



NORTE SANTAFESINO

# Gestión integrada de los recursos hídricos para fines ganaderos

Ings en Rec. Híd. Mario Basán Nickisch y Luciano Sánchez - INTA EEA Reconquista

*En el norte de la provincia de Santa Fe, especialmente en la Cuña Boscosa, Bajos Submeridionales y Domo Occidental, donde se encuentran más de tres millones de cabezas de ganado vacuno, 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 sólo varía el nivel freático del acuífero libre, único aprovechable en la región, 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, diseñando y proponiendo distintas tecnologías consensuadas en lo que hace al manejo del agua de lluvia complementada con la subterránea.

Sistematización de áreas de captación, diseño de represas para contrarrestar pérdidas por evaporación e infiltración, recarga de acuífero con perforaciones doble propósito, sistemas patas de araña, bombeos controlados utilizando energías renovables, son algunas de ellas, enfatizando que dichos manejos son a escala predial, con el objetivo final de lograr el autoabastecimiento y el manejo sustentable del recurso por parte de cada uno de los productores.

## LA CALIDAD COMO FACTOR CONDICIONANTE

La calidad del agua subterránea para el abrevado animal en el norte santafesino condiciona fuertemente las producciones

ganaderas en determinados períodos hidrológicos. Se considera que el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, complementada con la subterránea, permite fijar estrategias de autoabastecimiento en los campos y de poder superar una de las principales limitantes productivas en esta región, especialmente para los períodos hidrológicos secos.

Esto llevó a que en estos últimos años, más precisamente desde junio/2011, se monitoreen y perfeccionen unidades de investigación en campos de productores, que involucra tanto a técnicos de distintos organismos como a productores, permitiendo evaluar módulos de aguadas para los animales en base a sistemas adaptados a las condiciones geológicas y geomorfológicas, según se corrobora en artículos anteriores de la Revista referidos a esta temática.

La característica principal del agua subterránea en esta región es que el primer acuífero o acuífero libre es el único con posibilidades de ser aprovechado con fines ganaderos, donde generalmente está condicionado por exceso de sales y con una variación de la calidad importante, aún en pocos metros. La permeabilidad es baja y por ello se buscan depresiones y paleocauces, donde exista la posibilidad de encontrar un porcentaje mayor de arenas, las cuales permitan acumular

agua de lluvia que se infiltre de manera natural o inducida artificialmente y que también el acceso a través de perforaciones o pozos calzados.

## “LA GÜEYA”, LUGAR ELEGIDO PARA LA EXPERIENCIA

Para este caso en particular se ha elegido el Establecimiento “La Güeya” del productor Alejandro Lahitte, que se encuentra a 11 Km en dirección NNO de la ciudad de Tostado, en el Dpto. 9 de Julio de la Provincia de Santa Fe, Argentina. (Latitud S 29°08'26" y Longitud O 61°50'12") como representativo de un gran número de Campos situados en el Domo Occidental. Dicho Establecimiento tiene actualmente implementados tres sistemas diferentes de aprovechamiento del agua de lluvia complementada con la subterránea para ganadería bovina de cría, donde se investigan las variables de interés para conocer su comportamiento y, de esa manera, se van proponiendo ajustes y mejoras a los mismos en base a los adelantos tecnológicos que se van produciendo.

El denominado **Sistema A** se implementó en un bajo natural donde se puede visualizar un paleocauce difuso en las imágenes satelitales. Consiste en un sistema de perforaciones denominado “patas de araña” que alimentan a un mecanismo de bombeo, que es un molino de alta performance para velocidades de viento bajas. Las perforaciones son de doble propósito, ya que sirven tanto para recargar al acuífero de manera artificial como para extraer el agua subterránea con menor contenido salino debido a la introducción artificial de agua de lluvia a través de las mismas. La “cosecha” del agua de lluvia se realiza en base a la utilización de un camino sistematizado de manera tal que el agua escurra a través del mismo y de sus cunetas hacia el sector de las perforaciones.



