

Evaluación de la calidad del agua para consumo bovino en Santa Fe, Argentina

Water quality evaluation for cattle consumption in Santa Fe, Argentina

Rosana Boglione¹, Carina Griffa², María Celeste Schierano³, Melina Asforno⁴,
Gonzalo Gutiérrez⁵, Marisol Farías⁶

[Recibido: 17 de octubre 2024, Aceptado: 4 de diciembre 2024, Corregido: 20 de diciembre 2024, Publicado: 14 febrero 2025]

Resumen

[**Introducción**]: El agua es esencial para todos los seres vivos, ya que facilita el transporte de nutrientes, la eliminación de desechos y la regulación de la temperatura corporal. El agua subterránea es la principal fuente para el consumo de ganado bovino y la falta de aquella de buena calidad puede impactar negativamente en su salud, reproducción y productividad. En Argentina, la ganadería bovina para la producción de carne y leche es una actividad económica clave, por lo que resulta crucial garantizar un suministro de agua adecuado en cantidad y calidad. [**Objetivo**]: Evaluar la calidad del agua subterránea para el ganado en la cuenca lechera de Santa Fe, Argentina, utilizando un índice de calidad de agua adaptado para bovinos. [**Metodología**]: Durante el periodo 2023-2024, se recolectaron muestras de agua subterránea en una de las principales cuencas lecheras del país. Se analizaron parámetros significativos para la calidad del agua destinada al consumo bovino, tales como pH, sólidos disueltos totales, sulfato, cloruro, nitrato y arsénico. Cada parámetro recibió una valoración basada en sus efectos perjudiciales para los animales y, mediante una ecuación matemática, se clasificó la calidad del agua desde muy buena hasta extremadamente pobre. [**Resultados**]: El estudio reveló que un alto porcentaje de las muestras de la cuenca lechera presentan una calidad buena o muy buena, aunque también se identificaron pozos con calidad deficiente. [**Conclusiones**]: Los resultados subrayan la importancia de monitorear y gestionar la calidad del agua subterránea, para asegurar una ganadería bovina sostenible en la cuenca lechera de Santa Fe.

Palabras clave: agua subterránea, consumo bovino, calidad del agua.

- 1 Investigadora del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. rboglione@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5183-2590>
- 2 Investigadora del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. carinagriffa@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-2741-3334>
- 3 Investigadora del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. celesteschierano@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3380-4374>
- 4 Investigadora del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. melyelma.asforno@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-2287-2881>
- 5 Investigador del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. gutig08@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-7424-1955>
- 6 Investigadora del Grupo de Estudios de Medio Ambiente (GEM). Facultad Regional Rafaela. Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina. marisol.farias@frra.utn.edu.ar; <https://orcid.org/0009-0000-9761-0400>



Abstract

[Introduction]: Water is essential for all living beings as it facilitates nutrient transfer, waste elimination, and body temperature regulation. Groundwater is the primary source for bovine livestock consumption, and poor-quality water can negatively affect their health, reproduction, and productivity. In Argentina, bovine farming for meat and milk production is a significant economic activity, making it crucial to ensure an adequate supply of water in both quantity and quality. **[Objective]:** This study aims to evaluate groundwater quality for cattle in the Santa Fe dairy basin, Argentina, using a water quality index adapted for bovines. **[Methodology]:** During the 2023-2024 period, groundwater samples were collected from one of the main dairy basins in the country. Parameters significant to water quality for bovine consumption, such as pH, total dissolved solids, sulfate, chloride, nitrate, and arsenic, were analyzed at each monitored well. Each parameter was assigned a score based on its harmful effects on livestock, and a mathematical equation was applied to classify water quality from very good to extremely poor. **[Results]:** The study revealed that a high percentage of samples in the dairy basin are of good or very good quality, although wells with poor water quality were also identified. **[Conclusions]:** The findings highlight the importance of monitoring and managing groundwater quality to ensure sustainable bovine farming in the Santa Fe dairy basin.

Keywords: groundwater, cattle consumption, water quality.

1. Introducción

El agua desempeña un papel fundamental en la transferencia de nutrientes, la eliminación de desechos metabólicos y la regulación de la temperatura corporal de todos los seres vivos. En particular, en el ganado bovino, ayuda a la digestión adecuada, al metabolismo energético y al equilibrio electrolítico. También favorece el transporte de nutrientes y metabolitos desde y hacia los tejidos, a través del sistema circulatorio, y desempeña un papel vital tanto en la excreción como en el equilibrio adecuado de iones (Giri *et al.*, 2020). Además, es necesaria para numerosas funciones fisiológicas esenciales y su calidad está muy relacionada con las condiciones ambientales.

