

CALIDAD DE AGUA PARA USO GANADERO BOVINO PARA LOS DEPARTAMENTOS CHALILEO Y LIMAY MAHUIDA (LA PAMPA)

Lorena Carreño; Zinda Roberto

EEA INTA Anguil "Guillermo Covas"

Ruta 5 km 580, Anguil, La Pampa

E-mail: carrenio.lorena@inta.gob.ar

TE +54 (2954) 495057 – int 450

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua para uso ganadero bovino en los departamentos Chalileo y Limay Mahuida. Se recopilaron análisis de calidad de agua de la red de pozos de APA, que se vincularon al software gvSIG para realizar cálculos y generar mapas de distribución de cada variable. Además de aquellos elementos tenidos en cuenta por APA, se incluyeron algunas relaciones entre los mismos de importancia para evaluar la calidad de agua para uso ganadero. Dichas relaciones fueron extraídas de bibliografía y consultadas a profesionales del área de Producción Animal de INTA. También se calcularon las *combinaciones hipotéticas* de los elementos, es decir, las formas probables en que se combinarían los cationes y aniones según su solubilidad.

Previa evaluación del comportamiento estadístico de los datos, se realizaron interpolaciones para generar mapas de las variables de interés, que fueron luego clasificados según rangos de importancia de cada variable para uso ganadero. Los mapas resultantes permitieron determinar que superficie del área de estudio posee agua de cada categoría. Para sales totales, un **4%** del área posee agua *deficiente*, un **42%** agua *apta*, un **25%** agua *buena a muy buena* y, un **29%** agua *mala a condicionada*.

PALABRAS CLAVES: calidad de agua, ganado bovino, Chalileo, Limay Mahuida, mapas

INTRODUCCION

La provincia de la Pampa dispone de una superficie de alrededor de 14 millones de hectáreas donde la principal actividad productiva es la ganadería bovina con sus distintas especializaciones: Cría, Cría-Recría, Ciclo Completo, Invernada y Tambo. Disponer de información referente a la calidad y accesibilidad del recurso agua para el abastecimiento de la demanda de estos sistemas productivos, constituye una herramienta estratégica de gran relevancia para la región. Sabemos que el agua constituye un elemento de suma importancia para el ganado ya que, entre otras funciones, transporta nutrientes y regula la temperatura corporal. Si bien el consumo de agua por parte de los animales depende de la raza, estado fisiológico, época del año, edad y tipo de alimentación, entre otras variables, se estima que un animal adulto consume entre un 8-10% de su peso vivo en agua por día. La escasez de agua en la región, así como su mala calidad, constituyen elementos que limitan seriamente el nivel productivo, pudiendo afectar el estado sanitario de los animales por disminución del consumo de alimento, la pérdida de peso y trastornos digestivos, entre otros. A pesar de su importancia, resulta difícil determinar la calidad de agua para bebida de los animales, ya que no se pueden asignar límites absolutos para definir la aptitud de la misma. Ingestas de sustancias tóxicas en cortos períodos de tiempo pueden no tener efectos, el consumo de algunos nutrientes en elevadas concentraciones puede ser peligroso a largo plazo, los minerales en el agua pueden no ser tóxicos para el animal, pero pueden acumularse en carne y leche a concentraciones problemáticas para el consumo humano, por citar sólo algunos ejemplos.

Una primera aproximación para medir la calidad del recurso disponible, lo constituye la determinación de los Residuos Sólidos Totales (RST). Así, pueden establecerse ciertos rangos de concentración de sales. Un agua *deficiente* (< 1000 mg/l), es aquella que por su bajo contenido salino no contribuye con minerales a la dieta animal y debe administrarse suplementación. Un agua *muy buena* (1000 a 2000 mg/l) contiene sales en cantidad adecuada para cubrir las necesidades no cubiertas por las pasturas. Por su parte, el contenido salino de un agua *buena* (2000 a 4000 mg/l) supera las necesidades del animal pero el sobrante puede eliminarse fácilmente, no generando complicaciones. El agua *aceptable* (4000 a 8000 mg/l) puede causar diarreas a animales no acostumbrados a la misma. El agua *mala* (8000 a 12000 mg/l) debe emplearse en animales acostumbrados pero con suma precaución y en ciertas épocas del año. Por último, el agua *condicionada* (> 12000 mg/l) sólo debe utilizarse por un corto tiempo cuando no existe otra fuente de agua cercana ya que produce diarreas intensas y mortandades (Roberto *et al.*, 2008).

