

VARIACIÓN DE NIVELES ESTÁTICOS EN LAS COLONIAS AGRÍCOLAS DE CHILECITO, LA RIOJA ENTRE LOS AÑOS 2005 – 2014

Roberto Esteban Miguel¹, Joaquín Víctor González Ribot¹, Luis Martín Agüero Alcaras¹, Nicolás Audomiro Torres²

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Chilecito. Pelagio B. Luna 495. Chilecito, La Rioja. Email: miguel.roberto@inta.gob.ar. Tel/FAX: (+54 3825 420105). ²Universidad Nacional de Chilecito. 9 de Julio 22. Chilecito, La Rioja. Tel/FAX: (+54 3825 427200).

RESUMEN

Las fincas de la cuenca Antinaco Los Colorados no comprendidas en las secciones de riego utilizan el recurso hídrico subterráneo para satisfacer la demanda de agua de los cultivos. Desde 1960, las perforaciones en las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán han permitido el desarrollo de la actividad vitícola, olivícola y hortícola. Sin embargo, el uso intensivo del recurso puede conducir a un incremento del nivel estático y en consecuencia un descenso de los niveles piezométricos, lo que acarrea un mayor costo energético para extraer el recurso y el abandono de las perforaciones obsoletas. El último relevamiento en las colonias se efectuó en período noviembre-diciembre de 2005 por el INA CRAS sin un posterior monitoreo. El objetivo del trabajo es analizar los niveles estáticos en perforaciones de las colonias de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán entre el período 2005 y 2014.

Se efectuó la medición de niveles estáticos a boca de pozo en 20 perforaciones de las colonias agrícolas ya mencionadas en diciembre de 2014 –período de mayor explotación del recurso hídrico– con una sonda graduada y georreferenciándolos con un GPS Garmin E-Trex. Los niveles estáticos de 2005 se obtuvieron por tablas e interpolación cartográfica del documento INA CRAS (2006). Los niveles estáticos se compararon en gabinete y se calculó el aumento medio, máximo y mínimo para el área de estudio y su significancia aplicando t de student.

Se advierte que todas las perforaciones presentaron un aumento de los niveles estáticos aunque de diferente magnitud con una media de 10,2 m, un máximo de 18,9 m y un mínimo de 2,2 m. La aplicación del t de student advierte que las diferencias entre el período 2005 al 2014 son significativas. Se confirma la tendencia que advierte el INA CRAS en 2006 donde el consumo del recurso hídrico supera la recarga. Es importante monitorear trimestralmente los niveles a fin de analizar la hidrodinámica de la cuenca en períodos de menor y mayor requerimiento hídrico y sobre todo considerando las nuevas fincas que se han y continúan instalándose en el valle central de la Cuenca Antinaco Los Colorados.

Palabras Clave: niveles estáticos, agricultura, sobreexplotación

INTRODUCCION

En la provincia de La Rioja, Argentina, se encuentra la cuenca Antinaco Los Colorados, uno de los oasis productivos más importantes del noroeste argentino (NOA). La producción de vid, olivo y nogal para consumo interno y exportación junto a la horticultura para consumo interno representan los principales ejes de la economía regional.

Los inicios de la actividad agrícola en la región datan del siglo XVII en la zona de Anguinán, Nonogasta, Vichigasta, Sañogasta y Chilecito pero es a partir de 1909 que la superficie cultivada de vid, nogal, y otros frutales se amplió a partir de las inversiones en obras de captación y conducción de agua superficial cuando se sancionó la Ley General de Irrigación de la Nación N° 6.543 (FAO, 2000). Los distritos de riego distribuían el agua superficial captada desde los ríos a fincas localizadas en los distritos de San Lorenzo, Los Sarmientos, Chilecito, Anguinán, Tilimuqui y Mallisgasta (Torres, 1993) así como en Nonogasta y Vichigasta. Debido a los exiguos caudales de los ríos el desarrollo de la actividad agrícola, principalmente cultivo de vid y olivo, se vio limitado. A fines de la década de 1960 e inicios del '70, con la puesta en marcha del Plan de Colonización del Gobierno de La Rioja (Peña, 1969) se comenzó con el desarrollo una serie de colonias agrícolas con la construcción de perforaciones que captaban el recurso hídrico subterráneo. Este plan amplió notablemente la superficie cultivada ya que los productores dejaron de depender exclusivamente de agua superficial. En la década del 1990 se produjo nuevamente un importante incremento de la superficie cultivada de olivos, vid y nogal impulsada en parte a través de la Ley de Diferimientos Impositivos N° 22.021 y en el año 2006, la provincia de La Rioja propició la creación de empresas SAPEM (Sociedades Anónimas con Participación Mayoritario de Estado) a fin de contribuir con el crecimiento de la Provincia instalándose numerosos proyectos de vid, olivas, hortícolas y de aromáticas. Adicionalmente se fomentó el desarrollo de industrias asociadas a las anteriores, como concentrado y salsas de tomate, mosteras, bodegas, aceiteras, avícolas, criadero de cerdos y laboratorios de genética.

