

## **AGUADAS PARA GANADERÍA BOVINA EN LOS BAJOS SUBMERIDIONALES Y ÁREAS DE INFLUENCIA**

**BASAN NICKISCH, M.<sup>1</sup>; LAHITTE, A.<sup>2</sup>; SOSA, D.<sup>3</sup>;**

**SANCHEZ, L.<sup>1</sup> & TOSOLINI, R.<sup>4</sup>**

### **RESUMEN**

En el norte de la provincia de Santa Fe, especialmente en la Cuña Boscosa, Bajos Submeridionales y Domo Occidental, se encuentran más de tres millones de cabezas de ganado vacuno, donde uno de los principales condicionantes en la producción es la irregular calidad del agua subterránea para el abrevado de la hacienda. La fluctuación entre escenarios hidrológicos secos y húmedos repercute directamente en la producción, donde no solo varía el nivel freático del acuífero libre, único aprovechable, sino fundamentalmente la calidad química del agua. El INTA, articulando con el INA, con el Gobierno de Santa Fe y con Centros de Estudio de la UNL, ha concretado unidades demostrativas de investigación y transferencia en campos de productores y unidades experimentales de la Institución, diseñando y proponiendo distintas tecnologías consensuadas con los productores en lo que hace al manejo del agua de lluvia complementada con la subterránea. 3 Sistemas de Aguadas se concretaron con diferentes maneras de aprovechar el agua de lluvia con el agua subterránea, sistematizando terrenos para garantizar el acceso y recarga del acuífero libre, con mecanismos de bombeo mediante energía renovable y con sistemas de succión que lo hacen en la parte superficial del acuífero, donde todos convergen a un tanque central de mezcla, para garantizar así que todos los animales tomen agua con la misma calidad química, cualquiera sea el lugar de pastaje. Desde el año 2011 se monitorean las variables de interés, donde la premisa es tener controlada la salinidad del agua en el tanque central de mezcla y que sus variaciones a través del año sean graduales, ya que esto maximiza la producción ganadera. Esto se visualiza en cada uno de los 3 sistemas y, fundamentalmente en el tanque central de mezcla, donde la cantidad, calidad y oportunidad durante el año evidencian claramente resultados muy positivos en el lugar estudiado.

*Palabras clave: esponjas vaginales, adherencias, tetraciclina, corticoide.*

---

1.- INTA EEA Reconquista. Ruta aAcional N° 11 - Km 773. (3560) Reconquista, provincia de Santa Fe.  
Email: basannickisch.mario@inta.gob.ar

2.- Productor pecuario y Consejero Directivo de INTA.

3.- INA - CRL

4.- INTA EEA Rafaela.

Manuscrito recibido el 6 de septiembre de 2016 y aceptado para su publicación el 7 de diciembre de 2016.

## ABSTRACT

### **Water for livestock cattle in the lower submeridional and areas of influence.**

In the north of the province of Santa Fe, especially in the forest wedge, Lower Submeridional and Occidental Domo, there are more than three million head of cattle, where one of the main determinants of production is the irregular quality of groundwater. For the watering of the hacienda, the fluctuation between dry and wet hydrological scenarios has a direct impact on production, where not only the free water table, which is the only available water, varies, but also the chemical quality of the water. In collaboration with the INA, the Government of Santa Fe and UNL Research Centers, INTA has developed research and transfer demonstration units in the fields of producers and experimental units of the Institution, designing and proposing different technologies that are consensual with the Producers in the management of rainwater supplemented with the underground. 3 water systems were implemented with different ways of using rainwater with groundwater, systematizing terrain to guarantee access and recharge of the free aquifer, with pumping mechanisms using renewable energy and with suction systems that do it in the part Surface of the aquifer, where all converge to a central mixing tank, to ensure that all animals take water with the same chemical quality, whatever the place of grazing. Since 2011 the variables of interest are monitored, where the premise is to have controlled the salinity of the water in the central mixing tank and that its variations throughout the year are gradual, since this maximizes livestock production. This is visualized in each of the three systems and, fundamentally in the central mixing tank, where the quantity, quality and opportunity during the year clearly show very positive results in the place studied.

*Key words: water for animal consumption, water quality, management of water, storage, appropriate technologies.*

### **OBJETIVO**

El objetivo central de este trabajo es analizar la evolución de la calidad química del agua para abrevado de ganadería de cría bovina que se obtiene a partir de las innovaciones tecnológicas incorporadas en cada una de las aguadas que componen el sistema de aprovisionamiento del Establecimiento Ganadero “La Güeya”, Tostado, Provincia de Santa Fe, y proponer alternativas superadoras para el futuro.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se analizaron tres sistemas de aprovisionamiento de agua para el ganado en el Establecimiento “La Güeya”: A, B y C y la calidad del agua obtenida en el Tanque Central de mezcla.

El sistema A ha sido diseñado para complementar los módulos preexistentes B y C. Los tres poseen diferentes técnicas de recarga con agua de lluvia para aprovechar el agua subterránea del acuífero libre, habiéndose evaluado la interrelación de la salinidad del agua de la fuente subterránea con el nivel dinámico de bombeo, con la pre-



Mapa de Santa Fe con la ubicación del Establecimiento "La Güeya".

precipitación y con los volúmenes extraídos de cada uno de ellos y, a su vez, proponer alternativas superadoras para el futuro.

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 del Establecimiento donde se encuentren pastando.

El tanque central de mezcla del Establecimiento tiene una autonomía de 8 a 10 días, ideal para este tipo de sistemas de bombeo que funcionan en un 100% con energía eólica, ya que esta reserva hace que nunca se sobreexija 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, ya que evidentemente, 4 perforaciones por molino no son suficientes cuando el viento es óptimo para el bombeo.

Los datos de precipitaciones, niveles dinámicos de bombeo, caudales extraídos y conductividades 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.

En los 3 sistemas 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, 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, 2012), utilizando el software desarrollado por INTA: <http://santiago.inta.gob.ar/agua/> (7).

Se visualizan a continuación análisis químicos con dos situaciones distintas, en la parte crítica del año donde todavía no ocurren las precipitaciones y luego donde ya se produce la recarga del acuífero con el agua de lluvia.

