

ANÁLISIS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE USO MÚLTIPLE EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

Florencia, Cora Jofre^{ab}; Micaela, Pérez^c; Valentina, Giacomino^b; Vanina N., Murcia^c; Nanci, Kloster^c; Marianela, Savio^{ab*}

^a Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP- CONICET- UNLPam), Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

^b Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

^c INTA, Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Anguil, La Pampa, Argentina.

*e-mail: marianelasavio@gmail.com

Resumen

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los recursos hídricos y ambientales son fundamentales para el desarrollo humano. En la provincia de La Pampa el agua subterránea es de vital importancia para la población y sus actividades productivas. La investigación, el cuidado y el monitoreo de este recurso resulta indispensable, ya que la demanda de agua de los distintos sectores de la sociedad en cantidad-calidad y en tiempo-espacio es cada vez mayor para propiciar y fortalecer el desarrollo de las territorialidades y sub territorialidades de nuestro país. La calidad del agua se define según el uso al que está destinada: consumo humano, uso y consumo animal, uso de agroquímicos, riego, etc. El abastecimiento de agua en calidad adecuada representa un problema para los pequeños productores de la Región Semiárida Pampeana. Se realizaron análisis físico-químicos de un total de 62 muestras de agua subterránea recolectadas en las localidades Anguil, Uriburu y Colonia Inés y Carlota, al este del departamento Capital (La Pampa), entre los años 2016-2020. El conocimiento de los factores que determinan la calidad del agua, permitió establecer la aptitud del agua subterránea y evaluarla de acuerdo al uso que le dan los productores agropecuarios.

Palabras clave: Agua subterránea, análisis físico-químico, calidad según uso, región este pampeana.

Introducción

La Argentina está en el camino de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que deberán ser alcanzados al 2030 en consonancia con los contextos y dinámicas económicas, sociales y ambientales tanto de alcance internacional como nacional, donde la provincia de La Pampa no queda exenta. Dentro de estas metas se pretende, de manera general y también particular, reducir la polución y contaminación del aire, del agua y del suelo, entre otros. Bajo este marco, los recursos hídricos y ambientales son fundamentales para el desarrollo humano, y están intrínsecamente relacionados con los retos mundiales. En los últimos años los estudios referidos a la calidad del agua, suelo y aire han tomado gran relevancia debido a los efectos que pueden producir sobre distintos componentes y procesos de los ecosistemas. La escasez de recursos hídricos en particular, sus problemas de calidad y el saneamiento inadecuado, afectan diferentes dimensiones de la vida social y ambiental.

Por lo tanto, la investigación, el cuidado y el monitoreo de este recurso resulta indispensable, ya que la demanda de agua de los distintos sectores de la sociedad en cantidad-calidad y en tiempo-espacio es cada vez mayor para propiciar y fortalecer el desarrollo de las territorialidades y sub territorialidades de nuestro país. Garantizar la disponibilidad y calidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para toda la población, así como aumentar la producción de alimentos fortaleciendo la eficiencia en el consumo de agua son algunos de los grandes desafíos de nuestros tiempos. La población mundial está en aumento continuo, por lo que es necesario un incremento y fortalecimiento de iniciativas que estudien sistemáticamente la calidad del agua.

La calidad del agua se define según el uso al que está destinada. Verbigracia, consumo humano, uso y consumo animal, uso de agroquímicos, riego, etc. No solo la presencia de microorganismos (virus, bacterias, etc.), es utilizado al momento de adoptar un criterio de aptitud del agua. Los parámetros físico-químicos, organolépticos, la presencia de compuestos tóxicos, el exceso de minerales, son frecuentemente utilizados. El resultado son dos grandes grupos: aguas “aptas” o “no aptas”. El conocimiento de los factores que determinan la calidad del agua, permite evaluar este recurso que, si bien es uno de los nutrientes más importantes para el ser humano y el desarrollo de las actividades productivas, también es, probablemente, el menos considerado.

En la provincia de La Pampa el agua subterránea es de vital importancia para la población y sus actividades productivas, ya que carece de cursos de aguas superficiales en la mayor parte de su territorio. Existen varios acuíferos de cierta importancia, algunos por su extensión y producción potencial y otros por su ubicación estratégica. El acuífero Pampeano, localizado en una gran área de la llanura Pampeana, es la principal fuente de agua subterránea de la región.

