

**Sustentabilidad de la explotación de agua subterránea en la Cuenca
Guanchín–Sañogasta, Chilecito, La Rioja**
***Groundwater exploitation sustainability in the Guanchín-Sañogasta Basin,
Chilecito, La Rioja.***

Roberto Esteban Miguel¹

Joaquín Víctor González Ribot¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Catamarca La Rioja. Estación Experimental Agropecuaria Chilecito. Ruta de la Producción Km 7,5, (5361) Tilimuqui, Chilecito (LR), Argentina.

E mail: miguel.roberto@inta.gob.ar

Miguel, R. E.; González Ribot, J.V. (2022). Sustentabilidad de la explotación de agua subterránea en la Cuenca Guanchín–Sañogasta, Chilecito, La Rioja. *Revista Estudios Ambientales*, 10 (2), 116-133.

Recibido: 22/11/2022 - **Aceptado:** 25/12/2022 - **Publicado:** 30/12/2022

RESUMEN

En la cuenca de Guanchín–Sañogasta se ha desarrollado desde el año 2014 un importante avance de la producción agrícola que utiliza de manera exclusiva agua subterránea para riego. Debido a que la descarga de la cuenca se concentra en el manantial “El bosquecillo” y en dos galerías filtrantes que abastecen de agua potable y riego a la localidad de Nonogasta surge el interrogante sobre la sustentabilidad del sistema. El objetivo es analizar la sostenibilidad de la explotación de la cuenca Guanchín–Sañogasta a partir de las potenciales implicancias en el medio físico natural (hidrológico-hidrogeológico). Se efectuó el análisis de datos de precipitación y estimación de recarga, descarga de la cuenca y su relación con la recarga, variación en la piezometría y estimación de la explotación de agua subterránea. Los resultados indican que un 60 % de la recarga se extrae para riego con descenso en la piezometría y disminución progresiva del caudal del manantial “El bosquecillo”. No obstante, los pozos actualmente construidos tienen la capacidad de extraer caudales muy por encima de los valores de recarga de la cuenca. Por lo tanto, la sustentabilidad del agua subterránea se encuentra afectada negativamente ante las consecuencias de la explotación intensiva. Es

fundamental continuar con el registro de datos meteorológicos, hidrológicos e hidrogeológicos para fortalecer la hipótesis de que las alteraciones advertidas se deben principalmente a la extracción de agua subterránea y en menor medida a un proceso de variabilidad en las precipitaciones.

PALABRAS CLAVES: explotación intensiva, riego, agricultura, piezometría, manantial

ABSTRACT

In the Guanchín-Sañogasta basin, an important advance in agricultural production has been made since 2013 that exclusively uses groundwater for irrigation. Because the discharge from the basin is concentrated in the "El Bosquecillo" spring and in two filtering galleries that supply drinking water and irrigation in Nonogasta town, the question arises about the sustainability of the system. The objective of this study is to analyze the sustainability of the exploitation of the Guanchín-Sañogasta basin for the potential implications in the natural physical environment (hydrological-hydrogeological). We carried out data analysis of precipitation and estimation of recharge, basin discharge, and its relationship with recharge, variation in piezometry and estimation of groundwater exploitation. The results indicate that 60% of the recharge is extracted for irrigation with a decrease in piezometry and a progressive decrease in the flow of "El bosquecillo" spring. However, the existing wells are able to extract a groundwater volume above the recharge values. Therefore, the sustainability of groundwater is negatively affected by the consequences of the intensive exploitation. Thus, the collection of meteorological, hydrological, and hydrogeological data is essential to strengthen the hypothesis that the observed alterations are mainly due to the extraction of groundwater and to a lesser extent to a process of variability in rainfall.

KEY WORDS: intensive exploitation, irrigation, agriculture, piezometry, spring

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Guanchín–Sañogasta se localiza en el Departamento de Chilecito, Provincia de La Rioja Argentina (Figura 1). Posee una superficie aproximada de 274 km² y forma parte de una de las cuencas más importantes de la provincia de La Rioja, aportando a su valle central, la cuenca

Antinaco-Los Colorados (superficie de 8.200 km²). La cuenca de Guanchín-Sañogasta fue una productora de nogal y otros frutales de variedades criollas por parte de agricultores tradicionales que satisfacían la demanda hídrica del cultivo a partir del uso de agua superficial de los ríos Pismanta, Rodado, Manzano (en Guanchín) y río Miranda (en Sañogasta) y en menor medida

a partir de la explotación de agua subterránea. Sin embargo, en la primera década del siglo XX comenzaron a desarrollarse grandes emprendimientos nogaleros “supertecnificados” al Norte de la cuenca (localidad de Guanchín) y desde el 2014 con un fuerte avance de la superficie productiva principalmente de nogal al centro

y Sur de la Cuenca, en inmediaciones de la localidad de Sañogasta. Desde el año 2000 en adelante, el crecimiento de la actividad productiva agrícola se realiza exclusivamente bajo explotación de agua subterránea debido a que los caudales de los ríos se captan y utilizan prácticamente en su totalidad para riego.