El efecto de la salinidad total se agrava cuando la misma está dada principalmente por sulfatos o éstos se encuentran en relación 1:2 con los cloruros. Los sulfatos pueden ser de Calcio, Sodio o Magnesio, y confieren al agua propiedades purgantes y un sabor amargo que luego de un determinado tiempo produce cierto acostumbramiento en los animales. Los sulfatos en niveles superiores a 0.5 g/l interfieren con la absorción de Cobre y llegan a producir intoxicaciones cuando superan los 3 g/l (Sager, 2000). En algunas áreas del caldenal se hallan mayores niveles de sales totales principalmente de sulfato de magnesio, que contribuye a la reducción significativa de los riesgos por una hipomagnesemia, aspecto que en otras zonas constituye un problema de significancia (Roberto *et al.*, 2008). El agua según el contenido de sulfato requiere suplementación con Cobre independiente del sistema productivo que se trate. Por lo tanto, el tenor salino total da una idea general de la calidad de agua, pero es sumamente importante determinar los elementos que la componen así como la cantidad de cada uno de ellos. Es por ello que, Bavera (2011) realiza una clasificación para calidad de agua para bebida de ganado bovino teniendo en cuenta las concentraciones de Cloruro de Sodio, Sulfatos y Magnesio presentes en el contenido de sales totales (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las aguas para bebida de ganado bovino según su salinidad (adaptado de Bavera 2011).

Cría	Invernada Pastorial	Tambo bovino y engorde a corral		Sales totales (g/l)	Cloruro de Na (g/l)	Sulfato (g/l)	Magnesio (g/l)
Deficiente	Deficiente	Deficiente	Menos de	1	-	-	-
Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	Más de	1	0.6	0.5	0.2
Muy Buena	Muy Buena	Buena	Hasta alrededor de	2	1.2	1	0.25
Buena	Aceptable	Aceptable	Hasta alrededor de	4	2.4	1.5	0.3
Aceptable	Mala	Mala	Hasta alrededor de	7	4.2	2.5	0.4
Mala	-	-	Hasta alrededor de	11	6.6	4	0.5
Condicionada	-	-	Hasta alrededor de	13	10	7	0.6

El objetivo del presente trabajo fue clasificar el agua para uso ganadero bovino en los departamentos Chalileo y Limay Mahuida y, generar una serie de mapas de distribución de las variables de interés para la región. Esta información permite mejorar el aprovechamiento del recurso en zonas donde es limitado y facilitará el diseño de alternativas para moderar el déficit (tajamares, acueductos).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El área de estudio comprendió los departamentos de Chalileo y Limay Mahuida ubicados en el sector occidental de la provincia de La Pampa, cubriendo un área aproximada de 1.873.951 hectáreas (Figura 1). La región se caracteriza por una muy baja densidad poblacional. Según datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 se registran 3488 habitantes (INDEC, 2012).

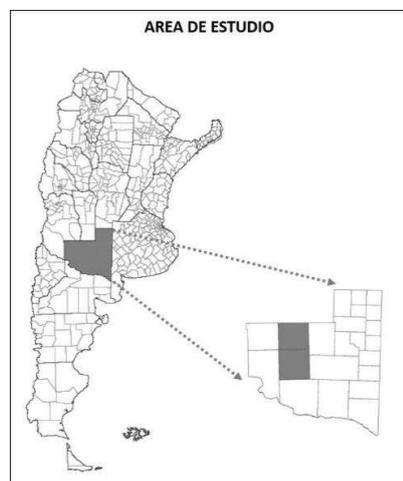


Figura 1. Ubicación del área de estudio (departamentos Chalileo y Limay Mahuida, La Pampa).

Según el Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, se distinguen tres sub-regiones naturales: a) llanuras aluviales del Atuel-Salado, b) cordones medanosos y planicies arenosas y, c) llanura aluvial antigua con modelado eólico (INTA *et al.*, 2004). En general, la región posee suelos muy pobres, sin ningún tipo de desarrollo y con predominio de médanos y planicies arenosas. Este escenario en conjunto con las escasas precipitaciones determina condiciones climáticas de características semidesérticas, condicionantes para el desarrollo de actividades agropecuarias (Sec. Rec. Hídricos de La Pampa, 2012). El departamento Chalileo y la franja norte de Limay Mahuida forman parte de la “Región Central”, donde la acción fluvial de los ríos Atuel y Salado, sumado a la acción eólica, generaron

un paisaje de cordones medanosos intercalados con planicies residuales, donde es posible reconocer pastizales sammófilos, arbustales perennifolios y bosque caducifolio (Caviglia *et al.* 2010).

El promedio anual histórico de las precipitaciones (serie de 32 años) para las localidades de la región son: Santa Isabel 473.5 mm (\pm 207.3 mm), La Pastoril 465.9 mm (\pm 246.0 mm), L. Mahuida 352.6 mm (\pm 187.2 mm) y, La Reforma 381.9 mm (\pm 157.1 mm); siendo el promedio anual histórico para la región de alrededor de 418.5 mm (\pm 182.6 mm) (datos de APA).

La explotación ganadera extensiva en los departamentos del centro oeste provincial está representada por ganadería *bovina*, *ovina* y *caprina*. Históricamente los ovinos fueron cediendo terreno que fue ocupado por la ganadería bovina, que desde la década del '60 hasta la actualidad ha incrementado notoriamente su cantidad y calidad. En general, la mayor parte de las explotaciones del territorio poseen producciones ganaderas de bovinos en coexistencia con caprinos o "mixtas". Le siguen en número, aquellas cuya producción es solamente caprinería, mientras que los ovinos constituyen una producción marginal destinada básicamente al consumo local y familiar (Sec. Rec. Hídricos de La Pampa, 2012).