En la República Argentina, se desarrollan diversas actividades económicas; la producción agropecuaria es una de las principales en el centro del país, en las cuales se cría ganado bovino, para producción de carne y leche. Es importante destacar que el agua es uno de los elementos más influyentes en la dieta de los bovinos, pues afecta el rendimiento productivo, la reproducción y la producción de leche. Los animales cuentan con 3 fuentes de aprovisionamiento de agua: la de bebida, la contenida en los alimentos y la metabólica. La calidad del agua de bebida es esencial para la salud del ganado bovino, dado que impacta significativamente su capacidad de producción; por lo tanto, es fundamental la provisión adecuada de agua en cuanto a cantidad y calidad, para satisfacer las necesidades de cada especie animal (Fernández Cirelli *et al.*, 2010). Diversos factores influyen en este consumo, como la raza; el estado fisiológico; el nivel de producción de leche; la temperatura y humedad ambiental; la cantidad de materia seca ingerida; el tipo de alimento; la temperatura, disponibilidad y concentración de sales del agua (Miglierina *et al.*, 2018; Wagner y Engle, 2021).

Los animales bovinos necesitan una alta accesibilidad al agua, en el caso específico de las especies bovinas destinadas a ordeño, la vaca lechera de alta producción es la más sensible a los



cambios en la salinidad del agua, tolera un 30-40 % menos de contenido salino que las vacas de cría. Por ello, es esencial proporcionar a los animales en ordeño suficiente agua potable de buena calidad, para asegurar una producción de leche óptima (Fernández Cirelli *et al.*, 2010).

Entre los principales parámetros que pueden afectar la calidad del recurso acuífero se encuentran la salinidad y la presencia de elementos contaminantes, de origen antropogénico, como los nitratos, o natural, como el arsénico, entre otros. Es fundamental realizar un monitoreo constante de la aptitud del agua, con el fin de garantizar que los niveles de estos elementos se mantengan en límites seguros; así, se evitan riesgos para la salud del ganado y la producción lechera. Las concentraciones de los compuestos químicos presentes en el agua deben mantenerse en niveles apropiados, ya que el consumo de mala calidad puede afectar los procesos productivos y reproductivos (Singh *et al.*, 2022). En este contexto, es importante utilizar herramientas que evalúen la calidad del agua en un período específico, como es el caso del índice de calidad de agua, el cual facilita el diagnóstico de la idoneidad de este recurso natural. Desde los primeros cálculos, utilizando esta metodología, efectuados por Horton (1965), se han realizado modificaciones respecto de los parámetros por considerar y la inclusión de datos de monitoreo para identificar el nivel de contaminación de diversos reservorios de agua, tanto superficial como subterránea (Rosemond *et al.*, 2008; Espejo *et al.*, 2011; Rajankar *et al.*, 2011; Saxena y Sharma, 2017; Muzenda *et al.*, 2019; Onoyima *et al.*, 2022). Diversos autores también han desarrollado algunas adaptaciones a las metodologías de cálculo del ICA para diversos fines (Liou *et al.*, 2004; Flores, 2002; Nikoo *et al.*, 2011; Uddin *et al.*, 2021). Sin embargo, no existe bibliografía específica para calcular este índice en el agua destinada al consumo bovino. Por lo tanto, se adoptó una metodología que combina parámetros relevantes, relacionados con los factores que afectan la salud animal, en una ecuación matemática, lo que permite obtener un valor que clasifica la calidad del agua desde muy buena hasta extremadamente pobre, según lo propuesto por Sánchez *et al.* (2016) y Bretcan *et al.* (2022).

El objetivo de este estudio es determinar la calidad del agua subterránea utilizada en el consumo del ganado bovino, en la cuenca lechera de la provincia de Santa Fe, Argentina, mediante la adopción de un índice de calidad de agua.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

Una de las principales cuencas lecheras de la República Argentina está en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe, donde se ubican muchos tambos y pequeñas o medianas industrias lácteas elaboradoras de productos derivados de la leche. En la **Figura 1**, se muestra el mapa de la República Argentina con la localización de la zona en estudio. La región está comprendida por los departamentos Castellanos, Las Colonias y San Cristóbal de la provincia de Santa Fe, localizada entre 61°18' - 61°94' de longitud oeste y 30°13' - 31°47' de latitud sur.



