

RELACIÓN DEL NITRATO SOBRE LA CONTAMINACIÓN BACTERIANA DEL AGUA

Nitrate and Bacterial Contamination in Water

Silvia Rodríguez^{1‡}, Luciana Gauna¹, Gloria Martínez¹, Hugo Acevedo¹ y Cesar Romero¹

RESUMEN

La contaminación de aguas subterráneas con nitrato constituye uno de los mayores problemas a nivel mundial. En Argentina, concentraciones mayores a 45 mg L⁻¹ son potencialmente peligrosas y se han encontrado en aguas para consumo humano, concentraciones mayores a dicho umbral. Hay antecedentes que mencionan la existencia de una relación entre las concentraciones de este ión y la proliferación de bacterias. Para determinar la capacidad indicativa del nitrato en la contaminación bacteriana de aguas en distintas fuentes de agua de Itatí, Corrientes, Argentina, se seleccionaron doce puntos de muestreo. Se efectuaron, quincenalmente, durante siete meses, análisis físico-químicos y bacteriológicos. Las concentraciones de nitrato se determinaron por espectrofotometría de absorción molecular, el recuento de bacterias coliformes se realizó mediante técnica del número más probable (NMP) en caldo Mac Conkey y confirmación de positivos con caldo Brilla a 37 °C, las coliformes fecales se determinaron a partir de los positivos de la fase presuntiva y las coliformes no fecales por siembra en citrato de Koser. Los datos fueron sometidos a un análisis de estadística descriptiva. Las relaciones entre los parámetros estudiados fueron analizadas mediante correlación de Pearson empleando programa estadístico Infostat. Las concentraciones de nitrato en el agua superficial no superaron los 4 mg L⁻¹, en todos los puntos de muestreo mientras que en las perforaciones los valores oscilaron entre 0.05 a 36 mg L⁻¹ y en los pozos entre 0.32 y 37 mg L⁻¹. La mayor cantidad de coliformes totales detectadas, corresponden a las muestras de agua de pozo y laguna. Tanto en aguas superficiales como subterráneas se encontraron coliformes fecales. Se encontraron correlaciones negativas significativamente entre nitrato y coliformes

totales y nitrato y coliformes no fecales. El origen de la contaminación puede atribuirse a fuentes localizadas y no a la actividad agrícola.

Palabras claves: *polución, monitoreo, muestreo, acuífero, correlación.*

SUMMARY

Groundwater nitrate pollution is one of the most serious problems worldwide. In Argentina, concentrations over 45 mg L⁻¹ are potentially dangerous, and concentrations above this threshold were found in drinking water. Moreover, many papers mention a relationship between the concentration of this ion and the proliferation of bacteria. In order to determine whether nitrate concentration is indicative of bacterial water contamination, in different water sources in Itatí, Corrientes, Argentina, twelve sampling points were selected. Every fifteen days for seven months, physicochemical and bacteriological analyses were conducted with samples. Nitrate concentrations, expressed as mg L⁻¹ were determined by molecular absorption spectrophotometry and the most probable number (MNP) technique was used for counting coliform bacteria. The presence of bacteria was determined using Mac Conkey medium (screening) and were confirmed with Brilla medium at 37 °C. Additionally, the presence of fecal coliforms was determined from the positives of the screening phase (total coliforms) and no fecal coliforms with Koser citrate medium. Data were subjected to an analysis of descriptive statistics and relationships among the studied parameters were analyzed by Pearson correlation using Infostat Software. Nitrate concentrations in surface water had low values below 4 mg L⁻¹ in all sampling sites, while values ranged from 0.05 to 36 mg L⁻¹ for drilling and between 0.32 and 37 mg L⁻¹ for wells. Regarding bacterial load, the highest count of total coliforms was detected in well water and lagoon samples; however, fecal coliforms were detected in surface water and groundwater. Only significant negative correlations were found between nitrate and

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131. 3400 Corrientes, Rep. Argentina.

[‡] Autor responsable (rodrisil@agr.unne.edu.ar)

total coliforms and nitrate and fecal coliforms. The origin of pollution can be attributed point sources and non-agricultural activity.

Index words: *pollution, monitoring, sampler, aquifer, correlation.*

INTRODUCCIÓN

Es importante conocer la calidad del agua tanto subterránea como superficial, realizando mediciones sistemáticas y periódicas de diversos parámetros biológicos y fisicoquímicos. Para esto, es necesario realizar un monitoreo. Dentro de los parámetros químicos que se deben monitorear está el ión nitrato, que además de ejercer un efecto negativo sobre la salud, tiene el valor de ser indicativo de contaminación fecal del agua (Sasson *et al.*, 1993; Richards *et al.*, 1996; Hunter *et al.*, 2000; Bianucci *et al.*, 2005).