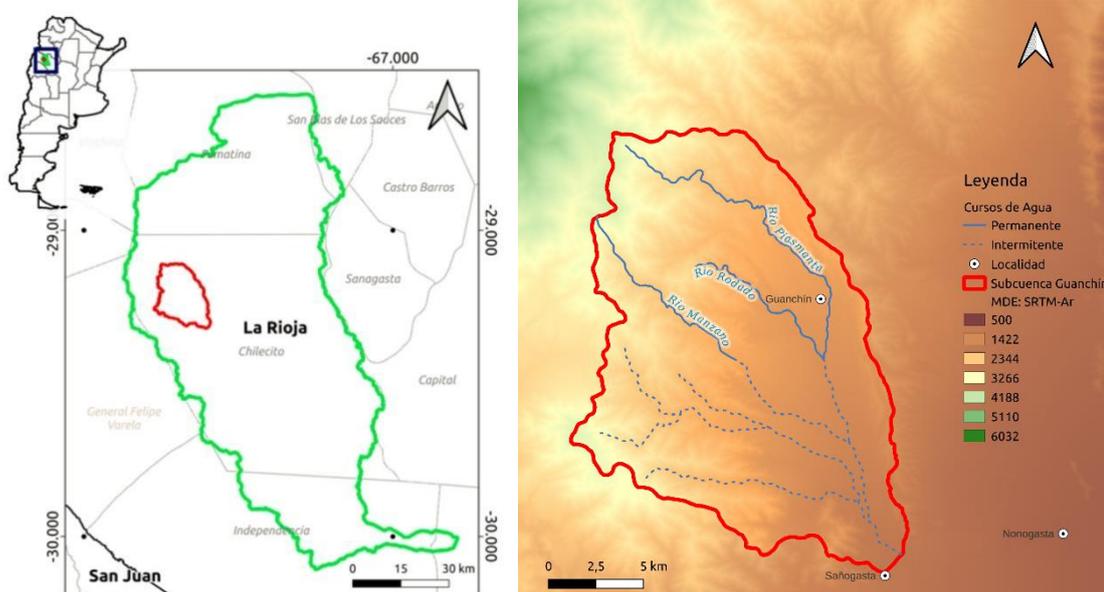


Figura 1. Posición relativa de Cuenca Antinaco–Los Colorados y Cuenca Guanchín–Sañogasta.

Desde el año 2018 se han efectuado publicaciones que describen la cuenca desde lo hidrogeológico (Miguel *et al.*, 2018; Falcón *et al.*, 2020) y en algunos casos se advierte un proceso de explotación intensiva que no sólo podría afectar a las producciones desarrolladas de la cuenca, sino a aquellas fincas tradicionales y de pequeños productores de la localidad de Nonogasta ya que esta población se abastece de agua potable y de riego en función de la descarga de la cuenca de Guanchín-Sañogasta: los manantiales y galerías filtrantes de “El

bosquecillo”. La afectación de manantiales debido al bombeo intensivo es una problemática que se visualiza en varios sectores de La Rioja y que en los últimos años ha comenzado a analizarse desde las instituciones de Ciencia y Técnica (Silva *et al.*, 2021).

El concepto de explotación intensiva de acuíferos es tomado de Custodio (2015) que la define y determina “cuando se ha modificado de forma significativa el funcionamiento natural y las relaciones con las aguas superficiales (...) lo que va

acompañado de una disminución de las reservas de agua subterránea, al principio progresivo y que finalmente puede estabilizarse o no". Además, define la sustentabilidad de la explotación del agua subterránea de un cierto acuífero o sistema acuífero como "un concepto complejo en el que se debe considerarse: la cantidad de agua disponible; la calidad del agua aportada y el estado del ambiente bajo considerandos económicos, sociales, administrativo-legales y éticos, además de los hidrológicos". Es objetivo de este trabajo analizar la sostenibilidad de la explotación de la cuenca Guanchín-Sañogasta a partir de las potenciales implicancias en el medio físico natural (hidrológico-hidrogeológico).

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca de Guanchín-Sañogasta presenta como principales tributarios a los ríos Pismanta, Rodado y Manzano que drenan el agua del faldeo Sureste de las Sierras de Famatina en sentido Noroeste-Sudeste hasta alcanzar el valle. Otras quebradas menores con ríos intermitentes, como la Quebrada de Aguadita de Cosme, Las Vacas y Los Mulos también aportan sus caudales al valle, principalmente ante precipitaciones intensas (Figura 2). El área de Sierras, hacia el Oeste –con alturas máximas que rondan los 3.900 m. s n m– representa el 69 % de la superficie de la cuenca; y el área Este, conocida como los Bordos de Guanchín y Sañogasta (*Fm Santa Florentina*) representan un 5,6 %. Estos bordos se generan por una importante falla inversa que atraviesa la cuenca de Norte a Sur conformando así el límite Este. El 25,4 % restante corresponde al valle –con alturas

que van desde 1.825 a 1.200 m. s n m– constituido en superficie por materiales fluviales muy gruesos (conglomerados clasto soportados, arenas gruesas, etc.) lo que contribuye a la recarga del agua drenada desde el área de las sierras y bordos (Miguel *et al.*, 2018).

