

# IMPACTO DE LA ACTIVIDAD TAMBERA EN LOS PROCESOS GEOQUÍMICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA ABASTO SUR, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Cellone F.<sup>1</sup>, Borzi G.<sup>2</sup>, Santucci L.<sup>2</sup>, Tanjal C.<sup>2</sup>, Di Lello C.<sup>2</sup>, Butler L.<sup>3</sup>, Córdoba J.<sup>4</sup>, Lamarche L.<sup>5</sup>, Galliari J.<sup>2</sup>, Melendi E.<sup>2</sup>, Delgado M.I.<sup>5,6</sup> Carol E.<sup>2</sup>

1. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (UNLP-CONICET), La Plata, Argentina

2. Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET), La Plata, Argentina

3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Coordinación Territorial Cuenca del Salado Norte, Chascomús, Argentina.

4. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar Región Patagonia, Plottier, Argentina.

5. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), La Plata, Argentina.

6. División Fisiología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), CONICET, La Plata, Argentina

fcellone@fcnym.unlp.edu.ar,

## Introducción

La Cuenca Lechera Abasto Sur, en el centro-este de Buenos Aires (Fig. 1), alberga el 32% de los tambos familiares de pequeña escala de la provincia, representando una importante fuente de trabajo y arraigo territorial para las familias rurales (Castro et al., 2022). El abastecimiento de agua se realiza a partir del agua subterránea y se utiliza tanto para la producción como para consumo doméstico (Cellone et al., 2020). La alta concentración de animales y excretas en una pequeña superficie puede provocar la contaminación del agua subterránea como así también promover procesos geoquímicos que afectan su calidad (Herrero y Gil, 2008; Menció et al., 2016). De entre los posibles contaminantes derivados de las excretas y efluentes de los tambos uno de los más móviles es el nitrato. El consumo de agua con altas concentraciones de este ión puede ocasionar una enfermedad conocida como metahemoglobinemia en infantes y puede asociarse a cáncer gastrointestinal en adultos (WHO, 2004). El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de la producción tambera en establecimientos de la Cuenca Lechera Abasto Sur en los procesos geoquímicos que determinan la calidad de agua.

en donde se determinaron las concentraciones de carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio, magnesio y dureza (APHA, 1998). Posteriormente se realizó un análisis estadístico de los datos para establecer los coeficientes de correlación lineal simple entre los distintos iones e interpretar posibles procesos geoquímicos que ocurren en el acuífero.

## Resultados

Los tambos familiares analizados en general constituyen establecimientos con una producción de entre 180 a 800 litros al día y poseen menos de 50 vacas en ordeño. Su producción en la mayoría de los casos tiene menos de 10 años de antigüedad y se dedica principalmente a la elaboración de masa para mozzarella. Se relevaron además 5 tambos de mayor escala con entre 120 y 230 vacas en ordeño y más de 20 años en producción.

Las instalaciones del tambo se encuentran en muchos casos cerca de las viviendas de los productores y en cuanto al abastecimiento de agua el mismo se realiza tanto para los usos domésticos como productivos (limpieza de las instalaciones y consumo del ganado). Las profundidades de las perforaciones son variables y se sitúan a menos de 15 m para el caso de bombas y molinos y entre 30 y 50 m para las bombas sumergibles.

Los resultados de los análisis químicos muestran que el agua subterránea es principalmente bicarbonatada sódica con valores de pH entre 6,98 y 9,83 y una CE que varía entre 365 y 2540 uS/cm.

En cuanto al contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> el mismo varió entre 1 y 519 mg/L con un valor medio de 45 mg/L. Estos contenidos se encontraron significativamente correlacionados con el pH y la CE del agua subterránea con valores de -0,48 y 0,82 respectivamente (Tabla 1).