La concentración de nitrato en aguas superficiales normalmente es baja ($0-18 \text{ mg L}^{-1}$), pero puede llegar a alcanzar elevados niveles como consecuencia de las prácticas agrícolas o residuos urbanos y ganaderos (especialmente granjas), o por la aportación de aguas subterráneas ricas en nitrato (éstas con concentraciones cada vez más elevadas). La principal preocupación derivada de la presencia de nitrato en alimentos o en agua potable tiene dos motivos: por un lado, los efectos tóxicos producidos por un exceso de nitrato en la dieta; por otra parte, pueden causar la formación endógena de N-nitrosocompuestos, de efectos cancerígenos, como las nitrosaminas (Hunter *et al.*, 2000; Antón y Lizaso, 2001).

El Código Alimentario Argentino (CAA) (2007) establece dentro de las características de las sustancias químicas el límite máximo de nitrato (NO_3^-) en 45 mg L^{-1} . El nitrato es la forma nitrogenada más abundante tanto en aguas subterráneas, variando según la zona de influencia de las acciones humanas, registrándose en los últimos años un crecimiento de su concentración en numerosos acuíferos (Spalding y Exner, 1993; Martínez, 1995). Se puede hablar de dos tipos de fuentes de contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados: la contaminación puntual y la dispersa. El primer caso se asocia a actividades de origen industrial, ganadero o urbano (vertido de residuos industriales, de aguas residuales urbanas o de efluentes orgánicos de las explotaciones ganaderas, lixiviación de vertederos), mientras que en la contaminación dispersa o difusa, la actividad agronómica es la causa principal (Vitousek

et al., 1997). Si bien las fuentes de contaminación puntual pueden ejercer un gran impacto sobre las aguas superficiales o sobre localizaciones concretas de las aguas subterráneas, las prácticas de abono con fertilizantes (orgánicos o inorgánicos) son generalmente las causantes de la contaminación generalizada de las aguas subterráneas (Ryczel, 2006).

Los niveles elevados de nitrato pueden sugerir la posible presencia de otros contaminantes, tales como bacterias que podrían causar problemas de salud. Una amplia variedad de microorganismos pueden estar presentes en el agua, incluyendo bacterias, protozoos o virus, muchos de los cuales, son patógenos para el ser humano. Las bacterias coliformes son relativamente fáciles de identificar, ya que se desarrollan en colonias de tamaño visible (Turco, 1994; Picone *et al.*, 2003).

El grupo de bacterias coliformes se aplica como prueba general de monitoreo de calidad del agua y se ha utilizado en todo el mundo para llevar a cabo estudios de agua potable, contaminación de sistemas acuáticos, fuentes de contaminación de aguas residuales crudas y sistemas de tratamiento de aguas residuales y aguas recreativas (Rose y Grimes, 2001).

Las bacterias coliformes están siempre presentes en la flora intestinal y aunque algunas especies están ampliamente distribuidas en la naturaleza, su presencia indica contaminación del agua. Los coliformes fecales son aquellos capaces de fermentar la lactosa, con producción de gas, dentro de las 24 h a $44.5 \text{ }^\circ\text{C}$. La presencia de este tipo de bacterias indica un riesgo potencial para la salud pública por contaminación fecal (Madigan *et al.*, 2004).

El límite establecido por el CAA (2007) para aguas de consumo humano es igual o menor de 3 NMP (número más probable) de bacterias coliformes por cada 100 ml de agua, en tanto que, para la Organización Mundial de la Salud (OMS) la cantidad de coliformes fecales recomendada por las Guías de Calidad de Agua Potable (2006) es de 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100ml. Dentro de los coliformes totales (CT) se pueden distinguir dos tipos: los coliformes no fecales (CNF), que serían el grupo de coliformes que son residentes naturales en el agua; y los coliformes fecales (CF), que provienen del tracto intestinal de animales de sangre caliente, los que serían los mejores indicadores de riesgo de afecciones humanas (Hunter *et al.*, 2000).

La presencia del ión nitrato en el agua de consumo del Departamento de Itatí, Argentina y sus posibles consecuencias por la proliferación de bacterias

coliformes, da la pauta para determinar la capacidad indicativa de las concentraciones de ión nitrato en fuentes de agua superficial y subterránea, así como su relación con la contaminación bacteriana. Esto debido a la existencia de trabajos realizados en distintas zonas del país y del mundo que han determinado las concentraciones de estos indicadores y su asociación (Perdomo *et al.*, 2001; Picone *et al.*, 2003; Baccaro *et al.*, 2006)

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El muestreo y relevamiento de las fuentes de agua se hizo en chacras de pequeños productores, Departamento de Itatí, situado en el norte de la provincia de Corrientes, República Argentina. (27°16'8" S y 58°14'34" O) cuya superficie es de 890 km².