Fig. 1: Sistema A: camino doble propósito para efectuar la recarga del acuífero con perforaciones doble propósito.

El segundo sistema, denominado **Sistema B**, se encuentra en el paleocauce difuso que se puede apreciar con mayor nitidez en las imágenes satelitales, en el cual se pudo detectar mayor cantidad de arena en base a los sondeos de perforaciones. Constaba de un “sistema patas de araña” con una disposición

simétrica, que el productor, por prueba y error fue adaptando hasta lograr un funcionamiento que a él le satisfizo en su momento. Estas perforaciones eran convencionales y el sistema de recarga se hacía a través de una pequeña represa utilizada para que el agua se infiltre a través del piso y taludes y así mejorase la calidad del agua de las perforaciones. Para favorecer el llenado de la misma se implementaron canales colectores que convergen a la misma provenientes de zonas más altas y de cunetas del camino de acceso principal del establecimiento. Es el sistema más antiguo de los 3 analizados y respondió muy bien durante la sequía del 2008/09 donde el productor no tuvo que recurrir a fuentes externas para abastecerse, al contrario de sus vecinos. Este sistema fue mejorado sustancialmente, donde hoy es el que presenta la mejor performance en lo que hace a volumen bombeado versus calidad del agua lograda durante el año.

El tercer sistema, denominado **Sistema C**, era similar al



Fig 2: Sistema B: perforaciones doble propósito con chupadores flotantes dentro de la represa infiltradora

B, pero sin la represa infiltradora y está ubicado en un bajo natural, muy común en estas zonas, pero no en un paleocauce, donde la superficie del terreno de esa depresión tiene una escasa capacidad de infiltración del agua que se acumula con las lluvias.

El mismo se utilizaba hasta el año 2013 inclusive como complemento del volumen necesario para el plantel de animales, ya que los 3 sistemas convergen a un tanque central de mezcla, y desde allí se alimentan a los tanques bebedero ubicados estratégicamente para que los animales, cualquiera sea el potrero donde se encuentren pastando, abrevan con la misma calidad de agua.

Actualmente el Sistema C ha tenido reformas sustanciales en lo que hace al mejoramiento del aprovechamiento del agua de lluvia utilizada para recargar el acuífero y mejoras en el sistema de succión del agua subterránea, que son el fruto del desarrollo de las tecnologías que se fueron generando y ajustando en base a lo logrado en el Sistema A.



Fig 3: Sistema C: chupadores flotantes en perforaciones doble propósito y regueras helicoidales.

La Güeya tiene aproximadamente 460 ha destinadas a la ganadería, con una carga animal que suele superar temporalmente el animal por ha, trabajando con animales Brangus acostumbrados al consumo de agua con esta calidad (clorurada sódica). Utiliza pastizales naturales y pasturas implantadas con escaso a nulo uso de agroquímicos, situación extremadamente importante cuando se proponen sistemas de recarga artificial de manera directa al acuífero libre.

Los análisis químicos sistemáticos realizados del agua subterránea de los 3 sistemas evidencian excesos de sales totales y de cloruro de sodio, no así de sulfatos y magnesio y la concentración de sales de los sistemas actualmente depende exclusivamente de la eficiencia de la recarga proveniente de las lluvias lograda en los mismos y del grado de intensidad con que se extraiga el agua con los mecanismos de bombeo.

### EL PROCESO

El Sistema A se implementó en junio/2011 para complementar de manera adecuada los Sistemas B y C preexistentes en el Establecimiento, aprovechando un bajo natural, ubicado en la línea de un paleocauce difuso.

Se efectuaron sondeos geoelectrónicos (SEV) para determinar la ubicación de las perforaciones previstas por el productor. Estos trabajos los llevó a cabo personal técnico del INA-CRL y la interpretación y consenso de la ubicación de las perforaciones se hizo de manera conjunta entre los técnicos del INA, del INTA y el productor.