En este contexto, el crecimiento de la superficie cultivada que utiliza integralmente el recurso hídrico subterráneo para satisfacer la demanda de los cultivos podría tener efectos no deseados en las reservas de agua. El INA CRAS, en el año 2006 comparó los niveles estáticos relevados en 1973 con los medidos en 2005 y advirtió su incremento y consecuentemente concluyó que los valores de extracción superaban ampliamente los de la recarga. La actual extracción del recurso constituye una explotación minera y por ende una “sobreeplotación del recurso” (Pulido Bosh, 2001) que algunos autores como prefieren denominar “explotación intensiva” (Custodio 2006).

Considerando que, desde diciembre de 2005 a la fecha no se efectuaron nuevos monitoreo de niveles estáticos, que la superficie cultivada se ha ampliado y que los productores advierten una merma en los caudales erogados por las perforaciones (Miguel et al, 2014), surge la necesidad de efectuar este trabajo.

OBJETIVOS

El objetivo general del trabajo es analizar la variación de niveles estáticos en perforaciones de las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán en los años 2005-2014. Adicionalmente, se pretende comparar la superficie cultivada en 2005 con respecto al año 2014 y su relación con la variación de los niveles estáticos.

MATERIALES Y METODOS

Se efectuó la medición de niveles estáticos a boca de pozo en 20 perforaciones de las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán en diciembre de 2014 –período de mayor

explotación del recurso hídrico– con una sonda graduada y georreferenciándolos con un GPS Garmin E-Trex. Los niveles estáticos de 2005 se obtuvieron por tablas e interpolación cartográfica del documento INA CRAS (2006), con datos relevados a campo en el período de noviembre-diciembre, también coincidente con los períodos de mayor presión sobre el recurso. Los niveles estáticos se compararon en gabinete y se calculó el aumento medio, máximo y mínimo para el área de estudio y su significancia aplicando t de student con el Software Excel 2010.

Para la comparación de superficies cultivadas se tomó para el año 2004 información sistematizada en el documento Poblete y Guimaraes (2006) en base a Brito y Del Moral (2004). En tanto que los cálculos para el año 2014 se realizaron con la herramienta polígono proporcionada por Software Google Heart Pro y salidas de campo para verificar lo observado en la imagen satelital con el terreno.

Ubicación del área de estudio

Los distritos de riego de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán se localizan en la provincia Argentina de La Rioja dentro de la cuenca de mayor importancia hídrica y productiva de la provincia, Antinaco Los Colorados (Figura 1).