Este trabajo se desarrolló en el marco de Proyectos de Vinculación Tecnológica “Universidades Agregando Valor” - UNLPam, en conjunto con el INTA- EEA Anguil y productores de la zona de Anguil, Uriburu y Colonia Ines y Carlota, con el objetivo de aportar conocimiento sobre su aptitud a fin de mejorar los sistemas de producción, aspecto muy importante para pequeños productores de la Región Semiárida Pampeana. Se evaluó la calidad del agua para múltiples usos: consumo humano, animal, y riego.

Métodos e instrumentos analíticos

Trabajo de campo

Los muestreos se realizaron entre los años 2016 y 2020, en diferentes establecimientos agropecuarios de la zona de Anguil, Colonia Ines y Carlota y Uriburu. Los mismos se dedican a diversas actividades agrícola-ganaderas: cultivo de cereales y oleaginosas, cría de ganado, porcino, bovino, equino, aves de corral, etc. En la zona rural, la fuente principal de agua para el desarrollo de las actividades agropecuarias es subterránea y proveniente de la capa freática (3 - 15 m de profundidad) o de perforaciones semisurgentes (80 – 150 m de profundidad). Se relevaron 46 establecimientos, con un total de 62 muestras de agua subterránea (Figura 1). Las mismas se recolectaron en botellas plásticas y se mantuvieron refrigeradas (4°C) hasta su análisis en el laboratorio.

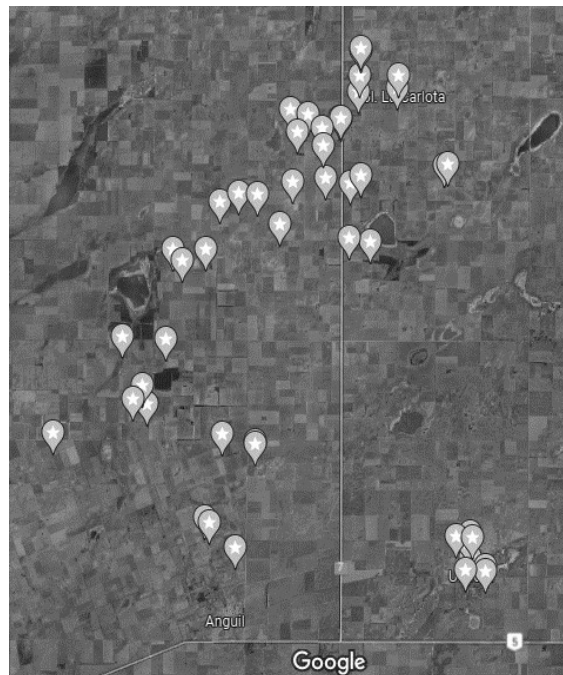


Figura 1: Sitios de muestreo

Trabajo de laboratorio

La temperatura, pH y conductividad de cada una de las muestras se determinó in situ mediante sonda SperScientific.

Las determinaciones físico-químicas: turbiedad, sólidos disueltos totales 103-105 °C, dureza, calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), arsénico (As), fluoruros (F⁻), alcalinidad total, carbonatos (CO₃²⁻) y bicarbonatos (HCO₃⁻), cloruros (Cl⁻), nitritos (NO₂⁻), nitratos (NO₃⁻), sulfatos (SO₄²⁻) se realizaron en el Laboratorio de Suelo y Agua de INTA-EEA Anguil, y en el Laboratorio Espectrometrías Atómicas en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). Además, se determinaron nutrientes mayoritarios, minoritarios y elementos tóxicos por espectrometría de emisión atómica con plasma inducido por microondas (MIP OES) en el laboratorio de la UNLPam.

Las determinaciones físico-químicas se llevaron a cabo siguiendo las técnicas descritas en Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA-AWWA-WEF (1999), aplicables a todo tipo de aguas (Tabla 1).