Las perforaciones se realizaron con una máquina excavadora mecánica local. Se encamisaron con caños PVC Clase 6 (K6) de 110 mm diámetro, con filtros artesanales y sin material de prefiltro. Se tomaron muestras por cada metro de profundidad para determinar el sector de mayor recarga, el cual se determinó que se encuentra entre los 5 y 7 m (ubicación de

los filtros).

Tienen un novedoso sistema/inédito de acoplamiento de drenes horizontales por donde se facilita el ingreso del agua de lluvia, previo paso por arena gruesa tipo 1-2 y piedra partida que recubre el dren. De esta manera estas perforaciones son de doble propósito: permiten la introducción del agua que proviene de las precipitaciones al acuífero libre y la de poder permitir la alimentación al mecanismo de bombeo.

La variación de calidad y de caudales específicos en esos lugares es realmente importante, aun en distancias cortas, incluso se ha tomado la determinación de reubicar alguna perforación de bajo rendimiento en cantidad y de peor calidad química que las otras.

Para determinar la variable de entrada al sistema en cantidad

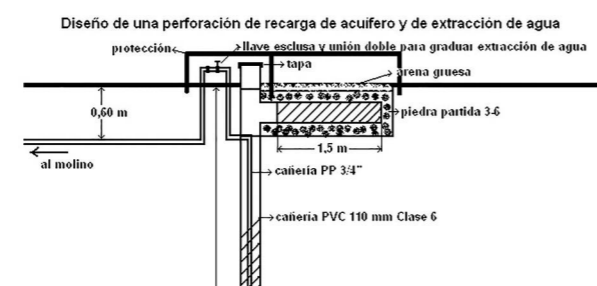


Fig 4: perforaciones doble propósito: recarga de acuífero y extracción de agua

e intensidad (importante para estudiar los escurrimientos en las áreas de captación), así como determinar el régimen de vientos y relacionarlo con la capacidad de extracción de los mecanismos de bombeo, se implementó una estación meteorológica automática (EMA) en mayo de 2011, la cual funciona hasta la fecha, recabando datos valiosos para la investigación. Complementando la estación meteorológica, se implementó un pluviómetro Tipo B para recabar de manera estandarizada la cantidad de mm caídos diarios y controlar lo contabilizado en la EMA.

En el molino de viento se instaló un caudalímetro totalizador para evaluar calidad y cantidad de agua producida, cuyos datos se miden mensualmente.

Conjuntamente con lo anterior, se mide la conductividad eléctrica mediante un conductímetro digital portátil mensualmente, y durante la época de lluvias cada 15 días.

Periódicamente se extraen muestras de agua bajo protocolo de extracción, conservación y traslado elaborado por INTA, para ser analizadas en laboratorio.

Complementado con lo anterior, se sistematizó el camino de acceso para que sea de doble propósito: tránsito y cosecha de agua de lluvia, mejorando la eficiencia del escurrimiento superficial del agua de lluvia hacia el sector de las perfora-

ciones.

El sistema B fue implementado en el año 1995 en la zona de un paleocauce difuso que se identifica perfectamente en la imagen satelital del Google Earth, el cual fue identificado por el productor años atrás, y luego, mediante una serie de ajustes, implementó un sistema "patas de araña" conformado por 4 perforaciones encamisadas con caños PVC 110 mm de diámetro, las cuales tenían un distanciamiento de más de 12m o más cada una del resto, simétricamente opuestas.

Este sistema posee una represa contigua a las 4 perforaciones convencionales anteriores, que permitía la recarga del acuífero libre a través de su piso y taludes, mejorando la calidad química del agua subterránea de ese sector.

Para mejorar 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 en el camino central de ingreso al establecimiento mediante un canal que culmina en la represa.