La mayor parte del caudal de los ríos permanentes no alcanza el valle ya que es captado para riego de fincas tradicionales de nogal en la localidad de Guanchín. Solamente el Río Pismanta alcanza el cauce del Río Trinidad, conformado por grandes rodados, donde el agua desaparece a los pocos cientos de metros recargando el acuífero. En verano, ante sucesos de precipitaciones convectivas intensas, el cauce del Río Trinidad recibe los caudales de los ríos permanentes y de las numerosas quebradas, evacuando los excesos que no percolan hacia el acuífero por fuera de la cuenca a la altura de Sañogasta. Otra fuente de recarga corresponde a los sistemas de diaclasas de las formaciones de las Sierras de Famatina, que adquieren una importante permeabilidad secundaria (Miguel *et al.*, 2018).

La descarga natural de agua subterránea se localiza en el Parque Doria o El bosquecillo en el extremo Sureste de la cuenca en donde se registran las menores cotas topográficas (≈ 1.200 m s.n.m.). Los manantiales, de acuerdo a los antecedentes indican un caudal para el período 1937-52 con aforos de Agua y Energía (Victoria, 1962) de $201,2 \text{ l seg}^{-1}$ con aguas de bajo grado de mineralización con conductividades

eléctricas de $450 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Miguel *et al.*, 2017).

Las descargas artificiales se producen por baterías de pozos en el área de Guanchín (Norte del valle) y en inmediaciones del Parque "El bosquecillo". A estas descargas debe sumárseles las dos galerías filtrantes construidas en mitad de siglo XX localizadas en el subálveo del Río Trinidad asociada a la construcción de una pantalla de arcilla en el subálveo río, obra desarrollada en la década del 1980 con el objeto de elevar el nivel del pelo de agua y aumentar el caudal captado por las galerías al retener artificialmente el flujo hacia el Sur (Castaño y Crespo, 1981).

El sistema acuífero localizado en el valle de Guanchín-Sañogasta ha sido estudiado en los últimos años respecto a su hidrodinámica e hidroquímica. El trabajo de Falcón *et al.* (2020) describe un sentido de flujo Noroeste-Sureste con niveles piezométricos en Guanchín de 1800 m s.n.m. que disminuyen marcadamente a alrededor de 1200 m s.m.m. en inmediaciones del manantial "El Bosquecillo", en Sañogasta, con un gradiente hidráulico de 0,03. La hidroquímica indica agua de baja salinidad tanto en Guanchín como en Sañogasta (en su mayoría por debajo de $400 \mu\text{S cm}^{-1}$) y principalmente de tipo Bicarbonatada-Cálcica.

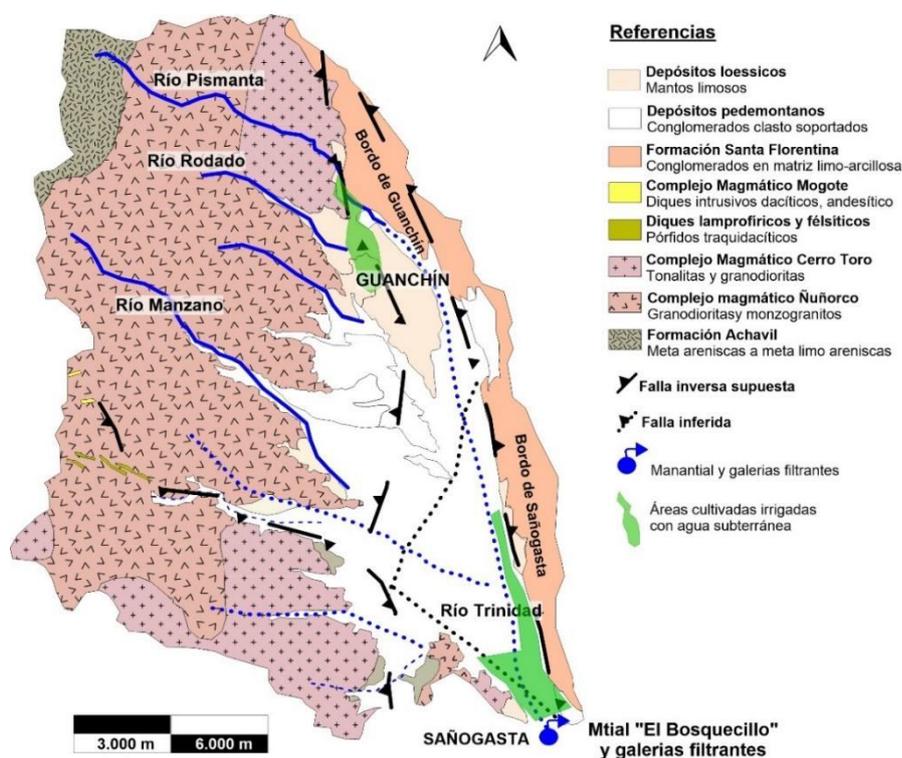


Figura 2. Cuenca Guanchín-Sañogasta, formaciones geológicas, geología estructural, ríos y manantiales (Tomado y modificado de Miguel *et al.*, 2018 en base a Candiani *et al.*, 2001).