Parámetro	Métodos de Análisis	Nº método
Temperatura	-	S.M. 2550-B
Color	Método Espectrofotométrico	S.M. 2120-B
Olor	Prueba umbral de olor	S.M. 2150-A
Sabor	Organoléptico	S.M. 2160-A
Turbidez	Método Nefelométrico	S.M. 2130-B
pH	Método Potenciométrico	S.M. 4500-B
Conductividad	Método Conductimétrico	S.M. 2510-B
Sólidos disueltos totales	Residuo seco a 105°C	S.M. 2540-B
Alcalinidad	Método Titulométrico con HCl	S.M. 2320-B
Dureza Total	Método Titulométrico con EDTA	S.M. 2340-C
Ca	Método Espectrométrico - MIP OES	S.M. 3500-Ca-C
Mg	Método Espectrométrico - MIP OES	S.M. 3500-Mg-C
Cl ⁻	Método Titulométrico con AgNO ₃	S.M. 4500-Cl
SO ₄ ²⁻	Método Turbidimétrico	S.M. 4500- SO ₄ ²⁻ -E
NO ₃ ⁻	Método Espectrofotométrico	S.M. 4500- NO ₃ ⁻ -E
NO ₂ ⁻	Método Espectrofotométrico	S.M. 4500- NO ₂ ⁻ -B
NH ₄ ⁺	Método Espectrofotométrico	S.M. 4500- NH ₄ ⁺ -E
F ⁻	Método Potenciométrico	S.M. 4500- F ⁻ -C
Na	Método Espectrométrico - MIP OES	S.M. 3500-Na-C
K	Método Espectrométrico - MIP OES	S.M. 3500-K-C
As	Método Espectrométrico / HG-MIP OES	S.M. 3500-As-E

Tabla 1: Métodos analíticos empleados en los análisis de agua

Resultados y Discusión

Análisis físico-químicos

La calidad del agua es un factor determinante en la producción. Los parámetros utilizados para evaluar la misma en los establecimientos agropecuarios, se muestran en la Tabla 2.

Se tiene conocimiento que el ganado es capaz de adaptarse al consumo de diferentes tipos de agua. Sin embargo, un agua de mala calidad, debido a una excesiva concentración de sales o de ciertos elementos químicos (principalmente tóxicos), produce disminución en la producción e impacto en la salud, con las consecuentes pérdidas económicas para el productor. Lo mismo para los cultivos donde se debe proporcionar agua en cantidad y calidad adecuada y en el momento oportuno, para evitar pérdidas económicas. Es por ello que a continuación se expone un breve resumen de cada uno de los parámetros más relevantes encontrados en las aguas estudiadas.

Determinación	Unidad	Aptitud para consumo humano*	Aptitud para consumo animal**	Promedio	MIN	MAX
Temperatura	[°C]	-	-	18.1	16.9	19.9
Turbidez	[NTU]	<3 N.T.U	-	0.8	0.1	2.3
pH	[u de pH]	6.5-8.5	6.0 – 9.0	7.8	7.1	8.4
Conductividad	[dS m ⁻¹]	-	< 9.0	3.57	0.67	22.5
Sólidos disueltos totales	[mg L ⁻¹]	<1500	< 7000	2555	611	25050
CO ₃ ²⁻	[mg L ⁻¹]	-	-	79	18	226
HCO ₃ ⁻	[mg L ⁻¹]	-	-	816	18	2901
Dureza Total	[mg L ⁻¹ CaCO ₃]	<400	<470	558	31	14377
Ca	[mg L ⁻¹]	-	-	66	1.0	620
Mg	[mg L ⁻¹]	-	< 400	94	0.5	3079
Cl ⁻	[mg L ⁻¹]	<350	< 4000	562	24	5069
SO ₄ ²⁻	[mg L ⁻¹]	<400	< 2500	491	37.9	3873
NO ₃ ⁻	[mg L ⁻¹]	<45	< 440	98	0.7	864
NO ₂ ⁻	[mg L ⁻¹]	<0.1	< 33	4.1	0.1	40
NH ₄ ⁺	[mg L ⁻¹]	< 0.2	-	0.8	0.2	10
Na	[mg L ⁻¹]	-	< 15000	656	91	2115
K	[mg L ⁻¹]	-	-	11	1.8	47

*Fuente CAA

** Fuente NRC, 2012

Tabla 2. Análisis físico-químicos realizados en las muestras.

Efectos sobre los animales

La conductividad y los sólidos disueltos totales (SDT) están estrechamente vinculados y pueden afectar de manera adversa la calidad de un cuerpo de agua. La variedad de sales que pueden estar presentes en el agua es muy amplia, encontrándose bajo la forma de Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻ y HCO₃⁻ de Na⁺ o Mg²⁺. Dentro de este grupo los Cl⁻ y SO₄²⁻ son los que en general resultan más perjudiciales para la salud y producción cuando se encuentran en exceso. En el caso de consumo animal, el contenido de sales totales es variable y de acuerdo a su concentración el agua puede ser clasificada por su aptitud de uso (Tabla 3).