En el año 2014 se anulaban las perforaciones de peor performance en lo que hace a la calidad del agua, se mantuvieron las de mejor calidad (3) y se implementaron 3 nuevas perforaciones en el piso mismo de la represa utilizada para mejorar la calidad del agua del acuífero. Estas últimas están encamisadas con cañería de PVC de 200 mm de diámetro y tienen un dren horizontal que permite la recarga directa al acuífero y 2 de ellas tienen implementado chupadores flotantes de agua, de manera tal de seguir el nivel del agua superficial, extrayendo el agua de mejor calidad posible. Esto último se llevó a cabo en esas 2 perforaciones porque se detectó que existe un gradiente importante de salinidad en el agua en profundidad.

El Sistema C fue construido en una depresión natural del terreno en el año 2008, después de determinarse con geoelectrónica un bolsón con agua dulce. El mismo se conformaba de un sistema "patas de araña", con igual disposición que las del Sistema B, que alimentaban al molino con chupadores puestos en el fondo de las mismas, sin represa infiltradora.

Esto último permite explicar en el análisis posterior de los resultados porque era el sistema que en poco tiempo decayó bruscamente la calidad química del agua bombeada y brindaba menor calidad química de agua respecto a los otros dos, utilizándose ese sistema solo para complementar el volumen necesario para satisfacer la demanda de agua integral en el Establecimiento.

El nuevo diseño del sistema "patas de araña" propuesto por

el productor a mediados de 2013 consiste en una H simétrica, no siendo replicable este diseño a los demás lugares y siendo motivo de reajuste. Remarcando que siempre se debe priorizar las disposiciones de las perforaciones en base a la geología del lugar en base a los estudios de prospección geoelectrónica, para obtener la máxima performance de calidad de agua porque la naturaleza hidrogeológica en la región tiene una variabilidad enorme, aún en pocos metros.

Las perforaciones se diseñaron pensando en implementar chupadores flotantes que siguiesen la superficie del nivel dinámico. Esto hizo que se tomase la decisión de encamisar con caños PVC K6 de 200 mm de diámetro.

El productor propuso chupadores flotantes con caños PVC K6 de 160 mm de diámetro y con mangueras flexibles con diámetro 3/4" que él mismo armó en su Establecimiento. Los mismos se implementaron en agosto de 2013.

Se implementaron drenes horizontales con diámetro 200 mm y de 3 m de longitud para facilitar una mayor recarga en menor tiempo.

El productor diseñó un sistema de colectoras helicoidales dispuestas a 45° para abarcar un mayor área de convergencia hacia las 4 perforaciones, que significa aproximadamente 1 Ha sistematizada.



Fig 5: sistema de regueras helicoidales en el área de captación para efficientizar el escurrimiento superficial.

### LOS RESULTADOS

El período de análisis es 01/06/2011 hasta 30/04/2016 inclusive, para los casos estudiados.

La salinidad del agua se obtiene de manera indirecta a partir de la conductividad eléctrica multiplicada por un coeficiente. Este último se ajustó a partir de los datos de muestras analizadas en laboratorio, siendo el coeficiente de 0,72 para los 3 sistemas analizados.

La precipitación que se toma como la de referencia es la del pluviómetro Tipo B estandarizado.

Los datos analizados corresponden a los medidos al final de cada mes: conductividad eléctrica del agua, nivel dinámico promedio de las perforaciones y caudales bombeados, exceptuando la conductividad eléctrica, que se toma cada 15 días durante el período de lluvias, y luego se promedia mensualmente.

En el Sistema A (Figura 6) se evidencia un incremento de la concentración de sales en el agua lograda durante 2013 y 2014, debido a la exigencia sometida al sistema, no obstante el agua se clasifica entre buena y aceptable (Bavera, 2011) para ganadería bovina de cría. Desde fines de 2014 en adelante hubo una recuperación del nivel dinámico y menor concentración de sales, donde el Sistema se ha comportado con equilibrio de sales, lo que es positivo para la Ganadería.

