

Recarga artificial en Bajos Submeridionales

D. Sosa¹; E. Diaz², M. Venencio¹; H Picatto¹; M. Genesio¹, E.Vergini¹, M. Basan³, R. Tosolini³, A. Lahitte⁴, María I. Parodi³, L. Sánchez³, P. Firman³, G. Oprandi³, F. Colombo³, F. Rotela³, L. Monzón³

¹ Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Litoral- Santa Fe. Argentina

²UNER- FCA

³INTA EEA

⁴Productor ganadero

Mail de contacto: sosa.dora@gmail.com

RESUMEN

Se presenta la experiencia en desarrollo en un sector de Bajos Submeridionales próximo a Tostado, para monitorear los efectos de la recarga artificial de acuíferos. El objetivo del estudio es mejorar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad para uso ganadero y evaluar una obra de recarga a partir de un pozo doble propósito recarga – bombeo para mejorar su eficiencia, y difundir estas prácticas. El área piloto se ubica en un paleocauce arenoso del río Salado. En el mismo se han realizado numerosos estudios geoelectrónicos, de infiltración, sedimentológicos, químicos recuperación de niveles, de suelos y de recarga. Además se dispone de una estación meteorológica automática, caudalímetro y freáticos.

Se realizó un análisis de eventos de recarga y su efecto sobre el sistema natural y en la obra. Se concluye que ha resultado exitosa y puede ser transferida a otros ambientes de paleocauces del chaco-santafesino.

Palabras Claves: Recarga Artificial – Ganadería – Bajos Submeridionales

ABSTRACT

This work describes an artificial recharge experience of groundwater as source for animal beverage, developed on a livestock demonstrative unit, placed in Bajos Submeridionales, Santa Fe province, Argentina. The aim of this study is to improve quality and quantity of water for livestock use, analyze a recharge-pumping well efficiency, and finally to spread this practice in the region. The study area is located in a antique sandy channel of the Salado river, where have been conducted geoelectric studies, sedimentologic, soil and water analysis, pumping and recharge, and infiltration tests. Additionally, it counts with meteorological on-line data from an automatic station, flowmeter, and water-level measurements from digital and analogical devices. An analysis of a recharge event has been conducted in order to assess environmental changes and response of facilities. This successful experience suggests that these kinds of facilities could be applied in similar environments of chaco-santafesino region.

Keyword: artificial recharge - animal beverage- Bajos Submeridionales

Introducción

La práctica de la recarga en la región fue dejada de lado durante el último episodio húmedo que comienza a fines de la década del 70. Pero en el inicio de la colonización se ha recurrido a la recarga artificial de acuíferos para mejorar la disponibilidad del agua. Los colonos se encontraron con que el agua subterránea, único recurso hídrico disponible era muy salino, por lo que lograron mejorarlo introduciendo en pozos cavados aguas pluviales colectadas en techados. Este método se lo sigue utilizando en la actualidad en muchos establecimientos rurales sin tratamiento previo alguno, salvo desechar las primeras aguas. Por otra parte las

empresas de Ferrocarril para abastecer a su parque de locomotoras a vapor recurrió a todos los sistemas disponibles para el abastecimiento de agua, construyó a principios del siglo XX algunas obras de recarga como las de las Estaciones del Ferrocarril Aerolito, Bandera, Esteban Rams, Fortín Inca y La Cañada. Es recién en el año 1948 cuando la recarga de acuíferos se utilizó en servicio reducido de abastecimiento de agua. En esa época Obras Sanitarias de la Nación diseñó y construyó en la Provincia del Chaco (Corzuela, Avia Terai y Campo Largo) plantas de abastecimiento con colectores pluviales que tenía como uno de sus componentes pozos de recarga. Mas tarde en

la década de 1950 en la localidad de Tostado se construyó una represa y pozos de gran diámetro tipo Ranney, (Custodio y Llamas,1976) con los que se prestó a esa localidad un servicio precario consistente en abastecimiento con camiones tanques a los pobladores cuyos aljibes se agotaban. (CFI-INA, 2011). El CRL-INA tiene como antecedentes de estudios de obras de recarga el Sub- Proyecto BID 2012 de la década de 1970. El dispositivo de recarga aquí presentado surge de ideas esbozadas en esa década que no se llevaron a cabo por presentarse luego periodos muy húmedos.