Bases de datos e información

Las bases de datos utilizadas provienen de los análisis de calidad de agua en pozos de la Administración Provincial del Agua de La Pampa (APA) para los departamentos Chalileo y Limay Mahuida. En un trabajo previo de Roberto *et al.* (2008), donde se mapeó residuos sólidos totales presentaban una gran superficie con aguas en categoría mala a condicionada. Ambos departamentos contienen alrededor de 185 pozos analizados, cuya distribución se visualiza en la Figura 2. Dichos pozos presentan una gran variabilidad de profundidad de nivel estático, con valores por debajo de los 10 m hacia el Oeste de la región, y valores superiores a los 50 m hacia el Noreste de la misma (Figura 2), en general Chalileo presenta niveles freáticos más profundos que Limay Mahuida. Del área total de estudio, casi el 50% presenta profundidades menores a los 10 m, un 38 % entre 10-30 m y, un 12% entre 30-60 m (sólo una muy pequeña zona del departamento Chalileo supera los 60 m de profundidad).

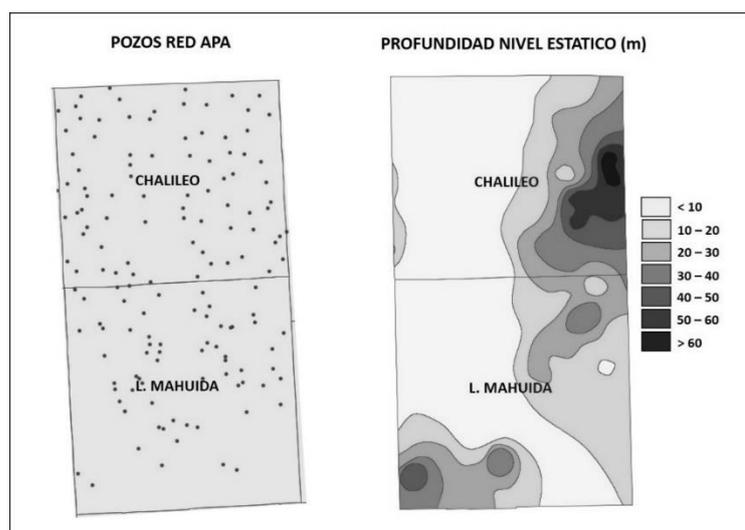


Figura 2. A la izquierda: ubicación de la red de pozos de APA utilizada para el presente trabajo. A la derecha: mapa de profundidad del nivel estático (metros) de los pozos.

En un primer paso, las bases de datos tuvieron que ser ordenadas y acondicionadas para permitir su vinculación con un Sistema de Información Geográfica libre y gratuito, gvSIG. Posteriormente,

se estudiaron las variables que se pretendían mapear para generar categorías de calidad de agua. Para las clasificaciones se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica acerca de límites de tolerancia del ganado, así como los efectos de distintos elementos en el bienestar sanitario de los animales. Teniendo en cuenta a Bavera (2011), las categorías utilizadas según los límites de cada variable en particular fueron las siguientes: 1) *Deficiente*: aguas que por su bajo contenido salino no contribuyen con minerales a la dieta presentando los animales síntomas de pica y/o hambre de sal. Esto se soluciona administrando suplementación mineral; 2) *Muy buena*: agua que contiene sales en cantidad adecuada para cubrir las necesidades minerales que las pasturas no brindan; 3) *Buena*: aguas cuyo contenido salino supera las necesidades del animal pero sin acarrear serios problemas, pues se eliminan eficientemente los excedentes; 4) *Apta*: puede causar diarreas a animales no acostumbrados y disminución en la producción; 5) *Mala*: puede emplearse en animales acostumbrados con precaución, en ciertas épocas y con ciertas pasturas. El estado general de la hacienda es malo, disminuye la producción y puede haber mortandades; 6) *Condicionada*: debe emplearse por poco tiempo y cuando no existe otra fuente de agua cercana y con mucha precaución. Produce diarreas intensas, mortandad y 7) *No apta*: no debe emplearse para el ganado en ninguna circunstancia.

Una vez ubicados espacialmente los pozos, a través del software se realizaron las interpolaciones de las variables de interés y, por otro lado mediante una planilla de cálculo (*Microsoft Excel*), se calcularon las *combinaciones hipotéticas*. Las mismas son cálculos complementarios al análisis de agua que se efectúan para determinar en aguas de elevada salinidad, cuál de ellas es relativamente mejor, ya que el dato de residuos sólidos totales da idea de la salinidad de la misma pero no nos dice nada acerca de qué tipo de sales tiene. Estas determinaciones se obtienen expresando las sales en orden creciente de solubilidad, es decir, el orden más probable en que se pueden combinar los cationes y aniones para formarlas (Bavera, 2011).

