

## ALTERNATIVAS DE RECARGA DEL ACUÍFERO CON AGUA DE LLUVIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DE GANADERÍA BOVINA

### ALTERNATIVES FOR RECHARGING THE AQUIFER WITH RAINWATER TO IMPROVE THE QUALITY OF DRINKING WATER FOR BOVINE CATTLE

Basán Nickisch, Mario<sup>1</sup>; Tosolini Rubén<sup>2</sup>; Lahitte, Alejandro<sup>3</sup>, Sosa, Dora<sup>4</sup>; Sánchez, Luciano<sup>4</sup>

#### Resumen

La ganadería bovina en Santa Fe, Argentina, presenta cíclicamente condicionantes en calidad de agua para el abrevado animal, donde los productores experimentan mermas en el stock de cabezas y pérdidas económicas importantes.

Desde el año 2011 el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la República Argentina investiga sobre mejoramiento de la calidad química del agua para consumo de ganadería, articulando con diversas instituciones.

Los estudios se realizaron en el Establecimiento "La Güeya", cercano a la ciudad de Tostado, Departamento 9 de Julio, Provincia de Santa Fe, Argentina. El mismo es ganadero, con bajo uso de insumos agroquímicos, el cual presentaba severas limitantes en calidad química del agua de consumo de ganadería bovina.

Se concretaron tres sistemas de agua realizando estudios de prospección geoeléctrica para ubicar las perforaciones, las cuales se diseñaron para extraer y recargar el acuífero con agua de lluvia simultáneamente. Se diseñaron chupadores flotantes que funcionan dentro de las perforaciones que presentan estratificación vertical excesiva de sales. La baja permeabilidad del acuífero hizo que se concretaran diferentes diseños de varias perforaciones que abastezcan a cada molino de viento, denominados sistemas "patas de araña", debido a la variación de granulometría y calidad del acuífero que se evidencia en pocos metros. Se implementaron varias alternativas de sistematización de las áreas de captación para maximizar el escurrimiento superficial hacia los sectores de recarga. Se propuso, además, la mezcla de agua de todos los sistemas para distribuir agua con la misma calidad en cualquier lugar del campo.

Las mejoras logradas en la calidad del agua permiten afirmar que los resultados son positivos, habiendo alcanzado el autoabastecimiento de agua y la sustentabilidad ambiental y económica del Establecimiento.

**Palabras clave:** Agua para consumo animal, calidad del agua, recarga de acuífero con agua de lluvia.

#### Abstract

Bovine cattle breeding in Santa Fe, Argentina, presents cyclical conditioning factors in water quality for animal feed, where producers experience significant head loss and economic losses.

Since 2011, the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) of the Argentine Republic has been researching on the improvement of the chemical quality of water for livestock consumption, articulating with various institutions.

The studies were carried out in the "La Güeya", near the city of Tostado, 9 de Julio Department, Santa Fe Province, Argentina. The same one is livestock, with low use of agrochemical inputs, which presented severe limitations in chemical quality of the water of bovine cattle consumption.

Three water systems were realized according to geoelectrical studies to locate the wells, which were designed to extract and to recharge the aquifer with rain water simultaneously. Floating suckers were designed that function inside the perforations that present excessive vertical stratification of salts. The low permeability of the aquifer caused different designs of various perforations to be supplied to each windmill, known as "spider legs", due to the variation of granulometry and aquifer quality that is evident in a few meters. Several alternatives of systematization of the catchment areas were implemented to maximize surface runoff to the recharge sectors. It was also proposed to mix water from all systems to distribute water of the same quality anywhere in the field. The improvements achieved in the quality of the water allow to affirm that the results are positive, having reached the self-sufficiency of water and the environmental and economic sustainability of the Establishment.

**Key words:** Water for animal consumption, water quality, recharge of aquifer with rainwater

<sup>1</sup> basannickisch.mario@inta.gob.ar, sanchez.luciano@inta.gob.ar

<sup>2</sup> tosolini.ruben@inta.gob.ar

<sup>3</sup> ale.lahitte@gmail.com

<sup>4</sup> sosa.dora@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En gran parte de la Argentina el agua subterránea presenta condicionantes en lo que hace a exceso de sales para el consumo ganadero.

La fluctuación de escenarios hidrológicos secos y húmedos repercute directamente en los sistemas, sumado a los impactos que provoca el cambio climático, por lo que las tecnologías desarrolladas tienen en cuenta estos escenarios cambiantes de déficit y excesos para las diferentes demandas.

Se considera estratégico y con un potencial enorme la utilización del agua de lluvia como fuente prioritaria de abastecimiento, complementada con el agua subterránea, para satisfacer la demanda ganadera.

Para ello el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en sus Estaciones Experimentales de Reconquista y Rafaela se investiga generando, adaptando, validando y transfiriendo alternativas de sistemas de recarga del acuífero libre con agua de lluvia en el norte y centro de la Provincia de Santa Fe (Figura 1) utilizando tecnologías apropiadas que sean sustentables en el tiempo.



**Figura 1.** Mapa de la provincia de Santa Fe, Argentina, con la zona de Estudio

Para el desarrollo de las mismas se articula con el Instituto Nacional del Agua-Centro Regional Litoral (INA-CRL), con el Gobierno Provincial y con Centros de Estudio Universitarios, como el caso de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral en Santa Fe (FICH-UNL).