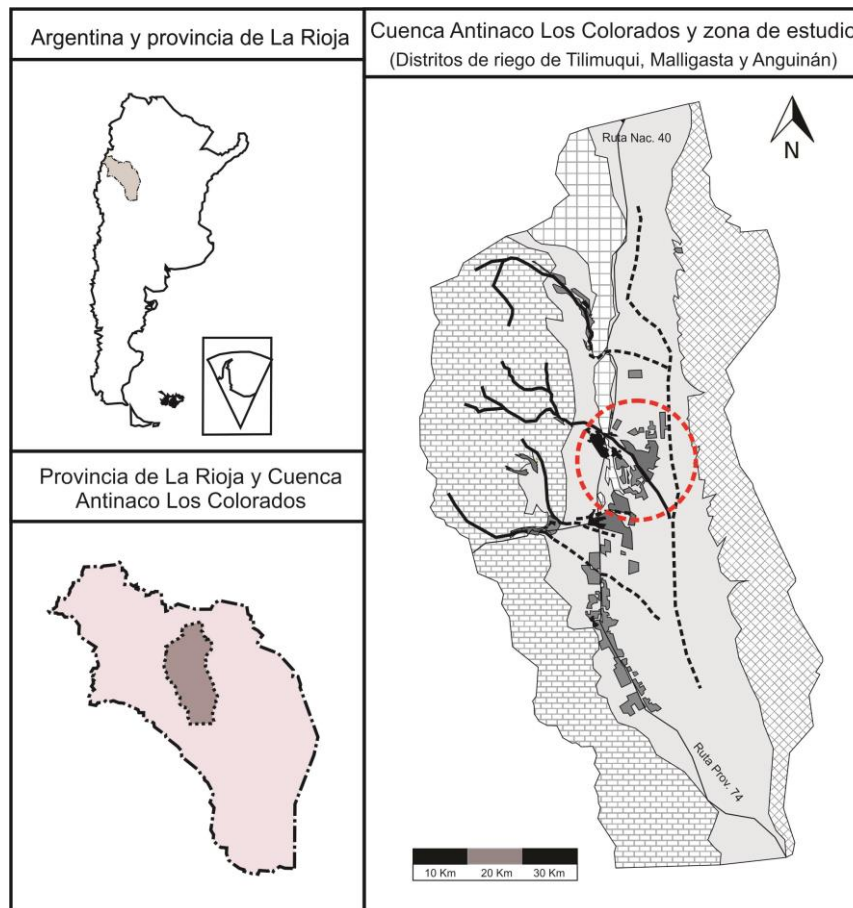


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Medio físico natural

La cuenca hidrográfica Antinaco – Los Colorados posee una superficie de aproximadamente 7.900 Km² (Miguel, Inédito) y una superficie en la zona del valle, que contiene al acuífero, de 2.965 Km² (Victoria, 1962). La cuenca pertenece a la región hidrogeológica de Sierras Pampeanas y

sus Valles (Auge et al., 2006), sus límites naturales lo establecen al Oeste las Sierras de Famatina y al Este las Sierras del Velasco. El límite Norte se localiza en la localidad de Pituil, con un marcado cambio en las pendientes, mientras que el límite Sur lo determina la formación Los Colorados. El tramo comprendido entre las localidades de Famatina y Nonogasta se encuentra subdividido por un cordón de rocas ígneas denominado Sierras del Paimán. Es hacia el Este de este cordón donde se localizan las colonias de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán.

El clima en la cuenca es de tipo árido, seco, con temperaturas máximas medias de 24,8°C y mínimas medias de 8,3°C (1941-1950) con dos épocas claramente diferenciadas, la estival lluviosa y la invernal seca (Victoria, 1962). La precipitación en el valle es variable con un gradiente Oeste-Este, hacia las cumbres de las Sierras de Famatina las precipitaciones medias superan los 300 mm, en el centro del valle son inferiores a 100 mm (Bianchi et al., 2006). Hacia las Sierras del Velasco la información es escasa, aunque de acuerdo a datos aportados por los consorcios de riego serían inferiores a 50 mm. La evapotranspiración potencial varía entre 977 y 1.140 mm lo que determina un déficit hídrico a lo largo de todo el año.

En esta región, la tectónica cenozoica generó depresiones intermontanas entre bloques ascendidos del Basamento Precámbrico-Paleozoico inferior, orientados Norte-Sur que, rellenas por sedimentos terciarios y cuaternarios, constituyen cuencas de agua subterránea con espesores que alcanzan los 500 metros (Auge et al., 2006). Los sedimentos proceden de la desintegración de los afloramientos y el posterior arrastre del agua superficial que dispuso el material de acuerdo a su peso en forma de abanicos de deyección que unidos entre sí forman planos inclinados suavemente hacia el centro de la cuenca, frente a estos pedemontes se suceden terrenos de sedimentos más finos de gran fertilidad natural (Victoria, 1962).