Grado de Restricción	SDT [mg L ⁻¹]	
dulce	0	2000
bueno	2000	4000
regular	4000	7000
mala	7000	10000
no aconsejable	>	10000

Tabla 3: Guía del contenido de sales totales en el agua para bovinos (NRC, 2012)

Los resultados encontrados en la zona de Anguil, Colonia Ines y Carlota y Uriburu sobre el contenido salino con respecto al grado de restricción en los animales son variables. Podemos dilucidar que aproximadamente el 24% de las 62 muestras analizadas fueron de mala calidad. El 76% restante se corresponde con un agua entre dulce y buena (Figura 2). El rango de aguas buenas o “engordadoras” comprende aquellos tipos que ayudan a cubrir los requerimientos de ciertos minerales, pero que no los presentan en exceso.

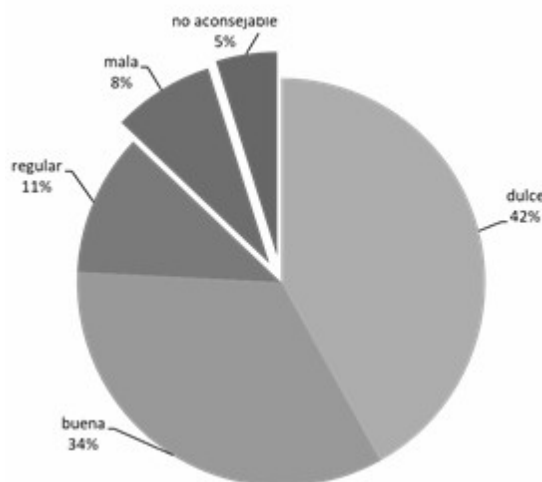


Figura 2: Distribución de calidad de aguas según contenido salino

Con respecto a la distribución de la calidad de aguas de acuerdo al contenido de sales totales según la zona de muestreo se observó que en las zonas de Anguil y Uriburu, aproximadamente el 60% de los resultados pertenecen a una calidad de agua entre dulce y buena. En el caso de Uriburu, el 50% corresponde a agua dulce. Con respecto a la zona de Colonia Inés y Carlota cerca del 95% de las muestras son de agua de buena calidad, obteniéndose un 65% de agua dulce, el valor más alto alcanzado en las regiones analizadas.

El NaCl es una sal beneficiosa, le da al agua el sabor salado y se definen como "engordadoras" cuando se encuentran en niveles de aproximadamente 2000 mg L⁻¹ de Cl⁻, siempre y cuando los sulfatos no estén en exceso. Los Cl⁻ de Ca y Mg le dan gusto amargo y causan diarrea en los animales. En las muestras relevadas, sólo el 4% superaron los 2000 mg L⁻¹ de Cl⁻.

El agua puede aportar cantidades importantes de *sodio*, generalmente como Cl⁻ y SO₄²⁻, lo que es de relevancia nutricional debido a que las pasturas generalmente son bajas o marginales en Na⁺. Cuando la concentración de NaCl es excesivamente alta, los animales beberán mayores cantidades de agua, provocando heces muy líquidas y grandes cantidades de orina, que junto con un aumento del agua desperdiciada en bebederos, dará lugar a purines excesivamente líquidos, lo que dificultará el manejo y almacenamiento. El contenido de Na⁺ en las muestras analizadas se encontró en el rango entre 91-2115 mg L⁻¹.

El *magnesio*, necesario en la alimentación del ganado bovino, en muchos pozos se encuentra en exceso; y combinado con el SO₄²⁻ otorgan al agua alta carga de sales totales y el sabor amargo característico, lo que provoca efectos laxantes en los animales. Se consideran límites máximos: Agua Buena <200 mg L⁻¹, Agua Regular entre 200-400 mg L⁻¹, Agua mala > 400 mg L⁻¹. De las muestras analizadas solo el 6% presentó elevadas concentraciones de Mg²⁺.