Los suelos de la zona de muestreo son arenosos profundos de buen drenaje, corresponden al Orden Entisoles, series Ensenada Grande, Chavarría y Pampin. Permiten diferentes tipos de cultivos: hortícolas, cítricas y también la actividad arrocera, forestal y ganadera.

Prevalece el clima subtropical húmedo, con veranos calurosos y abundantes lluvias. La temperatura media anual es de alrededor de 21 °C, con una máxima de 33-35 °C en enero y una media mínima de 10 °C en julio. La precipitación media anual es de 1200 mm.

Los lugares de muestreo pertenecen a zonas rurales que no reciben aguas residuales, ya que se encuentran alejados del principal núcleo urbano que es la localidad de Itatí.

Muestreo

Se seleccionaron cuatro poblaciones rurales del Departamento de Itatí: Ramada Paso, Yacareí, Palmira y San Benito, en los que se encuentran nucleados grupos de pequeños productores pertenecientes a una organización no gubernamental que se mostraron dispuestos a participar en el estudio. Se realizó un relevamiento de cada una de estas poblaciones, mediante la aplicación de un cuestionario que permitió establecer cuál era la fuente de agua que estos pequeños productores utilizaban tanto para el riego como para consumo humano y animal, cercanía de corrales, estercoleros, pozos sépticos, profundidad. En el caso de las lagunas se consultó sobre el uso de esta fuente, si era

empleada como bebedero de animales y baño de los mismos y si vegetación o materiales en suspensión. Con base en la información obtenida se seleccionaron en total ocho fuentes de aguas subterráneas (cuatro perforaciones y cuatro pozos encamisados) y cuatro fuentes de agua superficial (todas correspondientes a laguna). Se tomaron muestras cada quincena, de las 12 fuentes de agua, durante los meses de marzo a septiembre de 2008, con cuatro repeticiones.

En las perforaciones y lagunas donde la extracción se realizaba con bombas, se dejó funcionar a las mismas por varios minutos para eliminar el agua estancada.

Las muestras destinadas al análisis químico se almacenaron en botellas de PVC (capacidad 1L) y se refrigeraron a 4 °C hasta su procesamiento. Las destinadas al análisis bacteriológico, fueron colectadas en frascos estériles de un volumen de 250 ml, las que se mantuvieron refrigeradas a 4-6 °C, para ser transportadas al laboratorio antes de cumplidas las 24 h de la toma (APHA, 2005).

Análisis Químico

La concentración de nitrato, expresada como NO₃⁻ en mg L⁻¹, se determinó por espectrofotometría de absorción molecular: método de salicilato de sodio, modificado por Rodier (1981). Es un método adaptado y validado a partir del procedimiento desarrollado por Müller y Weideman (1955), en razón de la disponibilidad del instrumental con que cuenta el laboratorio de Química Analítica y Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, así como la facilidad y rapidez de los procedimientos previos a la determinación del ión.

Análisis Bacteriológico

El recuento de bacterias coliformes totales, se realizó mediante la técnica del NMP por cada 100 mL de agua, fase presuntiva por la serie de cinco tubos de caldo Mac Conkey y la confirmación de positivos con caldo Brilla a 37 °C. Se determinó la presencia de coliformes fecales, a partir de los positivos de la fase presuntiva de coliformes totales y coliformes no fecales sembrando la muestra en caldo de citrato de Koser (APHA, 2005).

Análisis Estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico de tipo descriptivo. Las relaciones entre los parámetros

estudiados fueron analizadas mediante correlación de Pearson empleando el programa estadístico Infostat (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El relevamiento de datos obtenido a partir de la aplicación del cuestionario realizado permitió determinar que todos los productores consultados tenían corrales, cámaras sépticas o pozos negros y estercoleros en las cercanías de las fuentes de agua utilizada.

Concentraciones de Nitrato

Las concentraciones de nitrato en el agua superficial (laguna) presentaron siempre valores bajos no superando los 4 mg L⁻¹, en todos los puntos de muestreo (Cuadro 1; Figura 1). Esto coincide con lo encontrado por Perdomo *et al.* (2000), lo que indicaría que las aguas superficiales no están contaminadas con NO₃⁻, teniendo en cuenta el nivel crítico (45 mg L⁻¹) de acuerdo al CAA (2007). Estas fuentes, al ser reservorios naturales ubicados en la zona rural, no reciben aguas residuales urbanas pero pueden coleccionar mínimamente aguas agrícolas provenientes de las distintas chacras donde se utilizan abonos y fertilizantes. Esto se debe a que las precipitaciones producen una migración de estos iones en dirección de la pendiente, aunque una parte del agua se infiltra en el suelo durante su recorrido. Podría considerarse como posible aporte de iones nitrato la presencia de vegetación en los márgenes de la laguna y las eventuales deyecciones de los animales que se acercan a beber.