Como consecuencia de la última sequía importante ocurrida a partir del año 2008, muchos de los paleocauces y aguadas exigidas al máximo para el abrevado animal tuvieron un deterioro de su calidad y reservas. Los resultados que aquí se presentan corresponden a un trabajo de investigación financiado por el SECTEI (provincia de Santa Fe) en desarrollo entre INA- CRL, INTA EEA Reconquista y UNER- Facultad de Ciencias Agropecuarias y provincia de Santa Fe.

El proyecto se lleva a cabo en una unidad demostrativa o Planta piloto de recarga.

Objetivo

Mejorar la disponibilidad de agua en calidad y cantidad para uso ganadero, utilizando recarga artificial de acuífero con agua de lluvia.

Monitorear una obra en funcionamiento para conocer su comportamiento en el tiempo.

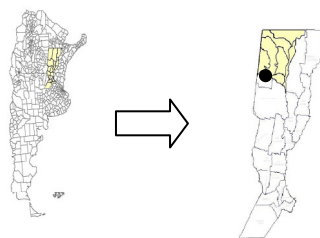
Analizar su funcionamiento para mejorar su eficiencia.

Utilizar la unidad demostrativa de "La Güeya" para ejemplo y docencia dentro de la zona.

Ubicación y descripción general del área

La unidad demostrativa localizada en el establecimiento "La Guella", se encuentra situada a 10 Km rumbo NO de la ciudad de Tostado, Dpto. 9 de Julio, Provincia de Santa Fe. (29° 8'39.79"S; 61° 50'23.62"O). Figura 1

El clima es mesotermal subhúmedo húmedo. La precipitación media anual oscila entre 900 y 1000 mm con concentración estivo-otoñal. Existe un ligero déficit en el verano dada la elevada evapotranspiración.



Santa Fe en la República	Bajos Submeridionales en Santa Fe.
-----------------------------	---------------------------------------

Figura 1. Ubicación de Unidad Demostrativa "La Güeya" dentro de la provincia

En la región de bajos Submeridionales la escasez de vegetación arbórea es ocupada por densos espartillares de *Spartina argentinensis* que se encuentran en las tres cuartas partes del área de bajos (FVSA - Fundapaz, 2007).

La región de bajos submeridionales presenta frecuente acumulación de agua en las depresiones naturales que forma las grandes reservas de biodiversidad.

Cuando los excesos pluviales se dan en toda la región simultáneamente las inundaciones suelen alcanzar magnitudes catastróficas (Lewis et al. ,1981), se destaca la existencia de un ciclo anual de inundaciones y sequías, con precipitaciones anuales que pueden variar entre los 400 y los 1400 mm, observables en la serie de precipitaciones del establecimiento de Miguel Zaballa, ubicado en las proximidades de Tostado que tiene registros desde 1929 al 2008.(Veizaga et al. 2009).Ver Figura 2.

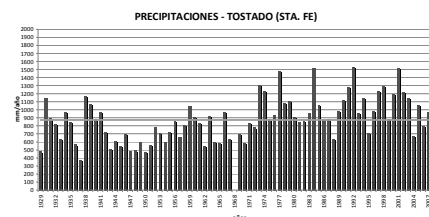


Figura 2. : Serie de precipitación
Fuente: Productor ganadero (at. Miguel Zaballa) Tostado. (Veizaga et al, 2009)

Según un análisis cualitativo de las sequías en la Provincia de Santa Fe a través de un análisis espectral mostró al norte de la Provincia como la región más afectada por el

fenómeno, resultando la localidad de Villa Minetti la más perjudicada. Ver Figura 3. (Venencio et al, 2002).