Los *sulfatos* se encuentran en casi todas las aguas naturales. Es la sal que más efectos adversos tiene sobre la calidad del agua, debido a la combinación en la que generalmente se encuentra: como MgSO₄, que otorga un sabor amargo y repugnante, o de Na, que es menos amargo e irritante; también de Ca o Fe. Son posiblemente uno de los principales responsables de la mala calidad del agua en las explotaciones ganaderas. Tienen efecto laxante, lo que depende del grado de acostumbramiento del animal.

Grado de Restricción	SO ₄ ⁻² [mg L ⁻¹]	
Agua Segura	0	500
Segura para adultos	500	1000
Probables Problemas	1000	2500
Problemas	>	2500

Tabla 4: Guía del contenido de sulfatos en el agua para bovinos (NRC, 2001)

El relevamiento realizado halló valores entre 38 mg L⁻¹, y un máximo de 3800 mg L⁻¹; haciendo que algunos animales presenten problemas por el consumo de estas aguas. Sin embargo el 78% resultó ser agua segura. Los SO₄⁻² no son bien tolerados por los cerdos, provocan diarreas y retrasos en el crecimiento. Varios de los establecimientos relevados son de productores porcinos, sin embargo, de estas muestras, solo una superó los 600 mg L⁻¹.

La concentración de *nitratos* en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por infiltración o escorrentía en tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales. La presencia de NO₃⁻ en el agua de bebida puede deberse a una contaminación bacteriana a partir de los efluentes de establecimientos intensivos o a un exceso de fertilización nitrogenada (generalmente con urea) que llega a las napas. La presencia de NO₃⁻ y NO₂⁻ en el agua de bebida puede ocasionar serios problemas de salud a los animales y según la concentración en la que se encuentren, pueden clasificarse las aguas en Buenas <100 mg L⁻¹ de NO₃⁻ o malas >100 mg L⁻¹ de NO₃⁻. Del total de muestras analizadas, sólo el 29 % superan los niveles de NO₃⁻ límites para animales.

Efectos sobre los cultivos

El objetivo primario del riego es proporcionar agua a los cultivos en cantidad adecuada y en el momento oportuno, para evitar pérdidas en la producción debidas a largos períodos de escasez. El riego continuado con aguas que tienen sales en solución puede traer como consecuencia la salinización del suelo, reduciendo así la disponibilidad de agua para las plantas por aumento del potencial osmótico. Por encima de un cierto nivel crítico puede haber una reducción de la producción proporcional al aumento de salinidad del suelo. La tolerancia a la salinidad es también dependiente del cultivo.

La calidad de aguas puede evaluarse según presenten restricciones o no en su uso para riego, teniendo en cuenta el contenido de *sales disueltas totales* (SDT) y su *conductividad eléctrica* (CE). (Tabla 5).

Grado de restricción	CE [dS m ⁻¹]	SDT [mg L ⁻¹]
Ninguno	< 0,7	< 450
Ligero o moderado	0,7 – 3,0	450 – 2000
Severo	> 3,0	> 2000

Tabla 5: Criterios para evaluar calidad de aguas para riego (Adaptación Ayers y Westcot, 1985)

Al evaluar la calidad de aguas para riego, es importante considerar otros iones específicos como son el *sodio* y el *cloruro* que pueden causar toxicidad. Un problema de toxicidad difiere de uno de salinidad en que su efecto ocurre dentro de la planta y no se debe a un déficit de agua. Generalmente las plantas absorben los iones y los acumulan en los tejidos foliares; cuando la acumulación excede ciertos niveles se presenta el daño, cuya magnitud depende de la concentración, el tiempo y sensibilidad del cultivo. La toxicidad por Na incluye síntomas como quemazón, encrespamiento de hojas, y muerte de tejidos inicialmente en el borde externo, y luego progresa hacia el

resto del tejido. Los síntomas aparecen primero en hojas más viejas y se diferencia de la toxicidad de Cl⁻ en que ésta se inicia en el ápice.

El exceso de Na también afecta las propiedades edáficas. Cuando en el agua de riego hay una alta concentración de este elemento, aumenta su concentración en la solución del suelo y en el complejo de intercambio, lo que consecuentemente produce el deterioro de la estructura del suelo por dispersión de los agregados. La dispersión promueve el movimiento de partículas al interior de los poros del suelo, reduciendo la conductividad hidráulica.