Los acuíferos explotados en Guanchín y Sañogasta presentan marcadas diferencias.

Por un lado, en Guanchín el acuífero se aloja en un fanglomerado, posiblemente de la *Fm.*

Santa Florentina, con una transmisividad promedio de $50 \text{ m}^2/\text{día}$ y permeabilidad del orden de $0,4 \text{ m día}^{-1}$. En tanto que en Sañogasta el acuífero corresponde a rellenos pedemontanos recientes con rodados, gravas, arenas e intercalaciones limosas con valores de transmisividad promedio de $420 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$ y permeabilidad del orden de 6 m día^{-1} , muy superiores a los del sector de Guanchín (Miguel, 2022).

Respecto a los posibles impactos de la explotación de agua subterránea en la cuenca, Miguel *et al.* (2018) expresan que la cuenca se encuentra en un “posible” proceso de explotación intensiva basados en una serie acotada de datos una recarga junto a datos de descarga natural y artificial.

METODOLOGÍA

Para el análisis de la sostenibilidad de la cuenca se efectuó una descripción del medio físico-natural con datos actualizados sobre precipitaciones, caudales de ríos, manantiales, variaciones piezométricas de pozos, relación agua subterránea y manantiales. Se estimaron los volúmenes de agua precipitados en la cuenca, y con ello, una aproximación de los valores de recarga, considerando el valor de 10 % propuesto por Sosis (1971) para serie datos sistematizados por dos Estaciones Meteorológicas Automáticas desde el año 2011-2021 para las localidades de Sañogasta y Guanchín. Para el estudio hidrológico se efectuó el aforo mensual por micromolinetete (Global Water FP-111) para

el período enero de 2015 a julio de 2021 de la descarga de la cuenca: manantial “El bosquecillo” y en las galerías filtrantes, así como su derrame anual. Para el análisis de la evolución hidrogeológica, se presentan las variaciones piezométricas medidas en 30 pozos (15 en Guanchín y 15 en Sañogasta) contándose con dos mediciones en junio (2021-2022), como estado de menor explotación y la restante en diciembre (2021) como estado de mayor explotación del recurso. Todos los datos de nivel a boca de pozo fueron tomados con sonda piezométrica luego de mantener detenidos los pozos al menos 24 hs. A fin de analizar la relación entre la variación de niveles piezométricos y los caudales erogados por la descarga, se correlacionó el caudal medido mensualmente con el registro también mensual de la profundidad de agua subterránea en un pozo no equipado localizado $\approx 1000 \text{ m}$ aguas arriba del manantial “El bosquecillo” durante el período junio 2021 y junio 2022. Cabe destacar que este pozo no presenta otros en explotación en un radio de $\approx 300 \text{ m}$. Por otro lado, en pos de conocer la explotación de la cuenca se estimaron con tres supuestos, el máximo volumen de agua subterránea explotable (Q_{Max}) por los pozos existentes en la cuenca (365 días por 24 hs), el máximo volumen a explotar esperable (Q_{esp}) en función de los costos de energía y días de necesidad de riego en las plantaciones de vid y nogal (220 días por 18 hs) y el “real” en función de la superficie de cultivos bajo irrigación con agua subterránea (calculada en base a la

herramienta polígono de Google Earth Pro y validación en campo), láminas de riego informadas por referentes en el cultivo de Nogal y Vid y estimación de retornos de riego en función de la eficiencia esperada en el sistema de riego. Para finalizar y en función de los datos presentados se realizan interpretaciones sobre la sustentabilidad de la explotación de agua subterránea en la cuenca Guanchín-Sañogasta.

RESULTADOS

Precipitaciones y estimaciones de recarga

Los registros de precipitaciones en Guanchín y Sañogasta son limitados, se cuentan con datos del Instituto Nacional del Agua, Centro Regional de Agua subterránea (en adelante INA-CRAS de Salvioli, 1980) para el período 1974-1980 (precipitación de 444 mm año⁻¹) y se ha propuesto por Falcón *et al.* (2020) el uso de datos de bases web que sugieren precipitaciones para Guanchín (205 mm año⁻¹) y Sañogasta (108 mm año⁻¹). Si bien en este trabajo no se detalla la metodología y cómo se calcularon los valores de precipitación, se evidencia una marcada diferencia y que, al momento de un balance, podría conllevar a interpretaciones equivocadas. Para este trabajo se accedió con el aporte de dos estaciones meteorológicas automáticas de uso agrícola (en adelante EMAs). Se presentan en la

Tabla 1 los datos de precipitación y evapotranspiración de cultivo de referencia (ET_o) promedio para ambas EMAs, una localizada en Guanchín y otra en Sañogasta con un registro continuo desde el año 2011-2021.

Se observa que la precipitación media para Guanchín y Sañogasta es de 538 y 333 mm año⁻¹; respectivamente con valores marcadamente superiores a los datos propuestos por Falcón *et al.* (2020). La evapotranspiración potencial (Penman-Monteith) es de 1.074 mm año⁻¹ para Guanchín y 1.224 mm año⁻¹ para Sañogasta. Para el caso de Sañogasta se evidencia un déficit en todos los meses en tanto que Guanchín muestra el mes de febrero con excesos hídricos.

