

El nitrato es un contaminante común en las aguas subterráneas. Las aguas subterráneas con una contaminación excesiva por nitratos pueden tener efectos inmediatos y a largo plazo sobre la salud. En Estados Unidos las aguas subterráneas suministran aproximadamente el 50 % del agua potable. La mayoría de los suministros de agua privados provienen de pozos o manantiales. En esta publicación se abordará la norma de nitratos en el agua potable, pruebas de agua, fuentes de nitratos, reducción del riesgo de contaminación por nitratos y los métodos de tratamiento de aguas subterráneas.

Nivel máximo de contaminante

El nivel máximo de contaminante (MCL, por sus siglas en inglés) de nitratos en agua potable es de 10 ppm o 10 mg/L de nitrógeno-nitrato ($\text{NO}_3 - \text{N}$). La exposición prolongada a concentraciones dos o tres veces superiores al MCL puede producir un aumento de la metahemoglobina, sin manifestarse externamente, sin embargo, provoca estrés, mismo que puede atribuirse a otras causas. Las mujeres embarazadas y las personas con problemas de salud deben protegerse de las fuentes con alto contenido de nitrato. El efecto a largo plazo se produce cuando el nitrato supera el doble del MCL. El nitrito es inestable en el medio ambiente, por lo que rara vez existe en las aguas subterráneas en concentraciones superiores al MCL.

Preocupación por el nitrato en la salud humana

La preocupación inmediata para la salud es la conversión del nitrato en nitrito en el tracto digestivo por las bacterias reductoras de nitrato. El nitrito se absorbe fácilmente en la sangre, donde se combina con la hemoglobina que transporta el oxígeno y forma metahemoglobina, la cual no puede transportar el oxígeno. La reducción resultante del suministro de oxígeno a los tejidos corporales produce estrés físico. En los bebés, esta afección se denomina metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul, debido al color azul alrededor de los ojos y la boca.

Los bebés, los seres humanos y los animales son los más susceptibles al envenenamiento por nitrato porque las bacterias que convierten el nitrato en nitrito abundan en sus sistemas digestivos. Cuando un niño tiene 6 meses, el sistema digestivo produce ácidos que impiden que las bacterias reductoras de nitrato incrementen, lo que reduce el riesgo en gran medida.

Salud animal y nitratos

Los animales responden de manera similar, sin embargo, su tracto digestivo puede madurar más rápidamente que los humanos. Los animales rumiantes de mayor edad, como las ovejas, el ganado vacuno y las cabras tienen un sistema digestivo diferente que permite que las bacterias reductoras de nitratos se desarrollen. Los caballos tienen un ciego grande donde también prosperan las bacterias reductoras de nitratos. Los efectos de los altos niveles de nitratos en el ganado incluyen tasas reducidas

de concepción, abortos espontáneos, tasa reducida de ganancia y bajo rendimiento en vacas lecheras, incluyendo una menor producción de leche.

Importancia de las pruebas de agua

Se recomienda realizar pruebas de agua para medir los niveles de nitrato ya que estos son insípidos, inodoros e incoloros. Además es recomendable realizar pruebas de nitrato al menos una vez al año para todos los suministros de agua privados destinados al consumo humano y de ganado. Si se sospecha la presencia de nitrato en el agua potable, es esencial tomar varias muestras y analizarlas anualmente para garantizar la seguridad del agua. Las muestras de agua deben recolectarse y enviarse de acuerdo con las instrucciones de un laboratorio certificado. Es preferible que realice las pruebas en un laboratorio certificado por el Departamento de Salud y Medio Ambiente de Kansas (KDHE, por sus siglas en inglés). Puede encontrar una lista de laboratorios en: www.kdhe.ks.gov/1286/Environmental-Laboratory-Accreditation. Los laboratorios certificados para realizar pruebas de agua potable informan los niveles de nitrógeno-nitrato ($\text{NO}_3 - \text{N}$). Los informes de análisis de alimentos de algunos laboratorios pueden incluir los niveles de nitrato (NO_3). Existe una diferencia entre los niveles de nitrógeno-nitrato y nitrato. Para convertir NO_3 en $\text{NO}_3 - \text{N}$, divida por 4.5. Por ejemplo, 45 mg/L NO_3 equivalen a 10 mg/L $\text{NO}_3 - \text{N}$.