En las fuentes de agua subterránea (pozos y perforaciones) fue diferente, las mismas tuvieron más variabilidad en los distintos puntos de muestreos con valores que oscilan para las perforaciones entre 0.05 a 36 mg L⁻¹ y para los pozos entre 0.32 y 37 mg L⁻¹ (Cuadro 1; Figura 1), lo que coincide con lo hallado por Perdomo *et al.* (2000) para aguas subterráneas.

Cuadro 1. Concentración del ión nitrato en fuentes de agua del Departamento de Itatí, Argentina.

Fuente	Media	Rango
	----- mg L ⁻¹ -----	
Pozo	8.57	0.32 - 37.00
Perforación	6.96	0.05 - 36.00
Laguna	0.99	0.05 - 4.00

Los iones nitrato están presentes naturalmente en el agua. En condiciones normales las concentraciones en agua natural es baja, tal como sucedió en este trabajo. Mazzeo *et al.* (2001) comprobaron que la concentración era de baja a moderada dependiendo del nivel de agua. No obstante, Auge (1997) detectó que en las aguas subterráneas se observa con frecuencia altas concentraciones, como consecuencia de la intensificación de las prácticas agrícolas.

Bacterias Coliformes

La calidad sanitaria del agua puede ser evaluada examinando en las muestras la presencia de microorganismos indicadores como son las bacterias coliformes, las cuales se manifiestan con mayor frecuencia que los microorganismos patógenos y a su vez son más simples y seguras de detectar. El grupo de coliformes incluye una gran variedad de microorganismos, enterobacterias de vida libre y de origen intestinal. Varios autores (Doran y Linn, 1979; Thelin y Gifford, 1983) señalaron que las estimaciones de coliformes totales muestran una posible contaminación fecal, así como la presencia de muchos organismos de limitada importancia sanitaria.

La mayor cantidad de coliformes totales detectadas en este trabajo, corresponden a las muestras de agua de pozo y de laguna (Cuadro 2; Figura 2).

Se detectó presencia de coliformes fecales (Cuadro 2) tanto en aguas superficiales como subterráneas. En los pozos y perforaciones, lo cual puede deberse a que haya defectos en la construcción y a la ausencia o irregularidad en el mantenimiento, que son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos. Como ya se mencionó

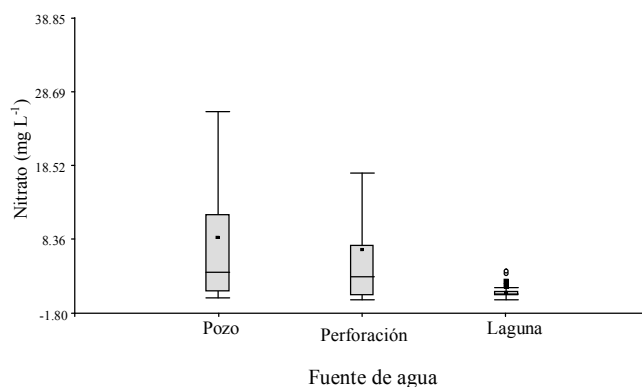


Figura 1. Distribución de nitrato en las tres fuentes de agua analizadas.

Cuadro 2. Estadística descriptiva para la variable coliformes totales, coliformes fecales y coliformes no fecales.

Fuente	Coliformes totales		Coliformes fecales		Coliformes no fecales	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
Pozo	105.63	1.00 - 280.00	43.50	0.00 - 250.00	69.09	1.00 - 256.00
Perforación	31.43	2.00 - 150.00	6.01	0.00 - 75.00	25.44	1.40 - 141.40
Laguna	90.11	20.00 - 210.00	21.03	0.00 - 90.00	70.09	0.00 - 236.00

anteriormente la existencia de CF probablemente proviene de la contaminación con materia fecal que se puede originar de pozos no encamisados o napas freáticas cercanas a la superficie. En estos trabajos realizados se mostró que en la mayoría de los pozos someros, el agua esta contaminada con materia fecal; no así los pozos profundos, en los que se mostró una mínima presencia de esta contaminación. La presencia de CF en estos pozos, es debida a la ruptura de los ademes o a que el agua es extraída a menor profundidad (Jawson *et al.*, 1982).

El agua de las lagunas analizadas, presentó un 86% de contaminación, lo que podría esperarse, ya que en la mayoría de los casos los corrales de los animales se encontraron en las cercanías de estas fuentes. Una de las causas más importante de contaminación por CF, son los sitios donde se acumulan heces y orina (como por ejemplo lugares de pastoreo intensivo y zonas de bebedero animal). Los cuales al estar cerca de las fuentes de agua, pueden ser arrastrados hasta las mismas por medio de las escorrentías provocadas por la lluvia (Figura 3).