## LABORATORIO INTA -EEA RECONQUISTA

**Análisis químicos de agua**

**Dirección Laboratorio:** Ruta Nac. Nº 11. Km 773 CP: 3560 - Reconquista - Santa Fe  
**TE:** 03482-420784/424592/420117 interno 204  
**E-mail:** basannickisch.mario@inta.gov.ar; sanchez.luciano@inta.gov.ar; monzon.leonardo@inta.gov.ar  
**Celular de contacto:** 011-1534382177

**Propietario:** Alejandro Lahitte **TE:** 011-1567992835 **E-mail:**  
**Muestra extraída por:** Sánchez-Monzón. **Procesó:** Leonardo Monzón **Ubicación:** Tostado, Establecimiento "La Güeya"  
**Supervisó:** Mario Basán Nickisch /Luciano Sánchez **Dpto.:** 9 de Julio  
**Fecha de muestro:** 14/08/2014 **Provincia:** Santa Fe  
**Fecha de análisis:** 21/08/2014

Identificación original	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Tanque Central
Uso- Destino	Consumo Animal	Consumo Animal	Consumo Animal	Consumo Animal
Conduc. eléc. mS/cm	11.4	10.5	8.0	10.7
pH	6.7	6.67	5.8	7.65
Residuo Seco a 105°C g/l	8.02	7.10	5.02	7.30
Solutos calculados g/l	7.32	6.95	4.94	6.95
Coef. RS/CE	0.70	0.68	0.63	0.69
<b>CATIONES</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>
Calcio	480	321	251	327
Magnesio	184	146	103	134
Sodio	1850	1910	1211	1945
Potasio	117	98	78	168
Suma de cationes	<b>2631</b>	<b>2475</b>	<b>1643</b>	<b>2574</b>
<b>ANIONES</b>				
Cloruros	2940	2354	1598	2769
Sulfatos	1382	1695	1416	1266
Carbonatos	12	24	24	42
Bicarbonatos	350	403	256	299
Suma de aniones	<b>4684</b>	<b>4476</b>	<b>3294</b>	<b>4376</b>
Dureza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	19	23	15	24
Observaciones:				

*Análisis químicos cuando todavía no se producen las precipitaciones con los sistemas exigidos.*

LABORATORIO INTA -EEA RECONQUISTA								
<b>Análisis químicos de agua</b>								
<b>Dirección:</b> Ruta Nac. N° 11. Km 773 CP: 3560 - Reconquista - Santa Fe								
<b>TE:</b> 03482-420784/487592/420117 intemo 204								
<b>E-mail:</b> basannickisch.mario@inta.gob.ar; sanchez.luciano@inta.gob.ar; monzon.leonardo@inta.gob.ar								
<b>Celular:</b> 011-1534382177								
<b>Propietario:</b> Alejandro Lahitte. Establecimiento "La Güeya"		<b>TE:</b>		<b>E-mail:</b>				
<b>Muestra extraída por:</b> AER Tostado		<b>Procesó:</b> Leonardo Monzón		<b>Ubicación:</b> Tostado				
<b>Supervisó:</b> Mario Basán Nickisch /Luciano Sánchez				<b>Dpto.:</b> 9 de julio				
<b>Fecha de muestreo:</b> 02/11/16				<b>Provincia:</b> Santa Fe				
<b>Fecha de ingreso:</b> 04/11/16								
<b>Fecha de análisis:</b> 08/11/16								
Identificación original	Sistema A	Sistema B	Sistema C	Tanque Central de Mezcla				
Análisis N°	536	537	538	539				
Uso- Destino	Consumo Animal	Consumo Animal	Consumo Animal	Consumo Animal				
Conduc. eléc. mS/cm	0.27	0.87	3.16	4.49				
pH	6.81	7.48	7.31	8.01				
Residuo Seco a 105°C g/l	0.210	0.580	2.060	2.880				
Solutos calculados g/l	0.203	0.572	2.009	2.806				
Coef. SC/CE	0.75	0.66	0.64	0.62				
CATIONES	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
Calcio	0.60	12	1.40	28	4.30	86	5.80	116
Magnesio	0.60	7	1.20	15	3.60	44	6.50	79
Sodio	1.00	23	4.70	108	22.00	506	33.00	759
Potasio	0.40	16	0.60	23	1.20	47	1.50	59
<b>Suma de cationes</b>	<b>2.60</b>	<b>58</b>	<b>7.90</b>	<b>174</b>	<b>31.10</b>	<b>683</b>	<b>46.80</b>	<b>1013</b>
ANIONES	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l	meq/l	mg/l
Cloruros	0.10	4	3.02	107	18.40	653	30.60	1086
Sulfatos	1.30	62	2.50	120	10.20	490	11.80	566
Carbonatos	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.40	12
Bicarbonatos	1.30	79	2.79	170	3.00	183	2.10	128
<b>Suma de aniones</b>	<b>2.70</b>	<b>145</b>	<b>8.31</b>	<b>397</b>	<b>31.60</b>	<b>1326</b>	<b>44.90</b>	<b>1793</b>
<b>Dureza (mg/l CaCO3)</b>	<b>60</b>	<b>130</b>	<b>395</b>	<b>615</b>				
<b>Observaciones:</b> Muestras extraídas del Establecimiento "La Güeya".								

*Análisis químicos de los sistemas cuando ya se produjo la recarga al acuífero con el agua de lluvia.*

### Sistema A (2010)

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 geoelectricas para definir el mejor lugar donde llevar a cabo las perforaciones (1).

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, 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 de viento, el cual está capacitado para funcionar con bajas velocidades de viento (2). El molino envía el agua a un tanque central de mezcla y se contabiliza el volumen bombeado con un caudalímetro.

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

Las perforaciones se diseñaron con la incorporación de drenes horizontales construidos con el mismo caño utilizado para su encamisado, ranurándolo de manera conveniente y recubriéndolo con grava Tipo 3-6, y en superficie arena Tipo 1-2, según se puede apreciar en la Fig. 2. A través de la arena el agua de las lluvias se infiltra y se introduce al acuífero a través del interior del encamisado, logrando una velocidad de recarga sustancialmente mayor que la que se

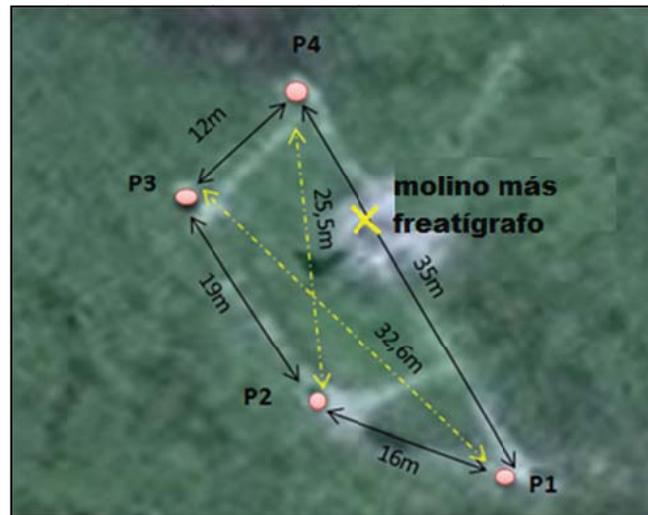


Figura 1. Disposición de las perforaciones que conforman el sistema “patas de araña” de perforaciones respecto al molino y al freáticografo del Módulo A.