Nivel de nitrato en aguas subterráneas

El nitrato, tanto de origen natural como de actividades humanas, es un contaminante común de las aguas subterráneas. Los investigadores coinciden en que las concentraciones naturales de nitrato y nitrógeno en aguas subterráneas rara vez superan las 3 o 4 ppm. Las encuestas nacionales de agua de pozo realizadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) mostraron que el 3% y el 6% de los pozos, respectivamente, tenían concentraciones de nitrato superiores al MCL. Si bien los datos nacionales indican que la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato no es común en todas las áreas, los datos recopilados en Iowa, Kansas y Nebraska revelaron áreas localizadas donde el nitrato en el agua de pozo por encima del MCL es más común que a nivel nacional.

Fuentes de nitrato

Para comprender las fuentes de nitrato y cómo llega el nitrato a las aguas subterráneas es necesario conocer el ciclo del nitrógeno y la recarga de las aguas subterráneas. En todo el mundo, el nitrógeno es el nutriente vegetal más limitante para la producción de cultivos. Desde tiempos remotos, las personas han añadido nitrógeno a los cultivos mediante el uso de desechos animales, desechos humanos, legumbres o fertilizantes.

El nitrógeno es parte natural del medio ambiente. El aire que respiramos está compuesto en más de un 78 % por nitrógeno gaseoso. El nitrógeno se acumula en el suelo durante el proceso de formación del suelo. Los suelos de praderas vírgenes contienen hasta 6.000 a 10.000 libras por acre de nitrógeno ligado orgánicamente. Una vez que estos suelos se labran para cultivar, el contenido de materia orgánica comienza a disminuir. A medida que la materia orgánica se oxida, el nitrógeno se libera principalmente como nitrato. La lixiviación es el movimiento descendente del agua con nitrato a través del suelo. Si el cultivo en crecimiento no utiliza el nitrato, está sujeto a la lixiviación hacia aguas subterráneas.

La figura 1 muestra que el nitrógeno ingresa al ciclo desde varias fuentes. Este ciclo opera tanto en ecosistemas naturales como en ecosistemas de cultivo. En la mayoría de los ecosistemas naturales, el nitrógeno suele escasear y su reciclaje es eficiente, con pocas pérdidas. Sin embargo, en algunos ecosistemas, el nitrógeno es abundante y el potencial de pérdida es alto, lo que explica por qué las aguas subterráneas en algunos ecosistemas naturales pueden tener un alto contenido de nitrato.

En la agricultura de cultivo, especialmente en tierras de regadío, se utilizan mayores aportes de nitrógeno para obtener mayores rendimientos de los cultivos, la eficiencia del uso del nitrógeno es menor y el potencial de pérdidas de nitrógeno en las aguas subterráneas es mayor. El nitrógeno que no se elimina a través de la cosecha de los cultivos puede llegar a las aguas subterráneas en forma de nitrato.

Fuentes de nitrógeno. El estiércol animal, los desechos humanos, el compost, los desechos orgánicos, cultivos de leguminosas y cultivos de cobertura son fuentes orgánicas de nitrógeno. Antes que las plantas puedan utilizar el nitrógeno, este debe convertirse en amonio (NH_4) o nitrato (NO_3). Algunos fertilizantes nitrogenados se encuentran en forma de nitrato, pero la mayoría de los fertilizantes se encuentran en forma de amonio.