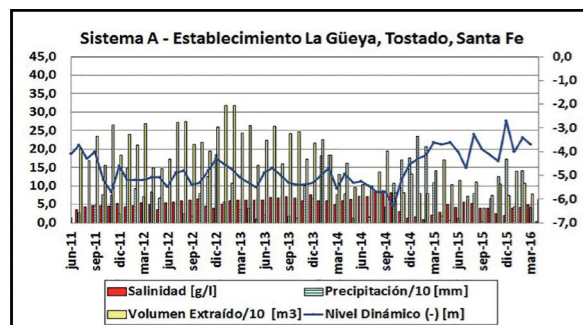


Fig. 6 - Relación entre salinidad, nivel dinámico, precipitación y volumen extraído en el Sistema A.

El Sistema B (Figura 7) ha sido el más exigido durante el período de análisis y la depresión del nivel dinámico en determinados momentos se consideró excesiva, lo que ha repercutido en la elevación de la concentración de sales del agua bombeada, clasificándose como aceptable para ganadería bovina de cría (Bavera, 2011), hasta diciembre 2013.

A fines de 2014 con las mejoras llevadas a cabo la performance del sistema dio un salto de calidad muy importante cuando se produjeron las primeras lluvias con escurrimiento, según se puede observar en la Figura 7.

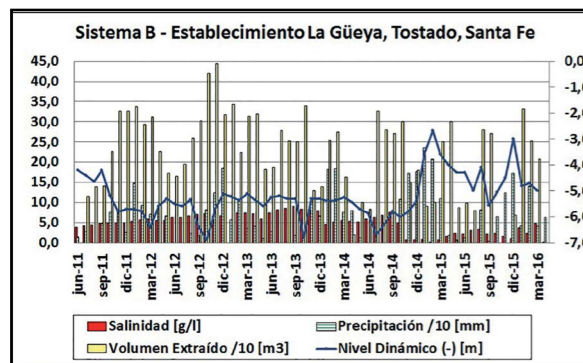


Fig. 7 - Relación entre salinidad, nivel freático, precipitación y volumen extraído en Sistema B.

El Sistema C (Figura 8) hasta diciembre de 2013, antes de producirse la recarga artificial con alta eficiencia y de disponer chupadores flotantes, el agua lograda se clasificaba como mala a condicionada (Bavera, 2011) ya que los valores de salinidad oscilaban entre 8 y 12 g/l.

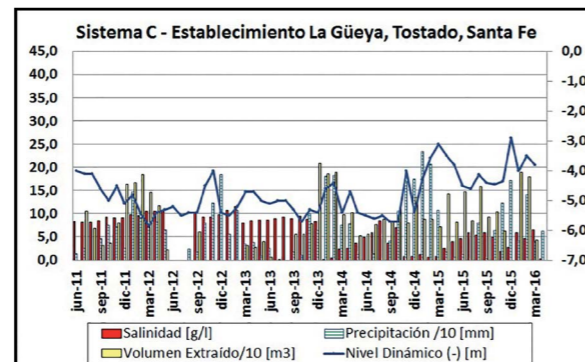


Fig. 8 - Relación entre salinidad, nivel freático, precipitación y volumen extraído en Sistema C.

A partir de enero de 2014 el agua pasa a clasificarse como deficiente en sales (Bavera, 2011) durante la época de lluvias en el verano pero rápidamente recuperó la concentración de sales original una vez culminada la recarga artificial a través de los drenes. Y ese comportamiento se vuelve a repetir al año siguiente durante la época de lluvias. Este comportamiento no es el ideal para el consumo de los animales ya que lo deseable es que si varía lo haga gradualmente y con saltos de gradiente mínimos.

Tanque Central de Mezcla (Figura 9) El Establecimiento posee un tanque central de mezcla al cual convergen todos los sistemas descritos anteriormente y desde allí salen todas las cañerías de distribución hacia los distintos potreros. Esto se considera lo mejor, ya que los animales van a tomar la misma concentración de sales, no importando el potrero donde estén alimentándose, y las variaciones que se produjeren en alguna de las aguadas se minimiza con la mezcla de las 3 fuentes de agua.