Para la predicción de potenciales problemas causados por sodio se utiliza la relación de adsorción de sodio (RAS), que da idea del peligro potencial de uso de un agua por la relación entre los iones Na⁺ y Ca²⁺ + Mg²⁺. Si la proporción de Na⁺ es alta, será mayor el peligro de sodificación; por el contrario, si predominan el Ca²⁺ y Mg²⁺, el peligro es menor. En la Tabla 6 se muestran los criterios para evaluar la calidad de aguas para riego de acuerdo a la concentración de sodio (expresada mediante la RAS) y cloruros.

Grado de restricción	Cl ⁻ [mg L ⁻¹]	Na (RAS)
Ninguno	< 140	< 3,0
Ligero o moderado	140 – 350	3,1 – 9,0
Severo	> 350	> 9,0

Tabla 6. Criterios para evaluar calidad de aguas para riego de acuerdo a iones sodio y cloruros.

Del total de aguas analizadas, con respecto a cloruros, 40% presentan grado de restricción severo, 28% ligero o moderado, y el 32% ninguna restricción.

A partir del cálculo de RAS, se puede observar que el 66% de las muestras, presenta severos problemas en relación al peligro de la sodificación que entraña el uso del agua para riego (Figura 3).

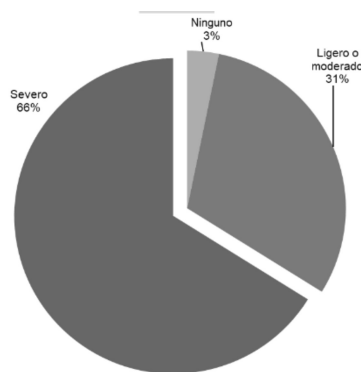


Figura 3: Distribución de calidad de aguas según la relación de adsorción de sodio (RAS)

En la Figura 4, se puede apreciar el comportamiento de la *conductividad eléctrica (CE)* y el *RAS* de las muestras en estudio. Se observa que las aguas en su mayoría son de la categoría C3-S1, es decir, son aguas que pueden usarse en suelos cuyo drenaje sea eficiente y no corren peligro de sodificación, debido a que son bajas en sodio.