Figura 3. Zonificación cualitativa de las sequías (Fuerte (F), Moderada (M), Débil (D) y Suave (S))

La región se caracteriza por pertenecer a un sistema hidrogeológico no típico. (Sosa et al, 2011) que se define, como tal, a aquellos que se observan en zonas muy llanas, de baja pendiente piezométrica y permeabilidad moderada a baja, que se caracterizan por variaciones hidroquímicas de modo que a un mismo nivel conviven aguas de diferente contenido salino y densidad. Las variaciones salinas encontradas en el sistema acuífero, se reflejan en los contrastes resistivos a partir de la aplicación de métodos geoelectrónicos. Las bajas pendientes hidráulicas del orden de cm/km, determinan lentos movimientos horizontales del flujo. Las bajas permeabilidades de estos sedimentos cuaternarios lo ubican en el entorno de los acuitardos. Estos sistemas presentan frecuentemente sectores menos salinos contenidos en los sedimentos mas permeables limosos arenosos y son los únicos aprovechables para la producción ganadera y el abastecimiento humano en un vasto sector de la llanura chaqueña. (Sosa et al. 2011)

Características del la región del Chaco santafesino

Según (Iriando, 2011) en el chaco santafesino han actuado los sistemas fluviales de los ríos Salado, Bermejo y Paraná dejando paleocauces en toda la región. Los trabajos geoelectrónicos realizados en la región (Sosa, 2012) han permitido distinguir curvas de sondeos eléctricos verticales tipos en cada uno de los sistemas. Así a modo de ejemplo se presenta la Figura 4 con curvas típicas del sistema del Salado, Figura 5

del sistema del Bermejo y Figura 6 con curvas típicas del sistema del Paraná.

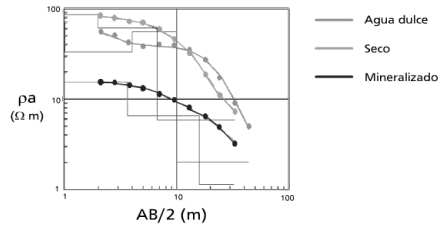


Figura 4. Paleocauces del Sistema Salado

Otros sistemas fluviales que actúan dentro del chaco santafesino presentan curvas SEV tipos como las que se presentan a continuación.

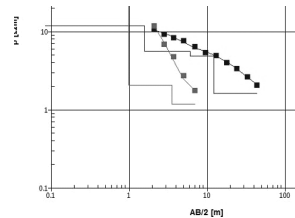


Figura 5. Sistema del Bermejo (dentro y fuera del paleocauce)

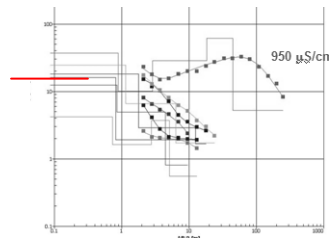


Figura 6. Sistema del Paraná (Dentro y fuera del paleocauce)

Metodología

El lugar para la obra se seleccionó considerando la presencia de un bajo y se complementó con estudios geoelectrónicos para determinar la presencia de horizontes arenosos donde se pudiese realizar recarga. Además se realizaron: a) perforaciones de estudio con toma de muestra para análisis sedimentológico. b) Ensayos de infiltración en los suelos de la unidad demostrativa y dentro del cuenco receptor y Análisis Químicos de Suelos en

ambos lugares c) un ensayo de recarga controlada y d) ensayo de recuperación.

Se instalaron freatigrafos analógico y digital.

Se midió la conductividad eléctrica del agua en cada uno de los pozos a distintas profundidades.

Las muestras de los distintos perfiles del suelo en el área de investigación para determinar las características de textura del mismo, se analizó siguiendo la metodología de la Pipeta Robinson. Los análisis fueron realizados en la EEA de Pergamino.

Se extrajeron 2 muestras de suelo, una en suelo decapitado (cuneta) y otra en suelo natural, cuyos análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNL. Donde se analizó el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), conductividad eléctrica (CE) y pH, con el fin de identificar relaciones entre estos parámetros químicos y la infiltración del agua en el suelo.