Existe en todo el valle una marcada influencia tectónica dada por las fallas en las Sierras de Famatina, Velasco y Paimán, las cuales se continúan hacia el interior del valle y que han sido estudiadas por prospección geoelectrica y sondeos magnetotéluricos (Zambrano, 1983; Osella et al., 1995 y Osella et al., 1999). Uno de los principales efectos de la influencia tectónica lo constituye la “potencial” barrera de permeabilidad al sur de la cuenca que impide la salida del flujo de agua subterránea creando un bolsón, sin embargo, esto no puede asegurarse y es necesario contar con mayor información en la zona (Zambrano, 1983).

La recarga del acuífero, si bien no se encuentra determinada detalladamente por estudios isotópicos, proviene por un lado de las precipitaciones en el valle y de los aportes de ríos permanentes y transitorios así como quebradas de las Sierras de Famatina y Velasco. Además de los caudales constantes de los ríos, parte de los cuales son aprovechados integralmente para riego, en el período estival se producen importantes crecidas que aportarían un considerable volumen de agua. Los análisis de recarga, consideran que un 10 % del agua que precipita recarga el acuífero siendo un volumen total de 132 Hm³ año⁻¹ (Poblete y Guimaraes, 2006). Adicionalmente es presumible que existan recargas locales dadas por el riego en exceso en las áreas cultivadas.

De acuerdo a la información disponible de los perfiles de perforaciones en el área de estudio, los materiales del acuífero hacia el Oeste de Tilimuqui y Malligasta –sobre el cono de deyección del Río Los Duraznos– son gruesos, como bloques, gravas y gravillas intercaladas con arenas y limos, de gran transmisividad, mientras que hacia el Este y Sur –zona distal del cono de deyección– los materiales se tornan más finos, por lo general arcillas y limos intercalados con arena y consecuentemente de menor transmisividad.

Situación del uso del recurso hídrico subterráneo

Las actividades agrícolas e industrias asociadas (bodegas, mosteras, aceitunas y aceite de oliva) se abastecen integralmente de agua subterránea y sólo el minifundio utiliza agua superficial distribuida por canales. Para el año 2006, último estudio integral a nivel de cuenca realizado por INA CRAS, existían en el valle un total de 376 perforaciones declaradas, 112 abandonadas, 18 sin

instalación y 246 en funcionamiento declaradas legalmente (Poblete y Guimaraes, 2006). En los distritos estudiados se encontraban declaradas y en funcionamiento un total de 95 perforaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Perforaciones en los distritos de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán en el año 2006

Distrito	Perforaciones funcionando	Perforaciones abandonadas	Perforaciones sin instalación
Tilimuqui	17	6	3
Malligasta	38	48	4
Anguinán	40	24	1
Total	95	78	8

Fuente: Tomado y modificado de Poblete y Guimaraes (2006)

El intensivo uso del recurso hídrico subterráneo ha sido evaluado por el INA CRAS para el período 1973-2005, quienes destacan que la fuerte presión ejercida sobre el recurso había generado un aumento de los niveles estáticos. La variación media de éstos en el área cultivada fue del orden de los 10 m a 13 m en Tilimuqui, de 13 a 15 m en colonia Malligasta y de 15 m a 20 m en colonia Anguinán (Poblete y Guimaraes, 2006). Estos valores, considerando los 32 años estudiados, advierten un aumento en los niveles estáticos de 0,31 – 0,41 m año⁻¹ para Tilimuquí, de 0,41 – 0,47 m año⁻¹ para Malligasta y de 0,47 a 0,62 m año⁻¹ para Anguinán.

Se estima que a partir del año 2006, el desarrollo de las empresas SAPEM ha contribuido al aumento de la superficie cultivada y consecuentemente al incremento de nuevas perforaciones en el valle. De acuerdo a información brindada por el IPALAR (Instituto Provincial del Agua La Rioja) las perforaciones en funcionamiento al año 2014 eran de 115 –un incremento del 21 % respecto a 2005– aunque se estima que el número es mayor ya que parte de las perforaciones en uso no se encuentran legalmente declaradas. Es por lo tanto esperable que la tendencia de aumento de niveles estáticos continúe acelerándose anualmente.