El objetivo central de este trabajo es dar respuesta con agua de calidad para la producción de ganadería bovina de cría, para lo cual se generaron y adaptaron

diferentes tecnologías de manejo de 2 fuentes de agua disponibles en la región: agua meteórica y subterránea en el Establecimiento "La Güeya", a 11 km de la ciudad de Tostado, Provincia de Santa Fe, Argentina. Es ganadero con utilización de pastizales naturales y pasturas implantadas, con muy baja utilización de agroquímicos y su principal limitación ha sido el agua de mala calidad química.

## METODOLOGÍA

Se analizaron tres sistemas de aprovisionamiento de agua para el ganado bovino en dicho Establecimiento denominados Sistema A, B y C, más el Tanque Central de mezcla.

Las tres variantes de Aguadas poseen diferentes técnicas de recarga con agua de lluvia para mejorar la calidad y cantidad del agua subterránea del acuífero libre, así como también distintas sistematización del terreno para "cosechar" agua de lluvia, maximizando el escurrimiento superficial en el terreno del agua de lluvia hasta los sectores de recarga.

Los 3 sistemas poseen mecanismos de bombeo que utilizan energía eólica, molinos de viento adaptados para la zona, que se abastecen de varias perforaciones que conforman los sistemas "patas de araña" para contrarrestar la baja permeabilidad del acuífero.

Se evalúa en cada uno de ellos mensualmente la interrelación de la salinidad del agua de la fuente subterránea con el nivel dinámico de bombeo, con la precipitación y con los volúmenes extraídos de cada uno de ellos.

Los tres sistemas confluyen a un tanque central de mezcla, desde el cual se distribuye el agua a cada uno de los potreros, logrando de esta manera que la hacienda siempre tome agua con la misma calidad, cualquiera sea la zona donde se encuentren pastando.

El tanque central de mezcla tiene una autonomía de 8 a 10 días, ideal para este tipo de mecanismos de bombeo que funcionan en un 100% con energía eólica, ya que esta reserva hace que nunca se sobreejiga al acuífero con extracciones por encima de lo que la permeabilidad del mismo permite.

Para preservar la calidad del agua subterránea a todos los molinos se los trabaja semi frenados o a "a media rienda", controlando el nivel dinámico en las perforaciones, especialmente aquellos días donde la velocidad del viento es óptima para el bombeo.

Los datos de precipitaciones, niveles dinámicos de bombeo, caudales extraídos y conductividades eléctricas se registran de forma manual por personal del Establecimiento y posteriormente son sistematizados mediante planillas de Excel en Gabinete para su análisis.

Los datos obtenidos a partir de la Estación Meteorológica Automática fueron visualizados previamente a través del software WeatherLink

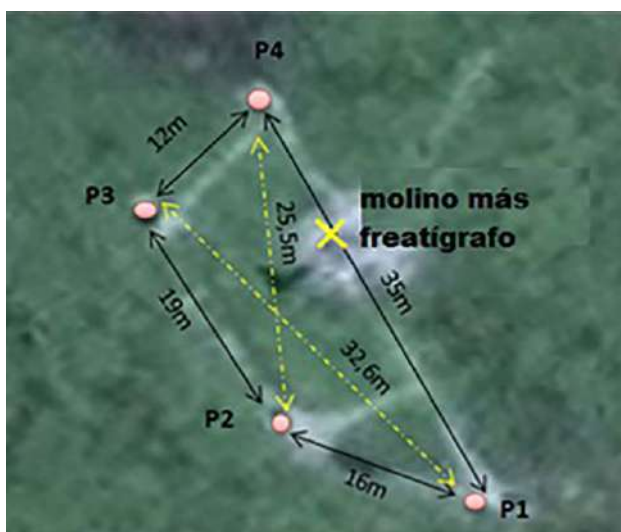
específico de las estaciones marca Davis, y posteriormente exportados a una tabla de Excel para ser analizados.

Se utilizaron los datos de precipitación obtenidos de dicha estación ubicada dentro del área de influencia de las superficies de “cosecha de agua de lluvia” de los sistemas, contrastados con los datos del pluviómetro estandarizado Tipo B implementado junto con la estación.

Conjuntamente con lo anterior, se mide la conductividad eléctrica mediante un conductímetro digital marca Hanna Combo HI 98130, con un rango de medición de 0 a 20 mS/cm, con una precisión de  $\pm 2\%$ , el cual se calibra con solución patrón antes de efectuar las mediciones.

Se extraen de manera periódica muestras de agua bajo protocolo de extracción, conservación y traslado elaborado por INTA (Basán Nickisch et al, 2012), para ser analizadas en Laboratorio, evaluando Conductividad Eléctrica, pH, Sales Totales o Residuo Seco a 105°C, Calcio, Sodio, Magnesio y Potasio, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato y Magnesio, obteniendo por combinaciones hipotéticas Cloruro de Sodio, valores que permiten clasificar el agua para ganadería de cría según Bavera y Carrazzoni para los diferentes usos (Basán Nickisch, 2012a), utilizando el software desarrollado por INTA: <http://santiago.inta.gob.ar/agua/> (Basán Nickisch, 2012b).

**El sistema A** fue implementado en un ambiente caracterizado por contener paleocauces difusos. El mismo fue identificado en base a observaciones de campo. Posteriormente, con el apoyo de imágenes satelitales se decidió donde realizar las prospecciones geoeléctricas para definir el mejor lugar donde llevar a cabo las perforaciones.