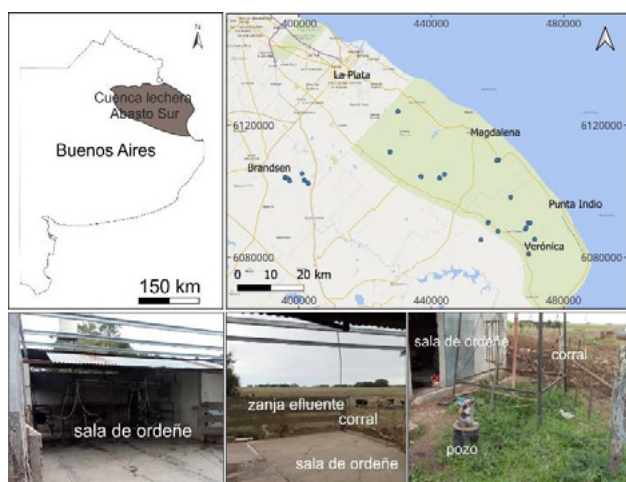


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

## Metodología

Se monitorearon 21 tambos de la Cuenca Lechera Abasto Sur. En ellos se evaluaron las principales características de la producción, tales como número de animales, año de inicio de la actividad, dimensiones e infraestructura de las instalaciones (sala de ordeño, corrales, sistemas de vuelco de efluentes). En total se relevaron 40 perforaciones, en donde se constataron las características constructivas de las mismas (cementación superficial, encamisado, distancia a fuentes puntuales de contaminación).

En los pozos se midió *in situ* conductividad eléctrica (CE) y pH del agua y se recolectaron muestras para el análisis en laboratorio

Tabla 1.- Matriz de correlación en muestras de agua subterránea de los establecimientos tamberos analizados.

	pH	CE uS/cm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	Ca <sup>+2</sup> mg/L	Mg <sup>+2</sup> mg/L
CE uS/cm	-0.32							
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	-0.07	0.43						
Cl <sup>-</sup> mg/L	-0.37	0.79	0.17					
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mg/L	-0.16	0.40	0.00	0.44				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	-0.48	0.82	0.13	0.78	0.41			
Ca <sup>+2</sup> mg/L	-0.64	0.45	-0.07	0.64	0.32	0.74		
Mg <sup>+2</sup> mg/L	-0.59	0.53	-0.01	0.68	0.33	0.72	0.79	
Na <sup>+</sup> mg/L	0.23	0.64	0.50	0.37	0.30	0.27	-0.30	-0.10

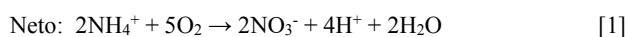
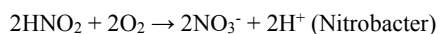
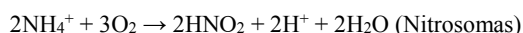
A su vez se observó que el incremento en el contenido de  $\text{NO}_3^-$  es acompañado por incrementos en los contenidos de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , con coeficientes de correlación de 0,74 y 0,72 respectivamente (Tabla 1).

## Discusión

El crecimiento de las actividades agropecuarias intensivas constituye una fuente puntal de contaminantes que se encuentra en aumento y que representa una problemática que debe ser abordada para garantizar la calidad del agua en zonas rurales. Si bien en la actividad agropecuaria familiar tanto los volúmenes de producción, la cantidad de animales y por lo tanto el volumen de efluentes generados son menores que en las actividades agropecuarias de escala industrial, la actividad posee ciertas particularidades que pueden transformarla en una fuente importante de contaminantes potencialmente riesgosa. Por un lado, dada la baja capacidad de inversión, no se cuenta con los adecuados recaudos a la hora de la explotación de los acuíferos (cementación, encamisado, distanciamiento de los focos de contaminación en las perforaciones) como tampoco en el tratamiento de los efluentes generados por las instalaciones.

En relación con los contenidos de  $\text{NO}_3^-$  registrados en el agua subterránea, los mismos son en promedio de 45 mg/L, los cuales son superiores a los valores de fondo estimados para el área, los cuales son cercanos a 10 mg/L (Borzi, 2018). Estos podrían provenir de la descomposición del nitrógeno orgánico derivado de las excretas del ganado y el subsiguiente proceso de nitrificación (Clark, 2015). Este proceso tiene lugar bajo condiciones aeróbicas por lo que ocurriría en la zona no saturada. A su vez durante el mismo se liberan protones y como consecuencia el medio se acidifica, lo que explicaría la correlación inversa con el pH (ec. 1)

Nitrificación:



Por otro lado, la acidificación del medio podría llevar a la disolución de los carbonatos presentes en los sedimentos de la matriz del acuífero en forma de mantos y nódulos de tosca (Teruggi, 1957). Como resultado se libera  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  en el agua (ec. 2), lo cual aumenta la dureza tal como se observa en las correlaciones entre  $\text{NO}_3^-$  vs  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{NO}_3^-$  vs  $\text{Mg}^{+2}$  (Tabla 1) (Clark 2015)