Como principal efecto negativo de estos incrementos radica el hecho de que parte de las perforaciones efectuadas en los años 70 y 80 quedarán obsoletas al no erogar caudales necesarios, aquellas que son suficientemente profundas deberán bajar las bombas –y ampliar la potencia– con el consecuente aumento del gasto energético para extraer un caudal de agua equivalente cada año. Esta situación, pone en riesgo principalmente a los pequeños y medianos productores que utilizan agua subterránea ya que por lo general no pueden afrontar el costo de una perforación y el bajar un tramo de cañería de impulsión significa un importante gasto a afrontar.

RESULTADOS

Aumento de la superficie cultivada

En la tabla 2 se presenta la comparación de la superficie cultivada en el año 2004, un año antes del estudio efectuado por INA CRAS de 2005, y el año 2014.

Tabla 2. Variación de la superficie cultivada en el período 2004 y 2014

Distrito	Superficie 2004*	Superficie 2014	% incremento
Tilimuqui	708	1027	45,0
Malligasta	2192	2550	16,3
Anguinán	1187	1609	73,7
Total	4087	5186	26,9

Fuente: Datos propios y de *Poblete y Guimaraes (2006) en base a Brito y Del Moral (2004)

Se advierte que la superficie cultivada se incrementó en los distritos estudiados un 26,9% menor para el caso de Malligasta (16,3 %) y mayor para Anguinán el de mayor (73,7 %), debido principalmente a desarrollos hortícolas y nuevas plantaciones de vid gestionadas como empresas SAPEM.

Variación de los niveles estáticos entre los años 2005-2014

En la figura 2 se presenta el área detallada de estudio y los puntos donde se localizan las perforaciones monitoreadas. Se observa al Oeste del área de estudio el cono aluvial del río Los Duraznos una vez atravesada las sierras del Paimán y hacia el Este y Sur la zona baja, con materiales más finos.

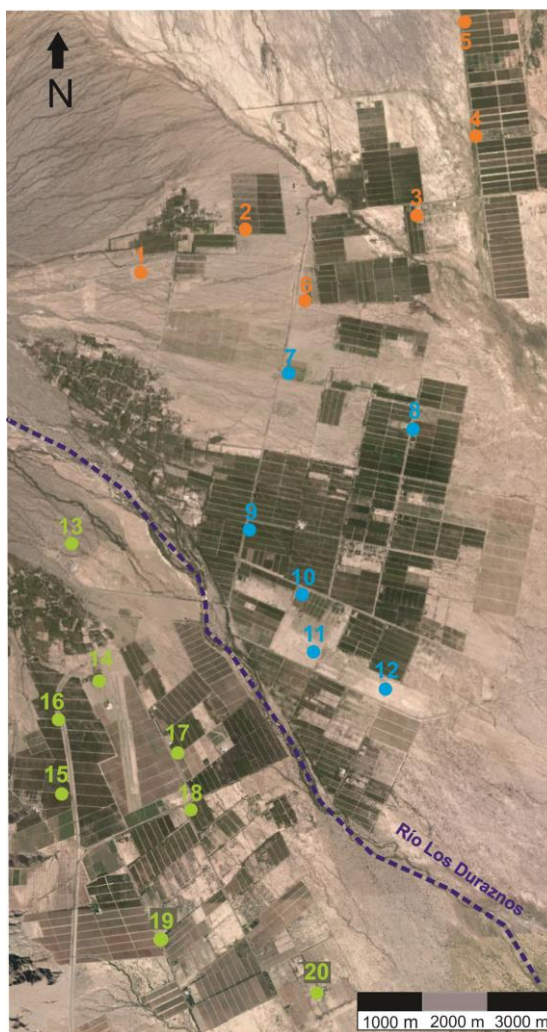


Figura 2. Localización de las perforaciones monitoreadas

En la tabla 3 se presenta la variación de los niveles estáticos en las perforaciones monitoreadas entre el año 2005 y 2014. Se advierte en todas las perforaciones un aumento de los niveles estáticos aunque de diferente magnitud con una media de 10,2 m, un máximo de 18,9 m y un mínimo de 2,2 m. La aplicación del t de student advierte que las diferencias entre los años 2005 y 2014 son significativas.

Tabla 3. Variación de niveles estáticos en las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán en el período 2005-2014.