Una vez efectuados todos los cálculos, se generaron los mapas correspondientes a cada variable para determinar calidad de agua para uso ganadero bovino. Dichas variables fueron: Residuos Sólidos Totales (RST), Sales según Bavera (Tabla 1), Cloruro de Sodio (ClNa), Sulfatos Totales (SO₄), Sulfatos de Sodio (SO₄Na), Sulfatos de Magnesio (SO₄Mg), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), relación Calcio/Magnesio (Ca/Mg), relación Sulfatos/Cloruros (SO₄/Cl), Flúor (F), Arsénico (As) y Nitratos (NO₃), todas expresadas en miligramos por litro (mg/l).

Es sabido que el contenido de *sales* en agua de bebida puede ser problemático para el animal tanto por déficit como por exceso. Aguas con un tenor salino < 1 g/l provocan “hambre de sal” si el animal no consume pastos de buena calidad y es necesario la suplementación mineral. En el otro extremo, un valor límite de sales totales sería de 7-11 g/l siempre que predomine el cloruro de sodio y no se presenten valores altos de Magnesio y Sulfatos. Cuando los valores son más elevados se presenta un desbalance mineral en el animal originando menor apetito y consumo de alimentos, acompañado de una disminución del peso corporal, debilidad y diarrea. Aguas con contenido salino entre 4-5 g/l pueden influir favorablemente en el desarrollo y crecimiento y, aún con tenores más altos si los pastos son de mala calidad (aguas engordadoras) (Bavera, 2011).

Los *cloruros* pueden ser de Ca, Mg, Na y K, siendo los dos últimos los menos perjudiciales, y el de Na el más frecuente. Si bien resultan menos nocivos que los sulfatos, con concentraciones de 15 g/l de *cloruro de sodio*, los animales solo mantienen el peso corporal y, con valores > 20 g/l se produce anorexia, pérdida de peso, deshidratación y los animales entran en un estado letárgico. Si existe presencia de cloruro de magnesio, el límite admitido es de sólo 2 g/l. La intoxicación crónica produce debilidad y pérdida de peso (Bavera, 2011).

Los *sulfatos* más comunes son los de sodio y magnesio, siendo el de calcio el menos perjudicial. Le otorgan al agua un sabor amargo y repugnante. Concentraciones > 800 mg/l afectan el metabolismo mineral y causan deficiencia en cobre, zinc, hierro y manganeso. También pueden tener un efecto laxante (en especial, el de Mg), producir casos esporádicos de

polioencefalomalasia y afectar negativamente los microorganismos ruminales. Sin embargo es un elemento necesario ya que es activante de la digestión de celulosa y necesario para formar aminoácidos azufrados en el rúmen. También actúa sobre el equilibrio ácido-básico por alterar el tenor de calcio y fósforo normal en suero. En animales de cría acostumbrados, el máximo tolerable de sulfatos es de 4 g/l (Bavera, 2011). La *relación sulfatos/cloruros* cobra importancia cuando el contenido de residuos sólidos totales del agua es de 7 g/l o superior. En este caso, si la relación es 1:2 no es aconsejable su uso.

El *calcio* y el *magnesio* contribuyen a la dureza del agua, nombre que deriva de la propiedad que tienen dichos cationes de precipitar las soluciones jabonosas. Hay que tener en cuenta que en aguas superficiales la dureza es directamente proporcional al residuo seco o conductividad eléctrica pero, en aguas subterráneas, depende además del tipo de depósito geológico que el agua ha atravesado. El calcio por su parte es necesario para numerosas funciones: la formación de huesos y dientes, el crecimiento muscular, la producción de leche, la transmisión de impulsos nerviosos, la regulación del ritmo cardíaco, la coagulación de la sangre, la permeabilidad de las membranas, la contracción muscular, la secreción de hormonas y la actividad enzimática. Contenidos muy altos de calcio reducen la absorción del manganeso y zinc, y afectan el metabolismo de fósforo, magnesio y algunos oligoelementos, provocando la reducción del consumo y por ende, de la ganancia de peso. El magnesio es responsable de la activación de más de 300 enzimas y, por lo tanto, esencial para todos los procesos de biosíntesis. También tiene un papel relevante en la actividad de la flora celulolítica del rumen mejorando la digestibilidad de la celulosa. Por el contrario, un contenido elevado en el agua produce un sabor amargo intenso, desagradable y puede provocar diarrea cuando se une con el cloro. Los vacunos adultos pueden admitir concentraciones de 0,5 g/l (Bavera, 2011). Si existe una alta concentración de calcio en el agua, los animales toleran mejor los sulfatos. Por ello resulta muy útil calcular la *relación Ca/Mg* (debe ser ≥ 2), ya que el calcio ayuda a reducir los sulfatos.