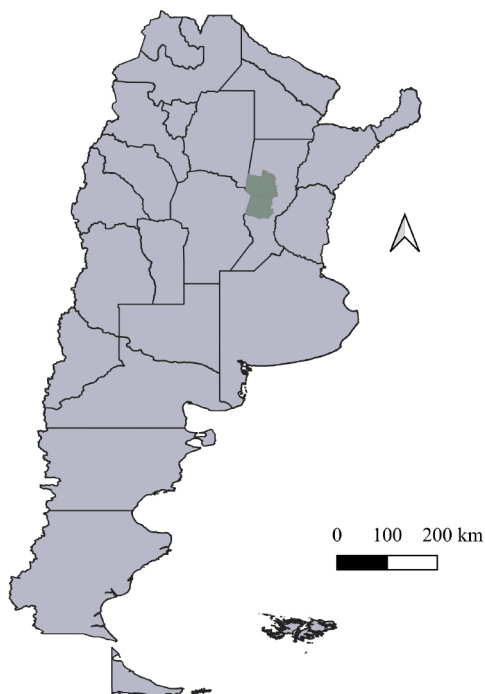


Figura 1. Mapa de la República Argentina con la localización de la zona en estudio.
Figure 1. Map of the Argentine Republic with the location of the study area.

Para el presente trabajo, se tomaron 75 muestras de agua subterránea, localizadas en la zona en estudio, distribuidas temporalmente durante los años 2023-2024. Luego de su extracción, las muestras se almacenaron en botellas de polietileno (American Public Health Association (APHA), 2017), se etiquetaron y resguardaron a 4 °C, hasta el análisis de laboratorio. Cada uno de los pozos muestreados, con profundidades comprendidas entre 12 y 30 metros, fueron georreferenciados con Google Maps.

2.2 Caracterización de las muestras

En cada una de las muestras, se realizó la caracterización fisicoquímica y, entre los parámetros analizados, se seleccionaron 6 que se identificaron como significativos para el consumo bovino de agua, según las recomendaciones propuestas por el National Research Council (NRC, 2001). En el **Cuadro 1**, se presentan técnicas analíticas utilizadas para efectuar los análisis correspondientes, de acuerdo con la metodología propuesta por Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SM) (APHA, 2017).

2.3 Determinación de la calidad del agua

En la determinación de la calidad de agua para consumo bovino, se han considerado los 6 parámetros seleccionados en la caracterización de las muestras; a cada uno se les asignó una ponderación (w_i), vinculada a los efectos adversos en la salud animal (NRC, 2001). Se emplearon valores entre 1 y 5 (1 menor riesgo - 5 mayor riesgo), de acuerdo con su relevancia en la calidad del agua (Bretcan *et al.*, 2022). En una siguiente etapa, se calculó el

Cuadro 1. Parámetros analizados y métodos utilizados.
Table 1. Parameters analyzed and methods employed.

Parámetro	Método analítico
pH	(SM) 4 500-H ⁺ B
Sólidos disueltos totales	(SM) 2 540 B
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	(SM) 4 500-SO ₄ ⁻² E
Cloruro (Cl ⁻)	(SM) 4 500-Cl ⁻ B
Nitrato (NO ₃ ⁻)	(SM) 4 500-NO ₃ ⁻ C
Arsénico total (As)	(SM) 3 114 C

peso relativo (W_i) de cada parámetro, de acuerdo con la **Ecuación 1** del método del peso aritmético (Brown *et al.*, 1970):

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (\text{E.1})$$



Donde:

Wi = peso relativo

wi = peso de cada parámetro

n = número de parámetros

En la **Cuadro 2**, se resumen los parámetros seleccionados, con las correspondientes ponderaciones asignadas (wi) y el peso relativo (Wi) de cada uno.

En el siguiente paso, se estableció una escala de valoración de la calidad para cada variable (qi). En la **Ecuación 2**, se presenta el cociente entre la concentración resultante de cada muestra de agua (Ci) y su valor máximo permitido (Si), según recomendaciones de NRC (2001), y el resultado obtenido fue multiplicado por 100:

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (\text{E.2})$$

Donde:

qi = calificación de la calidad

Ci = concentración de cada parámetro químico en cada muestra de agua en mg L⁻¹

Si = límite máximo permitido en mg L⁻¹

Los límites de agua para consumo bovino, teniendo en cuenta las recomendaciones de NRC (2001), se detallan en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Límites de agua para consumo bovino.