El nitrato es soluble en agua y de esta manera (con el agua) se desplaza a través del perfil del suelo. El amonio es soluble en agua, pero se absorbe con fuerza en los sitios de intercambio del suelo. El nitrógeno amónico, independientemente de la fuente inicial, se convierte rápidamente en nitrato por las bacterias del suelo a temperaturas superiores a los 50 grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Cuando se añade nitrógeno al suelo, ya sea de fuentes orgánicas o inorgánicas, se convierte en parte del ciclo del nitrógeno. Cuando los aportes totales de

nitrógeno superan la cantidad utilizada por las plantas, el nitrato se acumula en el suelo y puede filtrarse a las aguas subterráneas.

El nitrógeno se pierde del sistema por extracción sólido/líquido, desnitrificación, volatilización e inmovilización. Desde el punto de vista de la calidad de las aguas subterráneas, la lixiviación es la única preocupación. El potencial de lixiviación de nitratos varía según el tipo de suelo y las precipitaciones o el riego. Los suelos arenosos sometidos a fuertes precipitaciones o riego tienen un alto potencial de lixiviación. El movimiento descendente de nitratos a través de los suelos ocurriría antes de la presencia humana, por lo que, no es realista esperar eliminar este movimiento. La aplicación de fertilizantes que exceden los requerimientos de los cultivos y la mala gestión de cualquier fuente de nitrógeno pueden aumentar el potencial de lixiviación de nitratos.

Recarga de agua subterránea. El agua subterránea es el agua que se encuentra debajo de la superficie de la tierra y que llena o satura los espacios entre las partículas de roca y suelo. La parte superior de esta zona saturada se denomina nivel freático. Aunque el agua subterránea parece estar atrapada en formaciones geológicas, hay cierto movimiento. Una zona saturada que contiene suficiente agua y permite un óptimo movimiento para abastecer pozos se denomina acuífero.

La cantidad de agua que ingresa al suelo y finalmente recarga el agua subterránea varía según la estación y la ubicación. La mayor parte de la recarga ocurre durante los años húmedos o las estaciones húmedas. Durante las estaciones secas, en particular, con el crecimiento activo de las plantas o cuando se bombea agua para riego, los niveles freáticos pueden disminuir. En áreas con suelos porosos puede ocurrir una recarga considerable cada año, especialmente con altas precipitaciones. En cambio, en regiones