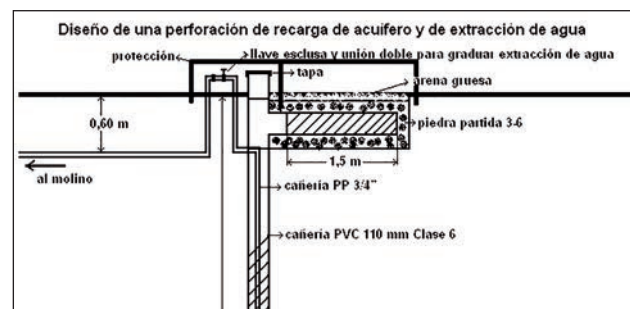


**Figura 2.** Disposición de las perforaciones que conforman el sistema “patas de araña” de perforaciones respecto al molino y al freatigrafo del Sistema A

El acuífero libre en la zona, único con posibilidades de ser aprovechado en función de la calidad del agua, tiene características de acuitardo (baja permeabilidad). Para contrarrestar esa situación se diseñó un sistema “patas de araña” mediante 4 perforaciones (Figura 2), a las cuales se las ha complementado con un dren horizontal de 1,5 m de largo, para que cumplan un doble propósito, permitiendo el ingreso de agua de lluvia filtrada al acuífero y también la extracción del agua de mezcla (la inducida más la existente en el acuífero), que sirve para alimentar al molino, el cual está diseñado para funcionar con velocidades mínimas de viento. El agua es enviada al tanque central de mezcla, contabilizándose lo que se bombea con un caudalímetro totalizador.

De esa manera se logra mineralizar el agua meteórica y desconcentrar el exceso de sales en el acuífero, algo que naturalmente se produce, pero con este diseño se dinamiza.

Las perforaciones se diseñaron con la incorporación de drenes horizontales construidos con el mismo caño utilizado para su encamisado (Figura 3), ranurado de manera conveniente y recubriéndolo con grava Tipo 3-6, y en superficie arena Tipo 1-2 (Basán Nickisch et al., 2016a).



**Figura 3.** Diseño de perforación “doble propósito”: recarga y extracción (Basán Nickisch y Sánchez, 2015) implementado en Sistema A

El agua de las lluvias se infiltra introduciéndose al acuífero a través del interior del encamisado, logrando una velocidad de recarga sustancialmente mayor que la que se produce naturalmente a través del perfil del terreno.

Las perforaciones se conectaron en superficie mediante un canal en forma de plato de escasa profundidad denominado anillo concentrador, direccionando el escurrimiento superficial proveniente de las lluvias, para así concentrarlas en el sector de recarga (Figura 4).

Complementado con lo anterior, se sistematizó el camino de acceso para que sea de “doble propósito”: tránsito y “cosecha” de agua de lluvia con alto coeficiente de escurrimiento, eficientizando de esa manera el escurrimiento superficial hacia el sector de las perforaciones (Figura 5).



**Figura 4.** Anillo concentrador del agua de lluvia para efectuar la recarga al acuífero con las perforaciones en el Sistema A



**Figura 5.** Camino "doble propósito": "cosecha" de las lluvias y tránsito (Basán Nickisch et al., 2016b)

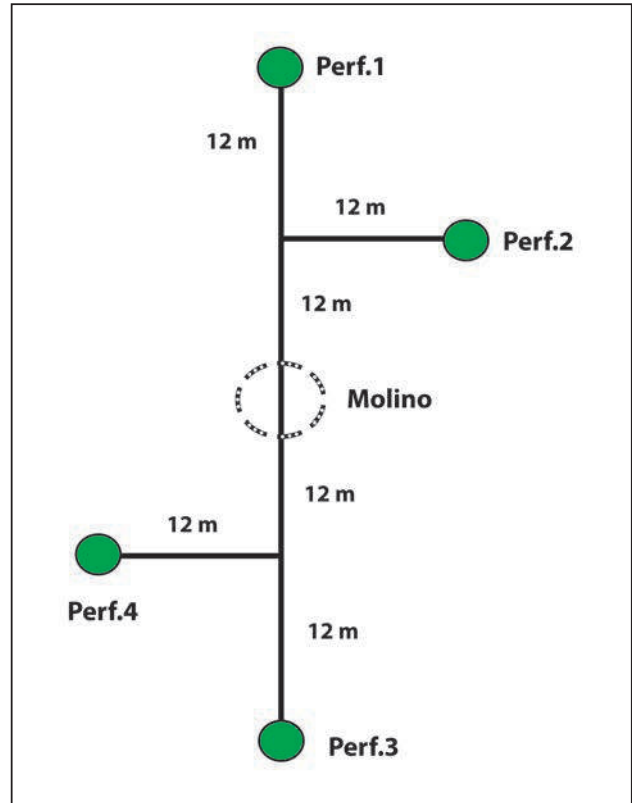
En la parte central del sistema "patas de araña" se implementó un freatígrafo digital (Figura 2), que permitió analizar la dinámica del nivel del agua en el acuífero en el sector de extracción y como inciden las recargas provenientes de las lluvias (Basán Nickisch y Sánchez, 2015).

**El sistema B** al igual que el Sistema A, está ubicado en la zona de un paleocauce difuso con características de acuitardo, el cual fue identificado por el Productor en el año 1995. El cual, mediante una serie de ajustes, implementó un sistema "patas de araña" conformado por 4 perforaciones convencionales encamisadas con caños de PVC de 110 mm de diámetro, las cuales tenían entre sí un distanciamiento de 12 m (Figura 6). Éstas, alimentaban a un molino de viento que también bombea el agua al Tanque Central de almacenamiento y mezcla.