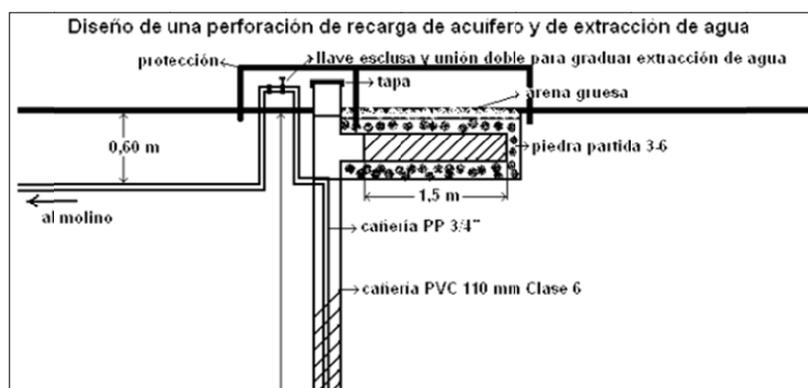


Figura 2. Diseño de una perforación "doble propósito" en el Establecimiento "La Güeya" para el Sistema A. Autores: Genesis M.; Lahitte, A.; Basán Nickisch M.



Figura 3. Sistematización del terreno con un canal en forma de plato para inducir el agua de las lluvias a cada uno de los puntos de recarga.

produce naturalmente a través del perfil del terreno (1).

Las perforaciones se conectaron en superficie mediante un canal en forma de plato de escasa profundidad, para direccionar el escurrimiento superficial proveniente de las lluvias, para así concentrarlas en el sector de recarga.

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 escurrentía, eficientizando de esa manera el escurrimiento superficial hacia el sector de las perforaciones.

En la parte central del sistema “patas de araña” se implementó un freatígrafo digital, según se puede apreciar en la Fig. 1-, 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.

### Sistema B (1995-2014)

El sistema B también está ubicado en la zona de un paleocauce difuso con características de acuitardo, el cual fue identificado por el Productor años atrás (1995), y luego, 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 tienen entre sí un distanciamiento de 12 m. Éstas, alimentan 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 de los taludes, mejorando la calidad química del agua subterránea de ese sector. Esto constituía la principal diferencia con respecto al Sistema A.



Figura 4. Sistematización del camino de acceso de doble propósito: tránsito y “cosecha” de agua de lluvia.

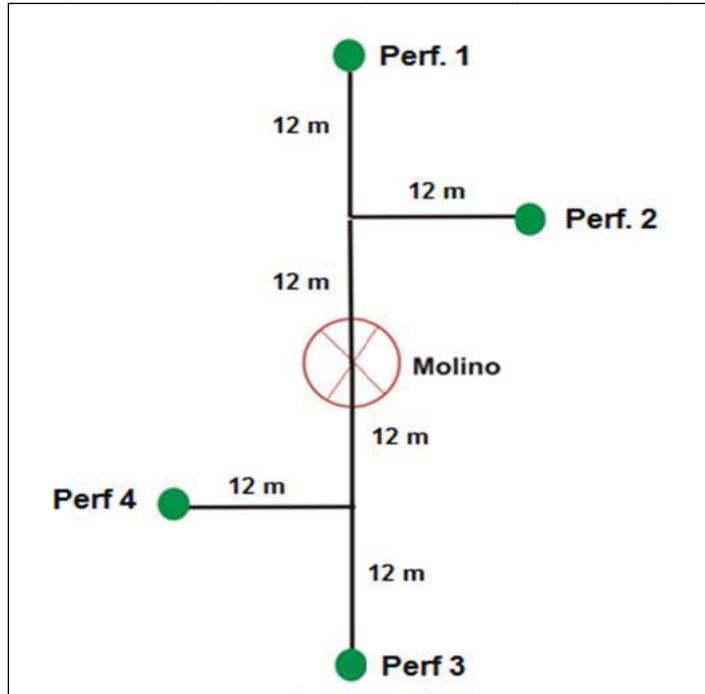


Figura 5. Disposición anterior de las perforaciones que conformaban el sistema “patas de araña” del Sistema B propuesto por el Productor.

Para eficientizar la cosecha de agua de lluvia que alimenta a la represa, el Productor sistematizó el área de influencia con canales o 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 infiltre a mayor velocidad, de forma de alimentar y mejorar químicamente a la del acuífero libre.

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.

Si el régimen de vientos es alto se controla el nivel dinámico de las perforaciones haciendo que el molino trabaje un poco frenado, definiéndose en zona como “a media rienda”, con la finalidad de que no se afecte la calidad química del agua bombeada. Dicho nivel dinámico se mide y anota el último día de cada mes, al igual que en los otros 2 sistemas.

A este Sistema a mediados del 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 (Fig. 6). 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 calidad 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.

### Sistema C (2008-2013)

El Sistema C fue construido anteriormente (2008) en una depresión natural del terreno, donde en base a prospección geoeléctrica se detectó un bolsón de agua dulce. Se implementó un sistema “patas de araña” con 4 perforaciones convencionales encamisadas con PVC de 110 mm de diá-



Figura 6. Importantes mejoras en el año 2014 en el Sistema B con implementación de perforaciones doble propósito en el interior de la represa con chupadores flotantes.



Figura 7. Disposición actual de las 3 perforaciones doble propósito dentro de la represa con chupadores flotantes más las 3 perforaciones convencionales que conforman el sistema “patas de araña” del Sistema B.

metro con la misma conformación del B anterior (Fig. 5) que alimentaban a un molino de viento, el cual, como en los 2 Sistemas anteriores, deriva el agua mediante cañería al tanque central de almacenamiento y mezcla del Establecimiento.

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 mismo, por lo que se hizo un estudio de infiltración mediante el método de doble anillo, arrojando valores muy bajos de infiltración, menores a 6 mm/h.

Este comportamiento del Sistema se mantuvo hasta que se llevó a cabo una modificación importante en el mismo a mediados de 2013, donde el Productor decidió realizar las 4 perforaciones con una disposición en forma de H (Fig. 8) (2), sin hacer los estudios de geoelectrica previos correspondientes para obtener los mejores lugares para perforar (mayor contenido de arenas).