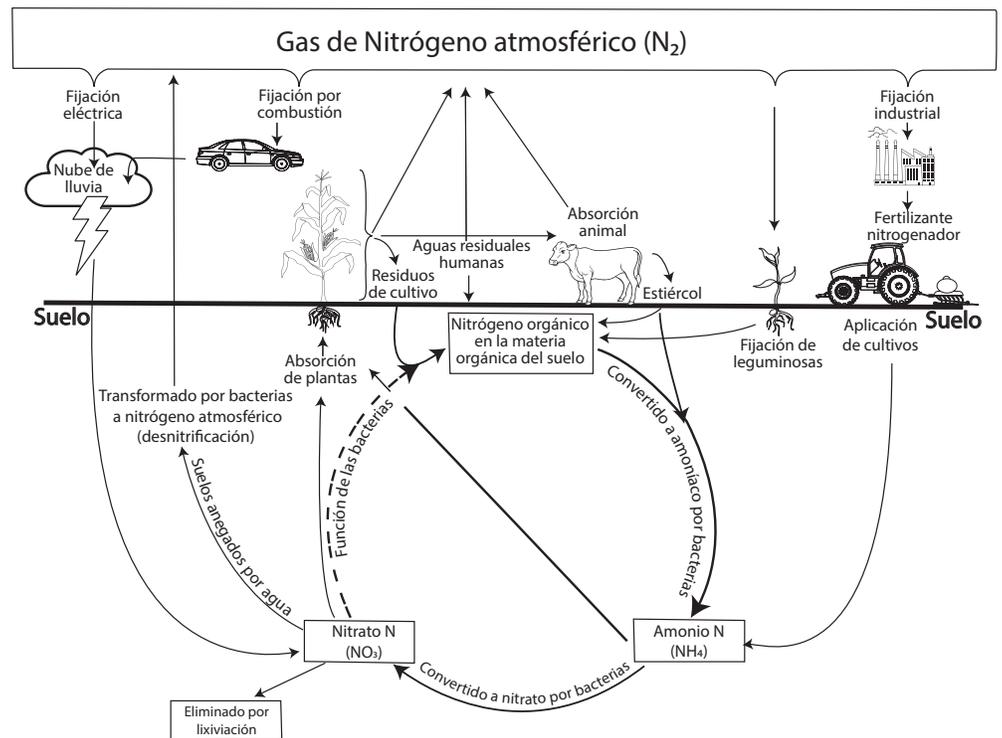


Figura 1. El ciclo del nitrógeno. (Fertilizers and Soil Amendments, 1981. Prentice-Hall, Inc. Adaptado con permiso.)

más áridas, incluso luego de varios años podría producirse poca o ninguna recarga y los niveles freáticos pueden ser bastante profundos. Las mejoras o la degradación de la calidad del agua subterránea ocurren lentamente con el tiempo, dependiendo del volumen de recarga de agua subterránea y el grado de contaminación.

La producción agrícola y ganadera y la eliminación de desechos humanos contribuyen con la mayor parte de nitrato en el agua subterránea. Estas actividades han dado lugar a un aumento de las tasas de movimiento de nitratos, incluidas mayores pérdidas de nitratos en aguas subterráneas. Los agricultores, ganaderos, comunidades y propietarios de viviendas deben adoptar prácticas de gestión que minimicen la lixiviación de nitratos de los suelos y otras fuentes.

Manejo de granjas

Los pozos no deben ubicarse cerca de fuentes de nitrógeno ni en laderas de las mismas. Es importante un manejo cuidadoso de las fuentes de nitrógeno que se encuentren a varios cientos de pies del pozo. El riesgo de aguas subterráneas con alto contenido de nitratos es minimizado cuando las fuentes de nitrógeno, como sistemas sépticos, almacenamiento de fertilizantes, instalaciones para el ganado y silos, se encuentran a más de 400 pies del pozo.

Manejo de fertilizantes

Los derrames deben limpiarse inmediatamente cuando se almacenan o manipulan fertilizantes nitrogenados cerca de un pozo. El equipo utilizado para la fertilización debe limpiarse en los campos donde se aplica el fertilizante, no cerca de los pozos.

Manejo de instalaciones ganaderas

Las instalaciones ganaderas confinadas pueden causar contaminación debido a nitratos en los pozos de agua, por lo que deben estar diseñadas para transportar los desechos de los corrales de engorde y del almacenamiento de estiércol lejos del pozo. Los corrales de engorde deben limpiarse regularmente y los desechos aplicarse a las tierras de cultivo en tasas agronómicas. Cuando los corrales de engorde están en uso continuo, el suelo desarrolla un sello superficial, minimizando la percolación descendente. Los corrales de engorde utilizados de manera intermitente o que han sido abandonados a menudo plantean el riesgo más grave porque el sello superficial se rompe, lo que permite que el nitrato se filtre a las aguas subterráneas. Para minimizar la lixiviación de nitratos de los corrales de engorde abandonados o utilizados de manera intermitente, se recomienda eliminar los desechos orgánicos acumulados o plantar y cosechar cultivos en el suelo.

Manejo de la propiedad

Los sistemas de aguas residuales (sépticos) en la propiedad pueden generar potencialmente nitratos. Existen sistemas de aguas residuales para reducir la salida de nitrógeno y se están realizando investigaciones para mejorar la eficiencia. Los sistemas poco profundos con una buena cubierta de césped perenne ayudan a utilizar el nitrógeno y minimizan las pérdidas hacia las aguas subterráneas. No se deben aplicar fertilizantes nitrogenados sobre el área del sistema de absorción séptico.