La mayoría de las aguas ricas en *flúor* son duras, en las que el calcio y el magnesio actúan favorablemente dificultando la absorción del mismo por el tubo digestivo. Es beneficioso en pequeñas cantidades (hasta 2 mg/l) ya que ayuda a mantener la dureza de los dientes y huesos, pero en exceso, puede producir lesiones en los mismos así como retardar el crecimiento por intoxicación crónica. También puede provocar osteomalacia, osteoporosis y exostosis. Un valor normal de flúor en agua de bebida sería 0,8-1,5 mg/l, con valores entre 2-5 mg/l puede haber moteado de dientes y, valores de 15-16 mg/l produce intoxicación crónica. Hay que aclarar que la provincia de La Pampa presenta valores de flúor que van desde 1 a 13 mg/l y el animal acostumbrado tiende a acumularlo en el tejido óseo sin mayores cambios en el peso corporal (Bavera, 2011).

El *arsénico* es un elemento común en las aguas subterráneas ya que deriva de minerales depositados por emanaciones volcánicas, sin embargo, en aguas ricas en sales de calcio y magnesio, aparecerá en muy baja concentración. La presencia de arsénico está muy asociada a la de flúor. Su forma inorgánica es la más tóxica derivada del uso de herbicidas y pesticidas, siendo la forma trivalente más tóxica que la pentavalente. Aún en dosis pequeñas puede acumularse principalmente en hígado y riñón. Esta intoxicación crónica produce depresión, falta de apetito, debilidad, diarreas sanguinolentas por gastroenteritis hemorrágica. Sin embargo, en el país no hay casos documentados de este tipo de intoxicación debido a la corta estadía del animal en el campo. Se considera como valor máximo de tolerancia 0,5 a 1 mg/l, aunque no es recomendable exceder los 0,3 mg/l (Bavera, 2011).

En general, los *Nitratos* y *Nitritos* son poco frecuentes en agua, salvo en contacto con terrenos contaminados por materia orgánica, fertilizantes nitrogenados, etc. Los Nitratos por sí solos son poco tóxicos pero poseen acción cáustica en grandes cantidades sobre la mucosa digestiva, provocando gastroenteritis. En ciertas ocasiones se reducen a Nitritos en cantidades suficientes

para intoxicar (los NO₂ son 2,5 veces más tóxicos que los NO₃). La reducción puede darse en el agua, los alimentos o el tracto digestivo y, una elevada cantidad de NO₃ puede provocar acumulación de nitritos en rumen. Los nitritos se combinan con la hemoglobina de la sangre produciéndose metahemoglobina, incapaz de actuar como portadora de oxígeno, provocando anoxia. Los animales intoxicados presentan diarrea, salivación, cólicos, disnea, temblores, respiración acelerada, etc. Valores de nitratos en agua de hasta 44 mg/l, no tienen efectos en los animales (Bavera, 2011).

Resumiendo, se podrían diferenciar dos límites: un límite de seguridad (L_{seg}) y un límite máximo de tolerancia (L_{máx}) (Tabla 2). Si bien es difícil establecer normas rigurosas debido a la gran variabilidad de situaciones, resulta útil tener valores guía que orienten la toma de decisiones en los diferentes sistemas de producción.

Tabla 2. Límites de seguridad y máximo para agua de bebida de ganado vacuno. Fuente: adaptado de Sager (2000).

VARIABLE	LIMITE SEGURIDAD mg/l	LIMITE MAXIMO mg/l
Sales Totales	7000	12000
Cloruros	7000	10000
Sulfatos	300	700
Nitratos	250	500
Nitritos	1	2,5
Magnesio	250	400
Calcio	120	1000
Arsénico	0,3	0,5-1
Fluoruros	1,5	2

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 3, se observan los mapas resultantes para residuos sólidos totales, sales totales según Bavera y cloruro de sodio. Del análisis y comparación de los mismos, surge que en ambas clasificaciones (RST y Sales Totales según Bavera) las 3 categorías representadas con mayor superficie corresponden a *apta* (38 a 42%), *mala* (22 a 26%) y *buena* (16 a 17%). Las restantes categorías con superficies bastante menores (*condicionada* 7 a 9%, *muy buena* 7 a 8% y, *deficiente* 3 a 4%). Si bien en líneas generales el peso de cada categoría es el mismo, existen algunas diferencias en los porcentajes de superficie. Con el segundo método, algunas categorías aumentan su superficie (+3%, +2% y +1% para *mala*, *condicionada* y *muy buena*, respectivamente), mientras que otras disminuyen (-4%, -2% y -1% para *apta*, *buena* y *deficiente*, respectivamente). Si bien estos valores por sí solos no dicen mucho, cuando se comparan en detalle los mapas, se observa que aguas que teniendo en cuenta sólo RST pertenecen a una categoría de mejor calidad pueden pasar a una de menor calidad cuando además se tienen en cuenta el tipo de sales presentes.