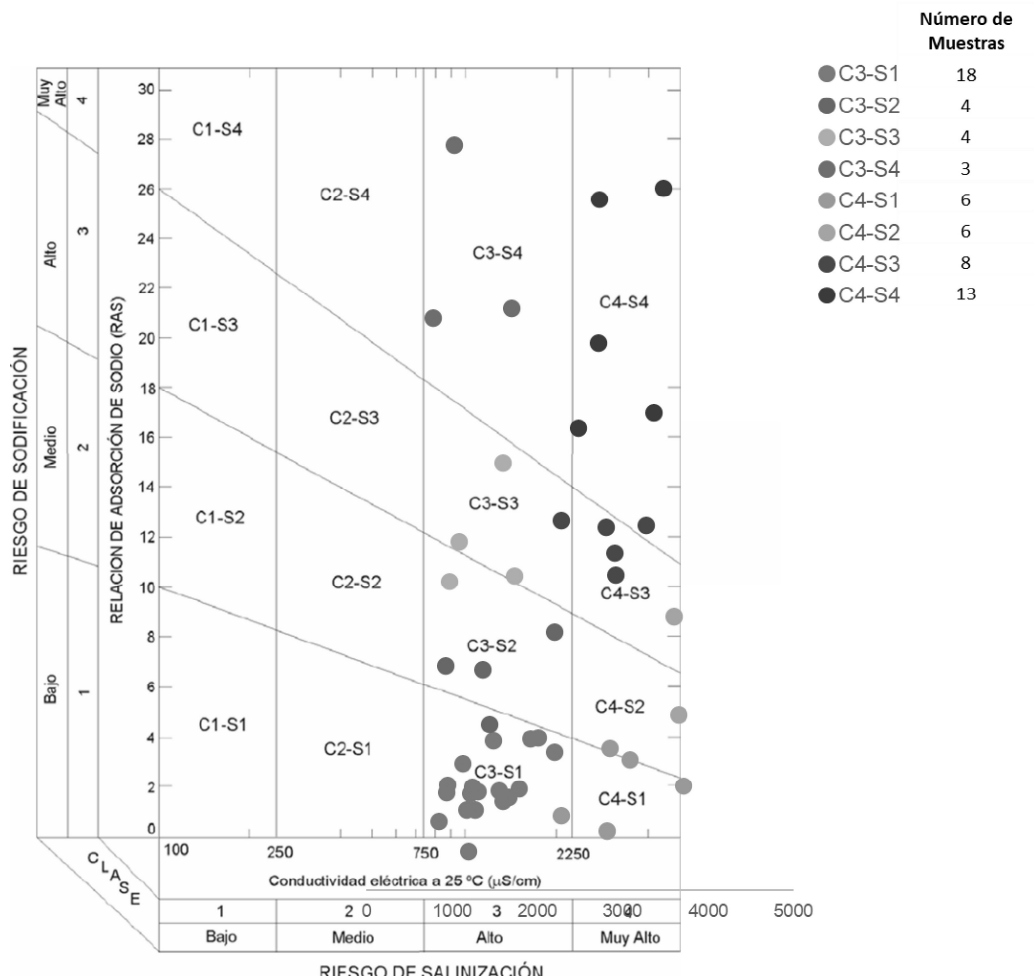


Figura 4: Clasificación de aguas analizadas de acuerdo a la relación de adsorción de sodio (RAS) y conductividad eléctrica (CE).

Toxicidad relevante: Arsénico y Fluoruros

El As naturalmente presente en suelos argentinos tiene origen volcánico, y a partir de los suelos se produce la movilización hacia las napas de agua. El F⁻ también se relaciona con la presencia de un tipo de ceniza volcánica con altos niveles de este mineral. En las regiones semiáridas y áridas de nuestro país, que comprenden buena parte de la provincia de La Pampa, existen grandes áreas con aguas que poseen elevadas concentraciones de As y F⁻.

En relación con la normativa existente de As y los valores guías recomendados, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Ambiental de EE.UU. (USEPA) fijan un límite máximo admisible de 0.01 mg L⁻¹, valor que ha sido incorporado al Código Alimentario Argentino (CAA). Sin embargo, en Argentina, el valor guía establecido por la OMS continúa siendo provisional debido a la incertidumbre sobre los efectos en la salud y a la dificultad de remoción del agua. Para consumo animal, frecuentemente se consideran aceptables niveles menores a 0.2 mg L⁻¹.

En el caso de F⁻ tanto su deficiencia como su exceso producen trastornos óseos muy importantes en humanos y animales. Los niveles peligrosos oscilan alrededor de 1,5 mg L⁻¹. En animales el límite máximo se encuentra en 5 mg L⁻¹. Su exceso provoca fragilidad de huesos y dientes (moteado y desgaste prematuro), afecta al consumo de alimento, disminuye el peso corporal y la producción de leche.

La Tabla 7 muestra los valores promedio, mínimo y máximo encontrado para As y F⁻. En el relevamiento, realizado en la zona, 6 muestras superaron los 0.2 mg L⁻¹ de As, y una de ellas superó ampliamente 1.0 mg L⁻¹. Con respecto al consumo humano, 42 muestras presentaron valores mayores a 0.01 mg L⁻¹. En el caso de F⁻, 11 muestras superaron el valor de 5 mg L⁻¹ y 35 el valor de 1.5 mg L⁻¹. En todos los casos, se observó la correlación positiva entre As y F⁻.

	Promedio [mg L ⁻¹]	Mínimo [mg L ⁻¹]	Máximo [mg L ⁻¹]
F ⁻	3.4	0.42	25
As	0.1	0.01	1.1

Tabla 7. Resultados de fluoruros y arsénico en las aguas analizadas.

Conclusión

Las interacciones animal-agua y cultivo-agua son muy difíciles de interpretar y evaluar y son las responsables de las variaciones de rendimiento del sistema productivo observadas en diferentes circunstancias. Por estos motivos este trabajo brindó conceptos generales y demostró la dinámica de los componentes nutricionales para que se considere al agua como un constituyente importante dentro del sistema productivo.

A partir del estudio realizado, se pretende continuar avanzando en el conocimiento de la calidad del agua de la zona y encontrar las mejores opciones de aprovechamiento de este valioso recurso.

Bibliografía

Ayers R. S., Westcot D. W. 1985. *Water quality for agriculture*.

Bavera Guillermo A. 2000. *Necesidades minerales de los bovinos. Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral*. Ed. del autor. Río Cuarto. 9134-139.