El análisis de la necesidad de extraer agua de la parte de arriba de cada perforación detectado ya en el Sistema A hizo que el Grupo de Investigación compuesto por Tosolini R., Lahitte A., Sosa D. y Basán Nickisch M., propusiese evaluar diseños para concretar chupadores flotantes que siguiesen el pelo de agua del acuífero. Finalmente se decidió implementar perforaciones doble propósito con encamisados

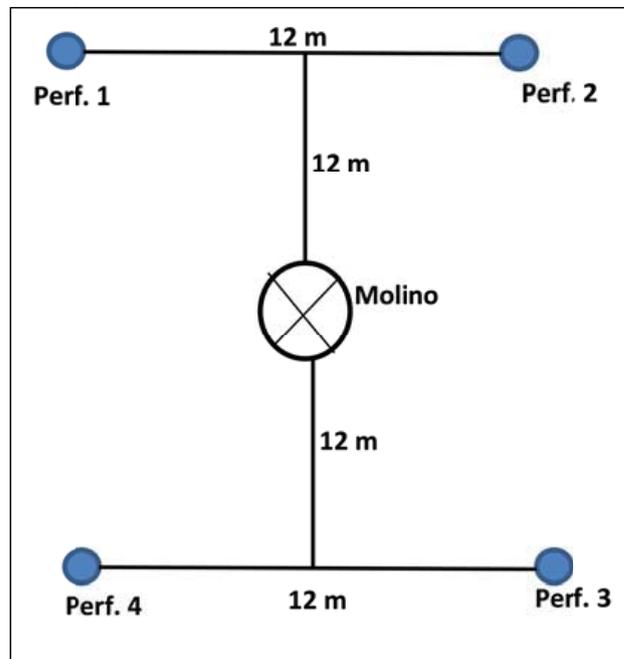


Figura 8. Disposición actual de las perforaciones que conforman el sistema "patas de araña" del Módulo C.

de PVC de 200 mm de diámetro para poder hacer funcionar los chupadores flotantes en el interior de las mismas.

El Productor diseñó chupadores flotantes armados con cañería de PVC de 160 mm de diámetro, los cuales tienen mangueras flexibles de 3/4" de diámetro que permiten que siempre se extraiga agua de superficie de cada una de las 4 perforaciones (Fig. 9), 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 eficientizar el escurrimiento superficial hacia la zona de recarga de las perforaciones.

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 (Fig. 10) que actualmente es evaluado por parte del Equipo de Investigación nombrado anteriormente.

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

## RESULTADOS

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.



Figura 9. Diseño de chupadores flotantes en perforaciones para los mecanismos de bombeo. Diseño: Lahitte, A.



Figura 10. Área de captación actual del Sistema C compuesto por colectoras radiales helicoidales. Diseño: Lahitte, A.

### Sistema A

En la Fig. 11 es posible observar la relación directa entre el nivel dinámico y la salinidad del agua, 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 (6).

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 acusar el freatígrafo una disminución del nivel. 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 de “doble propósito” (Fig. 2).

En el mes de noviembre/12 se observó una notable disminución de la salinidad y un nivel freático 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 freático 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 freático 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.

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, 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” (6).

### Sistema B

En general, en aquellos meses donde el nivel freático se encontró con menores valores, proporcionalmente la salinidad fue mayor.

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 (Fig. 12), producto del excesivo bombeo, muy por encima de los otros 2 Sistemas.

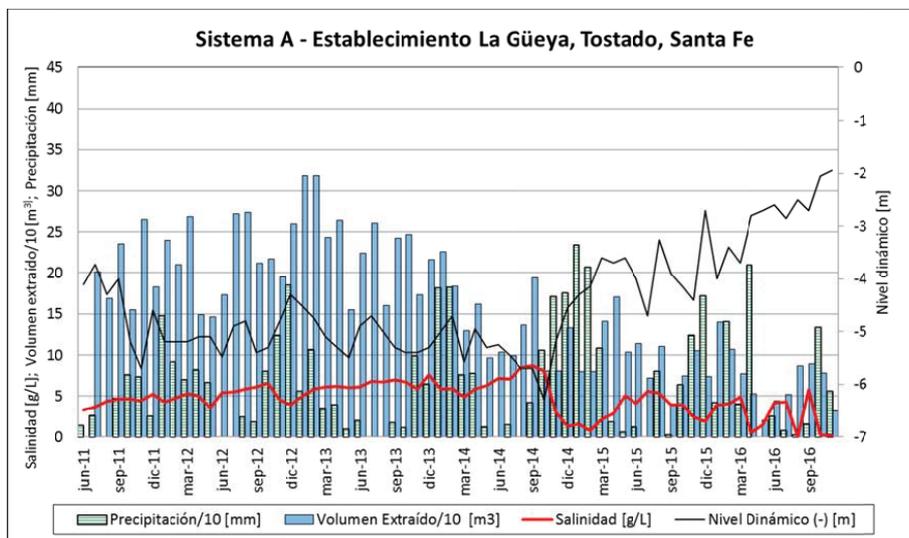


Figura 11. Relación entre salinidad, nivel dinámico de bombeo, precipitación y volumen extraído en el Sistema A.

Cuadro 1:...

**Sistema A**

Mes/año	Lluvia [mm]	Volumen extraído acumulativo [m <sup>3</sup> ]	Volumen extraído mensual [m <sup>3</sup> ]	Nivel dinámico [m]	Conductividad eléctrica [μS/cm]	Sales totales (CE*0,72) [g/L]
jun-11	14	45	0	4.10	4560	3.283
jul-11	26	246	201	3.73	5040	3.629
ago-11	0	415	169	4.30	6070	4.370
sep-11	47	650	235	4.00	6380	4.594
oct-11	76	805	155	5.20	6400	4.608
nov-11	73	1070	265	5.70	6220	4.478
dic-11	25	1253	183	4.60	7320	5.270
ene-12	148	1493	240	5.20	5920	4.262
feb-12	92	1703	210	5.20	6500	4.680
mar-12	70	1972	269	5.20	7370	5.306
abr-12	82	2121	149	5.10	6840	4.925
may-12	66	2267	146	5.10	5010	3.607
jun-12	0	2440	173	5.48	7540	5.429
jul-12	0	2712	272	4.90	7680	5.530
ago-12	24	2986	274	4.80	8130	5.854
sep-12	18	3198	212	5.40	8420	6.062
oct-12	80	3415	217	5.30	9110	6.559
nov-12	124	3610	195	4.80	6310	4.543
dic-12	186	3870	260	4.30	5390	3.881
ene-13	56	4188	318	4.52	6880	4.954
feb-13	107	4506	318	4.75	8160	5.875
mar-13	35	4749	243	5.10	8500	6.120
abr-13	39	5013	264	5.30	8580	6.178
may-13	10	5168	155	5.50	8380	6.034
jun-13	20	5392	224	4.90	8460	6.091
jul-13	0	5653	261	4.70	9440	6.797
ago-13	0	5813	160	5.00	9300	6.696
sep-13	17	6055	242	5.30	9740	7.013
oct-13	11	6302	247	5.40	9320	6.710
nov-13	99	6475	173	5.40	8160	5.875
dic-13	65	6691	216	5.30	10510	7.567
ene-14	182	6917	226	5.00	8160	5.875
feb-14	183	7101	184	4.70	8270	5.954
mar-14	76	7231	130	5.58	6800	4.896
abr-14	78	7393	162	4.95	8140	5.861
may-14	12	7489	96	5.30	8660	6.235
jun-14	0	7592	103	5.25	9970	7.178
jul-14	15	7691	99	5.45	9840	7.085
ago-14	0	7828	137	5.70	11720	8.438
sep-14	42	8022	194	5.70	12150	8.748