Los departamentos se diferencian en algunos aspectos: Chalileo presenta un 5% de su superficie con problemas de deficiencia de sales, mientras que Limay Mahuida presenta una seria problemática de exceso de las mismas (51% del departamento, categoría *condicionada* y *mala*). Esta diferencia podría estar relacionada a la diferente textura de sus suelos (Chalileo al tener una zona de médanos, posee agua más dulce). Las mejores calidades de agua (*buenas* a *muy buenas*) abarcan un 35% de la superficie de Chalileo, mientras que en Limay Mahuida sólo el 13% del departamento.

En cuanto al Cloruro de Sodio, el 12% del área total presenta aguas *deficientes*, el 35% aguas *buenas a muy buenas* y, el 20% aguas *condicionadas a malas*, siendo el 33% restante aguas de categoría *apta*. La situación es algo distinta en cada departamento: el 15% de Chalileo presenta deficiencias de cloruros (Limay Mahuida 9%), mientras que el 29% de Limay Mahuida tiene exceso, categorías *mala, condicionada y no apta* (Chalileo 10%). Mientras que el 47% de Chalileo tiene aguas *buenas a muy buenas*, en Limay Mahuida esas categorías suman el 24%.

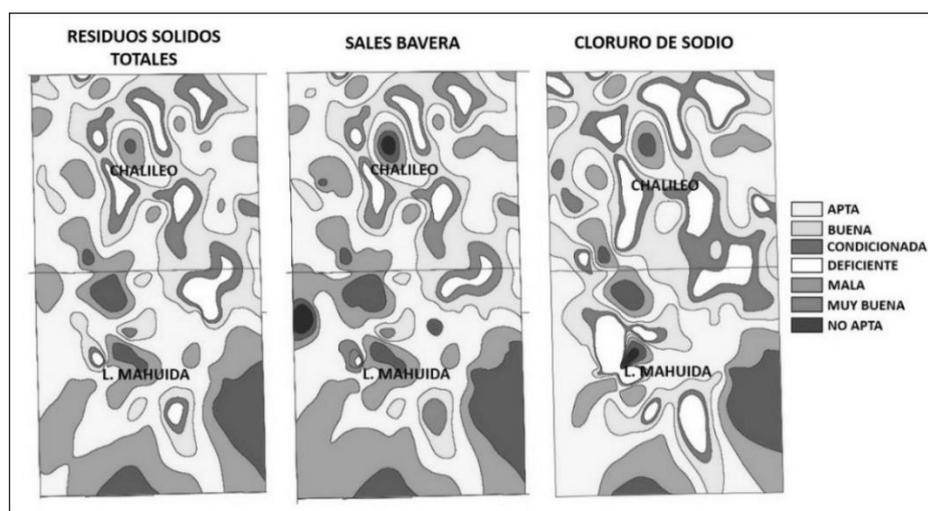


Figura 3. Mapas de Residuos Sólidos Totales, Sales Totales (según Tabla 1) y Cloruro de Sodio, en mg/l.

En la Figura 4 se observan los mapas obtenidos para sulfatos totales, sulfatos de sodio y sulfatos de magnesio. En líneas generales un 34% de la superficie total posee agua *bueno a muy bueno*, 31% *apta*, 18% *condicionada a mala* y un 16% *deficiente* en sulfatos. Chalileo presenta un 26% de su superficie con *deficiencia* de sulfatos en la parte central, mientras que en Limay Mahuida un 29% de la superficie del departamento tiene excesos (en Chalileo sólo 7%).

En cuanto a los sulfatos de sodio, ambos departamentos tienen problema de *déficit* (85% del área total de estudio), pero Limay Mahuida presenta un área mayor con *exceso* que Chalileo, en su parte occidental (1000-2000 mg/l). Mientras que, para el sulfato de magnesio, Chalileo no presenta problemas de *exceso*, pero sí el sector oriental de Limay Mahuida (> 1200 mg/l). El 67% de Limay Mahuida tiene aguas con contenidos de $SO_4Mg < 600$ mg/l, mientras que en Chalileo ese porcentaje es del 83%.

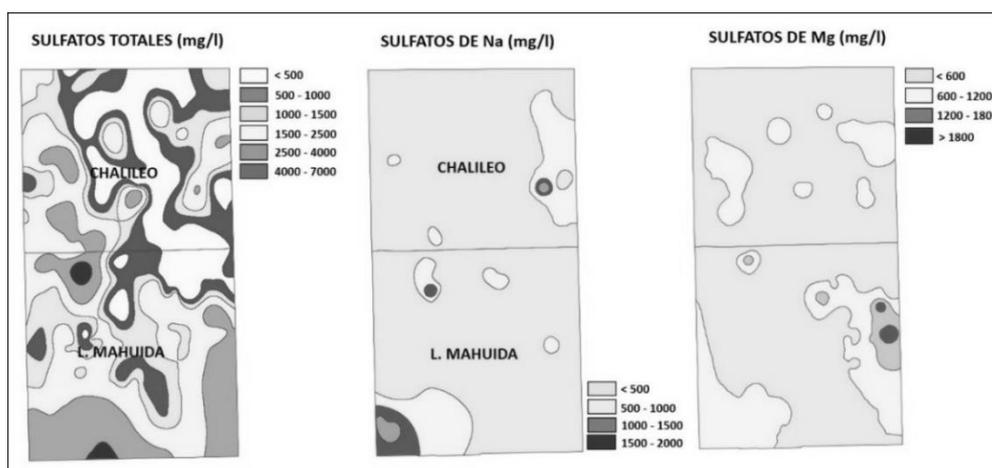


Figura 4. Mapas de Sulfatos Totales, Sulfatos de Sodio y, Sulfatos de Magnesio en mg/l.