Table 3. Water quality limits for bovine consumption.

Parámetro	Límite
pH	6.5-8.5
Sólidos disueltos totales	5 000 mg L ⁻¹
Sulfatos	1 000 mg SO ₄ ⁻² L ⁻¹
Cloruros	2 000 mg Cl ⁻¹ L ⁻¹
Nitratos	100 mg NO ₃ ⁻¹ L ⁻¹
Arsénico	0.05 mg As L ⁻¹

Cuadro 2: Parámetros empleados para el cálculo de la calidad de agua subterránea con sus pesos relativos.

Table 2: Parameters used for groundwater quality calculation with their relative weights.

Parámetro	w _i	W _i
pH	1	0.04
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	5	0.24
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻² L ⁻¹)	5	0.24
Cloruros (mg Cl ⁻¹ L ⁻¹)	2	0.10
Nitrato (mg NO ₃ ⁻¹ L ⁻¹)	5	0.24
As (mg As L ⁻¹)	3	0.14

Finalmente, se sumaron los valores de todas las variables en la **Ecuación 3**:

$$ICA = \sum W_i \times q_i \quad (\text{E.3})$$

Donde:

ICA = índice de calidad del agua

qi = calificación de la calidad

Wi = peso relativo de cada parámetro



El resultado obtenido es un número que se utiliza para clasificar la calidad del agua en cinco categorías: muy buena, buena, pobre, muy pobre y extremadamente pobre en cada punto de muestreo, como se muestra en la **Cuadro 4** (Bretcan *et al.*, 2022).

3. Resultados y discusión

En el **Cuadro 5**, se presentan la mediana, los valores máximos y mínimos de cada parámetro involucrado en el cálculo del índice de calidad de las aguas analizadas. Se observa que hay una gran amplitud entre los valores inferiores y superiores, en la mayoría de los parámetros estudiados.

Cuadro 4. Clasificación según la calidad del agua.
Table 4. Classification according to water quality.

Valor de ICA	Calidad del agua
Menor de 50	Muy buena
De 50 a 100	Buena
De 100 a 200	Pobre
De 200 a 300	Muy pobre
Mayor de 300	Extremadamente pobre

Cuadro 5. Mediana, valores máximos y mínimos de cada parámetro estudiado.
Table 5. Median, maximum and minimum values of each parameter studied.

Parámetro	Mediana (n=75)	Mínimo	Máximo
pH	7.7	6.5	8.7
Sólidos disueltos totales (mg L ⁻¹)	2 108.0	719.0	10 616.0
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹)	482.6	50.5	2 748.8
Cloruros (mg Cl ⁻¹ L ⁻¹)	287.1	31.3	3 720.0
Nitrato (mg NO ₃ ⁻¹ L ⁻¹)	110.6	3.30	786.9
As (mg As L ⁻¹)	0.07	0.01	0.24

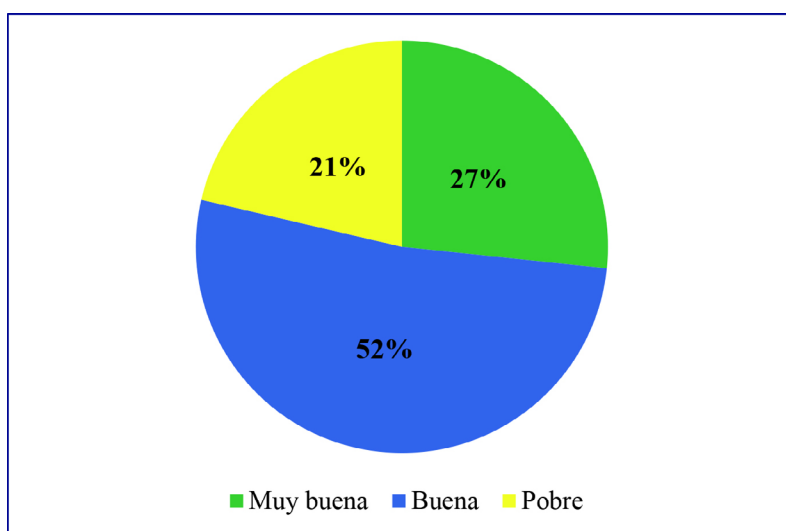


Figura 2. Porcentajes de muestras según la clasificación del **Cuadro 3**.
Figure 2. Percentages of samples according to the classification in **Table 3**.