Este sistema posee una represa contigua a las 4 perforaciones, que permitía hasta el año 2014 de forma natural la recarga del acuífero libre a través del fondo y los taludes, mejorando la calidad química del agua subterránea de ese sector. Esto constituía la principal diferencia con respecto al Sistema A.

Para eficientizar la cosecha de agua de lluvia que alimenta a la represa, el Productor sistematizó el área de influencia con regueras que confluyen a

dicho almacenamiento, produciendo el incremento del escurrimiento superficial del área con mayor cota. También se aprovecha el agua de lluvia que cae sobre el camino central de acceso al Establecimiento mediante un canal que culmina en ésta. El único propósito de dicha represa era que el agua superficial allí acumulada se infiltrara a mayor velocidad, de forma de alimentar y mejorar químicamente a la del acuífero libre.



**Figura 6.** Disposición simétrica anterior de las perforaciones del sistema "patas de araña" propuesto por el Productor

Al igual que en el Sistema A, se implementó en el molino un caudalímetro totalizador, el cual es leído y registrado por el productor el último día de cada mes. A este Sistema en el año 2014 se le efectuaron sustanciales mejoras en lo que hace a optimizar la ubicación de sus perforaciones en base a estudios de prospección geoelectrónica y a adjuntarle mecanismos de succión con flotadores en aquellas perforaciones donde existía una estratificación de sales importante en profundidad (Figura 7). Así como también encamisarlas con cañería de PVC de 200 mm de diámetro para poder hacer funcionar los sistemas de chupadores flotantes, anulando aquellas con problemas de salinidad elevada e implementando otras en los mejores lugares para obtener agua de calidad. Tres de ellas se ubicaron dentro de la represa con drenes horizontales de 2 m de largo, que permiten la recarga artificial del acuífero libre de manera directa (Figura 8).



**Figura 7.** Mejoras sustanciales al Sistema B con implementación de perforaciones “doble propósito” en el interior de la represa con chupadores flotantes



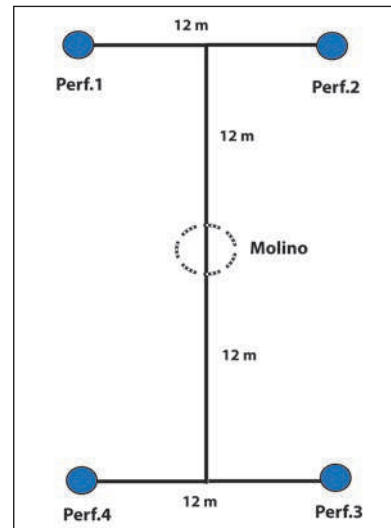
**Figura 8.** Disposición de las perforaciones “doble propósito” en el interior de la represa con las convencionales en el sistema B

**El Sistema C** fue construido durante la sequía del año 2008 en una depresión natural del terreno, donde en base a estudios de prospección geoelectrica se detectó un bolsón de agua dulce, sirviendo de base para implementar un sistema “patas de araña” con 4 perforaciones convencionales encamisadas con caños de PVC de 110 mm de diámetro con la misma conformación del sistema B (Figura 6) que alimentan a un molino de viento, el cual deriva el agua mediante cañería al tanque central de almacenamiento.

A diferencia de los 2 anteriores, en un principio este Sistema no tenía obras complementarias que le permitan recargar artificialmente el acuífero libre. La infiltración del agua de lluvia que se acumulaba en la depresión natural del terreno se producía solamente a través del perfil del suelo, por lo que se hizo un estudio de infiltración mediante el método de doble anillo, arrojando valores muy bajos de infiltración, del orden de 10 mm/h.

Esto último permite explicar en el análisis posterior de los resultados porque era el Sistema que brindaba menor calidad química de agua respecto a los otros, ya que la capa superficial del suelo posee material limo arcilloso, el cual dificulta enormemente el ingreso del agua en profundidad. El Productor comentó que en un principio (2008) el agua no era mala (bolsón detectado de agua dulce) pero que en pocos meses rápidamente desmejoró.

Este comportamiento del Sistema se mantuvo hasta que se llevó a cabo una modificación importante en el mismo a mediados de 2013 teniendo en cuenta los importantes avances tecnológicos estudiados en el Sistema A, donde el Productor decidió realizar las 4 perforaciones con una disposición en forma de H (Figura 9), sin hacer los estudios de geoelectrica previos correspondientes para obtener los mejores lugares para perforar (mayor contenido de arenas y mejor calidad de agua).



**Figura 9.** Disposición actual del sistema “patas de araña” que conforma el Sistema C de manera simétrica sin tener en cuenta los estudios de prospección geoelectrica

El análisis de la necesidad de extraer agua de la parte de arriba de cada perforación detectado ya en el Sistema A, donde se detectó que la profundización de cada metro significaba duplicar la salinidad, hizo que el Grupo de Investigación Interdisciplinario e Interinstitucional propusiese evaluar diseños para concretar chupadores flotantes que siguiesen el pelo de agua del acuífero libre. Finalmente se decidió implementar perforaciones doble propósito con encamisados de PVC de 200 mm de diámetro para poder hacer funcionar los chupadores flotantes en el interior de las mismas.

Prevaleció el diseño que propuso el Productor que consiste en chupadores flotantes armados con cañería de PVC de 160 mm de diámetro, los cuales tienen mangueras flexibles de  $\frac{3}{4}$  pulgadas de diámetro que permiten que se extraiga agua de la parte superficial de cada una de las 4 perforaciones (Figura 10), los cuales después de hacer algunos ajustes, funcionan perfectamente.

