

# La zeolita en la mitigación ambiental

Fáber de Jesús Chica Toro<sup>1</sup>/ Lina María Londoño Benítez<sup>2</sup> / María Isabel Álvarez Herrera<sup>2</sup>

Línea de investigación: Tratamiento de suelos. Grupo de investigación GAMA y Semillero de investigación SIGMA

## The zeolite in the environmental mitigation.

### Resumen

La utilización de agroquímicos en la actividad agrícola, como los fertilizantes, genera un impacto ambiental negativo cuando los iones disueltos en éstos pasan directamente a las aguas subsuperficiales a través de los lixiviados edáficos. La adición de zeolita, una arcilla natural, crea una malla molecular capaz de retener iones en el suelo, haciendo que el sistema suelo-planta sea más eficiente en términos de mayor producción por unidad de área y de menor contaminación del recurso hídrico de los acuíferos.

**Palabras clave:** Zeolita. Contaminación. Suelo. Agua. Fertilizante.

### Abstract

The use of chemical products in the agricultural activity, as the fertilizers, generates a negative environmental impact when the ions dissolved in those fertilizers pass directly to the underground waters through the edaphic lixiviations of the soil.

The addition of zeolite, a natural clay, creates a molecular layer able to retain ions in the soil, making the soil-plants system more efficient in terms of higher production per area unit and less contamination of the water from the aquifers.

**Key words:** Zeolite. Contamination. Soil. Water. Fertilizer.

## Introducción

A partir de la “revolución verde”, finales de la década de los cuarenta; una creciente población en condiciones de hambruna ocasionó que la tecnología estuviese dirigida a lograr sistemas agropecuarios altamente eficientes, ello conllevó, entre varios aspectos, a un alto suministro de insumos para los individuos en producción –plantas y animales- con fines de incrementar su rendimiento. Parte del manejo agronómico, que pretende lograr esta máxima expresión genética en vegetales, es el uso de fertilizantes; sin embargo, la eficiencia de la fertilización no sólo se refleja en altas producciones de los cultivos, ambientalmente también puede ser analizada respecto al grado de contaminación que produz-

ca. Esta actividad de suministrar sales a la planta a través del suelo, sobre todo en la zona tropical, conlleva a que los lixiviados edáficos estén altamente cargados de iones, convirtiéndose en factor contaminante de las aguas subterráneas, ya que este medio se considera como un manto transmisor de agua y en tanto regulador del ciclo hidrológico <sup>1</sup>, además de ser un filtro natural esencial para la purificación del recurso agua.<sup>2</sup>

Los nutrientes suministrados a las plantas a través de los fertilizantes deben almacenarse en el suelo, de lo contrario se tienen sistemas productivos de baja eficiencia, bien sea porque se deben aportar grandes cantidades, lo cual además lo haría muy costoso; o porque lo que se suministra se fija o se lixivia.

<sup>1</sup> Ingeniero agrónomo, M. Sc. de la Universidad Nacional de Colombia. Profesor de la Facultad de Ingenierías de Corporación Universitaria Lasallista/ <sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Corporación Universitaria Lasallista

Correspondencia: Fáber Chica Toro. email: fchica@unal.edu.co

Fecha de recibo: 24/04/2006; Fecha de aprobación: 20/06/2006

Existen varias causas por las cuales los agroecosistemas son ineficientes y en consecuencia altamente contaminantes. La primera se refiere a la calidad, en términos de las propiedades físicas y químicas, que posean los suelos. En general la retención de nutrientes en el suelo depende la cantidad de cargas negativas por unidad de superficie que posea la fracción sólida del suelo denominada capacidad de intercambio catiónico (CIC):<sup>3</sup> a mayor CIC mayor retención, mayor disponibilidad de iones para las plantas y menor lixiviación de éstos. Otro aspecto importante se relaciona con la eficiencia de los fertilizantes. Varios autores<sup>4,5</sup> aseguran que de los elementos suministrados, cerca del 50% y hasta un 70% salen del sistema suelo en los lixiviados antes de poder ser tomados por las plantas, debido a que éstas no los toman todos a un mismo tiempo, y el suelo no es capaz de retenerlos para una continua absorción radicular.