	Coordenadas geográficas		Profundidad (m)		Diferencia (m)
	Latitud S	Longitud W	2005	2014	
1	29° 9,069"	67° 26,109"	80,0	98,9	18,9
2	29° 8,767"	67° 25,049"	63,0	72,9	9,9
3	29° 8,799"	67° 22,977"	43,7	48,5	4,8
4	29° 7,960°	67° 22,334"	42,2	51,4	9,2
5	29° 6,868"	67° 22,401"	42,8	53,5	10,7
6	29° 9,534"	67° 24,428"	61,5	63,7	2,2
Media T	---	---	55,5	64,8	9,28
7	29° 10,067"	67° 24,590"	61,8	69,8	8,0
8	29° 10,867"	67° 23,273"	48,0	59,6	11,6
9	29° 11,632"	67° 25,044"	67,6	74,3	6,7
10	29° 12,741"	67° 24,526"	48,8	67,7	18,9
11	29° 12,741"	67° 24,821"	47,1	65,4	18,3
12	29° 13,066"	67° 23,659"	40,0	52,9	12,9
Media M	---	---	52,2	64,9	12,73
13	29° 11,552"	67° 26,846"	87,0	95,7	8,7
14	29° 12,896"	67° 26,695"	64,0	73,7	9,7
15	29° 13,253"	67° 27,106"	72,2	80,6	8,4
16	29° 14,118°	67° 26,972"	65,3	73,5	8,2
17	29° 13,706"	67° 25,839"	53,7	63,5	9,8
18	29 14,198	67 25,756	39,3	55,8	16,6
19	29° 14,883"	67° 25,421"	41,9	47,5	5,6
20	29 15,817	67 24,902	31,7	35,9	4,2
Media A	---	---	52,2	65,7	8,9
	T (Tilimuqui)		Aumento (total)	Medio	10,2
	M (Malligasta)			Máximo	18,9
	A (Anguinán)			Mínimo	2,2

En la tabla 4, se presentan los aumentos de los niveles estáticos anuales en los distritos bajo estudio registrados para el período 1973-2005 y 2005-2014 donde se advierte su aceleración.

Tabla 4. Aumento de nivel estático medio anual en los distritos bajo estudio.

Distrito	Aumento de nivel estático m año ⁻¹	
	1973-2005*	2005-2014
Tilimuqui	0,31 - 0,41	1,03
Malligasta	0,41 - 0,47	1,41
Anguinán	0,47 - 0,62	0,98

Fuente: Datos propios y tomados de Poblete y Guimaraes, 2006

Se confirma la tendencia que advierte el INA CRAS en 2006 donde el consumo del recurso hídrico supera la recarga con la consecuente disminución de la reserva. El aumento de la superficie cultivada en la zona estudiada y en otros sectores de la alta cuenca no incluidos en este trabajo, imprimen una explotación intensiva al recurso hídrico subterráneo que ha acelerado en los últimos años el aumento anual de los niveles estáticos en las perforaciones.

CONCLUSIONES

En las colonias de Tilimuqui Malligasta y Anguinán los niveles estáticos monitoreados en 2014 registran un aumento significativo en comparación con el año 2005. El incremento del 26,9 % de la superficie cultivada que utiliza exclusivamente agua subterránea para satisfacer la demanda de los cultivos ha contribuido a la aceleración del aumento anual de los niveles estáticos.

De continuar esta tendencia, las perforaciones menos profundas desarrolladas en los años 70 y 80 deberán ser abandonadas al no extraer los caudales necesarios para satisfacer la demanda de los cultivos, situación que ya es advertida en las fincas. Los principales perjudicados serán los pequeños y medianos productores quienes además no cuentan con el capital financiero necesario para efectuar una nueva perforación. Por otro lado, se generará un mayor gasto energético para obtener igual caudal situación que afectará a todos los productores.

Es importante monitorear trimestralmente los niveles a fin de analizar la hidrodinámica de la cuenca en períodos de menor y mayor requerimiento hídrico y sobre todo considerando las nuevas fincas que se han y continúan instalándose en el valle central de la Cuenca Antinaco Los Colorados.