A los efectos de medir las variables hidrometeorológicas, se instaló una Estación Meteorológica Automática EMA aportada por INTA que mide, temperatura, lluvia, viento (velocidad y dirección) Humedad, punto de rocío, Índice THW, presión.

También el INTA instaló un caudalímetro para medir los consumos de bombeo.

Las mediciones que se realizan en la unidad demostrativa están a cargo del INTA Reconquista con la colaboración del INTA Tostado.

Los ensayos de infiltración se realizaron con infiltrómetros de doble anillo, con carga de 3 cm, con el objeto de analizar cualitativamente la infiltración en el terreno natural y en zonas donde se han removido los primeros centímetros de suelo.

Se analizaron los datos de la fluctuación de los niveles en los freatigrafos digital y analógicos.

Se ejecutó un ensayo de recarga con un volumen conocido de agua, que se efectuó a través de la cañería central del molino distribuyendo el agua a las 4 perforaciones simultáneamente. El objetivo del mismo fue determinar la respuesta que se produce en el freatigrafo digital.

Con los datos de la estación meteorológica automática se analizaron las lluvias más importantes en cuando a volumen de precipitación y la respuesta del nivel freático.

Además se midió la conductividad eléctrica (C.E) en las perforaciones utilizadas en la recarga desde el nivel estático, cada

cincuenta centímetros, hasta el fondo de cada pozo. Así se pudo realizar un perfil de la variación de la C.E en profundidad y en cada pozo.

Se aplicó con los valores de ascenso de la freática y la precipitación el método propuesto con Healy Cook 2002 para determinar la recarga.

Planta Piloto de recarga

La Planta Piloto de Recarga se encuentra en un bajo topográfico que naturalmente, durante los períodos lluviosos acumula agua. Estudios realizados muestran que la capa superior de suelos es muy impermeable. Por debajo de los mismos la permeabilidad es muy superior. Por otra parte estudios geoeléctricos y perforaciones realizadas mostraron que en el área existe un paleocauce con sedimentos arenosos..

Entre el año 2010 y 2011 se implementó la Planta con un proyecto de obra muy sencillo, cuatro pozos de doble propósito (inyección / bombeo). La obra de recarga en actual funcionamiento se ha descrito en publicaciones en Internet del INA e INTA y Sosa, 2011.

<http://ina.gov.ar/crl/index.php?crl=33>
<http://intainforma.inta.gov.ar/?p=8751>

Los componentes del sistema de recarga son una captación agua de lluvia consistente en canalizaciones aledañas a los caminos internos del establecimiento, los que aportan al bajo donde se encuentra el cuenco receptor. El mismo se encuentra localizado dentro del bajo donde se construyeron los pozos de recarga/bombeo, cuyos drenes horizontales se encuentran en una misma cota.

- Sistema de Recarga: el agua ingresa al sistema subterráneo por inyección directa (gravedad) a través de las perforaciones mediante un filtro horizontal

- Sistema de Bombeo-Inyección: El sistema cuenta con cuatro pozos de doble función, bombeo / inyección que están conectados a un único molino que bombea un sistema de pozo araña.

Funcionamiento del Sistema

Durante la lluvia, el agua que escurre en los canales (sistema colector) es llevada al bajo que se ha acondicionado para dejar los filtros horizontales a una misma cota para que

pueda ingresar el agua. Luego, la extracción se realiza mediante molino de viento que toma de todas las perforaciones (sistema de pozos araña y descarga en una cisterna central de la que se distribuye el agua a los bebederos de los potreros, lo que favorece la entrega de agua de una misma calidad.

Resultados

El terreno natural (TN) es poco permeable tal situación se puede observar en los resultados obtenidos de los ensayos de infiltración con doble anillo. Figura 7

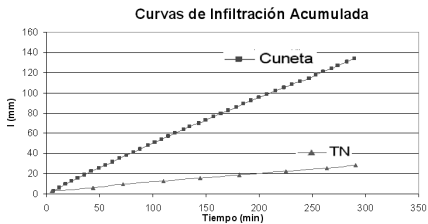


Figura 7. Curvas de infiltración acumulada en la cuneta y terreno natural

Los porcentajes de arena, limo y arcilla se determinaron para cada una de las perforaciones y en varias profundidades a modo de ejemplo se presenta una grafica representativa del pozo N° 4. Figura 8 donde se puede apreciar la presencia de arena en un 40 % aproximadamente entre los 3 y 4 m de profundidad.