A su vez, el Productor diseñó y concretó la sistematización de la superficie de cosecha de agua de lluvia que posee una forma circular de aproximadamente 1 hectárea, en coincidencia con el bajo natural. El objetivo es maximizar el escurrimiento superficial hacia la zona de recarga de las perforaciones.



**Figura 10.** Diseño del chupador flotante para cada una de las perforaciones implementado en los Sistemas B y C

Se considera un novedoso sistema de colectoras radiales helicoidales que culminan en un anillo concentrador que une las 4 perforaciones doble propósito que conforman el sistema de extracción y recarga (Figura 11) que actualmente es evaluado por parte del Equipo de Investigación.



**Figura 11.** Área de “cosecha” de agua de lluvia compuesta por colectoras radiales helicoidales que culminan en un anillo concentrador donde se encuentran las perforaciones doble propósito

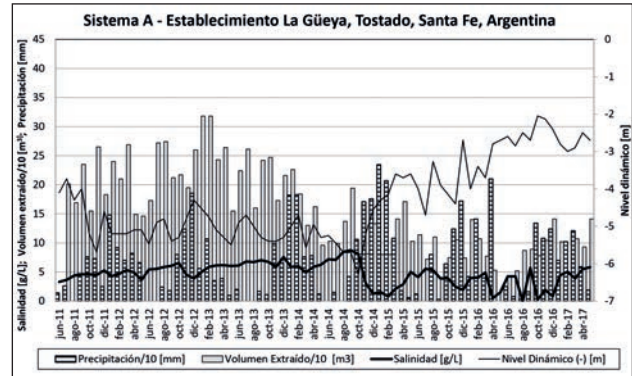
Al igual que en los 2 sistemas anteriores, el molino de viento bombea el agua al tanque central de almacenamiento y mezcla.

## RESULTADOS

La medición de la salinidad del agua se obtiene de manera indirecta a partir de la conductividad eléctrica de la misma multiplicada por un coeficiente. Este último se ajustó realizando un promedio de varias muestras analizadas en Laboratorio, donde se pudo corroborar que en este caso particular se mantiene constante en los 3 Sistemas e igual a 0,72.

## Sistema A

Es posible observar la relación directa entre el nivel dinámico y la salinidad del agua (Figura 12), ya que, por lo general, durante los meses donde dicho nivel disminuyó, la calidad del agua desmejoró, sobrepasando valores de sales totales de 4 g/L, clasificándose hasta ese límite como “buena” para ganadería bovina de cría (Bavera G., 2009).



**Figura 12.** Relación entre la salinidad, precipitación, nivel dinámico y volumen extraído del Sistema A

El incremento de la salinidad durante los meses de junio-julio-agosto-septiembre de 2012, con altos volúmenes de extracción pero muy pocos mm de precipitaciones, especialmente en los meses de julio y agosto, debiéndose restringir el volumen extraído en el mes de septiembre para mantener o aumentar la calidad química del agua.

En el mes de enero/12 se observó una disminución de la salinidad a pesar de que el nivel dinámico disminuyó. Esto se debe a que durante ese mes se produjeron importantes precipitaciones, con un total de 148 mm, lo que permitió que la calidad del agua subterránea mejorara con la inducción local al acuífero del agua de lluvia. Esto se produce debido que el Sistema cuenta con perforaciones “doble propósito” (Figura 3).

En el mes de noviembre/12 se observó una notable disminución de la salinidad y un nivel dinámico bajo. Esto se explica porque el día 28 del mes estudiado se produjo una precipitación de 64 mm y la conductividad eléctrica del agua fue medida tan solo 2 días después (a fin de mes), coincidiendo el aporte de las precipitaciones con la extracción de agua del molino.

Para los meses de enero a abril de 2013 se aprecia un descenso en el nivel dinámico debido a la maximización del volumen extraído en contraposición de las escasas precipitaciones durante ese período, lo que generó un incremento en la concentración de sales totales.

Un caso contrario al explicado en noviembre/12 ocurrió en el período de los meses de octubre de 2014 a febrero de 2015 donde debido a las abundantes precipitaciones ocurridas el nivel dinámico ascendió aproximadamente 2 m y se efectuó un bajo nivel de

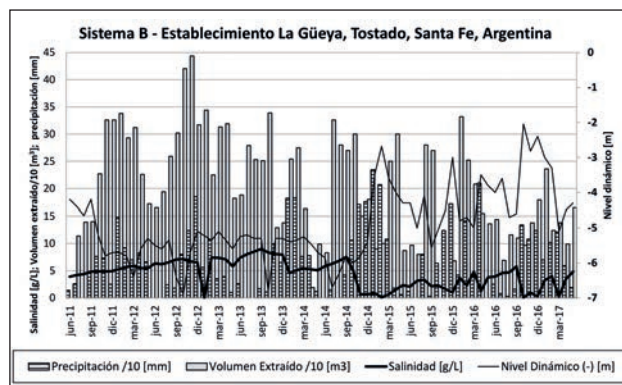
extracción de agua con el molino, lo que hizo que la concentración de sales totales descienda unos 7 g/L, pasando la calidad del agua para la bebida de los animales de ser clasificada como “mala” a “deficiente” (Bavera, 2009).