En la **Figura 2**, se presentan los resultados obtenidos, en porcentajes, de la calidad del agua resultante de los cálculos de ICA, donde se observa que el 27 % de las muestras de agua para consumo animal posee muy buena calidad, el 52 % es de buena calidad y el 21 % corresponde a aguas de pobre calidad. Estas últimas están relacionadas con elevados contenidos de sulfatos, se vinculan directamente con la cantidad de sales, nitratos y arsénico en ellas. Dichos



parámetros son perjudiciales para la salud animal, por lo tanto, sus altas concentraciones repercuten en una pobre calidad del agua.

Respecto al pH, indicador del equilibrio entre la acidez y la alcalinidad del agua, influye en el sabor del agua y todas las reacciones bioquímicas son sensibles a su variación. El valor límite máximo recomendado es 8.5 para aguas de consumo bovino, según NRC (2001). Acorde con Schroeder (2015), valores aceptables en el agua para consumo de animales lecheros se encuentran entre 6 y 8. El mayor porcentaje de los valores hallados en las aguas estudiadas se encontró en ese rango, un 8 % de las muestras fue superior a 8.5. Esto podría provocar problemas como trastornos de indigestión y diarrea; también, influye en su productividad (Al-Saffawi *et al.*, 2020).

En cuanto al contenido de sólidos totales disueltos (SDT), se notó que estos incluyen sales inorgánicas como bicarbonatos, cloruros, sulfatos de calcio, magnesio, sodio, además de otros minerales y materia orgánica. En las aguas analizadas, el 13.3 % presenta concentraciones superiores a 5 000 mg L⁻¹, valor máximo recomendado por NRC (2001). La respuesta ante el consumo de agua con un alto contenido de sales totales puede ser variable (Kamal *et al.*, 2024). Algunas personas autoras plantean que los niveles altos de SDT disminuyen la ingesta de alimento y de agua, así como el crecimiento y la producción (Patra *et al.*, 2023). En las aguas examinadas que contenían sólidos disueltos totales superiores a 5 000 mg L⁻¹, su nivel está muy influenciado por altas concentraciones de sulfatos y serían consideradas de mala calidad para consumo bovino, según Memon *et al.* (2023).

Los sulfatos y cloruros presentes en las muestras estudiadas se encuentran en forma natural en las aguas subterráneas, ya que son solubles en casi todos los cationes naturales, no precipitan (Nayar, 2020) y suelen encontrarse asociados con sodio, magnesio, calcio y potasio (Arellano, 2021). Los sulfatos son más perjudiciales que los cloruros, porque combinados con sodio o magnesio pueden provocar diarreas (Arellano *et al.*, 2021; Bavera *et al.*, 2011). El 22.7 % de los pozos presentó concentraciones de sulfatos mayores a 1 000 mg SO₄⁻² L⁻¹, valor máximo recomendado por NRC (2001); es importante considerar que su efecto laxante podría causar deficiencia de minerales esenciales y vitaminas, lo cual disminuye, además, la producción láctea (Fernández Cirelli *et al.*, 2010; Giri *et al.*; 2020 Kamal *et al.*, 2024). En el caso de los cloruros, si bien no son peligrosos, pueden influir negativamente en la calidad del agua de bebida y representar un riesgo para la salud de los animales, hecho que afecta la producción. El 1.3 % de las muestras contiene concentraciones superiores a 2 000 mg Cl⁻ L⁻¹, valor recomendado por NRC (2001), y podrían causar alteraciones en la salud, con impacto negativo en la producción de leche (Pérez-Carrera *et al.*, 2007).