Cuadro 1: Continuación

oct-14	106	8103	81	6.30	11200	8.064
nov-14	171	8184	81	5.20	4210	3.031
dic-14	176	8317	133	4.55	1760	1.267
ene-15	235	8397	80	4.30	2105	1.516
feb-15	207	8477	80	4.15	1100	0.792
mar-15	108	8618	141	3.60	2955	2.128
abr-15	18	8789	171	3.70	4000	2.880
may-15	6	8892	103	3.60	6960	5.011
jun-15	12	9006	114	4.00	5730	4.126
jul-15	0	9078	72	4.70	7710	5.551
ago-15	80	9188	110	3.27	7335	5.281
sep-15	3	9227	38.5	3.90	5385	3.877
oct-15	64	9301	74.5	4.15	5390	3.881
nov-15	124	9406	105	4.40	3420	2.462
dic-15	172	9480	74	2.70	2675	1.926
ene-16	42	9620	140	4.00	5480	3.946
feb-16	141	9727	107	3.40	5585	4.021
mar-16	40	9804	77	3.70	6780	4.88
abr-16	210	9857	53	2.80	710	0.51
may-16	0	9877	20	2.70	2085	1.50
jun-16	25	nuevo	44	2.60	5864	4.22
jul-16	8	96	52	2.85	5920	4.26
ago-16	3	183	87	2.50	7.23	0.01
sep-16	16	272	89	2.70	7940	5.72
oct-16	134	350	78	2.05	340	0.24
nov-16	56	382	32	1.95	259	0.19

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 (6).

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 freático 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 (por ende de recarga). A partir de julio, agosto y 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 los valores de 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 (Fig. 12).

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

Este sistema 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 que se produjeron importantes mejoras a mediados de 2013.

Lo anterior se produjo porque la infiltración natural de estos suelos en superficie es muy baja, menor a 6 mm/h, y por ende la recarga del acuífero se realizaba muy lentamente hasta diciembre/13.

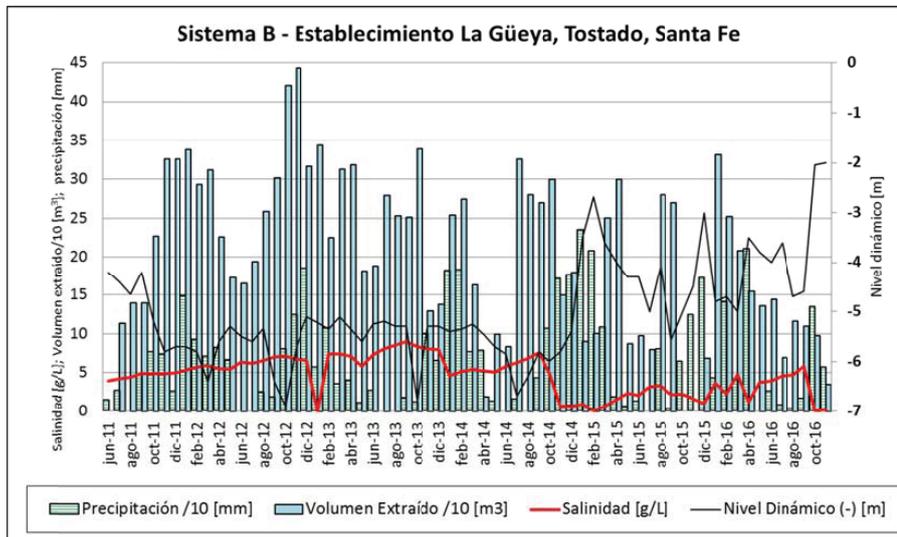


Figura 12. Relación entre salinidad, nivel dinámico de bombeo, precipitación y volumen extraído en Sistema B.

Cuadro 2: .....

**Sistema B**

Mes/año	Lluvia [mm]	Volumen extraído acumulativo [m <sup>3</sup> ]	Volumen extraído mensual [m <sup>3</sup> ]	Nivel dinámico [m]	Conductividad eléctrica [μS/cm]	Sales totales (CE°0,72) [g/L]
jun-11	14	0.0	0.0	4.20	5410	3.895
jul-11	26	113.7	113.7	4.40	5830	4.198
ago-11	0	253.0	139.3	4.65	6100	4.392
sep-11	47	393.0	140.0	4.20	6700	4.824
oct-11	76	620.0	227.0	5.20	6790	4.889
nov-11	73	946.0	326.0	5.80	6770	4.874
dic-11	25	1272.0	326.0	5.70	6850	4.932
ene-12	148	1610.0	338.0	5.70	7400	5.328
feb-12	92	1903.0	293.0	5.80	7880	5.674
mar-12	70	2215.0	312.0	6.40	8230	5.926
abr-12	82	2441.0	226.0	5.60	7630	5.494
may-12	66	2613.0	172.0	5.30	7540	5.429
jun-12	0	2778.0	165.0	5.50	8810	6.343
jul-12	0	194.0	194.0	5.60	8590	6.185
ago-12	24	453.0	259.0	5.34	9130	6.574
sep-12	18	755.0	302.0	6.40	9820	7.070
oct-12	80	1175.4	420.4	6.90	9930	7.150
nov-12	124	1619.0	443.6	5.70	<b>9320</b>	6.710
dic-12	185	1936.0	317.0	5.10	9080	6.538
ene-13	56	2280.0	344.0	5.22	9505	6.844
feb-13	107	2505.0	225.0	5.35	10310	7.423
mar-13	35	2818.0	313.0	5.10	10250	7.380
abr-13	39	3137.0	319.0	5.35	9860	7.099
may-13	10	3319.0	182.0	5.60	8060	5.803
jun-13	26	3507.0	188.0	5.25	10210	7.351
jul-13	0	3786.0	279.0	5.20	11160	8.035
ago-13	0	4039.0	253.0	5.30	11800	8.496
sep-13	17	4290.0	251.0	5.30	12500	9.000
oct-13	11	4629.0	339.0	6.80	11580	8.338
nov-13	99	4758.0	129.0	5.30	11210	8.071
dic-13	65	4896.0	138.0	5.30	11050	7.956
ene-14	182	5150.0	254.0	5.40	6380	4.594
feb-14	183	5425.0	275.0	5.35	7100	5.112
mar-14	76	163.0	163.0	5.25	7550	5.436
abr-14	78	182.0	19.0	5.45	<b>7300</b>	<b>5.256</b>
may-14	12	281.0	99.0	5.70	7060	5.083
jun-14	0	364.0	83.0	5.85	8120	5.846
jul-14	15	690.0	326.0	6.70	8710	6.271
ago-14	0	757.0	280.0	6.30	9460	6.811
sep-14	42	831.0	270.0	5.80	10500	7.560