La Figura 5 muestra los mapas resultantes para calcio y magnesio. Para el calcio, Chalileo tiene un 52% de su superficie con contenidos < 250 mg/l, mientras que Limay Mahuida presenta en general, buenos niveles (sólo 7% de su superficie con valores < 250 mg/l). En el caso del magnesio ambos departamentos presentan una gran superficie con contenidos inferiores a los 200 mg/l (50% Limay Mahuida y 68% Chalileo).

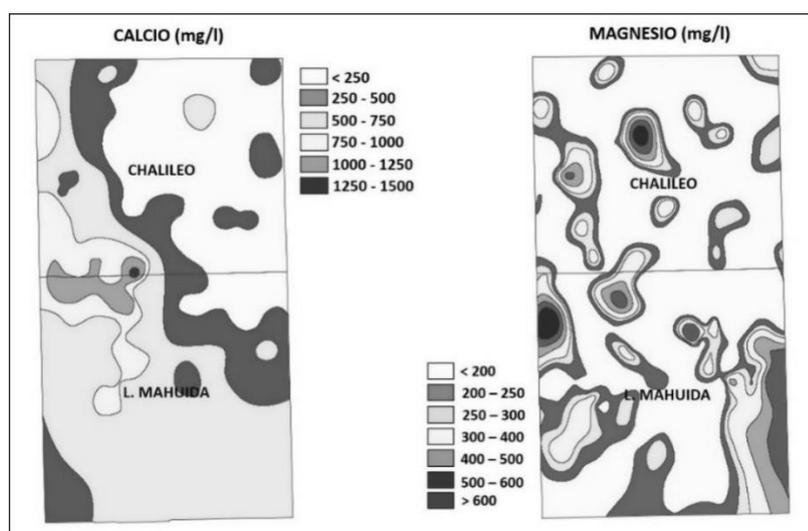


Figura 5. Mapas de Calcio y Magnesio en mg/l.

Se calcularon las relaciones Ca/Mg y Sulfatos/Cloruros. En general para Ca/Mg la mayor superficie corresponde a valores cercanos a 2, lo que estaría indicando más tolerancia a los sulfatos (60% del área total). En cuanto a la relación Sulfatos/Cloruros, un valor de 2 está indicando el doble de concentración de sulfatos por sobre los cloruros. En esta condición se encuentra aproximadamente el 65% del área de estudio (situación aún más problemática en Chalileo que en Limay Mahuida).

Por último, en la Figura 6, se presentan los mapas resultantes de flúor, arsénico y nitratos. En cuanto al flúor, del área total analizada, un 13% posee valores inferiores a 0.8 mg/l, 85% tiene valores entre 0.8-4.8 mg/l y, un 2% supera los 4.8 mg/l (casi ubicado por completo en el departamento Chalileo). No se evidencian problemas de arsénico, excepto en un sector bien localizado de Chalileo (parte occidental), donde existen niveles que, en alguna situación puntual superan los 2.5 mg/l. Por último, en el caso de los nitratos un 43% del área total no supera los 44

mg/l, un 45% presenta valores entre 44-220 mg/l y, un 12% entre 220-660 mg/l. En Limay Mahuida esta última categoría llega al 14% de la superficie del departamento, siendo menor en Chalileo (10%). Un 40% de Chalileo tiene niveles de nitratos inferiores a 44 mg/l, mientras que en Limay Mahuida esta categoría representa el 45%.