La presencia de nitratos en el agua es indicio de contaminación con materia orgánica o compuestos nitrogenados, ocasionada por un deficiente manejo de efluentes ganaderos o de utilización de fertilizantes. Los fertilizantes nitrogenados que se aplican en los cultivos se pueden filtrar en las aguas subterráneas, por lo tanto, el nitrato es un contaminante que se puede encontrar frecuentemente en estas aguas (Nayar, 2020). El 53.3 % de las muestras ensayadas posee un contenido de nitratos superior a 100 mg NO₃⁻ L⁻¹, se encuentran a más de 500 mg NO₃⁻ L⁻¹, límite



máximo recomendado por NRC (2001). Las elevadas concentraciones tienen un efecto negativo en los animales, especialmente en las gestantes, provocan abortos y muerte súbita de los recién nacidos (Al-Saffawi *et al.*, 2020). Su toxicidad se debe a la alteración en el transporte de oxígeno y los animales jóvenes son más susceptibles que los adultos, razón por la cual también debe atenderse especialmente la calidad del agua usada para la preparación de sustitutos lácteos empleados en la cría de terneros. En los animales adultos, en casos de intoxicación crónica, no se observan signos característicos, pero puede disminuirse la producción láctea y darse abortos estériles (Pérez-Carrera, 2007; Fernández Cirelli *et al.*, 2010).

El arsénico presente en las aguas subterráneas es un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza, forma sales muy solubles en agua y posee una elevada toxicidad para los seres vivos (Bundschuh *et al.*, 2008). En las aguas analizadas, el 54.7 % presenta concentraciones superiores a 0.05 mg As L⁻¹ (NRC, 2001). Las concentraciones halladas no producen alteraciones manifiestas en el ganado bovino y coinciden con las personas autoras, quienes consideran que deberían evaluar el impacto negativo en la producción de leche (Pérez-Carrera *et al.*, 2007; 2016). Por otra parte, uno de los riesgos del consumo de aguas con altos contenidos de arsénico en los animales es la posible recontaminación, debido al paso del metaloide a la orina y el estiércol del ganado bovino, más el posible uso de ese desecho como fertilizante en agricultura (Ghosh *et al.*, 2013).

En la **Figura 3**, se observa el mapa la localización de las aguas analizadas. Los diferentes colores corresponden a la escala de índices de calidad de agua presentada en el **Cuadro 3**.

Como se puede observar, hay una gran variabilidad en el enlace entre la calidad de las aguas y la localización; no hay un sector que claramente se identifique con una determinada calidad, esto podría deberse a factores antropogénicos vinculados con deficiente manejo de efluentes ganaderos o la utilización de fertilizantes, entre otros.

4. Conclusiones

El estudio de la calidad del agua subterránea para consumo bovino permitió demostrar que un alto porcentaje de las muestras en la cuenca lechera de Santa Fe, Argentina, es de muy buena y buena calidad, aunque se pueden encontrar pozos con

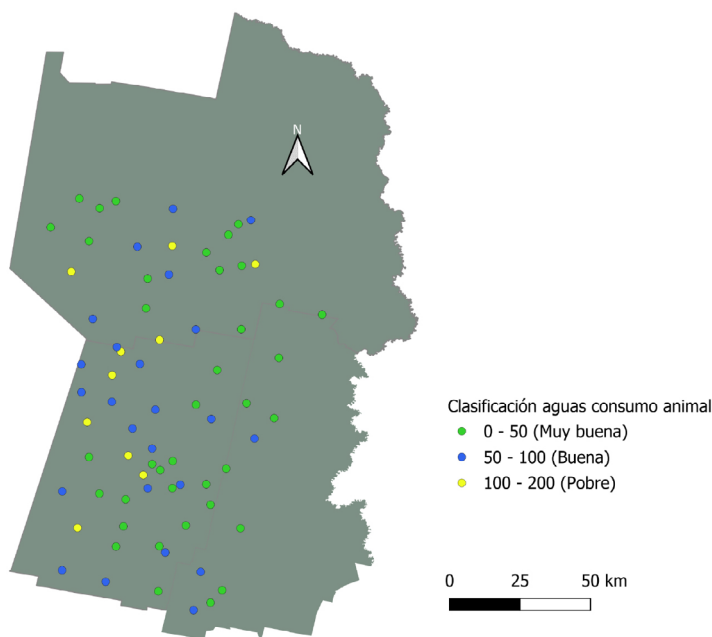


Figura 3. Localización y clasificación de los puntos monitoreados.
Figure 3. Location and classification of the monitored points.



calidad pobre. Las personas productoras de ganado carecen de información suficiente sobre los problemas de salud que puede causar la mala calidad del agua consumida por los bovinos, lo cual se puede atribuir a prácticas ganaderas que no están bajo la supervisión de profesionales del sector. La falta de información adecuada y de vigilancia profesional, en las actividades relacionadas con la calidad del agua que consumen los bovinos, pueden afectar tanto la salud animal como la economía de las personas productoras o la pública. Es importante conocer la calidad del agua y realizar un monitoreo permanente, para mejorar la producción lechera.