Desde octubre/14 hasta la fecha los niveles de salinidad tienen una concentración de sales uniforme, con variaciones graduales en el tiempo y con valores de 5 g/L o menos, ideal para este tipo de producciones.

Se destaca la uniformidad de concentración de sales totales del período analizado en el Sistema A (Figura 12), donde el incremento o disminución de las mismas se produjo gradualmente, repercutiendo esto de manera positiva en la producción ganadera, con una concentración de sales clasificada como “buena” (Bavera, 2009).

### Sistema B

En general, en aquellos meses donde el nivel dinámico se encontró con menores valores, proporcionalmente la salinidad fue mayor (Figura 13).



**Figura 13.** Relación entre la salinidad, precipitación, nivel dinámico y volumen extraído del Sistema B

Los períodos más críticos en relación a la calidad del agua, por la gran concentración de sales totales, fueron septiembre a octubre de 2012 y la mayor parte de 2013, donde durante siete meses consecutivos (junio a diciembre) se han alcanzado valores promedio de 8 g/L y un máximo de 9 g/L, producto del excesivo bombeo, muy por encima de los otros 2 Sistemas.

Por el contrario, los dos últimos meses del año 2014 y los primeros tres del 2015 la concentración de sales fue tan baja que el agua llegó a clasificarse como “deficiente” para ganadería bovina de cría (Bavera, 2009).

Esto último se debió fundamentalmente a las nuevas mejoras con reubicación de perforaciones, anulación de aquellas con alto contenido salino y a la incorporación de parte de ellas con sistemas doble propósito dentro de la represa, además de las abundantes precipitaciones ocurridas en dicho

período que han alcanzado casi los 900 mm y que se refleja en el comportamiento ascendente del nivel dinámico de bombeo donde el mismo ha subido más de 3 m hasta febrero de dicho año.

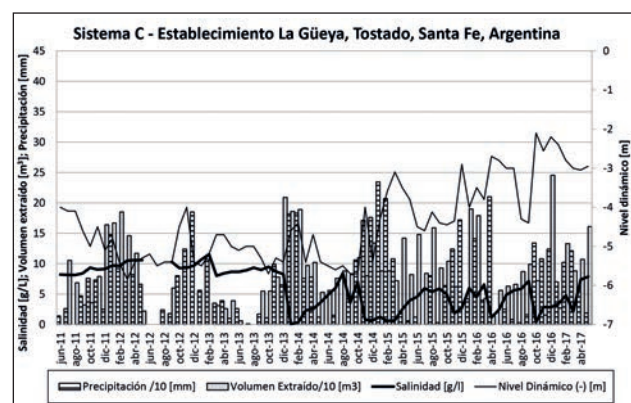
Analizando el período julio/11 a mayo/12 se puede evidenciar un gran volumen de extracción y una cierta estabilización de los valores salinos, siendo las precipitaciones el gran regulador de ambos. A partir de julio-septiembre/12 las precipitaciones decrecen notablemente mientras que la tasa de extracción fue en crecimiento junto con los tenores salinos hasta los meses de octubre-noviembre/12, donde se produce una recarga importante producto de las precipitaciones y se da una disminución notoria de la salinidad.

En líneas generales, se concluye que altos contenidos de sales totales se relacionan con los menores niveles freáticos (más profundos) producto del bombeo y de la no ocurrencia de precipitaciones. Por el contrario, los menores contenidos salinos se relacionan con niveles freáticos altos, la ocurrencia de precipitaciones y el cese o disminución del bombeo (Figura 13).

Se remarca que el Sistema B siempre ha sido el más exigido de los tres en cuanto a volúmenes de extracción, presentando variación gradual de la salinidad, antes y después de las sustanciales mejoras realizadas a mediados de 2014.

### Sistema C

El Sistema C es similar a muchos implementados en la región, y se puede apreciar que a pesar de tener volúmenes muy bajos de extracción, con exactamente los mismos montos de precipitación a los dos sistemas restantes (A y B), el tenor salino era el más alto, hasta la concreción de importantes mejoras a mediados de 2013.



**Figura 14.** Relación entre la salinidad, precipitación, nivel dinámico y volumen extraído del Sistema C

Hasta antes de ser modificado el Sistema los valores de sales totales superaban los 8 g/L (Figura 14), lo que revela que el agua era la de menor calidad, y se la clasificaba como “aceptable” a “mala” sirviendo este Sistema al Productor para complementar con

volumen para satisfacer la demanda, aún a costa de desmejorar la calidad en el tanque central de mezcla. Al igual que en los Sistemas A y B, se observó que en aquellos meses donde el nivel dinámico de bombeo disminuyó, la salinidad aumentó y en aquellos meses donde el mismo aumentó, la salinidad fue menor.

Los meses de marzo, abril y mayo de 2012 fueron los que presentaron el mayor contenido de sales totales (10,6 g/L), lo que se considera un agua “mala” para el ganado bovino (Bavera, 2009). Esto concuerda con el nivel dinámico bajo y con la inexistencia de recarga inducida artificialmente, debiendo infiltrarse el agua de manera natural.

A mediados de 2012 no se presentan valores (Figura 14) en el Sistema C pues no se lo utilizó, ya que el mismo se activaba como complemento de los Sistemas A y B.

Luego de haber sido modificado el Sistema C en el año 2013 se puede observar que con lo llovido en el mes de enero/14 la salinidad desciende 8 g/L pasando el agua de ser clasificada como “mala” a “deficiente” (Bavera, 2009). En menor proporción sucede lo mismo en el mes de octubre de dicho año donde el descenso de sales fue de 3,5 g/L.