En la Tabla 2 se presenta el total de volumen de agua precipitada en la cuenca y probable volumen de recarga considerando un promedio entre la estación Sañogasta y Guanchín de 436 mm año⁻¹ junto con el comparativo de información antecedente del INA CRAS.

Se observa que los valores de precipitación promedios entre Guanchín y Sañogasta no han presentado marcados cambios entre los períodos estudiados. Considerando que un 10 % de lo precipitado se recargue en el área (Sosic, 1971) es de esperarse que los valores de recarga promedio en la cuenca rondan los 12,0 hm³ año⁻¹

Tabla 1. Precipitaciones y evapotranspiración de cultivo de referencia sistematizados de EMAS Guanchín y Sañogasta. Datos de Com. Pers. Brizuela, J. y Sotomayor, F.

Sector	Guanchín		Sañogasta	
Período	2011-2021			
Mes	pp (mm)	ETo (mm)	pp (mm)	ETo (mm)
Ene	127	132	89	167
Feb	133	106	75	126
Mar	69	86	37	108
Abr	47	66	26	71
May	20	49	10	44
Jun	14	43	6	36
Jul	7	49	7	45
Ago	7	72	6	71
Sep	5	96	11	101
Oct	15	122	13	130
Nov	32	130	17	155
Dic	60	124	35	170
Total* ¹	538	1.074	333	1.224

*¹Diferencias en sumas se deben a la no inclusión de decimales.

Tabla 2. Precipitaciones, volumen precipitado y recarga estimada. Datos de precipitación de

¹Salvioli, 1980 y ²Com. Pers. Brizuela, J. y Sotomayor, F.

Precipitación media anual (m)		Área de la cuenca (m ²)	Volumen agua (hm ³ año ⁻¹)	Recarga de 10 % (hm ³ año ⁻¹)
Lámina (m)	Período			
0,444	1974-80* ¹	274.000.000	121,6	12,2
0,436	2011-21* ²		119,5	11,9
0,440	Promedio* ^{1,2}		120,5	12,0

En la Tabla 3. Se presentan los datos de precipitaciones para la serie 2011-2021 con el promedio de las EMAs de Guanchín y Sañogasta así como el volumen precipitado

en el área de la cuenca y la estimación anual de la recarga. Se evidencia que en el periodo 2019-2021 las precipitaciones y recarga han estado por debajo de la media.

Tabla 3. Variación de la precipitación, el volumen precipitado y la recarga estimada 2011-2021.

Datos de Com. Pers. Brizuela, J. y Sotomayor, F.

Año	Lámina precipitada (m año ⁻¹)	Volumen agua (hm ³ año ⁻¹)	Recarga de 10 % (hm ³ año ⁻¹)
2011	0,476	128,4	12,8
2012	0,261	70,6	7,1
2013	0,361	97,6	9,8
2014	0,419	113,1	11,3
2015	0,579	156,4	15,6
2016	0,530	143,2	14,3
2017	0,531	143,3	14,3
2018	0,567	153,0	15,3
2019	0,411	111,0	11,1
2020	0,282	76,2	7,6
2021	0,345	93,2	9,3
Promedio	0,436	119,5	11,9

¹Diferencias en sumas se deben a la no inclusión de decimales

Descarga de la cuenca y su relación con la recarga

galerías filtrantes construidas en sus inmediaciones y que debido a la construcción de una pantalla de arcilla cierran el flujo del agua del subálveo. En la Figura 3 se presentan los caudales aforados desde enero de 2015 a junio de 2022 en el manantial, galerías y la suma de ambos caudales.

Se advierte que los caudales presentan desde 2015 a junio de 2022 una merma, el

La descarga de la cuenca se produce a través del manantial “El bosquecillo” y las manantial “El bosquecillo” presenta un caudal de $\approx 250 \text{ l seg}^{-1}$ al inicio del estudio finalizando con $\approx 220 \text{ l seg}^{-1}$. Por otro lado, las galerías filtrantes captan al inicio del estudio alrededor de $\approx 200 \text{ l seg}^{-1}$ reduciéndose su caudal a $\approx 150 \text{ l seg}^{-1}$. En la suma de ambos caudales se evidencia una reducción de $\approx 70 \text{ l seg}^{-1}$ en el período estudiado.