Cuadro 2: Continúa

oct-14	106	910.0	300.0	6.00	6900	4.968
nov-14	171	950.0	150.0	5.80	920	0.662
dic-14	176	1067.0	180.0	5.40	910	0.655
ene-15	235	1067.0	90.0	3.50	1245	0.896
feb-15	207	1067.0	100.0	2.68	145	0.104
mar-15	108	1067.0	250.0	3.60	910	0.655
abr-15	18	1143.0	300.0	4.00	2125	1.530
may-15	6	1230.0	87.0	4.30	3245	2.336
jun-15	12	1327.0	97.0	4.30	2890	2.081
jul-15	0	1407.0	80.0	5.00	4400	3.168
ago-15	80	1532.0	280.0	4.09	4605	3.316
sep-15	3	1600.0	270.0	5.57	2985	2.149
oct-15	64	s/d	s/d	5.04	3150	2.268
nov-15	124	1691.0	s/d	4.50	2230	1.606
dic-15	172	68.0	68.0	3.00	1430	1.030
ene-16	42	400.0	332.0	4.80	5130	3.694
feb-16	141	652.0	252.0	4.70	3155	2.272
mar-16	40	860	208.0	5.00	6675	4.806
abr-16	210	1015	155.0	3.50	1710	1.231
may-16	0	1151	136.0	3.80	5255	3.784
jun-16	25	1295	144.0	4.00	5455	3.928
jul-16	8	1364	69.0	3.60	6360	4.579
ago-16	3	1480	116.0	4.70	6520	4.694
sep-16	16	1590	110.0	4.60	8050	5.796
oct-16	134	1687	97.0	2.05	120	0.086
nov-16	56	1722	35.0	2	240	0.173

Esto último permite explicar 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, debido a su baja permeabilidad. El Productor comentó que en un principio el agua no era mala (bolsón detectado de agua dulce) pero que rápidamente desmejoró considerablemente.

Hasta antes de ser modificado el Sistema todos valores de sales totales superaban los 8 g/L (Fig. 13), lo que revela que el agua era la de menor calidad comparándola con los otros dos Sistemas (A y B), y se la clasificaba como “aceptable a mala” sirviendo este Sistema al Productor para complemen-

tar 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 freático disminuyó, la salinidad aumentó y en aquellos meses donde el mismo aumentó, la salinidad fue menor (Fig. 13).

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 (6). Esto concuerda con el nivel freático bajo y con la inexistencia de recarga inducida artificialmente, debiendo infiltrarse el agua de manera natural.

A mediados de 2012 no se presentan valores (Fig. 13) 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 a mediados del 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 mala a deficiente en sales (6). En menor proporción sucede lo mismo en el mes de octubre de dicho año donde el descenso de sales fue de aproximadamente 3,5 g/L (Fig. 13).

Un comportamiento similar al explicado anteriormente sucede con el nivel freático 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 maxi-

miza 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, pero rápidamente va perdiendo la calidad cuando cesan las lluvias. Esto se puede apreciar durante los períodos:

*enero/13-agosto/14 donde la salinidad subió de 0,1 g/L a 8,4 g/L,*

*noviembre/14-julio/15, donde la salinidad subió de 0,8 g/L a 5,9 g/L*

*noviembre/15-enero/16, donde la salinidad subió de 1,9 g/l 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

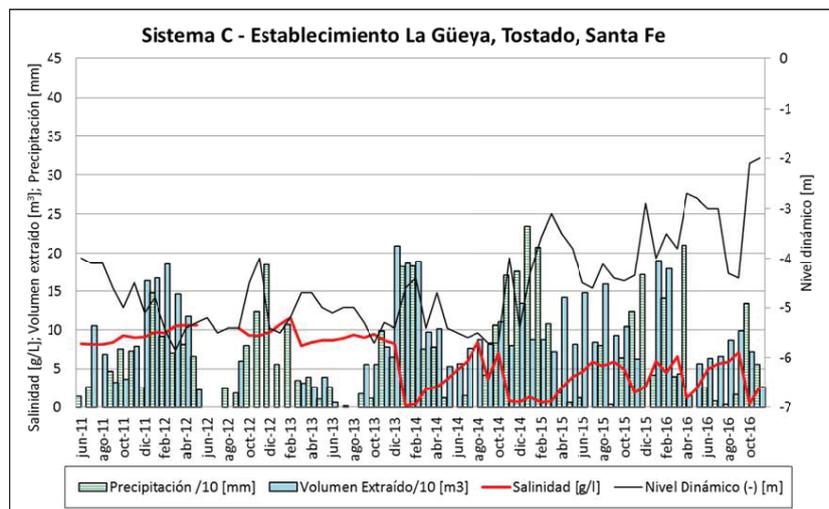


Figura 13. Relación entre salinidad, nivel dinámico de bombeo, precipitación y volumen extraído en Sistema C.

lo que se pretende siempre es que la variación en sales sea muy gradual, que si sufre variaciones producto de las recargas estacionales, el valor de la salinidad total varíe muy poco.