El planteamiento tendiente a optimizar los recursos utilizados para incrementar las producciones de una manera amigable con el medio ambiente, sería aumentar la concentración de iones disponibles para la absorción de las plantas, ello puede lograrse creando una malla molecular natural capaz de incrementar la CIC y con ello generar una mayor retención de iones en el suelo, lo cual generaría un stock de elementos aprovechables para un óptimo desarrollo de las plantas, además de disminuir su concentración en los lixiviados que llegan hasta los acuíferos.

Las causas más frecuentes de contaminación se deben a la actuación antrópica, que la desarrolla sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.<sup>6</sup> De igual forma que el ser humano contamina, debe descontaminar y propender por la menor alteración de su entorno. Así, a la vez que se requiere crear mayor bienestar, en términos de calidad de vida alimentaria, también se deben desarrollar alternativas que mitiguen las acciones nocivas producto de su propio desarrollo.

## Contaminación freática

Toda agua que pasa a través del perfil del suelo llegará necesariamente a convertirse en un lixiviado, el cual terminará vertiéndose en un acuífero o en aguas subterráneas, que a su vez

enriquecerán otras fuentes, así la calidad de los lixiviados determinará finalmente, en gran medida la calidad del recurso hídrico. Al respecto existen reportes acerca de que la principal causa de contaminación de las aguas subterráneas en Galicia (España), son las actividades que vierten desechos como purines y fertilizantes.<sup>7</sup> En un estudio realizado por estos autores encontraron que de 70 muestras evaluadas, 16 superaron los umbrales de potabilidad permitidos de concentración de nitratos, además que el resto de las muestras están en los niveles próximos de concentración considerados como perjudiciales para el ser humano.

La contaminación de las aguas subterráneas por nitratos es un problema ambiental asociado a la actividad agrícola. Esta afirmación se basa en los resultados obtenidos al aplicar dosis crecientes de fertilizante nitrogenado al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* spp). Al adicionar cuatro dosis al cultivo se encontró que la concentración de nitratos en los lixiviados fue proporcional a las dosis de fertilizantes evaluadas.<sup>8</sup>

Estudios realizados en el acuífero que abastece el acueducto de la ciudad de Puebla-México y un distrito de riego de aproximadamente 82 000 hectáreas, arrojaron resultados negativos en cuanto a la calidad del agua extraída del subsuelo. Los investigadores reportan altos niveles de nitratos, hierro, materia orgánica, cobre, entre otros elementos, que califican como altamente contaminada el agua utilizada, tanto para la población, como para los cultivos.<sup>9</sup>

## Zeolita

La zeolita es un aluminosilicato hidratado cristalino (arcilla) con estructuras tridimensionales, caracterizados por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ , así como diversos compuestos de fosfatos, amonio y componentes de la materia orgánica.<sup>10</sup> Posee una estructura tridimensional rígida (similar a un panal de abejas) conformado por una red de túneles interconectados creando un amplia área superficial para realizar el intercambio catiónico y la adsorción de humedad. Esta última puede en-

trar y salir de la armazón tridimensional sin variar la estructura de la arcilla.

Existen cerca de 50 tipos de zeolita (Clinoptilolita, Mordenita, Chabazita, Phillipsita, Haulandita, etc), en cada una de ellas varían sus propiedades físicas y químicas originando diferentes densidades, selectividad catiónica y tamaño de los poros. Por ejemplo la Clinoptilolita, la cual es una de las zeolitas más comúnmente utilizadas, tiene un 16% más de volumen de poros que la Analcima.<sup>10</sup> Estas características redundan en que no todos los objetivos de los tratamientos pretendidos con zeolitas resultan adecuados si no se conoce el tipo de material a utilizar para cada actividad en particular.