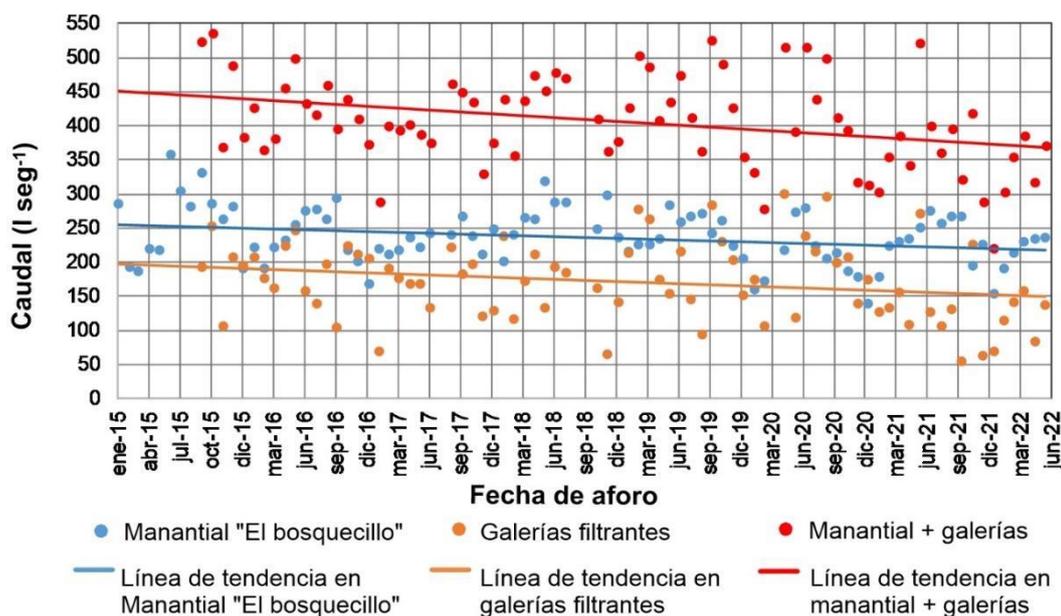


Figura 3. Caudales aforados en manantial “El bosquecillo”, galerías filtrantes y su sumatoria enero de 2015 a junio 2022

En la Tabla 4 se muestran los caudales medios para el período 2016-2021 y sus derrames, como descarga de la cuenca, para cada período mientras que en la Figura 4 se presentan estos datos de derrame junto con los de recarga calculada en función de la precipitación para igual período.

Se evidencia que la descarga es levemente superior a la recarga calculada a partir de considerar el 10% de las precipitaciones. No obstante, se observa un acompañamiento entre los valores calculados de recarga-descarga junto con un “retardo y atenuación” de respuesta en los manantiales.

Tabla 4. Derrame de la cuenca en manantial “El bosquecillo” y galerías filtrantes

Año	Caudal medio m ³ seg ⁻¹	Derrame hm ³ año ⁻¹
2016	0,421	13,54
2017	0,392	12,61
2018	0,425	13,67
2019	0,443	14,25
2020	0,403	13,03
2021	0,367	11,78
Promedio	0,409	13,14

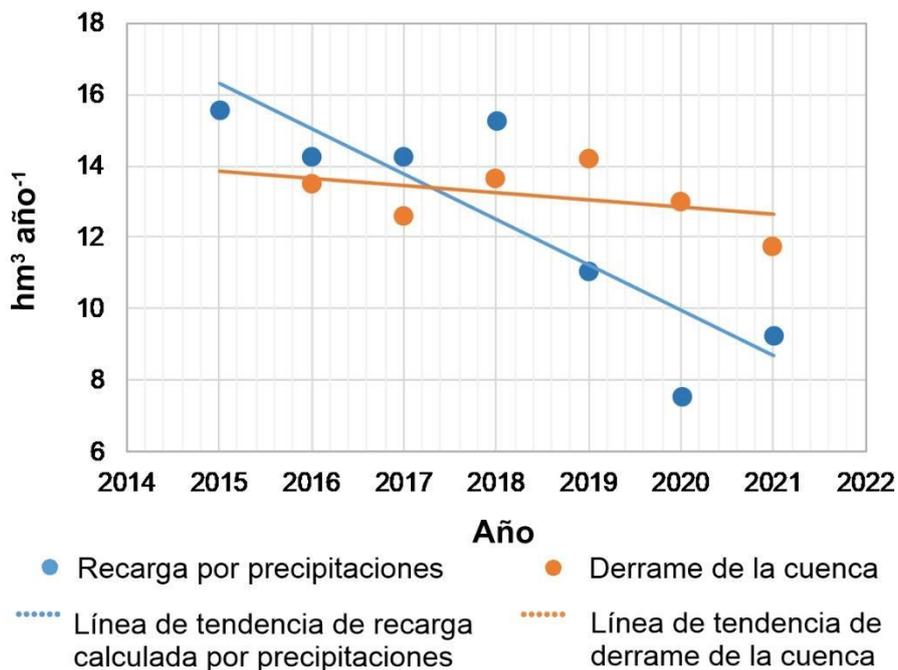


Figura 4. Recarga calculada y derrame de la cuenca (2015-2021).

Variación piezométrica

En la Figura 5 se presenta la variación de niveles piezométricos para la cuenca diferenciándose en dos áreas, la cabecera de cuenca en Guanchín y el área en inmediaciones de la descarga, en Sañogasta. El valor “0 m” corresponde a la situación de inicio de las mediciones en cada uno de los pozos (junio 2021).

