

RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE NITRATOS, LAS CARACTERÍSTICAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS Y LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LAS CERCANÍAS DE MAGDALENA (BUENOS AIRES)

Melo, Marisol^{1,2}
Villalba, Esteban¹
Carol, Eleonora^{1,2*}

¹Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP

²CONICET *Tutora del trabajo

marisolmelo@fcnym.unlp.edu.ar

Palabras clave: *ámbito rural, acuífero freático, unidades hidrogeomorfológicas, calidad del agua.*

Resumen

El nitrato constituye la forma más oxidada, estable y móvil de las especies del nitrógeno en solución y tiene su origen generalmente en fuentes de nitrógeno exteriores al sistema acuífero. En el ámbito rural, la agricultura aporta nitratos mediante el uso de fertilizantes, la ganadería a partir de las excretas concentradas en establos o feedlot y los asentamientos humanos a través de pozos sépticos.

El objetivo del trabajo es evaluar la relación entre el contenido de nitrato, las características hidrogeomorfológicas y las fuentes de contaminación en las cercanías de Magdalena (Buenos Aires).

Para ello se realizó un estudio geomorfológico y geológico en base a la interpretación de imágenes satelitales y relevamientos de campo. En función de las características regionales se definieron puntos de monitoreo abarcando distintas condiciones hidrogeomorfológicas y posibles fuentes de aportes de nitrato. En cada punto se extrajeron muestras de agua subterránea somera en donde se determinó el contenido de nitrato y presencia de bacterias fecales.

Los resultados obtenidos evidencian que las zonas de recarga constituyen las áreas más vulnerables al ingreso de contaminantes desde la superficie debido a la rápida infiltración que presentan. En estas zonas, cuando existen fuentes asociadas a la cría intensiva de ganado, se registran contenidos más elevados respecto del valor de base encontrado en el área. No obstante, si bien en todos los casos las concentraciones de nitrato están dentro de los parámetros aceptados para consumo humano, el monitoreo en el tiempo de estos sitios es de gran importancia para la preservación de la calidad del agua subterránea.

Introducción

El agua subterránea puede contener bajas concentraciones de nitrato de manera natural, producidas esencialmente por la degradación bacteriana de la materia orgánica del suelo. A pesar de ello, la concentración de este anión logra incrementarse si existen fuentes de aportes que son consecuencia de la acción directa o indirecta de las actividades humanas, por ejemplo, uso de fertilizantes, feedlots, pozos sépticos, etc. (Pacheco Ávila y Cabrera Sansores, 2003).

El nitrato es la forma más estable de las especies oxidadas del nitrógeno, es muy soluble en agua y difícilmente es retenido por los componentes del suelo. Por tal motivo, este anión puede lixiviarse con facilidad e ingresar al agua subterránea. Determinar los valores de nitrato en el agua destinada al consumo humano es de

gran importancia debido a que concentraciones elevadas del mismo pueden ocasionar problemas a la salud, asociados al desarrollo de la metahemoglobinemia. La población más susceptible son los niños menores de seis meses y en especial los menores de tres meses, particularmente aquellos que no son amamantados, sino que se los alimenta con biberón (Riczel, 2006). El Código Alimentario Argentino (2007) establece como límite máximo de nitrato 45 mg/L para el agua destinada al consumo humano. Si existen fuentes de contaminación por nitratos de origen fecal, el monitoreo del contenido de microorganismos, como lo son el grupo de bacterias coliformes totales y fecales, resulta de gran interés para evaluar la calidad del agua debido a las enfermedades que estos pueden transmitir (Arcos Pulido et al., 2005). El límite establecido por el Código Alimentario Argentino para aguas de consumo humano es igual o menor de 3 NMP de bacterias coliformes por cada 100 ml de agua.