Los céspedes y jardines alrededor de una casa pueden ser una fuente de nitrógeno si las aplicaciones de fertilizantes no se controlan cuidadosamente. Las aplicaciones de fertilizantes deben limitarse a las necesidades del césped y el jardín. Los recortes que se dejan en el césped reciclan el nitrógeno en el suelo. Durante las condiciones secas, el césped debe regarse solo una o dos veces por semana para estimular el enraizamiento profundo y minimizar las pérdidas por percolación. Las oficinas locales de K-State Research and Extension pueden ofrecer información sobre la recolección de muestras de suelo de granjas y paisajes domésticos, incluyendo el uso de un muestreador de suelo.

Manejo de tierras de cultivo

Los fertilizantes nitrogenados, el estiércol animal y los cultivos de leguminosas son esenciales para suministrar el nitrógeno necesario para el crecimiento de los cultivos. Un manejo cuidadoso del nitrógeno minimiza el potencial de contaminación de las aguas subterráneas. Los productores de cultivos necesitan tener objetivos de rendimiento realistas para calcular las recomendaciones de fertilizantes, especialmente para el nitrógeno. Cuando hay más nitrógeno presente en el suelo del que elimina el cultivo, el exceso puede ingresar a las aguas subterráneas y a los pozos. Al planificar las dosis de nitrógeno para un cultivo, se debe considerar todas las fuentes potenciales de nitrógeno. Estas incluyen un cultivo de leguminosas anterior, material orgánico aplicado, nitrato residual en el suelo y nitrógeno en el agua de riego. Estas fuentes aportan nitrógeno al cultivo.

Se recomienda una prueba de perfil de nitrógeno para determinar la cantidad de nitrato en el suelo. La investigación en Kansas ha confirmado el valor del nitrato residual en el perfil del suelo para satisfacer los requisitos de nitrógeno del cultivo. Se debe analizar el agua de riego para determinar el contenido de nitrato. Las dosis de fertilizantes nitrogenados se deben reducir para dar crédito a todas las fuentes de nitrógeno.

Para llegar a una dosis óptima de fertilizante nitrogenado, los productores deben considerar el cultivo, la capacidad productiva del suelo y la disponibilidad de humedad. El momento de la aplicación del fertilizante nitrogenado es fundamental. En suelos de textura gruesa y muy permeables, las aplicaciones de nitrógeno en forma dividida o lateral generalmente resultan en una mayor eficiencia del nitrógeno y menores pérdidas debido al menor tiempo entre la aplicación y la absorción por el cultivo. En suelos de textura media y fina, el momento de la aplicación no es tan crítico. Además, los inhibidores de la nitrificación utilizados junto con fertilizantes de nitrógeno amoniacal, pueden reducir la lixiviación de nitratos en suelos arenosos de textura gruesa. Los inhibidores inactivan temporalmente las bacterias del suelo que convierten el amonio en nitratos. Mientras el nitrógeno esté en forma de amonio, la lixiviación es mínima.

Un último punto a considerar es la colocación del fertilizante de nitrógeno. La investigación de *Kansas State University* indica que, una mayor absorción por el cultivo con la inyección o incorporación profunda (4 pulgadas o más) de fertilizantes de nitrógeno y estiércol o lodos de depuradora. Cualquier práctica de manejo que resulte en una mayor absorción del nitrógeno aplicado por el

cultivo, reduce el potencial de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas.

Tratamiento de agua potable

Decidir o seleccionar una opción de tratamiento dependerá de la calidad y cantidad de agua a tratar, el contenido de nitrato, la calidad inicial del agua, el costo inicial, el costo operativo, la gestión requerida y el impacto ambiental.