Un comportamiento similar al explicado anteriormente sucede con el nivel dinámico donde se aprecia la respuesta de la recarga luego de cada precipitación ocurrida haciendo que éste ascienda por más que se siga extrayendo agua.

En el mes de agosto/14, al no producirse lluvias, la concentración de sales se vio incrementada en casi 2,5 g/L.

El sistema, después de las mejoras llevadas a cabo a mediados de 2013, por las características del acuífero, donde se maximiza la definición de acuitardo, con baja presencia de arenas en el perfil y por las características de la recarga a través de las perforaciones, conjuntamente con los chupadores flotantes que extraen el agua de superficie, hace que durante el período de lluvias la concentración de sales sea ínfima, clasificándola como “deficiente” en sales para ganadería, pero rápidamente va perdiendo la calidad cuando cesan las lluvias. Esto se puede apreciar durante los períodos:

enero/13-agosto/14 de 0,1 g/L pasó a 8,4 g/L,

noviembre/14-julio/15, de 0,8 g/L pasó a 5,9 g/L

noviembre/15-enero/16, de 1,9 g/L pasó a 6,0 g/L

La repercusión negativa en la producción ante estos gradientes salinos de gran magnitud en poco tiempo en el ganado se minimizan porque se amortigua con la mezcla en el tanque central, pero de ser un sistema único de abastecimiento, no es lo ideal para una aguada para ganado, ya que lo que se pretende siempre es que la variación en sales sea gradual, que si sufre variaciones producto de las recargas estacionales, el valor de la salinidad total varíe poco.

## Tanque Central de Mezcla

El Tanque Central de mezcla es un punto estratégico en el abastecimiento del Establecimiento, con autonomía para 8 a 10 días, ideal para sistemas de bombeo que utilizan íntegramente energía eólica y para este tipo de ambientes hidrogeológicos con baja a muy baja permeabilidad.

La relación entre las precipitaciones y la concentración de sales del tanque alimentado por los 3 Sistemas A, B y C es inversamente proporcional (Figura 15), magnificándose desde fines de 2013 con las mejoras efectuadas en el Sistema C y posteriormente a fines de 2014 con las mejoras realizadas en el sistema B, ya que desde el año 2015 a la fecha los valores de salinidad no han superado los 6 g/L, clasificándose el agua como “buena” para ganadería bovina de cría (Bavera, 2009).

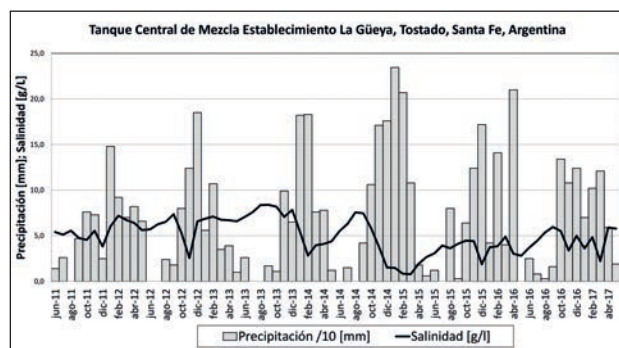


Figura 15.- Relación entre la salinidad y la precipitación del Tanque Central de mezcla

El valor más alto registrado fue en agosto/13 y septiembre/13, con 8,4 g/L de sales totales, clasificándose como “aceptable” para ganadería bovina de cría. Un dato importante es que el agua en los 3 sistemas es clorurada sódica, lo cual ha permitido que animales de raza Brangus con pasturas que también mermaron el rendimiento por la baja pluviometría y gracias al acostumbramiento, puedan responder satisfactoriamente en la producción de carne.

Una variable a tener en cuenta en este tipo de análisis es la carga animal que se tenga en el Establecimiento, ya que la calidad del agua y el alimento sólido son esenciales para mantener una buena producción en el mismo.

Desde diciembre/14 hasta abril/15 se dieron los valores de salinidad más bajos de toda la serie analizada.

En enero/16 y marzo/16 la baja pluviometría repercutió en los valores de salinidad, pero rápidamente disminuyó ante la lluvia ocurrida en el mes de abril, respondiendo a la recarga artificial de cada uno de los sistemas de manera eficiente.



## CONCLUSIONES

Cuando se extraen volúmenes importantes de agua del acuífero clasificado como acuitado en los sistemas analizados el nivel dinámico desciende de manera considerable, situación que se maximiza en períodos de bajas o nulas precipitaciones con aumento de la salinidad.

Se observaron aumentos en la salinidad del agua en determinados meses que alcanzaron valores superiores a los 7 g/L, lo que puede afectar la producción ganadera de cría (Bavera, 2009) corroborando la importancia de las recargas artificiales proveniente de las lluvias en este tipo de ambientes hidrogeológicos.

En los 3 sistemas analizados el condicionante es el exceso de sales totales, habiendo un predominio importante de cloruro de sodio, no de sulfato ni de magnesio, por ello, animales acostumbrados a este tipo de aguas, tiene buena performance si disponen de forrajes adecuados.

En el sistema A queda demostrada la importante función que cumple la recarga artificial a través de las perforaciones doble propósito, donde la salinidad varía gradualmente con valores adecuados para ganadería bovina de cría.

Para contrarrestar la disminución de velocidad de extracción del mecanismo de bombeo una alternativa es incrementar el número de perforaciones en los sistemas para que los mecanismos de bombeo trabajen normalmente y se obtenga mayor volumen de agua sin afectar la calidad química del agua.

