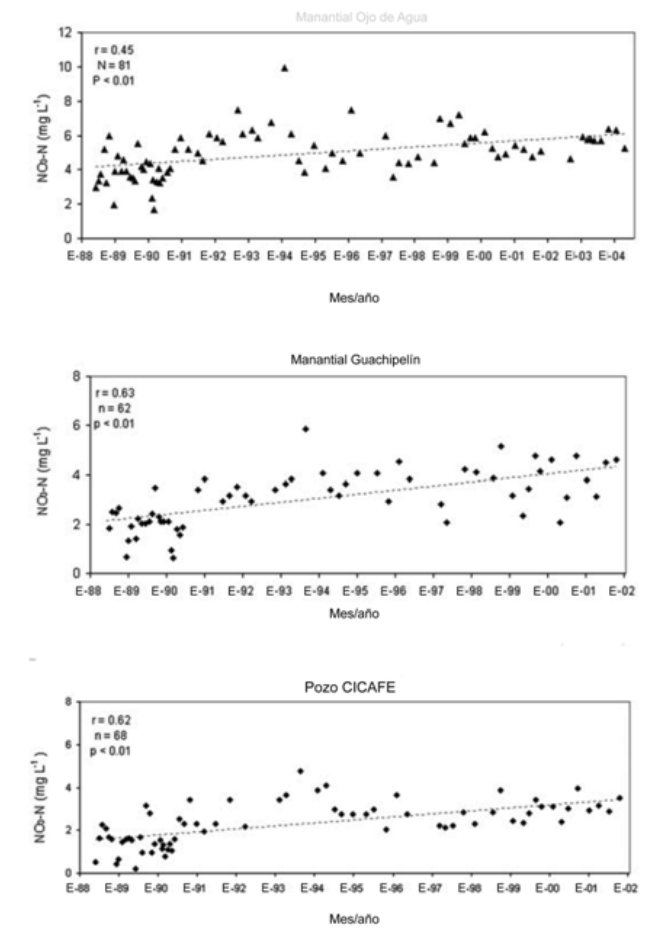


Figura 1. Tendencias en las concentraciones de nitrato en los manantiales de Ojo de Agua y Guachipelin y en el pozo CICAPE.

#### Interpretación del indicador

Aunque las concentraciones de nitratos superiores a las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (10 mg/L de NO<sub>3</sub>-N) no fueron encontradas con regularidad, la tendencia encontrada en varios sitios muestreados es ciertamente preocupante. Se estima que los cinco sitios que presentan un aumento significativo van a exceder las concentraciones de nitratos máximas recomendadas dentro de un periodo que varía entre los 10 a 40 años. Se concluye que el manejo del agua subterránea en esta área no es sostenible, y que los procesos de cambio del uso del suelo de actividad agrícola a la ocupación residencial carente de los sistemas de disposición de aguas negras pueden causar un incremento significativo en la carga del contaminante nitrato.

La protección del agua subterránea requiere no sólo de información científica, sino también de decisiones políticas acompañadas de inversiones económicas considerables para implementar sistemas de alcantarillado sanitarios adecuados. Se hace necesaria más investigación para una mayor comprensión de los mecanismos involucrados en la contaminación del agua subterránea en este complejo sistema hidrogeológico. Algunas acciones urgentes recomendadas son el monitoreo continuo y la definición de áreas de protección para pozos y manantiales.

#### Bibliografía

- WHO. 1996. Guidelines for Drinking Water Quality (2nd ed., Vol. 2). Health Criteria and Other Supporting Information. World Health Organization, Geneva, pp. 313-324.
- Singh, B.R. and Kanehiro, K. 1969. Adsorption of nitrate in amorphous and kaolinitic Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 33, 681-683.
- Kinjo, T., Pratt, P.F. and Page, A.L. 1971. Nitrate adsorption: III. Desorption, movement, and distribution in Andepts. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35, 728-732.
- Reynolds-Vargas, J., Richter, D.D. and Bornemisza, E. 1994. Environmental impact of nitrification and nitrate adsorption in fertilized Andisols in the Valle Central of Costa Rica. *Soil Sci.* 157, 289-299.
- BGS/SENARA. 1988. The continuation of hydrological investigations in the north and east of the Valle Central, Costa Rica: Final Report 1984-1987. British Geological Survey Technical Report WD/88/13R, London, England.
- Reynolds-Vargas, J. and Richter, D.D. 1995. Nitrate in groundwaters of the Central Valley, Costa Rica. *Environ. Int.* 21, 71-79.

## Información de contacto

Laboratorio de Hidrología Ambiental  
Apartado 86-3000. Heredia, Costa Rica  
Tel/fax: (506) 260-2715  
[hidroam@una.ac.cr](mailto:hidroam@una.ac.cr)



[Laboratorio de Hidrología Ambiental](#)

### Este indicador debe citarse de la siguiente forma:

Reynolds, J., J. Fraile Marino & R. Hirata. (2006). Tendencias en las concentraciones de nitratos y determinación de sus orígenes usando isótopos estables ( $^{18}\text{O}$  y  $^{15}\text{N}$ ) en el agua subterránea de la parte oeste del Valle Central, Costa Rica. Universidad Nacional: Heredia. Recuperado de: [http://www.una.ac.cr/observatorio\\_ambiental/index.php?option=com\\_booklibrary&task=view&id=13&catid=43&Itemid=37](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=13&catid=43&Itemid=37)

Observatorio Ambiental  
Dirección de Investigación, Universidad Nacional de Costa Rica  
Apartado postal: 86-3000. Teléfono: (506) 2277-3115