Bavera G. A., Rodríguez E. E., Beguet H. A., Bocco O. A. y Sánchez J. C. 1979. *Agua y aguadas*. Editorial Hemisferio Sur. 1° Edición.

Bonel. J. A. y Gazi A. 1985. *Método para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero*. Rev. Arg. Prod. An. Vol. 4 Supl. 3 45-48.

Bundschuh J., Litter M., Parvez F., Román-Ross G. y Nicolli H. 2012. *One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries*. Science of The Total Environment. 429 2-35.

Casagrande H. y Sager R. L. 2000. *Efecto de la composición salina del agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de forrajes*. Rev. Arg. Prod. An. Vol. 20 Sup. 1

Eastridge M. L., Bucholtz H. F., Slater A. L. y Hall C. S. 1998. *Nutrient Requirements for Dairy Cattle of the National Research Council Versus Some Commonly Used Ration Software*. J. Dairy Sci. 81 3049-62.

Echeverría J. C., Serra A. y Sager R. L. 1995. *Sistema experto: Evaluación de calidad de agua para bebida de bovinos*. Rev. Arg. Prod. An. Vol. 15 N° ¾ 1164-1166.

Flores A. J. y Rochinotti D. 2007. *Agua para consumo de rumiantes*. EEA. INTA Mercedes. Serie Técnica N° 426.

Gummow B, Botha C, Noordhuizen J y Heesterbeek J. 2005. *The public health implications of farming cattle in areas with high background concentrations of vanadium*. Preventive Veterinary Medicine, 72 281-290.

Jankowski K. J. y Reszke E. 2011. *Microwave Induced Plasma Analytical Spectrometry*. Royal Society of Chemistry. Analytical Spectroscopy Monographs.

Maynard R. 1989. *Nutrición Animal*. Publicado por la OEA.

Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales, APHA-AWWA-WEF. 1999.

- National Academy of Sciences.** 1974. *Nutrients and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry* (Washington. D.C.).
- National Research Council.** 2005. *Division on Earth and Life Studies Mineral Tolerance of Animals: Second Revised Edition.* Board on Agriculture and Natural Resources. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals.
- National Research Council.** 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* Seventh Revised Edition.
- National Research Council.** 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* Seventh Revised Edition: Update.
- Patience J. F., McLeese J. y Tremblay M. L.** 1989. *Water Quality. Implications for Pork Production.* Proceedings of the Tenth Western Nutrition Conference. Saskatoon. Saskatchewan.
- Pérez-Carrera A. y Fernández Cirelli A.** 2013. *Niveles de arsénico y vanadio en aguas naturales en el Departamento de Unión, sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina.* Aguas AUGMDOMUS:19-28. Asociación de Universidades Grupo Montevideo ISSN:1852-2181.
- Sager R. L.** 2000. *Agua para bebida de bovinos.* INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica N° 126.
- Sager R. L.** 1997. *Salinidad del agua de bebida en relación al consumo de agua y heno de alfalfa (Medicago sativa).* Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 17. Supl. 1 23.
- Sager R. L. y Casagrande H.** 1996. *Efecto de la salinidad de agua de bebida sobre el consumo y digestibilidad de forrajes de baja y alta calidad.* Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 16. Supl. 1 118-119.
- Smart M. E., McLean D. y Christensen D. A.** 1989. *The Dietary Impact of Water Quality.* Proceedings of the Tenth Western Nutrition Conference. Saskatoon. Saskatchewan.
- Sueiro N. V., Tolchinsky M. A. y Otamendi G.** 1983. *Aguas para bebida animal.* Cátedra de Agricultura General. Facultad de Agronomía. Univ. Nac. de Buenos Aires. Reimpresión.
- Radostis O. M., Gay C. C., Blood D. C. y Hinchcliff K. W.** 2002. *Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del Ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino.* McGraw-Hill -Volumen II.
- The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock.** 1980. *Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party Commonwealth Agricultural Bureaux.* London.England.
- Valtorta S. E., Gallardo M. R., Sbodio O. A., Revelli R. V., Arakaki C., Leva P. E., Gaggiotti M. y Tercero E. J.** 2008. *Water salinity effects on performance and rumen parameters of lactating grazing Holstein cows.* Int. J. Biometeorol.
- Wang S. y Wai C.** 2004. *Arsenic in drinking water: a global environmental problem.* Journal of Chemical Education. 81 (2) 207-213.