Un desafío tecnologicopendiente es lograr chupadores flotantes para perforaciones encamisadas con diámetro de 110 mm.

El Sistema B después de las mejoras realizadas en el año 2014 hoy lo posicionan como el de mayor calidad química del Establecimiento con mayor rendimiento en los volúmenes bombeados y estabilidad durante el año.

El Sistema C después de las mejoras realizadas en el año 2013 hacen que hoy tenga una performance excelente en lo que hace a calidad del agua bombeada durante la época de lluvias.

Un aspecto negativo del Sistema C en la actualidad es la falta de estabilidad en el tiempo de las sales totales, lo cual repercute sobre el grado de acostumbramiento de los animales, ya que pasa de ser de un agua "deficiente" en sales a ser clasificada como "aceptable" para ganadería de cría bovina. Esto hay que tenerlo muy en cuenta en sistemas únicos para el abastecimiento de ganado.

Los valores medidos de conductividad eléctrica en las perforaciones del Sistema A presentaron aumento de esta variable a medida que se avanza en profundidad, por lo cual se recomienda colocar las cañerías de succión fijas lo más arriba posible, tendiendo en el futuro a cambiar el sistema por el de

chupadores flotantes y con drenes horizontales de recarga de por lo menos 3 m de longitud.

La mezcla del agua de los 3 Sistemas en el Tanque Central permite distribuir agua de igual calidad en todo el Establecimiento y disminuir el gradiente de sales en el Sistema menos estabilizado durante el año.

En ambientes de este tipo es esencial cumplimentar el protocolo básico, que consiste en analizar los lugares mediante imágenes satelitales, identificando depresiones naturales y/o paleocauces, y allí realizar prospecciones geoeléctricas. En base a esos resultados realizar perforaciones exploratorias, para concretar la ubicación y diseño definitivo de las perforaciones. Siempre se deben buscar aquellos sitios donde haya mayor porcentaje de arenas que lo normal, para que el volumen y la extracción del agua de lluvia más la subterránea se maximice, logrando agua de mayor calidad durante el año.

La sistematización del terreno destinado a "cosechar" agua es imprescindible, especialmente para los años hidrológicos secos, donde la pluviometría es menor, para garantizar la recarga al acuífero.

En los sistemas la premisa debe ser que exista balance entre lo que se extrae y lo que se repone.

Cuando se utilizan mecanismos de bombeo con energías renovables los tanques de almacenamiento deben ser tales que permitan el manejo sustentable del recurso hídrico, siendo esta una de las principales falencias en los sistemas de abrevado animal en la región. Para ello se debe tener en cuenta la cantidad de animales a abrevar, el número de días sin viento o días nublados, determinando así los días que se consideran necesarios como reserva, los cuales se recomienda no sean menores a siete.

La clasificación del agua por sí sola para ganadería es orientativa, no definitiva, ya que hablar de que si es apta o no tiene que contemplar también el análisis de la raza y la edad del animal, el grado de acostumbramiento, la dieta sólida, las condiciones ambientales y, fundamentalmente, las concentraciones de sulfato y de magnesio presentes en el agua.

En los tres sistemas analizados se recomienda que los bebederos se ubiquen lejos de los sectores de recarga, así como también se restrinja la circulación de los animales por completo en esos lugares para minimizar riesgos de contaminación del agua producto de la concentración de heces y que se siga con la premisa de no usar agroquímicos en superficies cercanas que puedan introducirse al acuífero de manera directa.

Los bebederos y/o tanques bebederos deben ser ubicados en función de los apotreramientos, donde el agua debe estar donde el animal come y no que gaste energía innecesaria en acercarse hasta donde están los mismos, y se produzca sobrepastoreos

y zonas sin aprovechar, producto de una mala disposición de los mismos.

El INTA tiene priorizado continuar las investigaciones en recarga de acuíferos, así como también el estudio de los sistemas de cosecha de agua de lluvia y represas superficiales en la región en estos próximos años, priorizando el uso sustentable de los recursos naturales, articulando con Organismos Nacionales y Provinciales, así como también con los Centros de Estudio de la Región y ONG.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Basán Nickisch, M. (2012a) Manejo de los Recursos Hídricos para áreas de secano – 2da. Edición. INTA

Basán Nickisch, M. (2012b) Software de clasificación de aguas. INTA.

Basán Nickisch, M. H. (2012c) Calidad del agua para usos múltiples. 1er Seminario Latinoamericano sobre acceso, uso y tratamiento del agua para la Agricultura Familiar – Agua de calidad con equidad. INTA.

Basán Nickisch, M.; Gallo Mendoza, L; Zamar, S; Rosas, D. (2012) Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples. INTA.

Basán Nickisch M. y Sánchez L. (2015) Alternativas de manejo de los recursos hídricos para ganadería en el norte de Santa Fe. Revista Voces y Ecos de INTA Reconquista.

Basán Nickisch, M.; Lahitte, A.; Tosolini, R.; Sánchez, L.; Sosa, D. (2016a) Aguadas para Ganadería Bovina en los Bajos Submeridionales y áreas de influencia. INTA.

Basán Nickisch, M.; Sánchez, L.; Tosolini, R.; Tejerina Díaz, F.; Jordan, P. (2016b) Aprovechamiento del agua de lluvia para usos múltiples en los Bajos Submeridionales y áreas de influencia. INTA.

Bavera Guillermo (2009) Aguas y Aguadas para el Ganado 3era Edición