La movilidad y concentración del nitrato en el agua subterránea está íntimamente ligada a las características hidrogeomorfológicas que condicionan la infiltración y dinámica del agua. En ambientes de llanura, la existencia de rasgos geomorfológicos locales da origen a funcionamientos hidrogeológicos particulares. Pequeños desniveles o cambios geológicos adquieren importancia suficiente como para producir modificaciones locales en las condiciones hidrodinámicas (Kruse *et al.*, 2005). Estas variaciones condicionan los procesos geoquímicos que regulan la presencia de especies en solución y la calidad del agua freática.

El objetivo del trabajo es evaluar la relación entre el contenido de nitrato, las características hidrogeomorfológicas y las fuentes de contaminación en las cercanías de Magdalena (Buenos Aires). Establecer las fuentes de aporte y de ingreso al agua subterránea de estos contaminantes en los ambientes rurales es una herramienta fundamental para la gestión de la calidad del agua en la región.

Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región costera del partido de Magdalena, en el noreste de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1). Es un área de planicie costera que se desarrolla paralela a la línea de costa y que limita al sudoeste con la llanura continental y al noreste con el estuario del Río de la Plata. Dentro de la planicie costera se distinguen tres subambientes: marisma, planicie con cordones de conchilla y antigua llanura intermareal (Cellone *et al.*, 2014).

La llanura continental está compuesta por sedimentos loésicos denominados Sedimentos Pampeanos, que constituyen depósitos limosos a arcillosos de coloración castaña rojiza con un espesor de aproximadamente 25 m. En la planicie costera, afloran los Sedimentos Postpampeanos (con un espesor cercano a 6 m), que en la marisma y antigua llanura intermareal están formados principalmente por limos grises a verdosos con restos de conchillas y en los cordones conchiles por restos de conchillas y arenas. Los Sedimentos Pampeanos subyacen a los Postpampeanos en el ámbito de la planicie costera. En su base presentan una arcilla de color gris azulado de 10 m de espesor, que funciona como acuitardo para el acuífero semiconfinado Puelche. Este último constituye, en el ámbito de la llanura continental, la principal fuente de abastecimiento de agua dulce, no así en la planicie costera donde el agua tiende a ser salina (Kruse *et al.*, 2005). La localidad de Magdalena y parte de Atalaya cuentan con servicio de red de agua a partir de la explotación del acuífero Puelche; mientras que en el ámbito de planicie costera, en los sectores rurales, el agua destinada para consumo humano y para el desarrollo de las actividades agrícola-ganaderas proviene de la explotación del agua subterránea somera alojada en los sedimentos Pampeanos y Postpampeanos.