Del total de muestras analizadas bacteriológicamente, de manera espacial, las que presentaron una elevada población de coliformes, sugieren una posible contaminación fecal. Esto coincide con lo propuesto por diversos autores (Tate y Terry, 1980; Jawson *et al.*, 1982), que además

sugieren que los suelos o aguas que reciben ingresos de efluentes cloacales o material fecal vacuno muestran una relación directa entre CT y CF. Las causas de esta contaminación pueden ser atribuidas a diversos factores. La presencia de pozos ciegos o cámaras sépticas en las cercanías de donde se realizó la toma de las muestras creó condiciones para que la población de coliformes fuera superior a 100 NMP por cada 100 ml de agua. En los corrales de encierre se observó una gran concentración de heces y orina dentro de un área pequeña que condujo a que el número de coliformes fecales oscilara entre 10 y 100 NMP por cada 100 ml de agua. Cuando prevalecieron adecuadas condiciones higiénicas en los molinos, la cantidad de coliformes fue menor a 10 NMP por cada 100 ml de agua.

Relación entre Nitrato y Coliformes

Para evaluar la relación entre las concentraciones de NO_3^- y la cantidad de bacterias se aplicó la correlación de Pearson (Cuadro 3). Del análisis de estas correlaciones se desprende que solo existe correlación significativa negativa ($P > 0.05$) entre el NO_3^- y CT y el NO_3^- con las CNF. Esta asociación negativa está indicando que a baja concentración de nitrato corresponde una alta concentración tanto de CT como de CNF.

Cuando se analizan las relaciones entre las concentraciones de nitrato y la cantidad de bacterias

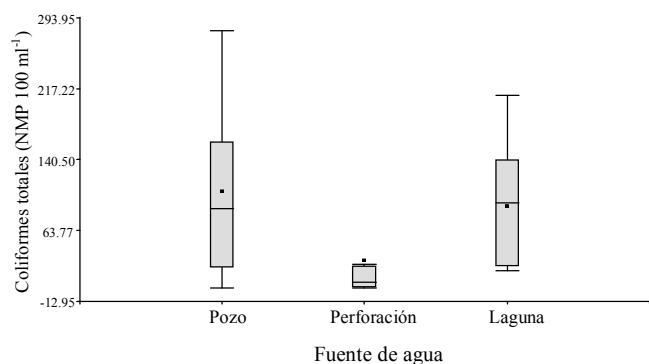


Figura 2. Distribución de bacterias coliformes totales en agua de distintas fuentes, expresado como número más probable (NMP 100 ml⁻¹)

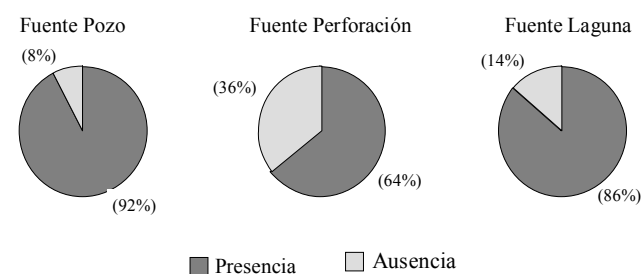


Figura 3. Presencia o ausencia de coliformes fecales en agua de las distintas fuentes analizadas.

por fuente de agua (Cuadros 4 y 5), se observa que no existe correlación significativa en ninguno de los casos, lo que estaría indicando que la detección de uno de estos parámetros no implica necesariamente la presencia del otro. Resultados similares al de este trabajo fueron obtenidos por Picone *et al.* (2003).

Al analizar los resultados de las concentraciones de nitratos y bacterias CT en función de las distintas fechas de muestreo y para cada fuente en particular (Figuras 5, 6 y 7), se observa que no todas las fuentes presentaron la misma variación, sin embargo, en todas se detectaron concentraciones elevadas de CT. Esta contaminación puede provenir de pozos no encamisados o napas freáticas cercanas a la superficie, debido a que estas bacterias se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. En las aguas subterráneas la disminución de dichas bacterias se debió a la aplicación de protocolos de desinfección de estas fuentes.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables bacteriológicas con el nitrato de distintas fuentes.

	Coefficiente de correlación	P-valor
CT NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.15	0.05
CF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.07	0.37
CNF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.17	0.02

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables bacteriológicas con el nitrato para las fuentes de agua subterránea (pozo y perforación).

	Pozo		Perforación	
	Coefficiente de correlación	P-valor	Coefficiente de correlación	P-valor
CT NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.22	0.11	-0.13	0.33
CF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.17	0.21	-0.14	0.31
CNF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.23	0.09	-0.11	0.41

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson de las variables bacteriológicas con el nitrato para la fuente de agua superficial (laguna).