Existen tres métodos para eliminar el nitrato del agua potable: destilación, ósmosis inversa e intercambio aniónico. Estos procesos varían mucho en cuanto a costo, confiabilidad y requisitos de operación.

La destilación es adecuada para pequeñas cantidades de agua (menos de un galón por día). Por otra parte, la ósmosis inversa se utiliza para grandes cantidades de agua (más de 1000 galones por día) y agua con alto contenido de sulfato. Finalmente, el intercambio aniónico funciona de manera similar al ablandamiento de agua por intercambio iónico. Los iones de sulfato y nitrato con carga negativa se intercambian por cloruro, y el medio de intercambio se recarga con una alta concentración de cloruro en salmuera. Al decidir si se utiliza el intercambio aniónico para eliminar el nitrato, se deben considerar las consecuencias ambientales que tiene la sal. La sal, el sodio y el cloruro agregados al medio ambiente pueden filtrarse a las aguas subterráneas y llegar a los pozos.

Resumen

Los niveles elevados de nitrato en el agua son un problema de salud. El exceso de nitrógeno puede convertirse en nitrato, desplazarse con el agua y llegar a las aguas subterráneas. Las fuentes agrícolas y no agrícolas de nitrógeno contribuyen a los

niveles totales de nitrato. Todas las fuentes de nitrato requieren una gestión cuidadosa para minimizar el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas y de los pozos privados. La gestión cuidadosa de los lotes de ganado y el uso de la dosis adecuada de nitrógeno son los factores más importantes, pero también lo son otras prácticas de gestión. Se debe prestar atención cuidadosa e inmediata a las prácticas recomendadas que minimizan el riesgo de contaminación.

Información adicional

Oficinas de K-State Research and Extension:
www.ksre.k-state.edu/about/statewide-locations/

Departamentos de salud locales:
www.kdhe.ks.gov/2085/Directories-Maps

Oficinas ambientales locales o saneamiento del condado: www.kdhe.ks.gov/BusinessDirectoryII.aspx?lngBusinessCategoryID=49

Testing Private Water Systems (MF3655): bookstore.ksre.ksu.edu/download/MF3655

Private Well Maintenance and Protection (MF3666): bookstore.ksre.ksu.edu/download/MF3666

Private Wells — Safe Location (MF3667): bookstore.ksre.ksu.edu/download/MF3667

Agradecimientos

La información en esta publicación fue extraída de: Lamond, R. E., G. M. Powell y D. Devlin (1999). *Nitrate and Groundwater (MF857)*. Kansas State University.

Este proyecto ha recibido financiación y apoyo de K-State 105, la iniciativa de Kansas State University para el crecimiento y el avance económico de los 105 condados de Kansas. Obtenga más información en k-state.edu/105.

Autores

Pat Murphy
Extension Engineer,
Retired

Stacie Minson
Watershed Specialist

Joe Harner
Extension Engineer,
Retired

Herschel George
Watershed Specialist
Retired

Melissa Harvey
Communications and
Marketing Coordinator

Dan Wells
Environmental Administrator
Kansas Department of Health and
Environment



Translation from English to Spanish 2025
Eduardo Gutierrez Brito and Gustavo A. Roa
Graduate Students
Department of Agronomy

Brand names appearing in this publication are for product identification purposes only. No endorsement is intended, nor is criticism implied of similar products not mentioned.

Publications from Kansas State University are available at bookstore.ksre.ksu.edu

Date shown is that of publication or last revision. Contents of this publication may be freely reproduced for educational purposes. All other rights reserved. In each case, credit Pat Murphy et al., *Nitrate and Groundwater*, Kansas State University, October 2024.

Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service

K-State Research and Extension is an equal opportunity provider and employer. Issued in furtherance of Cooperative Extension Work, Acts of May 8 and June 30, 1914, in cooperation with the U.S. Department of Agriculture, Director of K-State Research and Extension, Kansas State University, County Extension Councils, Extension Districts.