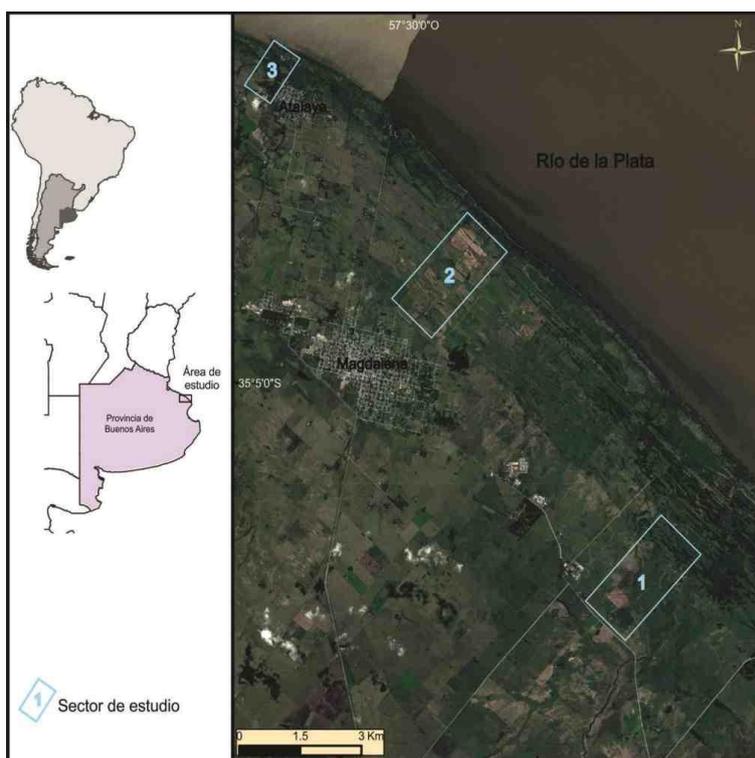


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Materiales y métodos

Se seleccionaron dentro del área de estudio tres sectores, con distintas características de uso del suelo para evaluar el contenido y movilidad del nitrato en el agua subterránea (Figura 1). En cada uno de ellos, se describieron en detalle las características hidrogeomorfológicas a partir de la carta topográfica de Magdalena a escala 1:50.000, imágenes satelitales y relevamientos de campo. Posteriormente se diseñó una red de monitoreo de agua superficial y subterránea donde los puntos de medición y muestreo se ubicaron en forma de transecta perpendicular a la línea de costa. Los puntos de la red corresponden a pozos de exploración construidos para este estudio y a perforaciones de agua existentes (molinos de viento o pozos particulares).

Los pozos de exploración se realizaron con barreno manual a 3 m de profundidad entubándose con caño de PVC de 2,5 pulgadas y diseñados con filtro continuo y prefiltro de grava. Los molinos y perforaciones domiciliarias tienen generalmente 6 m de profundidad y están entubados en PVC de 4 pulgadas de diámetro.

Se tomaron 14 muestras de agua subterránea (7 de los pozos de exploración, 3 de molinos y 4 de perforaciones particulares) y 4 de agua superficial (1 del arroyo Juan Blanco, 1 del arroyo Buñirigo y 2 de un canal de desagüe cloacal) en donde se determinaron nitrato y bacterias del grupo de coliformes totales y fecales. Los contenidos de nitrato corresponden a determinaciones realizadas en laboratorio con el método de reducción de Cadmio (Standard Methods 4500 NO₃⁻ E), mientras que los datos bacteriológicos corresponden a determinaciones basadas en la ausencia o presencia de los grupos de microorganismos analizados. Los datos químicos y bacteriológicos utilizados en este trabajo corresponden a muestreos realizados en mayo de 2014.

A partir de la información obtenida se esquematizaron las características hidrogeomorfológicas de cada transecta estudiada y se evaluó el contenido de nitrato en función de las fuentes e hidrodinámica del agua subterránea en cada sector.

Resultados

Un análisis de la relación entre el contenido de nitrato, las características hidrogeomorfológicas y las fuentes de contaminación se efectuó en tres sectores, en donde se realizaron muestreos de agua subterránea somera en pozos distribuidos en transectas perpendiculares a la línea de costa (Figura 1).

La transecta 1 (Figura 1) ubicada en las proximidades del arroyo Juan Blanco abarca, en el extremo sudoeste, el límite entre el ambiente de llanura continental y antigua llanura intermareal (Figura 2). Esta última se desarrolla hasta la parte central de la transecta pasando hacia el noreste al ambiente de planicie con cordones de conchilla. En la llanura continental se encuentra un casco de estancia y un pequeño feedlot, mientras que en la llanura intermareal y planicie con cordones se desarrolla la ganadería extensiva. Las concentraciones de nitrato más elevadas (30,0 mg/L) se observan en el pozo próximo al feedlot y casco de la estancia, registrándose también en este pozo la presencia de bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*. En la llanura intermareal y cordones conchiles las concentraciones de nitrato varían entre 18,2 mg/L y 2,4 mg/L.