Se observa como la mayoría de los niveles se profundizan desde junio 2021, momento de menor explotación, a enero de 2022, como momento de mayor explotación, para luego tender a su recuperación a junio de 2022. Sin embargo, el sistema acuífero respondió de manera diferente a la

explotación en Guanchín y Sañogasta. Esta situación es esperable ya que en Guanchín el acuífero está constituido en un fanlomerado de baja permeabilidad, donde la mayoría de los niveles piezométricos descendieron marcadamente en enero (-8,97 m) para luego recuperarse, en la mayoría de los pozos (11/15 pozos) en un promedio de +0,20 m por encima del valor medido en junio 2021. Por otro lado, en Sañogasta –donde el acuífero se encuentra en rellenos pedemontanos– los niveles descendieron en enero menor medida que en Guanchín (-1,89 m) pero sin alcanzar para junio de 2022 una recuperación a los niveles de junio de 2021 con una variación promedio de -1,14 m.

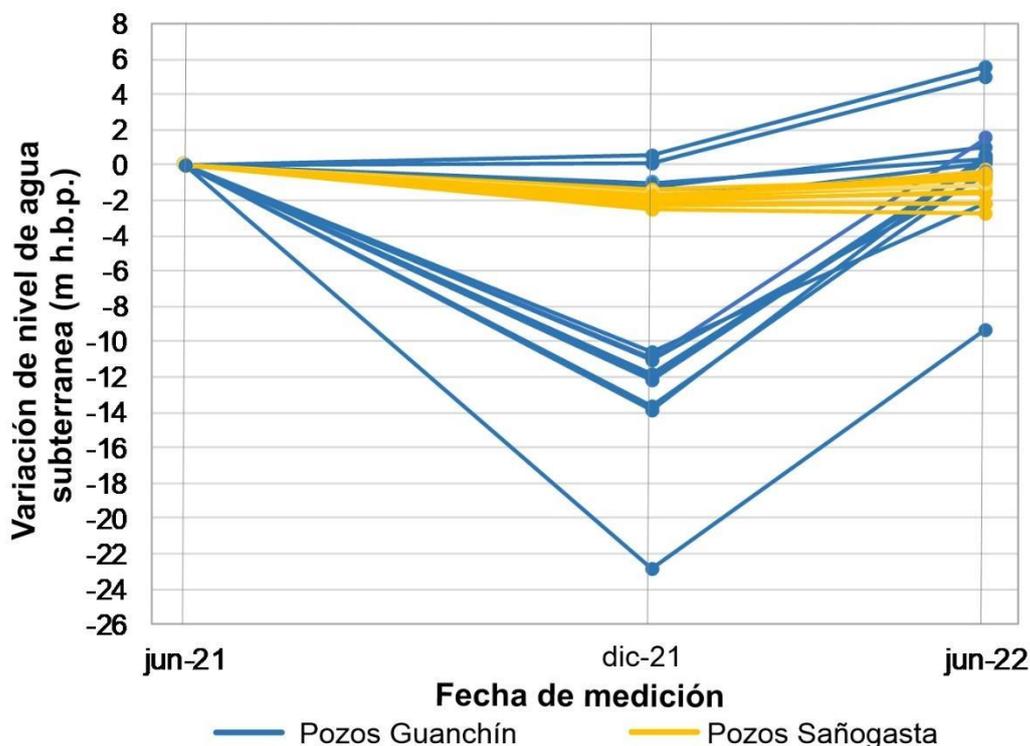


Figura 5. Variación de niveles piezométricos en los sectores de Guanchín y Sañogasta (junio 2021, enero 2022 y junio 2022).

Variación en la piezometría y caudales en manantial

En la Figura 6 se presenta la variación en la piezometría de un pozo y en el caudal del manantial “El bosquecillo”. Se observa en la mayoría de los meses que, cuando los caudales disminuyen, el nivel a boca de pozo se incrementa (descenso de la piezometría) y viceversa. También se evidencian en este pozo –similar a acontecido en los 15 pozos analizados en Sañogasta– una variación de niveles piezométricos de -0,61 m sin alcanzar la situación inicial de junio de 2021.

Cuando se correlacionan los valores de niveles a boca de pozo (m) y caudales del manantial “El bosquecillo” ($l\text{ seg}^{-1}$) se obtiene un r^2 0,82 (Figura 7). Estos valores presentan un mayor ajuste que los expuestos por Miguel *et al.* (2018) que de manera similar correlacionó el caudal del manantial “El bosquecillo” con un pozo localizado 900 m al Sur (aguas abajo y posiblemente afectado por interferencias de pozos cercanos) en el período junio 2016-junio 2017 con un r^2 0,60.