## Investigaciones con zeolitas

La adición de zeolitas a los suelos incrementa, tanto la CIC como el pH en la mayoría de los casos en que es utilizada. Por ejemplo, medios ricos en zeolitas fueron adicionados a suelos ácidos podzólicos (arenosos) en Ucrania en tasa de 0 37,5 Mg ha<sup>-1</sup>. La adición de 35 Mg ha<sup>-1</sup> de zeolita incrementó la CIC de 6,1 cmol(+) kg<sup>-1</sup> a 11,2 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Los rendimientos de papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum vulgare* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.) se incrementaron hasta en un 79% frente a tratamientos sin adición de zeolitas.<sup>11</sup>

Ensayos realizados adicionando zeolita a la urea (fertilizante nitrogenado) evidenciaron que se puede lograr una reducción de las pérdidas de este elemento en más de un 30% sin afectar cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) y papa (*Solanum tuberosum*). Se evaluó el efecto de la aplicación de urea mezclada con zeolita al 15, 20 y 30%, frente a dosis de sólo urea. Se encontró que en todos los tratamientos la combinación zeolita + urea favoreció la acumulación de N en la planta hasta en un 26% respecto de los tratamientos con sólo urea.<sup>12</sup>

La retención de agua por parte de las zeolitas coadyuva a disminuir la concentración de nitratos presentes en la lixiviación del suelo. En terrenos con aplicación de zeolita se observa una retención de los nitratos hasta de 15 semanas, frente a las 5 semanas que es retenido por un terreno sin aplicación de zeolitas. Así se eviden-

cia que la retención de agua por parte de la zeolita propicia un medio de mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas ya que el agua es el vehículo de transporte en la absorción radicular.<sup>13</sup>

En el suelo no sólo se encuentran cantidades importantes de iones provenientes de los fertilizantes, algunos agroquímicos tipo pesticidas, fungicidas, herbicidas, etc., contienen metales pesados que deterioran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La adición de zeolita en cantidad de 2.5 g por cada 250 g de suelo es suficiente para remover la contaminación causada con P, Cu y Zn hasta niveles inocuos para plantas y otros organismos.<sup>14</sup>

Existen trabajos dirigidos a investigar la eficiencia de la zeolita, ya no en el suelo, sino como filtro purificador de agua provenientes de sistemas de alto consumo de agroquímicos. Aguas recogidas en la región de la quebrada La Aburrá del municipio de Medellín (Antioquia, Colombia) fueron tratadas con este mineral, encontrándose que la zeolita es altamente eficiente en la remoción de metales pesados y residuos de pesticidas presentes en las aguas residuales evaluadas.<sup>15</sup>

Igualmente se reportan algunas investigaciones evaluando diferentes presentaciones de zeolita. Para el tratamiento de aguas residuales en lechos fijos este material en polvo presenta dificultades al ocasionar una caída de presión muy alta y al mantenerse mucho tiempo en suspensión, sin embargo su peletización no parece modificar las propiedades de intercambiador iónico, ni su adsorción de humedad. Esto hace de la zeolita un material muy versátil para su utilización en diferentes medios logrando un mismo efecto descontaminante.<sup>16</sup>

## Conclusiones

- Por su alto poder adsorbente la zeolita funciona con éxito en la descontaminación de medios edáficos y acuáticos, entre otros. Pudiendo ser utilizada para el tratamiento benéfico de suelos y aguas con presencia de metales pesados.
- La zeolita, al ser altamente hidrofílica, facilita la absorción de nutrientes por las plantas, ya

que éstos son tomados por las raíces disueltos en agua.

- Al mejorar la eficiencia de los fertilizantes, mediante la utilización de zeolitas, se disminuye la cantidad de éstos aplicados al suelo y con ello se logra bajar los niveles de contaminación ambiental edáfica.
- El aumento en la retención de iones en el suelo posiblemente genere una disminución en los niveles de contaminación de lixiviados producto de las actividades agropecuarias, con ello una menor contaminación de aguas subsuperficiales.
- El uso de zeolita modifica favorablemente propiedades químicas, como la capacidad de intercambio catiónico, sin alterar otras propiedades físicas de los suelos.