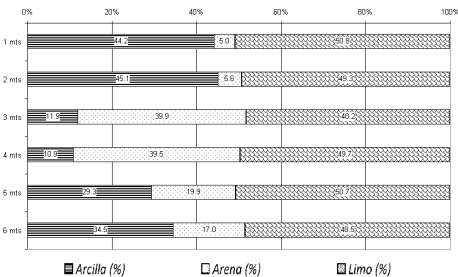


Figura 8. Porcentajes de Arena, Limo y Arcilla. Poza 4

A continuación se presenta una grafica que sintetiza los resultados obtenido en los análisis químicos de los suelos dentro y fuera del cuenco de recarga Figura 9

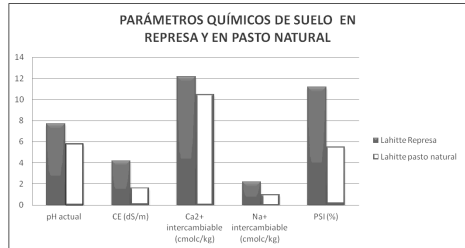


Figura 9. Comparación de valores químicos del suelo dentro del cuenco de recarga y el suelo natural

Del ensayo de recuperación de los pozos se obtuvo un valor de transmisividad de 2.67 m²/día y una conductividad hidráulica de 0.91 m/día. Lo que denota los bajos valores de productividad de los espesores saturados. En la Figura 10 se observa la variación de la conductividad eléctrica del agua en función de la profundidad del pozo y la distancia entre los mismos.

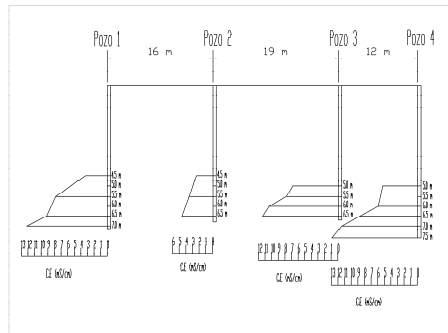


Figura 10. Conductividad eléctrica del agua

Ensayo de recarga controlada

En la Figura 11 se presenta la evolución en el tiempo de los niveles freáticos en el freatígrafo digital ante la aplicación de un volumen conocido de agua en los 4 pozos de recarga / bombeo.

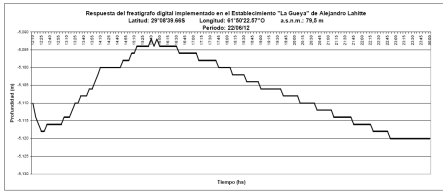


Figura 11. Registro de los ascensos en el freafigrafo digital

La experiencia de recarga que comenzó a las 12:25 hs del 22 de junio del 2012, como se puede apreciar, tuvo un retardo pequeño en la respuesta del freafigrafo de 20 minutos, considerando que la recarga se dio en perforaciones que están a distancias mayor a 12 metros del punto de medición (INTA, Informe Inédito, 2012). De este ensayo se determinó, que ante una recarga aplicada de 2100 lts aproximadamente el ascenso del nivel freático medido con el freafigrafo digital fue de 2.6 cm.

Recarga en la obra

Se aplico el método Healy Cook, 2002. con los datos del freafigrafo digital, para lo que se graficaron los valores de precipitación y ascenso del nivel freático de las lluvias más importantes de los meses de marzo, abril y mayo del 2012, como se puede observar en la Figura 12.

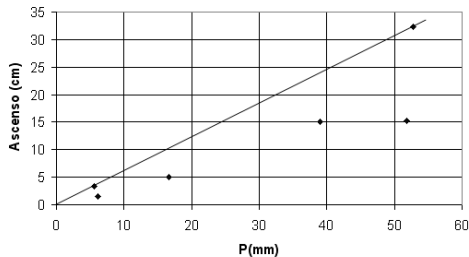


Figura 12. Ascensos nivel freático–precipitación

De la inversa de la pendiente de la recta envolvente se obtiene un coeficiente de almacenamiento específico (Sy) de 0.16.