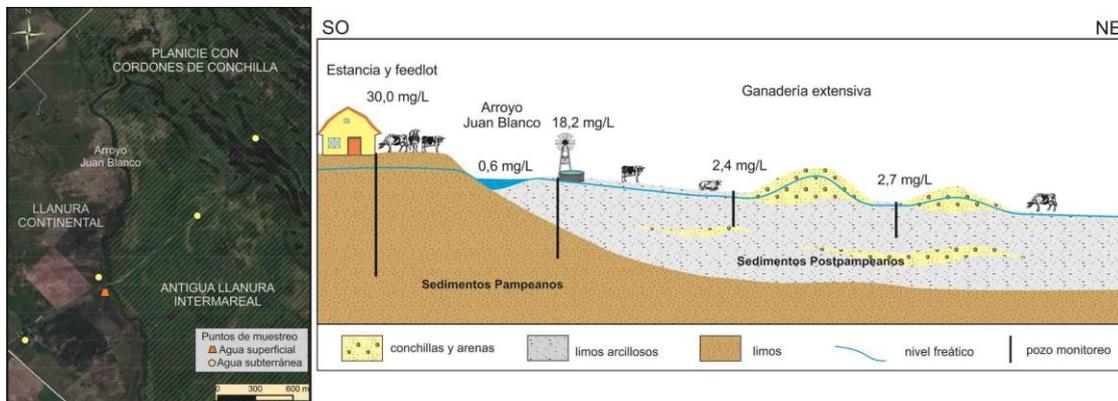


Figura 2. Esquema mostrando la relación entre características hidrogeomorfológicas, las fuentes y concentraciones de nitratos en la transecta 1.

La transecta 2 (Figura 1) corresponde a un campo con actividad ganadera vinculada a la producción de leche. La transecta diseñada abarca en su totalidad al subambiente de planicie con cordones de conchillas (Figura 3). El casco de estancia y el tambo (lugar de ordeño y producción de la leche) se encuentran en el extremo sudoeste de la transecta sobre un cordón de conchilla. El campo además es atravesado (en dirección sudoeste-noreste) por un canal de desagüe de la planta depuradora de efluentes cloacales de la localidad de Magdalena. Los valores más elevados de nitrato en el agua subterránea se observan en las muestras de los pozos correspondientes al casco de estancia (43,8 mg/L) y al tambo (40,0 mg/L). En el tambo las bacterias coliformes totales son menores a 3 NMP por cada 100 ml de agua y no se registró la presencia de *Escherichia coli*. En las muestras de agua subterránea extraídas en las zonas de ganadería extensiva los valores de nitrato oscilan entre 5,0 y 10,1 mg/L. Las muestras de agua superficial extraídas del canal de desagüe de la planta depuradora de efluentes cloacales, presentan valores bajos de nitrato (2,2 mg/L y 2,6 mg/L) pero una cantidad elevada de coliformes totales (más de 1100 NMP en 100 ml de agua) y presencia de *Escherichia coli*.

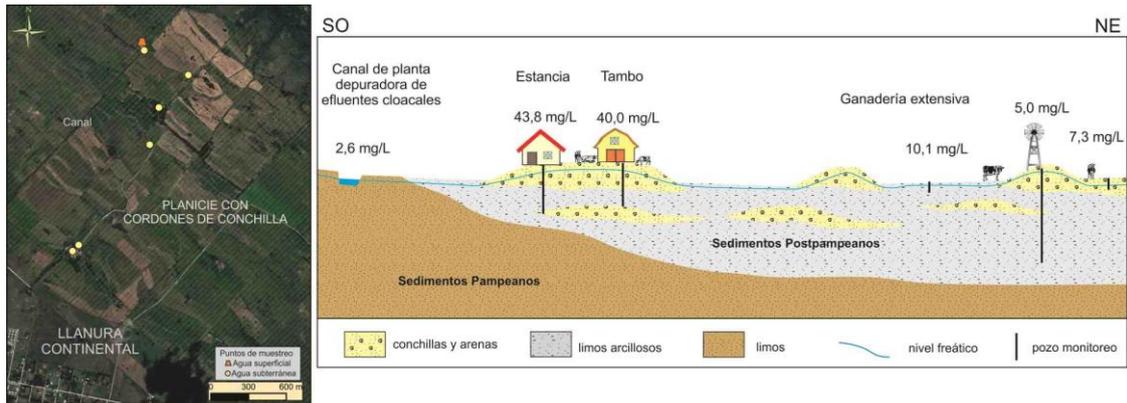


Figura 3. Esquema mostrando la relación entre características hidrogeomorfológicas, las fuentes y concentraciones de nitratos en la transecta 2.