5. Agradecimientos

Las personas autoras expresan su agradecimiento a la Universidad Tecnológica Nacional, por su apoyo financiero, en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo “Análisis de calidad de agua y uso de adsorbentes en la remoción de contaminantes” (Código del Proyecto: MSECBRA0008375), y a las personas productoras agropecuarias que han permitido el análisis de las muestras de agua. Además, agradecen al equipo editorial y las personas revisoras anónimas de la revista, por sus aportes, los cuales enriquecen el presente documento.

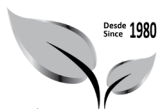
6. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

7. Referencias

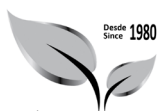
- Al-Saffawi, A. Y., Al-Assaf, A. Y. y Talat, R. A. (2020). Valuation of water quality for livestock and poultry watering: a case study of groundwater in some areas of Mosul city, Iraq. *Nippon Journal of Environmental Science*, 1(2), 1-7.
- APHA. (2017). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 23rd Edition. American Public Health Association.
- Arellano, F. E., Rodríguez, M. S., Álvarez Gonçalvez, C. V., Fernández Cirelli, A. y Pérez Carre-
ra, A. L. (2021). Elementos traza de importancia nutricional y toxicológica: biotransferencia desde matrices ambientales a alimentos de origen animal. *In Vet* 2021, 23(2), 01-19
- Bavera, G. A. (2011). *Aguas y aguadas para el ganado*. 4ta edición. Río Cuarto: Imberti-Bavera, 498 p.





- Bretcan, P., Tanislav, D., Radulescu, C., Serban, G., Danielescu, S., Reid, M. y Dunea, D. (2022). Evaluation of Shallow Groundwater Quality at Regional Scales Using Adaptive Water Quality Indices. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10637. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710637>
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A. y Tozer, R. G. (1970). A water quality index: do we dare? *Water Sewage Works*, 117, 339-343.
- Bundschuh, J., Pérez Carrera, A. y Litter, M. I. (2008). *Distribución de arsénico en la región sudamericana*. Capítulo 4, 49-76. Ambientes afectados por el arsénico. Capítulo 5, 77-94. Movilidad del arsénico y procesos de transporte. Capítulo 7, 137-159. Distribución del arsénico en las regiones ibérica e iberoamericana. Argentina.
- Espejo, L., Kretschmer, N., Oyarzún, J., Meza, F., Nuñez, J., Maturana, H., Soto, G., Oyarzo, P., Garrido, M., Suckel, F., Amezaga, J. y Oyarzun, R. (2011). Application of water quality indices and analysis of the surface water quality monitoring network in semiarid north-central Chile. *Environmental Monitoring Assessment*, 184, 5571-5588. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2363-5>
- Fernández Cirelli, A., Schenone, N., Pérez Carrera, A. L. y Volpedo, A. V. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGM DOMUS*, 1, 45-66.
- Flores, J. C. (2002). Comments to the use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía river. *Water research*, 36(18), 4664-4666. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00181-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00181-1)
- Giri, A., Bharti, V. K., Kalia, S., Arora, A., Balaje, S.S. y Chaurasia, O. P. (2020). A review on water quality and dairy cattle health: a special emphasis on high-altitude region. *Applied Water Science*, 10(3),1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1160-0>
- Ghosh, A., Majumder, S., Awal, M. A. y Rao, D. R. (2013). Arsenic Exposure to Dairy Cows in Bangladesh. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 64, 151-159. <https://doi.org/10.1007/s00244-012-9810-3>
- Horton, R. (1965). An Index Number System for Rating Water Quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), 300-306.
- Kamal, M. A., Khalf, M. A., Ahmed, Z. A., Eljakee, J. A., Alhotan, R. A., Al-Badwi, M. A., Hussein, E. O., Galik, B. y Saleh, A.A. (2024). Effect of water quality on causes of calf mortality in cattle-farm-associated epidemics. *Archives Animal Breeding*, 67(1), 25-35. <https://doi.org/10.5194/aab-67-25-2024>