Los procesos geoquímicos descriptos ocasionan problemas en la calidad del agua. Por un lado, el proceso de nitrificación provoca que los nitratos se encuentren por encima de los límites sugeridos para el consumo humano ( $> 45$  mg/L según el CAA, 2012). Esta situación fue registrada en 23 de las perforaciones relevadas. Por otro lado, valores de nitrato entre 200 y 500 mg/L pueden provocar problemas de salud en el ganado (Iramain et al., 2001). Estos valores principalmente se asocian a establecimientos y perforaciones con características constructivas deficitarias o cercanas de puntos de contaminación puntual (corrales, vertido de efluentes, sala de ordeño). Por último, si bien no existen recomendaciones específicas en cuanto a los límites recomendables de dureza en el agua, valores superiores a 200 mg/L pueden generar precipitación de carbonatos en tuberías y en maquinaria, dependiendo de la interacción con el pH y la alcalinidad.

## Conclusiones

Los resultados evidencian que la actividad tampera a escala familiar en la Cuenca Lechera Abasto Sur posee un impacto local sobre los procesos geoquímicos que determinan la calidad de agua utilizada para abastecimiento.

Se registraron valores de nitratos por encima de los valores de base del área y con un valor promedio similar al límite sugerido según el CAA, 2012. Estos valores se interpretan como producto de la degradación de las excretas del ganado y los efluentes de la producción y se relacionan a características deficitarias en las instalaciones, la construcción de los pozos de abastecimiento y la cercanía a fuentes puntuales de contaminación.

Se observa que existe una clara relación entre los contenidos de nitrato en el agua subterránea y otros parámetros fisicoquímicos como la CE, el pH y los contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Se interpreta que el proceso de nitrificación, al mismo tiempo que aumenta el contenido de nitrato en el agua subterránea, acidifica el medio favoreciendo la disolución de los sedimentos carbonáticos presentes en la matriz del acuífero.

De esta manera el deterioro de la calidad del agua no solamente se da a través del aumento del contenido de nitratos, sino que a su vez la composición del agua se ve modificada por altos valores de dureza y CE. Valores de nitrato y dureza del agua por encima de los límites permitidos podrían no solo afectar la salud humana sino también la producción animal y el funcionamiento de las instalaciones del tambo.

## Referencias

- APHA (American Public Health Association) (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Twentieth ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Borzi, G. E. (2018). Influencia de la actividad antrópica en la geohidrología de la cuenca del río Samborombón. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata.
- Castro, A., Lavarello Herbin, A., Butler, L., Vela, M. E., & Pérez, R. A. (2022). "Tambos familiares de la Cuenca Abasto Sur. El caso de la Cooperativa Amanecer Organizado, partidos de Punta Indio y Magdalena, Buenos Aires, Argentina". Revista Ciencias Agronómicas, (40), e028.
- Cellone, F., Carol, E., Pugliese, I., Córdoba, J., Butler, L., & Lamarche, L. (2020). "Nitrate pollution in dairy farms and its impact on groundwater quality in a sector of the Pampas plain, Argentina". Environmental Earth Sciences, 79, 1-7.
- Clark, I. (2015). Groundwater geochemistry and isotopes. CRC press.
- Código Alimentario Argentino. (2012). Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Capítulo XII.
- Herrero, M. A., & Gil, S. B. (2008). "Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal". Ecología austral, 18(3), 273-289.
- Iramain MS, Nosetti L, Herrero MA, Maldonado May V, Flores M, Carbó L (2001) Evaluación del uso y manejo del agua en establecimientos lecheros de la provincia de Buenos Aires, Argentina. In: III Encuentro de las Aguas, 1-11.
- Menció, A., Mas-Pla, J., Otero, N., Regàs, O., Boy-Roura, M., Puig, R., & Folch, A. (2016). "Nitrate pollution of groundwater; all right..., but nothing else?". Sci Total Environ, 539:241-251
- Teruggi, M. E. (1957). The nature and origin of Argentine loess. Journal of Sedimentary Research, 27(3).
- World Health Organization (2004). Guidelines for drinking-water quality (Vol. 1). World Health Organization.