En el sector 3, próximo a la localidad de Atalaya (Figura 1), la transecta diseñada intercepta el ambiente de planicie con cordones de conchilla y la marisma, donde se desarrolla actividad ovina extensiva (Figura 4). Las concentraciones de nitrato registradas en los dos subambientes son bajas y varían entre 0,2 y 2,8 mg/L en la planicie con cordones y entre 1,8 y 2,3 mg/L en la marisma. Pese a esto, en el casco de estancia se registra la presencia de bacterias coliformes totales y de tipo *Escherichia coli*.

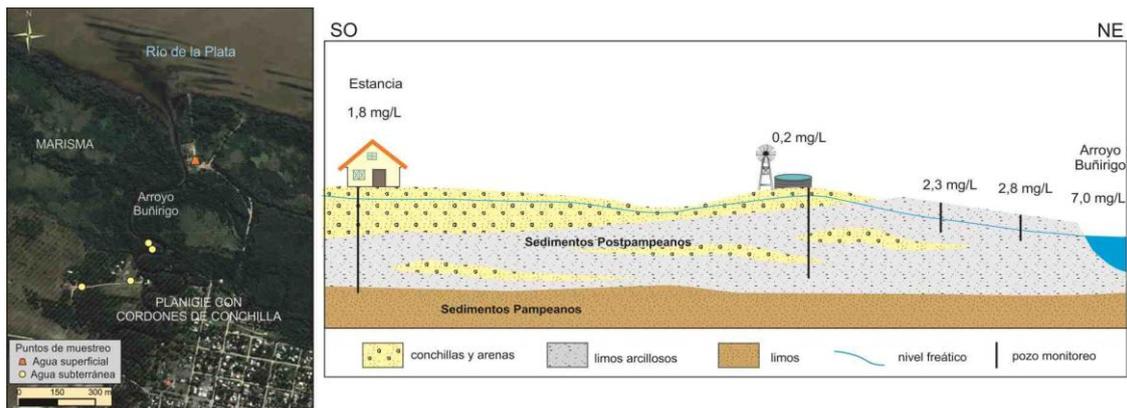


Figura 4: Esquema mostrando la relación entre características hidrogeomorfológicas, las fuentes y concentraciones de nitratos en la transecta 3.

Discusión

La concentración natural de nitrato se define como fondo geoquímico o background y generalmente es en el agua superficial y subterránea inferior a 10 mg/L (Canter, 1996).

En el área de estudio valores inferiores a 10 mg/L, se registran en los tres sectores estudiados en los ambientes donde se desarrolla la ganadería extensiva. Por tal motivo puede considerarse que este tipo de actividad no constituye una fuente importante de aporte de nitrato en el agua subterránea.

El comportamiento hidrológico del subambiente en donde se desarrolla dicha actividad también contribuye a la disminución de las concentraciones de nitrato. En la zona de intercordón (sectores 1 y 2), la presencia en superficie de sedimentos limo arcillosos ocasiona la recarga rechazada y/o retardada y la acumulación de agua en superficie. En el agua acumulada superficialmente pueden ocurrir procesos de desnitrificación o volatilización que ayudan a disminuir la concentración de nitrato. Además, la baja permeabilidad de los sedimentos en el intercordón produce una

menor infiltración de agua de lluvia protegiendo al agua subterránea del ingreso de nitrato desde superficie. En el sector 3, la actividad ovina extensiva se desarrolla en el subambiente de marisma, donde los sedimentos superficiales son similares a los de intercordón. Sumado a esto los flujos mareales que inundan periódicamente la marisma pueden lavar los nitratos presentes en superficie.

Las mayores concentraciones de nitrato en el agua subterránea se registran en los sectores 1 y 2 en las zonas de llanura continental y cordones conchiles en donde hay antiguos cascos de estancias o concentraciones de ganados (en feedlot o establos de ordeño en tambos).