Con los valores de los ascensos totalizados de los meses de marzo, abril y mayo se determinó que un 67 % de la precipitación de esos meses recarga el acuífero mediante la obra existente.

Eventos de lluvia y los niveles freaticos dentro y fuera de la obra de recarga

Los freafigrafos se encuentran a una distancia de 383 m. De modo que el regional no se encuentra afectado por la obra de recarga.

Las Figuras 13 y 14 presentan las respuestas de los freafigrafos dentro y fuera de la obra ante un evento de precipitación de 52.8 mm correspondiente al 18-5-2012. Esta lluvia de una duración de 4 horas cuando en nivel freático en la zona de recarga se encontraba a 5.41 metros bajo boca de pozo. Permite observar que el freafigrafo alejado de la obra no presenta ningún ascenso de nivel, mientras que el que se encuentra dentro de la planta de recarga registra un ascenso máximo de 32.4 cm.

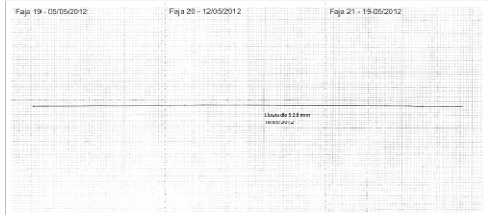


Figura 13 Respuesta de los niveles fuera de la planta de recarga

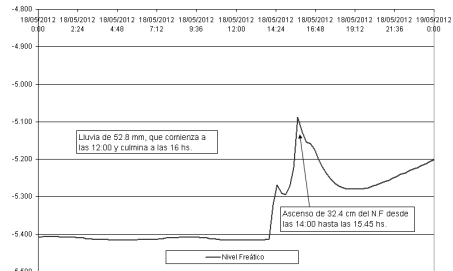


Figura 14. Respuesta de la lluvia dentro de la planta de recarga

Otro evento a destacar es el ocurrido el 4 diciembre de 2012 con una precipitación de 135 mm que se presentó con una humedad antecedente dentro del perfil del suelo ya que el 29 noviembre de 2012 se había registrado una precipitación de 52 mm. Donde en la misma grafica se vuelcan valores de niveles freaticometricos de ambos registradores. Figura 15.

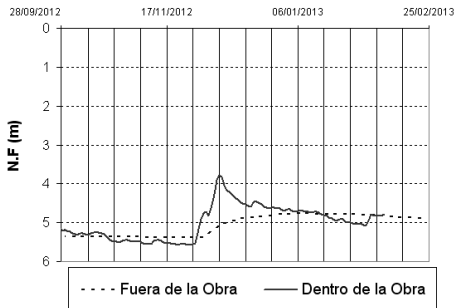


Figura 15. Respuesta de los niveles freáticos dentro y fuera de la obra.

En la tabla 1 se muestran los niveles máximos alcanzados y el ascenso total

Tabla 1. Profundidad del nivel freático en la obra y fuera de la obra

	N.F INICIAL	N.F MÁXIMO	Ascenso de N.F
Fuera de obra	5.39	4.79	0.6
En obra de recarga	5.53	3.78	1.75

Esto permite observar la eficacia de la obra en la recarga.

Mezcla de agua

Simultáneamente al monitoreo de los niveles freáticos se monitoreo la evolución de la calidad físico química del agua,. En el grafico de SCHOELLER-BERKALOF, Figura 16 se observa la calidad de cada uno de los pozos por separado y la calidad de la mezcla en líneas de punto.