	Laguna	
	Coefficiente de correlación	P-valor
CT NMP100ml ⁻¹ /nitrato	0.03	0.82
CF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	-0.12	0.39
CNF NMP100ml ⁻¹ /nitrato	0.08	0.57

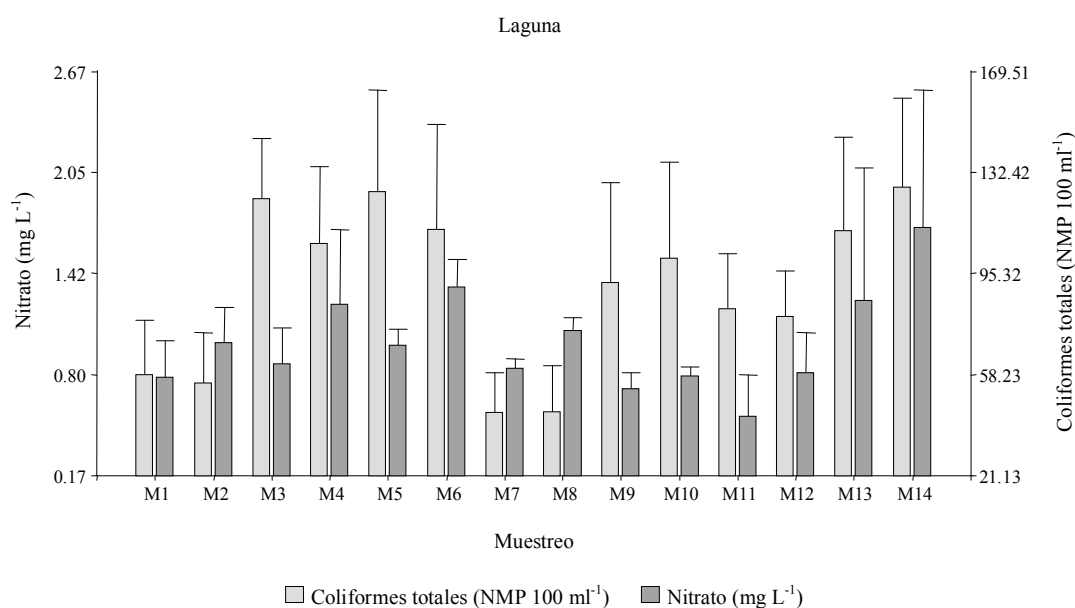


Figura 5. Concentraciones promedio de nitrato y bacterias coliformes totales en agua superficial (laguna) en las distintas fechas de muestreo.

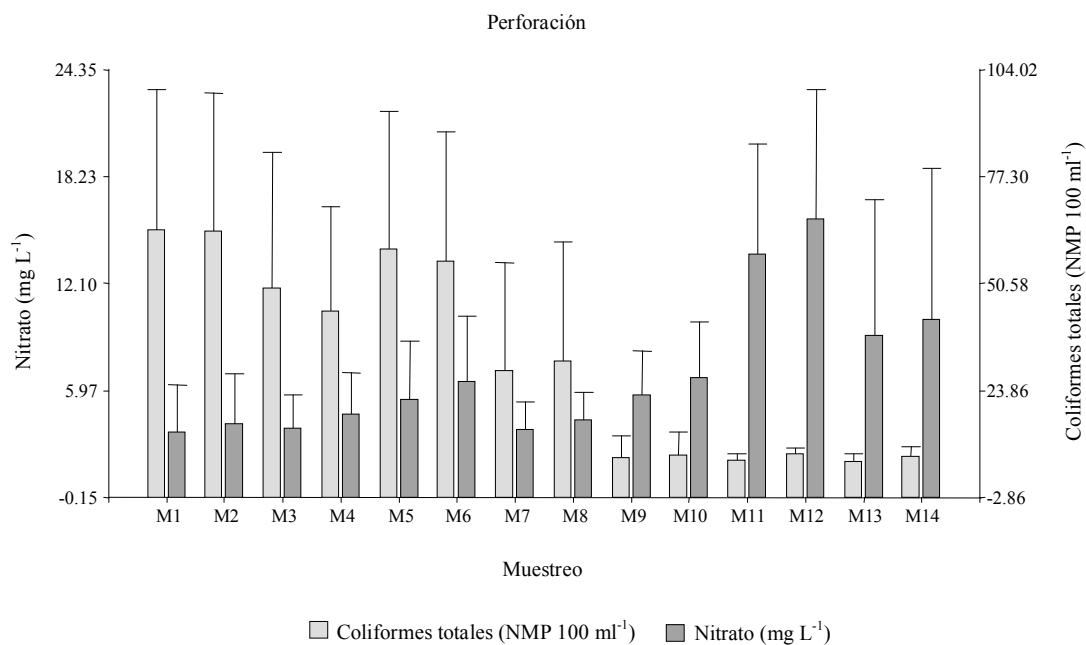


Figura 6. Concentraciones promedio de nitrato y bacterias coliformes totales en aguas subterráneas: perforación, en las distintas fechas de muestreo.