Para estos casos, las características hidrogeomorfológicas favorecen el ingreso de nitrato al agua subterránea. La permeabilidad media del limo de la llanura continental (sector 1) y alta de las conchillas y arenas de los cordones (sector 2) facilitan la infiltración e ingreso al acuífero de nitrato aportados por los pozos sépticos y excretas del ganado.

La fuente de nitratos a partir de las excretas humanas y del ganado se verifica por la presencia de bacterias coliformes totales y fecales. Cabe destacar que en la estancia del sector 3 los valores de nitrato son muy bajos, sin embargo se ha registrado la presencia de bacterias coliformes totales y fecales. Esto puede deberse a que la casa fue construida hace menos de un año, por cuanto los aportes de nitratos a partir del pozo séptico son inicialmente bajos.

En las muestras de agua superficial, no se han registrado valores superiores a los 10 mg/L. No obstante las muestras extraídas del canal de desagüe cloacal, si bien presentan valores bajos de nitratos, tienen una cantidad elevada de coliformes totales (más de 1100 NMP en 100 ml de agua) y presencia de *Escherichia coli*.

Conclusiones

Las características hidrogeomorfológicas de cada sector estudiado condicionan de manera directa el ingreso de nitrato al agua subterránea somera. Del análisis en conjunto de dichas características y el contenido de nitrato y microorganismos se concluye que las zonas de recarga (llanura continental y cordones de conchilla) constituyen las áreas más vulnerables al ingreso de contaminantes desde la superficie debido a la rápida infiltración que presentan los sedimentos que las conforman.

En estas zonas, cuando se identificaron posibles fuentes de contaminación puntual, asociadas a la cría intensiva de ganado o a los pozos sépticos de los cascos de estancia, se registraron contenidos más elevados en nitrato respecto del fondo geoquímico encontrado en el área. No obstante, en todos los casos las concentraciones de nitrato están dentro de los parámetros aceptados por el Código Alimentario Argentino para consumo humano.

El conocimiento del comportamiento hidrológico de cada subambiente geomorfológico es de suma importancia para comprender cuan vulnerable es al ingreso de contaminantes. La información aportada por el presente trabajo podría utilizarse como base para la planificación de actividades futuras en la zona.

El monitoreo en el tiempo de los sitios estudiados constituye una herramienta fundamental para la preservación de la calidad del agua subterránea.

Bibliografía

ARCOS PULIDO, M. P., S. L. ÁVILA DE NAVIA, S. M. ESTUPIÑÁN TORRES Y A. C. GÓMEZ PRIETO, 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova Publicación Científica*, Vol 3 (N° 4): 69-79. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Colombia.

CANTER, L. W. 1996. *Nitrates in groundwater*. CRC Press: 288.

CELLONE, F., M. DELUCHI, M. MELO Y E. CAROL, 2014. Interacción entre los usos de la tierra y los recursos hídricos en la cuenca del arroyo Buñirigo, Argentina. *En prensa*. 2do. Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Santa Fe, Buenos Aires.

Código Alimentario Argentino. 2007. Capítulo XII: Bebidas Alcohólicas. Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

KRUSE, E., P. LAURENCENA, L. VARELA, A. ROJO Y M. DELUCHI, 2005. Hydrological characterization of the brackish - fresh water relationship in different morphological environments of the province of Buenos Aires, Argentina. *Geological Survey of Spain, Series on Hydrogeology and Groundwater (18 SWIM)*: 15: 305-312.

KRUSE, E., P. LAURENCENA, A. ROJO Y M. DELUCHI, 2005. Interacción de flujos subterráneos en la Zona Deprimida del Salado (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *II Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea* 155-160. Río Cuarto, Córdoba.

PACHECO ÁVILA, J. Y A. CABRERA SANSORES, 2003. Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, Vol 7 (N° 2): 47-54. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

RYCZEL, M. E. 2006. Presencia en el agua de bebida de nitratos y nitritos y su impacto sobre la salud. *ATA informa*, N° 71: 24-26. Boletín Informativo de la Asociación Toxicológica Argentina.