- Liou, S. M., Lo, S. L. y Wang, S. H. (2004). A Generalized Water Quality Index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96, 35-52. <https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031715.83752.a1>
- Nikoo, M. R., Kerachian, R., Malakpour-Estalaki, S., Bashi-Azghadi, S. N. y Azimi-Ghadikolaee, M. M. (2011). A probabilistic water quality index for river water quality assessment: a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 181, 465-478. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1842-4>
- Memon, Y. I., Qureshi, S. S., Kandhar, I. A., Qureshi, N. A., Saeed, S., Mubarak, N. M., Ullah Khan, S. y Saleh, T. A. (2023). Statistical analysis and physicochemical characteristics of groundwater quality parameters: a case study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103, 2270-2291. <https://doi.org/10.1080/03067319.2021.1890064>
- Migliarina, M. M., Bonadeo, N., Ornstein, A. M., Becú-Villalobos, D. y Lacau-Mengido, I. M. (2018). In situ provision of drinking water to grazing dairy cows improves milk production. *New Zealand Veterinary Journal*, 66(1), 37-40. <https://doi.org/10.1080/00480169.2017.1374885>
- Muzenda, F., Masocha, M. y Misi, S. N. (2019). Groundwater quality assessment using a water quality index and GIS: a case of Ushewokunze Settlement, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/b/c*, 112, 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.02.011>
- National Research Council (NRC). (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Edition. Washington, D. C.: National Academy of Sciences, pp. 178-183.
- Nayar, R. (2020). Assessment of water quality index and monitoring of pollutants by physico-chemical analysis in water bodies: a review. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 9(01), 178-185. <https://www.ijert.org/assessment-of-water-quality-index-and-monitoring-of-pollutants-by-physico-chemical-analysis-in-water-bodies-a-review>
- Onoyima, C. C., Okibe, F. G., Ogah, E. y Dallatu, Y. A. (2022). Use of water quality index to assess the impact of flooding on water quality of River Kaduna, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 26(1), 65-70. [10.4314/jasem.v26i1.10](https://doi.org/10.4314/jasem.v26i1.10)
- Patra, A. K., de Santos Ribeiro, L. P., Hirut, Y., Puchala, R. y Goetsch, A. L. (2023). Influence of the concentration and nature of total dissolved solids in brackish groundwater on water intake, nutrient utilization, energy metabolism, ruminal fermentation, and blood constituents in different breeds of mature goats and sheep. *Science of The Total Environment*, 907, 167949. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167949>
- Pérez-Carrera, A., Moscuza, C., Grassi, D. y Fernández-Cirelli, A. (2007). Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera en Córdoba, Argentina. *Veterinaria México*, 38(2), 153-164.



- Pérez-Carrera, A. L., Arellano, F. E. y Fernández-Cirelli, A. (2016). Concentration of trace elements in raw milk from cows in the southeast of Córdoba province, Argentina. *Dairy Science and Technology*, 96, 591-602. <https://doi.org/10.1007/s13594-016-0290-5>
- Rajankar, P. N., Tambekar, D. H. y Wate, S. R. (2011). Groundwater quality and water quality index at Bhandara District. *Environmental Monitoring Assessment*, 179, 619-625. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1767-y>
- Rosemond, S., Duro, D. C. y Dubé, M. (2008). Comparative analysis of regional water quality in Canadá using the water quality index. *Environmental Monitoring Assessment*, 156, 223-240. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0480-6>
- Sánchez, J. A., Álvarez, T., Pacheco, J. G., Carrillo, L. y González, R. A. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(4), 75-96.
- Saxena, N. y Sharma, A. (2017). Evaluation of water quality index for drinking purpose in and around tekanpur area M. P. India. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 12(2), 359-370. http://www.ripublication.com/ijaes17/ijaesv12n2_14.pdf
- Schroeder, J. W. (2015). Water needs and quality guidelines for dairy cattle. <https://files.know-yourh2o.com/pdfs/AS1369%20Water%20Needs%20and%20Quality%20Guidelines%20for%20Dairy%20Cattle%20-%20Water%20Needs%20and%20Quality%20Guidelines%20for%20Dairy%20Cattle.pdf>
- Singh, A. K., Bhakat, C. y Singh, P. (2022). A review on water intake in dairy cattle: associated factors, management practices, and corresponding effects. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), 154. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03154-2>
- Uddin, M. G., Nash, S. y Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- Wagner, J. J. y Engle, T. E. (2021). Invited Review: Water consumption, and drinking behavior of beef cattle, and effects of water quality. *Applied Animal Science*, 37(4), 418-435. <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02136>