### Tanque Central de mezcla

Un punto estratégico en el abastecimiento del Establecimiento lo conforma el tanque central de mezcla, con autonomía para 8 a 10 días (dependiendo de la carga animal estacional), ideal para sistemas de bombeo que utilizan íntegramente energía eólica y para este tipo de ambientes hidrogeológicos con baja a muy baja permeabilidad.

Cuadro 3:

Sistema C						
Mes/Año	Lluvia [mm]	Volumen extraído acumulado [m <sup>3</sup> ]	Volumen extraído mensual [m <sup>3</sup> ]	Nivel dinámico [m]	Conductividad eléctrica [µS/cm]	Sales totales (CE*0,72) [g/L]
jun-11	14	0.0	0.0	4.00	11420	8.222
jul-11	26	105.5	105.5	4.10	11350	8.172
ago-11	0	174.0	68.5	4.10	11300	8.136
sep-11	47	206.0	32.0	4.60	11700	8.424
oct-11	76	242.0	36.0	5.00	12960	9.331
nov-11	73	321.0	79.0	4.50	12550	9.036
dic-11	25	485.0	164.0	5.10	12700	9.144
ene-12	148	652.0	167.0	4.80	13470	9.698
feb-12	92	837.0	185.0	5.45	13410	9.655
mar-12	70	983.0	146.0	5.85	14600	10.512
abr-12	82	1100.0	117.0	5.40	14700	10.584
may-12	66	1122.0	22.0	5.30	14700	10.584
jun-12	0	1122.0	0.0	5.20	s/d	s/d
jul-12	0	1122.0	0.0	5.50	s/d	s/d
ago-12	24	1122.0	0.0	5.40	s/d	s/d
sep-12	18	1182.0	60.0	5.40	14300	10.296
oct-12	80	1182.0	0.0	4.50	12900	9.288
nov-12	124	1182.0	0.0	4.00	12950	9.324
dic-12	185	124.0	0.0	5.40	13500	9.720
ene-13	56	124.0	0.0	5.50	14900	10.728
feb-13	107	124.0	0.0	5.20	16020	11.534
mar-13	35	155.0	31.0	4.70	11130	8.014
abr-13	39	181.0	26.0	4.70	11700	8.424
may-13	10	220.0	39.0	5.00	12050	8.676
jun-13	26	226.0	6.0	5.10	12050	8.676
jul-13	0	227.0	1.0	5.00	12400	8.928
ago-13	0	227.0	0.0	5.00	12970	9.338

Cuadro 3: Continuación

sep-13	17	282.0	55.0	5.30	12500	9.000
oct-13	11	337.0	55.0	5.70	13190	9.497
nov-13	99	415.0	78.0	5.30	12100	8.712
dic-13	65	624.0	209.0	5.40	11480	8.266
ene-14	182	810.0	186.0	4.60	140	0.101
feb-14	183	999.0	189.0	4.40	520	0.374
mar-14	76	1096.0	97.0	5.41	3230	2.326
abr-14	78	1198.0	102.0	4.70	3570	2.570
may-14	12	1251.0	53.0	5.40	5050	3.636
jun-14	0	1307.0	56.0	5.50	6770	4.874
jul-14	15	1383.0	76.0	5.60	8270	5.954
ago-14	0	1471.0	88.0	5.50	11680	8.410
sep-14	42	1553.0	82.0	5.70	4990	3.593
oct-14	106	1663.0	110.0	5.70	9750	7.020
nov-14	171	1743.0	80.0	4.00	1090	0.785
dic-14	176	1877.0	134.0	5.40	960	0.691
ene-15	235	1965.0	88.0	4.30	1755	1.264
feb-15	207	2053.0	88.0	3.58	770	0.554
mar-15	108	2125.0	72.0	3.10	980	0.706
abr-15	18	2267.0	142.0	3.50	3455	2.488
may-15	6	2349.0	82.0	3.80	5480	3.946
jun-15	12	2497.0	148.0	4.50	6335	4.561
jul-15	0	2581.0	84.0	4.60	8235	5.929
ago-15	80	2740.0	159.0	4.12	7475	5.382
sep-15	3	2833.0	93.0	4.40	8180	5.890
oct-15	64	2937.0	104.0	4.45	6875	4.950
nov-15	124	2999.0	62.0	4.35	2585	1.861
dic-15	172	2999.0	s/d	2.90	3735	2.689
ene-16	42	0.0	190.0	4.00	8270	5.954
feb-16	141	179.0	179.0	3.50	6295	4.532
mar-16	40	222.0	43.0	3.8	9120	6.566
abr-16	210	236.0	14.0	2.7	1635	1.177
may-16	0	292.0	56.0	2.8	3350	2.412
jun-16	25	355.0	63.0	3.0	6805	4.900
jul-16	8	421.0	66.0	3.0	7800	5.616
ago-16	3	508.0	87.0	4.3	8160	5.875
sep-16	16	607.0	99.0	4.4	9930	7.150
oct-16	134	679.0	72.0	2.1	550	0.396
nov-16	56	705.0	26.0	2.0	3520	2.534

La relación entre las precipitaciones y la concentración de sales del tanque alimentado por los 3 Sistemas A, B y C es inversamente proporcional, 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 5 g/L, clasificándose el agua como “buena” para ganadería bovina de cría.

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 en buena producción el Establecimiento.

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

En ene/16 y mar/16 la baja pluviometría repercutió en los valores de salinidad, pero rápidamente disminuyó ante la pluviometría 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 en los sistemas analizados el nivel dinámico desciende de manera considerable, situación que se maximiza en períodos de bajas o nulas precipitaciones, corroborando la importancia de las recargas artificiales proveniente de las lluvias en este tipo de ambientes geológicos.

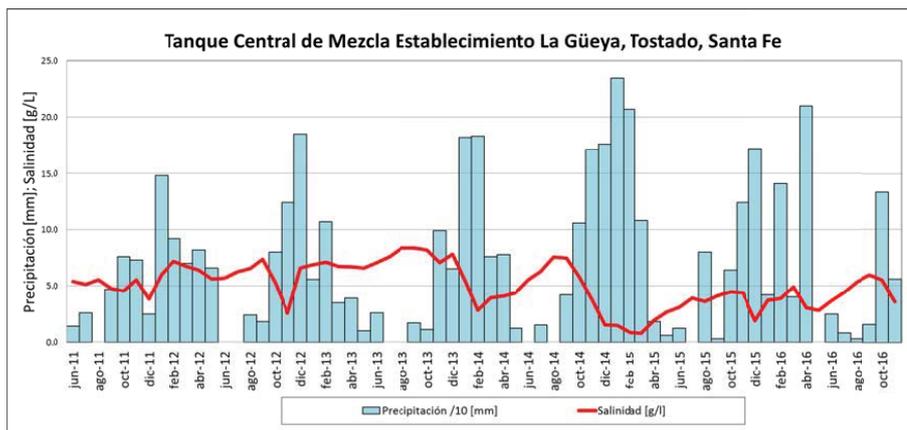


Figura 14. Relación entre salinidad y precipitación en el Tanque Central de Mezcla.