## Referencias

1. ZAPATA, R. D. Química de los procesos pedogenéticos del suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2002. 128p.
2. SCHLESINGER, W. H. Biogeoquímica, un análisis del cambio global. Ed. Ariel S. A; 2000.
3. BOHN, H. L. McNEAL, B. L. y O'CONNOR, G. A. Química del suelo. México: Limusa, 1979. 360p.
4. BERTSCH, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo; 1998. 163 p.
5. BARBER, S. A. 1995. Soil nutrient bioavailability, a mechanistic approach. New York: John Wiley & Sons; 1995. 414p.
6. GARCÍA, I. Contaminación del suelo e impacto ambiental. [Fecha de acceso: 25 de octubre de 2005]. URL disponible en <http://www.edafologia.ugr.es/conta/tema11/concep.htm>.
7. MOLINEIRO, H. J. SORIANO, H. G. y SAMPER C. J. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en Galicia: situación actual y estudio de detalle en la cuenca del Valiñas. [Fecha de acceso: 22 de octubre de 2005]. URL disponible en <http://www.aguasigme.es/igme/publica/pdf/lib3/molineiro.pdf>.
8. ADROVER, F. M. VERA, C. J. SÁNCHEZ, F.A. MAYOL, C. B. ROSELLÓ, V. J. y VADEL, A. J. Fertilización nitrogenada en el cultivo de la patata y contaminación de aguas subterráneas. 2003. [Fecha de acceso: 22 de octubre de 2005]. URL disponible en [http://www.us.es/ciberico/archivos\\_acrobat/sevilla](http://www.us.es/ciberico/archivos_acrobat/sevilla)
9. DOMÍNGUEZ-MARIANI, E. y CARRILLO-CHÁVEZ, A. Reuso de agua residual en el distrito de Velsaquillo, Puebla. Barcelona. [Fecha de acceso: 4 de julio de 2006]. URL disponible en <http://www.ugm.org.mx/pdf/geos02-2/GGA02-02.pdf>.
10. CLEAR AIR TECHNOLOGY CENTER (CATC). 1999. [Fecha de acceso: 21 de octubre de 2005]. URL disponible en <http://www.epa.gov/ttn/catc>
11. DOUGLAS, W. M. 2001. Natural zeolitas: ocurrencia, propiedades, aplicaciones. Review in MINERALOGY & GEOCHEMISTRY. Mineralogical Society of America, Geochemical Society. VOL. 45.
12. JOHN, C. M. DEL VALLÍN, G. y DUEÑAS, G. Eficiencia de la zeolita como aditivo de la urea en los cultivos de papa y tomate. [Fecha de acceso: 19 de julio de 2006]. URL disponible en <http://www.cursosenlinea.cu/eventos/v/tecnomat/compuesto/Eficiencia%20de%20zeolita%20como%20aditivo%20de%20la%20urea.doc>.
13. DE LA TORRE SÁNCHEZ, M. L. GRANDE GIL, J. A. y SAINZ SILVAN. Uso de zeolitas en plantaciones de alto rendimiento como mejorante del suelo. [Fecha de acceso: 9 de enero de 2006]. URL disponible en <http://www.estremadura-web.com/olivarintensivo/modules.php>.
14. HIGUITA MONTENEGRO, E. C. y RESTREPO VILLA, M. Evaluación de la recuperación de suelos contaminados por metales pesados utilizando zeolita. Medellín,

2001. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera química. Universidad Pontificia Bolivariana. 150 p.
15. ESCOBAR HIGUITA, L. M. KUAN DUQUE, Y. C. y LÓPEZ CAMPUZANO, D. M. 2002. Recuperación de aguas contaminadas por agroquímicos provenientes de las veredas de la regional de La Aburra para su reúso o disposición final. Medellín, 2002. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera química. Universidad Pontificia Bolivariana. 120 p.
16. BUSTAMANTE ATEHORTUA, P. 2000. Pelletización y evaluación de zeolita NA-A para su aplicación como adsorbente intercambiador iónico. Medellín, 2000. Trabajo de grado para optar al título de ingeniera química. Universidad Pontificia Bolivariana. 101 p.