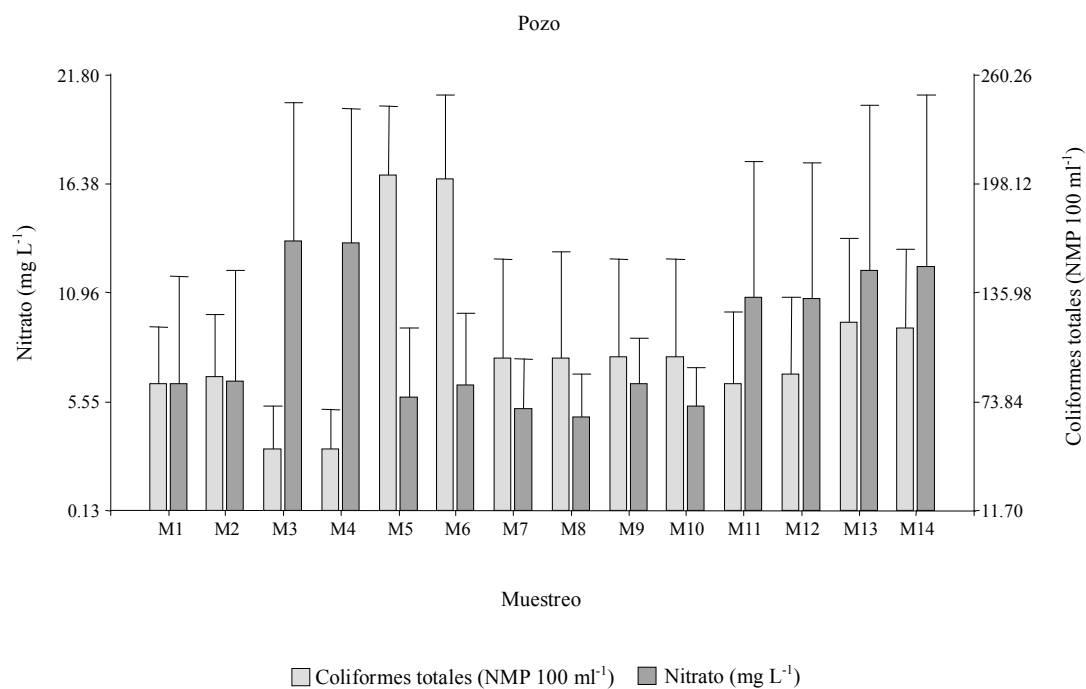


Figura 7. Concentraciones promedio de nitrato y bacterias coliformes totales en aguas subterráneas: pozo, en las distintas fechas de muestreo.

CONCLUSIONES

- Del análisis estadístico realizado solo se encontraron correlaciones negativas significativas entre concentraciones de nitrato y coliformes totales y concentraciones de nitrato y coliformes no fecales.
- Las mayores concentraciones de nitrato se encontraron en el agua subterránea, aunque no superaron los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA).
- Todas las fuentes de agua presentaron contaminación con bacterias coliformes, con valores que excedieron el valor crítico establecido por el CAA para aguas de consumo humano. La mayor cantidad de coliformes totales detectadas, corresponden a las muestras de agua de pozo y de laguna.
- La contaminación con coliformes en las fuentes de agua subterráneas analizadas pueden ser atribuidas a sistemas sépticos inapropiados, mala construcción o ubicación de los pozos, cría de animales (porcinos, aves de corral, vacunos y caballos), lugares de acumulación de residuos y no de la actividad agrícola. Por lo tanto, se recomienda la construcción de nuevos pozos ubicados lejos de los focos de contaminación, evitando la concentración de animales en las cercanías.
- En el caso de las lagunas, la fuente de contaminación se asocia a la presencia de animales pastando, los cuales realizan deyecciones en las cercanías y de las mismas al utilizarlas como bebederos. Por lo que se sugirió no utilizar esta fuente para consumo humano.