Cuadro 4: .....

Tanque central de mezcla			
Mes/Año	Lluvia [mm]	Conductividad eléctrica [ $\mu$ S/cm]	Sales totales (CE*0,72) [g/L]
jun-11	14	7510	5.407
jul-11	26	7120	5.126
ago-11	0	7720	5.558
sep-11	47	6600	4.752
oct-11	76	6320	4.550
nov-11	73	7700	5.544
dic-11	25	5300	3.816
ene-12	148	8360	6.019
feb-12	92	10000	7.200
mar-12	70	9350	6.732
abr-12	82	8910	6.415
may-12	66	7810	5.623
jun-12	0	7920	5.702
jul-12	0	8700	6.264
ago-12	24	9080	6.538
sep-12	18	10230	7.366
oct-12	80	7350	5.292
nov-12	124	3550	2.556
dic-12	185	9140	6.581
ene-13	56	9550	6.876
feb-13	107	9860	7.099
mar-13	35	9380	6.754
abr-13	39	9310	6.703
may-13	10	9150	6.588
jun-13	26	9820	7.070
jul-13	0	10540	7.589
ago-13	0	11630	8.374
sep-13	17	11650	8.388
oct-13	11	11370	8.186
nov-13	99	9810	7.063
dic-13	65	10880	7.834
ene-14	182	7500	5.400
feb-14	183	3940	2.837
mar-14	76	5500	3.960
abr-14	78	5690	4.097
may-14	12	6100	4.392
jun-14	0	7680	5.530
jul-14	15	8750	6.300
ago-14	0	10500	7.560
sep-14	42	10380	7.474
oct-14	106	8090	5.825

Cuadro 4: Continuación

nov-14	171	5240	3.773
dic-14	176	2100	1.512
ene-15	235	2055	1.480
feb-15	207	1165	0.839
mar-15	108	1085	0.781
abr-15	18	2660	1.915
may-15	6	3707	2.669
jun-15	12	4270	3.074
jul-15	0	5445	3.920
ago-15	80	5030	3.622
sep-15	3	5725	4.122
oct-15	64	6205	4.468
nov-15	124	6118	4.405
dic-15	172	2605	1.876
ene-16	42	5185	3.733
feb-16	141	5345	3.848
mar-16	40	6815	4.907
abr-16	210	4215	3.035
may-16	0	3900	2.808
jun-16	25	5115	3.683
jul-16	8	6170	4.442
ago-16	3	7440	5.357
sep-16	16	8280	5.962
oct-16	134	7660	5.515
nov-16	56	5030	3.622

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 (6).

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, ya que permiten introducir agua dulce de manera eficiente en estos ambientes con acuíferos de tenores salinos elevados y a lo largo de todo el período de investigación, dichos valores de salinidad han variado gradualmente.

Para contrarrestar la disminución de velocidad de extracción del mecanismo de bombeo (molinos semi frenados) una alternativa es incrementar el número de perforaciones suficiente en los sistemas para que los mecanismos de bombeo trabajen normal-

mente y se obtenga mayor volumen de agua sin afectar la calidad química del agua.

Es un desafío tecnológico lograr chupadores flotantes para perforaciones encamisadas con diámetro de 110 mm, como es el caso del Sistema A, ya que ha quedado demostrado que aquellos implementados en cañerías encamisadas con diámetro de 200 mm funcionan adecuadamente.

El Sistema B presentó los niveles dinámicos más bajos ya que el molino estuvo extrayendo mayores volúmenes de agua en comparación a lo extraído en el año 2011 y también respecto a los otros dos molinos, pero las incorporaciones de innovaciones tecnológicas obtenidas primero en el A y luego en el C hoy lo posicionan como el de mayor calidad química del Establecimiento y con mayor rendimiento en los volúmenes bombeados y estabilidad durante el año.

El Sistema C presentaba la menor calidad del agua hasta diciembre de 2013 inclusive, donde la incorporación de drenes horizontales de recarga en las perforaciones y los chupadores flotantes, así como también la sistematización del terreno circundante provocaron 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. El impacto de este gradiente se ve disminuido por la mezcla en el tanque central, lo cual permite que las variaciones de sales no tengan efectos no deseados en los animales. 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.

Esto último también es un motivo de análisis profundo actualmente en el equipo interdisciplinario que investiga estos sistemas, ya que un sistema con chupadores flotantes puede inducir a la extracción del agua con menor contenido salino durante el período de precipitaciones de manera directa sin dejar que se mezclen convenientemente con la del acuífero con excesos de sales, haciendo que exista la posibilidad se bombee agua con excesos de sales durante el resto del año, provocando un gradiente importante de salinidad, nunca deseado, ya que siempre debe primar el concepto que el animal consuma agua con una concentración de sales lo más estable para obtener una producción más eficiente.

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.

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.

Los bebederos y/o tanques bebederos deben ser ubicados en función de los apotramientos, 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 bebederos.

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

- 1.- **BASÁN NICKISCH, M. H. & 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.
- 2.- **BASÁN NICKISCH, M. H.; TOSOLINI R.; IBARLUCEA J. & PARODI M.** 2013. Sistema de bombeo tipo chupador araña o patas de araña. INTA.
- 3.- **BASÁN NICKISCH, M. H.; LAHITT, E.A. & TOSOLINI R.** 2012. Una alternativa de manejo eficiente de los recursos hídricos para ganadería en el norte de Santa Fe. INTA.
- 4.- **BASÁN NICKISCH, M. H.** 2012. 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.
- 5.- **BASÁN NICKISCH, M. H.; GALLO MENDOZA L.; ZAMAR S.; ROSAS D.** 2012. Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples. INTA.
- 6.- **BAVERA, G. A.** 2011. Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado. 4ta. Edición. Editorial del Autor, Córdoba, Argentina.
- 7.- <http://santiago.inta.gob.ar/agua/>, dirección de internet para acceder de manera gratuita al software desarrollado por Técnicos del INTA para cargar “on-line” un resultado de laboratorio y poder clasificar la aptitud o no de esa agua para consumo humano, abrevado de animales, mezcla de agua para ganadería y riego de diferentes cultivos en base al tipo de suelo y el sistema a utilizar.