Nuevos estudios deben analizar integralmente el funcionamiento hidrodinámico e hidroquímico de toda la cuenca en pos de generar información que permita a los tomadores de decisión gestionar el futuro del recurso.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Nacional de Agua, INTA y en particular al Proyecto Específico “Tecnologías para la gestión del agua en cuencas rurales” que junto al proyecto INTA AUDEAS CONADEV IAC CIAC 940109 han financiado las actividades.

BIBLIOGRAFIA

- Auge, M.; Wetten, C; Baudino, G.; Bonorino, G.; Gianni, R.; Gonzalez, N.; Grizinik, M.; Hernandez, M.; Rodriguez, J.; Sisul, A.; Tineo, A.; Torres, C. 2006.** Hidrogeología de Argentina. Boletín Geológico y Minero. 117 (1) 7-23.
- Bianchi, A.R.; Volante, J.R.; Noe, Y.E.; Gonzalez, A.C. 2006** “Mapa de distribución geográfica de lluvias en el Noroeste de Argentina”. Adhesión al cincuentenario del INTA. Editorial INTA.
- Brito, B.; Del Moral, D. 2004.** “Identificación de cultivos intensivos y no intensivos utilizando imágenes satelitales LANDST EMT”, Provincia de La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja.
- Custodio, E. 1996** “Explotación racional de agua subterránea” Acta Geológica Hispánica. Vol 30 pp 21-48.
- FAO, 2000.** “Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO, Argentina” Sistema AquaStat. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/argentina/indexesp.stm
- Miguel, R. E.; Gonzalez Ribot, J. V.; Aguero Alcaras, L.M.; Torres, N. A. 2014.** Aportes para el monitoreo del recurso hídrico en la cuenca Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja, Argentina. II Jornadas Nacionales de Ambiente. pp. 10.
- Miguel, R.E. (Inédito).** Geología, hidrodinámica, hidroquímica, reservas y sobreexplotación de agua subterránea en el Valle Antinaco-Los Colorados. Curso de Posgrado Monitoreo y Deterioro de Calidad y Reserva de Agua Subterránea. Prof. Miguel Auge. Maestría en Recursos Hídricos. Universidad Nacional de La Pampa. pp. 16.
- Osella, A.M.; Pomposiello, M.C.; Mamani, M.; Maidana, A. 1995.** Description of the shallow layers at Antinaco Los Colorados Valley, NW Argentina Journal of South American Earth Science. Vol. 8. pp. 177-122.
- Osella, A.M.; Favetto, A.; Martinelli, P.; Cernada, D. 1999.** Electrical imaging of an alluvial aquifer at Antinaco Los Colorados tectonic valley in the Sierras Pampeanas, Argentina. Journal of Applied geophysics. pp. 359-368
- Peña, E.P. 1969.** Primera Reunión Nacional para la experiencia piloto de desarrollo cultural en la Rioja. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinarias. Tomo XXIII. pp. 206-218.
- Poblete, M.A.; Guimaraes R.E. 2006.** “Evaluación hidrogeológica de los acuíferos explotados en la cuenca Antinaco - Los Colorados”. San Juan. INA- CRAS Centro Regional de Aguas Subterráneas. pp. 28.
- Pulido Bosh, A. 2001.** “Sobreexplotación de acuíferos y desarrollo sustentable” en “Problemática de la gestión del agua en regiones semiáridas”. Instituto de Estudios Almerienses. pp. 116-132.
- Sosic, M. 1971.** “Descripción hidrogeológica del Valle de Antinaco-Los Colorados, prov. de La Rioja”. Buenos Aires. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 123. Pp. 51.

- Torres, N.A.; Crespo H.E.** 1993. Uso del Agua Subterránea para riego en La Rioja. Seminario Nacional de Riego Presurizado. Mendoza. Argentina.
- Victoria, J.** 1962. "Capítulo 4: Provincia geológica de los bolsones de los llanos occidentales" Editor: Victoria, J. "Evaluación de los recursos naturales de la Argentina, Recursos Hidráulicos Subterráneos" Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires. Editorial CFI. pp. 55-73.
- Zambrao, J.J.** 1983. "Explicación de un mapa geológico estructural del Valle Antinaco Los Colorados". San Juan. Centro Regional de Agua Subterránea. pp. 27.