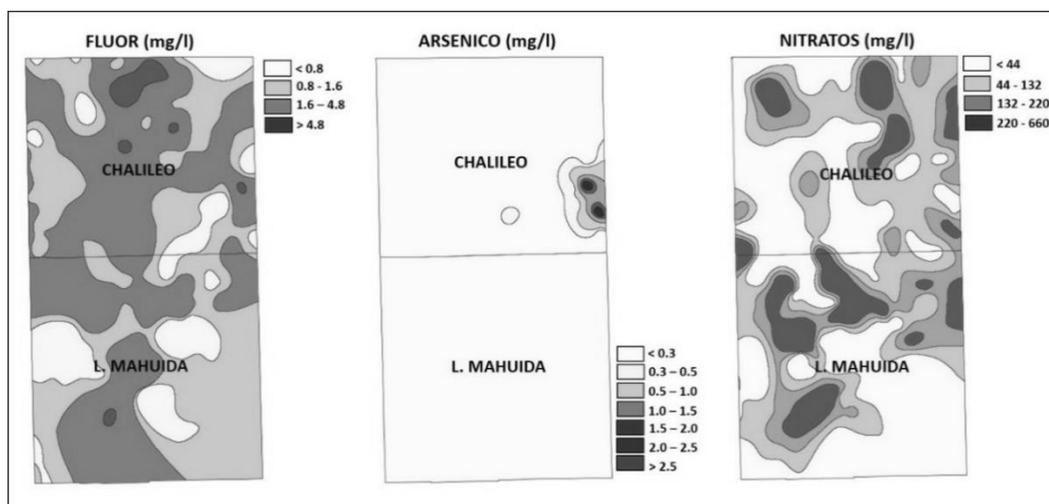


Figura 6. Mapas de Flúor, Arsénico y Nitratos en mg/l.

Resumiendo los resultados de los mapas, se puede decir que en cuanto a sales, Limay Mahuida presenta mayor superficie con aguas de categoría mala a condicionada (> 8000 mg/l), correspondiendo una parte a SO_4Mg con contenidos superiores a 600 mg/l. Chalileo por su parte tiene un buen porcentaje de su superficie con aguas con contenido de sulfatos totales entre 500-1500 mg/l. En cuanto al calcio, Chalileo presenta una gran superficie con aguas deficientes (< 500 mg/l), mientras que en Limay Mahuida en general, existen buenos niveles (500-750 mg/l). Los mapas revelan deficiencia de magnesio en ambos departamentos (< 200 mg/l), salvo en algunos casos muy puntuales de exceso. Los valores de flúor son en general medios a altos para ambos departamentos (0.8-4.8 mg/l). No se evidenciaron problemas de arsénico, excepto en la zona centro-oriental de Chalileo que en algunos casos supera los 2.5 mg/l (situación que puede estar asociada al material geológico que dio origen a los suelos actuales). Por último, en el caso de los nitratos existen algunas zonas problemáticas en ambos departamentos con valores entre 220-660 mg/l, pudiendo indicar una potencial contaminación bacteriológica o el uso de fertilizantes nitrogenados.

CONCLUSIONES

Disponer de información referente a la calidad y accesibilidad del recurso agua para el abastecimiento de la demanda de los sistemas productivos, constituye una herramienta estratégica de gran relevancia para la región. La escasez de agua, así como su mala calidad, constituyen elementos que limitan seriamente el nivel productivo pudiendo afectar el estado sanitario de los animales. Por lo tanto, la ubicación y mapeo de la calidad de agua para uso ganadero posibilita un mayor asesoramiento a productores a los efectos de mejorar el aprovechamiento de este recurso limitado.

La disponibilidad de esta información en formato digital mediante un SIG constituye una poderosa herramienta para la planificación, la toma de decisiones y el ordenamiento territorial a nivel público y privado. La identificación y localización de las áreas departamentales con índices de calidad problemáticos, sumada a otras capas de información como textura de los suelos, altimetría, precipitaciones, etc., permite ofrecer soluciones alternativas tendientes a moderar el

déficit de calidad a través de la construcción de tajamares y tendido de acueductos. Si bien los RST constituyen un indicador inicial que orienta sobre la calidad del agua para consumo ganadero es muy importante conocer la concentración de los distintos elementos que participan en la composición de dichos residuos. La comparación y análisis de los mapas aquí presentados permiten un mayor ajuste al momento de la toma de decisiones, siendo conscientes que además deben considerarse otros factores que afectan al consumo, la tolerancia a diferentes contenidos salinos y el tipo de sistema de producción de la zona en estudio.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

Bavera, G.A. (2011). Aguas y aguadas para el ganado. 4° Edición. Río Cuarto: Imberti-Bavera. 498 pp. ISBN 978-987-27332-0-9.

Caviglia, J.A.; Lorda, H.O.; Lemes, J.D. (2010). Caracterización de las unidades de producción agropecuarias en la provincia de La Pampa. Boletín de Divulgación Técnica N° 99. Ediciones INTA. 43 pp.

INDEC (2012). Resultados del Censo Nacional de Población y Viviendas 2010. <http://www.indec.gov.ar/>

INTA, Provincia de La Pampa, UNLPam. (2004). Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (re-edición de la versión del año 1980, complementada con vertebrados). En: <https://recursosnaturales.lapampa.edu.ar/>

Roberto, Z.; Tulio, J.; Malán, J. (2008). Cartografía de agua subterránea para uso ganadero en La Pampa. Publicación Técnica N° 73. Ediciones INTA. 27 pp.

Sager, R.L. (2000). Agua para bebida de bovinos. INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica N° 126. www.produccion-animal.com.ar

Secretaría de Recursos Hídricos, Gobierno de La Pampa (2012). Caracterización de la producción ganadera en el área de influencia del sistema Desaguadero Salado-Chadileuvú-Curacó y su afluente Atuel, en el territorio provincial. <http://www.lapampa.gov.ar/>