LITERATURA CITADA

- Antón, Almudena y J. Lizaso. 2001. Nitritos, nitratos y nitrosaminas. Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria. Madrid, España.
- APHA (American Public Health Association). 2005. 133rd Annual Meeting and Exposition in Philadelphia. Philadelphia, PA, USA.
- Auge, M. 1997. Deterioro de acuíferos por sobreexplotación y contaminación. Congreso Internacional sobre Aguas, Conferencia Plenaria. Ed. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina
- Baccaro, K. M. Degorgue, M. Lucca, L. Picone, E. Zamuner y Y. Andreoli. 2006. Calidad de agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *Rev. Inv. Agrop.* 35: 95-110.
- Bianucci, S. P., A. R. Ruberto, C. A. Depettris y M. T. Clemente. 2005. Aplicación de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: caso de la laguna Los Lirios, Resistencia, Argentina. Resumen T-038. Universidad Nacional del Nordeste, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Chaco, Argentina.
- CAA (Código Alimentario Argentino). 2007. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Agua potable. Resolución conjunta 68/2007 y 196/2007 - 22 de Mayo 2007. Ministerio de Salud y Acción Social. República Argentina.
- Costa, J. L., H. Massone, D. Martínez, E. E. Suero, C. M. Vidal, and F. Bedmar. 2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agric. Water Manage.* 57: 33-47.
- Doran, J. W. and D. M. Linn. 1979. Bacteriological quality of runoff water from pastureland. *Appl. Environ. Microbiol.* 37: 985-991.
- Hunter, C, J. Perkins, J. Tranter, and P. Harwick. 2000. Fecal bacteria in the waters and upland area in Derbyshire, England: The influence of agricultural land use. *J. Environ. Qual.* 29: 1253-1261.
- Infostat/P. 2007. Software estadístico InfoStat. Grupo Infostat. Estadística y Biometría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba (FCA. UNC). Argentina.
- Jawson, M. D., L. F. Elliott, K. E. Saxton, and D. H. Fortier. 1982. The effect of cattle grazing on indicator bacteria in runoff from a pacific northwest watershed. *J. Environ. Qual.* 11: 621-627.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko, T. D. Brock, and J. Parker. 2004. Brock. *Biología de los microorganismos.* Pearson. Madrid, España.
- Martínez, D. E. 1995. Contaminación del agua subterránea por actividades agrícolas en el sudeste bonaerense. Centro de Geología de Costas y Cuaternario. Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Mar del Plata, Argentina.
- Mazzeo, N., C. Kruk, M. Meerhoff, F. Quintans, G. Lacerot, J. Gorga, L. Rodríguez, M. Loureiro, F. García, B. Scharf y D. Larrea. 2001. Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Blanca: sus causas y respuestas. Facultad de Ciencias, sección Limnología. Montevideo, Uruguay.
- Müller, R. and F. Wiedemann. 1955. Die bestimmung des nitrats in wasser. *Jahrb. Wasserchem. Wasserreinigungstechnik.* Verlag Chemie: 12: 247-271.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. OMS. Ginebra, Suiza
- Perdomo, C. H., O. N. Casanova y V. S. Ciganda. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. *Agrociencia* 1: 10-22.
- Picone, L. I., Y. E. Andreoli, J. L. Costa, V. Aparicio, L. Crespo, J. Nanninni y W. Tambasio. 2003. Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso (Bs. As.). *Rev. Invest. Agrop.* 32: 99-110.
- Richards, R. P., D. B. Baker, N. L. Creamer, J. W. Kramer, D. E. Ewing, B. J. Merryfield, and K. Wallrabenstein. 1996. Well water quality, well vulnerability, and agricultural contamination in the midwestern United States. *J. Environ. Qual.* 25: 384-402.
- Rodier, J. 1981. *Análisis de aguas.* Omega. Barcelona, España.
- Rose, J. B. and D. J. Grimes. 2001. Reevaluation of microbial water quality: Powerful new tools for detection and risk assessment. A report from the American Academy of Microbiology. Washington, DC, USA.
- Ryczel, M. E. 2006. Presencia en el agua de bebida de nitratos y nitritos y su impacto sobre la salud. *ATA-informa* 71: 24-26
- Sasson, A. 1993. *La alimentación del hombre del mañana.* UNESCO. Reverté. Barcelona, España.

- Spalding, R. F. and M. E. Exner. 1993. Occurrence of nitrate in groundwater. A review. *J. Environ. Qual.* 22: 392-402.
- Tate, R. L. and R. E. Terry. 1980. Effect of sewage effluent on microbial activities and coliform populations of Pahokee Muck. *J. Environ. Qual.* 9: 673-677.
- Thelin, R. and G. F. Gifford. 1983. Fecal coliform release patterns from fecal materials of cattle. *J. Environ. Qual.* 12: 57-63.
- Turco, R. F. 1994. Coliform bacteria. pp 145-158. *In*: R. W. Weaver, S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicsek, S. Smith, A. Tabatabai, A. Wollum, S. H. Mickelson, and J. M. Bigham (eds.). *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties.* SSSA. Madison, WI, USA.
- Vitousek, P. M., J. D. Aber, R. W. Howarth, G. E. Likens, P. A. Matson, D. W. Schindler, W. H. Schlesinger, and G. D. Tilman. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecol. Applic.* 7: 737-750.