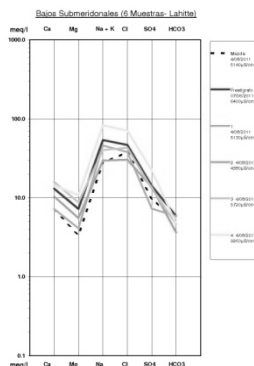


Figura. 16 . Diagrama de Schoeller Berkaloff

Conclusiones

El sistema responde de manera satisfactoria a la recarga artificial ingresando agua al sistema subterráneo aun en situaciones donde el nivel regional no acusa ascensos.

La sistematización del escurrimiento superficial, mediante canales aporta aguas al sistema de recarga en lugares de escasa pendiente superficial.

Una ventaja fundamental del sistema es que la recarga se realiza por gravedad, sin gasto de energía y su extracción por medio de molinos con "el sistema patas de araña".se adapta a un acuífero con bajo rendimiento de caudal de extracción.

Los costos de las obras son razonables y permiten disponer del agua para la producción en períodos de escasas precipitaciones y recargar el acuífero con importantes porcentajes de agua.

Con la información disponible y mediante el método de Healy Cook, se calculo un 67 % de recarga, valor que deberá validarse y corroborarse con mayor información en el tiempo.

El contenido salino de las aguas mejora por dilución con el aporte de las aguas de lluvia y la mezcla se produce dentro del acuífero manteniendo una temperatura más homogénea aun en el verano.

Se concluye que la experiencia ha resultado exitosa a nivel experimental y puede ser transferida a otras explotaciones con condiciones similares de restricciones de la calidad del agua subterránea, así resulta interesante su aplicación a otros ambientes de paleocauces del chaco-santafesino donde actuaron sistemas fluviales como del Paraná y Bermejo.

Referencias

- Consejo Federal de Inversiones (CFI); INA.2011 "Comportamiento de las aguas subterráneas en el noroeste de la provincia de santa fe. Producción ganadera". Informe inédito.
- Custodio E., Llamas M. R 1976 "Hidrología Subterránea". Ediciones Omega SA.
- Fundación Vida Silvestre Argentina-FVSA-Fundapaz. Zonificación de los Bajos Submeridionales del Norte Santafesino. Una Herramienta para la planificación del desarrollo productivo y la conservación de la biodiversidad del humedal. Buenos Aires.

- Healy,R.; Cook,P. 2002. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*. 10:91-109.
- INTA;2012."Informe técnico inédito de la comisión efectuada al establecimiento "la Güella" en Tostado, 1ro de Julio".
- Lewis, J.P; Pire, EF; 1981.Reseña sobre el chaco-santafesino. INTA Serie fitogeográfica. 18:1-48.
- Sosa,D, 2012 "El agua, excesos y déficits en la producción agrícola de secano y pecuaria dentro de la cuenca inferior del río Salado. Tesis Doctoral Universidad de la Coruña-España
- Sosa, D.; Díaz E. , Castro, S., Genesio 2011. "Sistemas hidrogeológicos no típicos en la llanura chaqueña y las obras de recarga"- Seminario hispano americano de aguas subterránea Salta Argentina.
- Sosa, D. 2011."Recarga artificial de agua". *Revista Hydria* N°38: 16-19. ISSN 1669-5119
- Sosa D., Genesio M. Y E. Veizaga. 2008. "Prospección Geoeléctrica en establecimientos ganaderos del norte santafesino. Departamento 9 de Julio". Informes técnicos del Instituto Nacional del Agua (CRL) inédito. Entregas N° 1, N° 2 y N° 3. Convenio Especifico N° 3 (MASPyMA).
- Veizaga E.; Sosa, D.; Genesio, M., 2009. "Diagnóstico y estrategias para la utilización de agua subterránea para uso ganadero en Bajos Submeridionales provincia de Santa Fe". *Actas del VI Congreso de Hidrogeología y IV Seminario Hispanolatinoamericano de temas actuales de la Hidrogeología. La Pampa, Argentina*. ISBN 978-987-1082-38-4. Páginas 13-21
- Venencio, M.V.; García N.; Sgroi, L. 2002. Informe Final "Análisis de la variabilidad del clima y su impacto en el acuífero libre con fines de riego en la Provincia de Santa Fe". *Convenio INA-FICH*. Diciembre,pp:55