Claramente se evidencian las mejoras llevadas a cabo en los Sistemas B y C que produjeron una reducción en la concen-

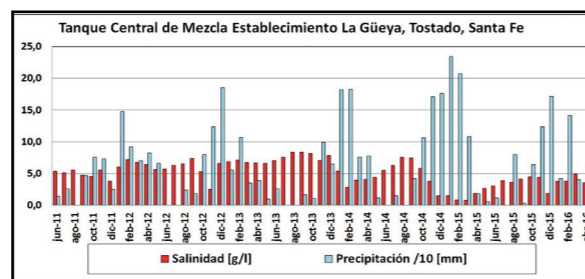


Fig. 9 - Relación entre salinidad y precipitación del Tanque Central de Mezcla.

tración de Sales Totales en beneficio de la producción del Establecimiento, y que las menores concentraciones de sales coinciden con las épocas de recarga.

### DE AQUÍ EN ADELANTE

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

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.

Para contrarrestar la disminución de velocidad de extracción del mecanismo de bombeo (molinos semi-frenados) se propone incrementar el número de perforaciones suficientes en los sistemas patas de araña.

El Sistema B, después de haber realizado las mejoras explicadas, es el que presenta la mejor performance en cantidad y calidad del agua y comportamiento 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 haya mejorado su performance en lo que hace a calidad del agua bombeada, pero queda por mejorar su equilibrio de concentración de sales durante el período de lluvias.

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 geoelectricas. En base a esos resultados realizar perforaciones exploratorias, para concretar la ubicación y diseño definitivo de las perforaciones.

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

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 no deben ser menores a siete.

La clasificación del agua por sí sola si es apta o no 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, las condiciones ambientales y, fundamentalmente, las concentraciones de sulfato y de magnesio.

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 de recarga para minimizar riesgos de contaminación del agua producto de la concentración de heces y que se siga con la premisa o lineamiento de no usar agroquímicos.

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, Centros de Estudio de la Región y ONG.

### REFERENCIAS

Basán Nickisch M. H.; Tosolini R.; Lahitte A.; Sosa D.; Parodi M.; Sánchez L.; Firman P.; Pagura Y.; Oprandi G.; Colombo F.; Rotela F.; Genesio M.; Monzón L., 2013. Recarga inducida al acuífero libre con agua de lluvia para abrevado de ganadería de cría. Congreso Nacional del Agua, San Juan, Argentina.

Basán Nickisch, M. H.; Tosolini R.; Ibarlucea J.; Parodi M., 2013. Sistema de bombeo tipo chupador araña o patas de araña, INTA.

Basán Nickisch, M. H.; Lahitte A.; Tosolini R., 2012. Una alternativa de manejo eficiente de los recursos hídricos para ganadería en el norte de Santa Fe. INTA.

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.

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.

Bavera G. A., 2011. Manual de Aguas y Aguadas para el Ganado. 4ta. Edición. Editorial del Autor, Córdoba, Argentina.

Custodio E.; Llamas M. R., 1976. Hidrología Subterránea. Tomos I y II. 1era. Edición. Editorial Omega.

<http://santiago.inta.gov.ar/agua/>, dirección de internet para acceder al software desarrollado por Técnicos del INTA de acceso gratuito para cualquier Técnico desde Servidores de INTA para poder clasificar un resultado de un análisis químico de agua para los diferentes usos (consumo humano, abrevado animal y riego).

Sosa D.; Picatto H.; Venencio M.; Genesio M.; Díaz E.; Basán Nickisch M., 2014. Recarga artificial de acuíferos para mejorar aguadas para uso ganadero en Bajos Submeridionales Santafesinos.

Sosa D.; Díaz E.; Venencio M.; Basán Nickisch M.; Genesio M.; Vergini E., 2013. Recarga artificial en Bajos Submeridionales. Congreso de Hidrogeología de La Plata.