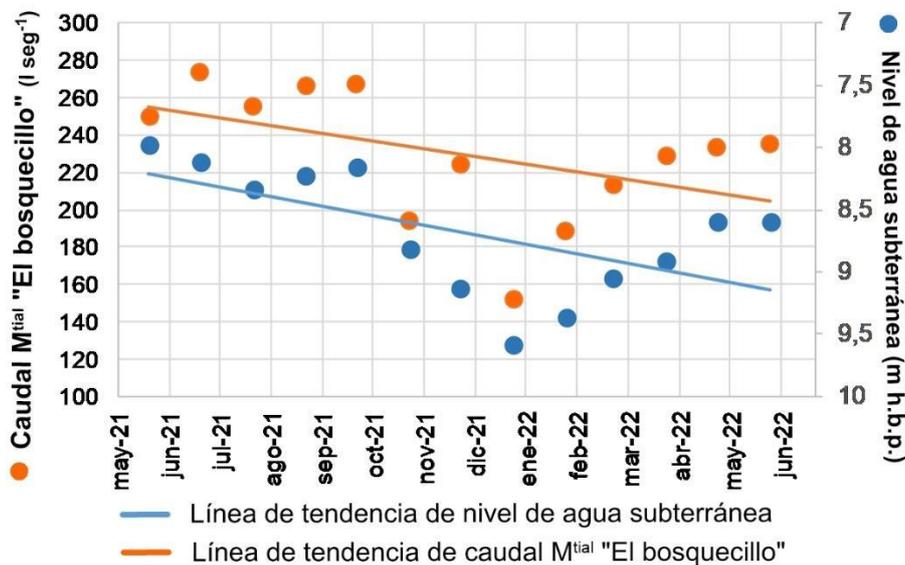


Figura 6. Variación en la piezometría de un pozo y en el caudal del manantial “el Bosquecillo” (datos mensuales).

Explotación de agua subterránea

Para el cálculo de la explotación de agua subterránea en la cuenca se trabajó con tres supuestos, el máximo volumen de agua subterránea explotable (Q_{max}) (365 días por 24 hs), el máximo volumen a explotar esperable (Q_{esp}) en función de los costos de energía y días de necesidad de riego en las plantaciones de vid y nogal (220 días por 18 hs) y el “volumen real” (Q_{real}) en función de la superficie de cultivos bajo irrigación con agua subterránea y láminas de riego informadas por referentes en el cultivo de Nogal y Vid.

En la Tabla 5 se presentan los Q_{max} y Q_{esp} para Guanchín y Sañogasta en función de la

información disponible de pozos aguas arriba del manantial “El bosquecillo” y galerías filtrantes. La cuenca en el sector Norte de Guanchín cuenta con 17 pozos que explotan un caudal medio de $81 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ lo que representa un Q_{max} y Q_{esp} de $12,1$ y $5,5 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ de agua subterránea. En el sector Sur de Sañogasta los 24 pozos explotan un caudal medio sustancialmente mayor que en Guanchín, con $142 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ lo que representa un Q_{max} y un Q_{esp} de $29,9$ y $13,5 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ de agua subterránea. La explotación en ambos sectores alcanza un Q_{max} de $41,9 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ y Q_{esp} de $18,9 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$.

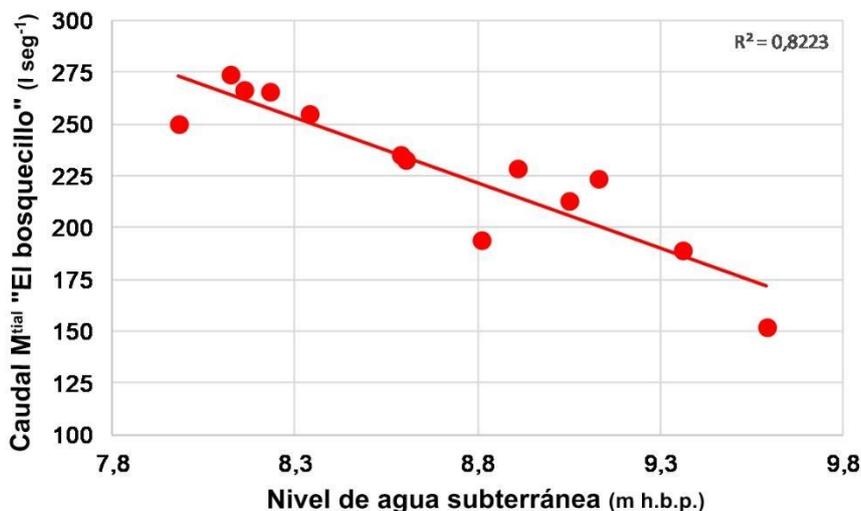


Figura 7. Correlación entre la variación en la piezometría de un pozo y en el caudal del manantial “el Bosquecillo” (Datos mensuales).

En la Tabla 6, se presenta el Q_{real} explotado en base a la superficie cultivada irrigada con agua subterránea (800 ha de nogal y 44 ha de vid), la lámina media requerida para el cultivo en cada sector (Guanchín y Sañogasta) y de la sustracción de las precipitaciones medias. El requerimiento de lámina de riego multiplicado por las hectáreas cultivadas permitió obtener el Q_{real} de agua subterránea que ronda los $7,79 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$. Al considerar una eficiencia del riego del 90 % para los sistemas de riego por goteo y microaspersión utilizados en los sectores (Cisneros Almazán, 2003) los retornos de riego que alcanzan el acuífero serían $\approx 0,78 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ y el volumen evaporado de agua subterránea aportada desde el riego de $7,01 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$.

DISCUSIÓN

Si bien la información disponible tanto climática, hidrológica e hidrogeológica es

limitada y parcial en tiempo y espacio, los datos aquí relevados permiten efectuar algunas interpretaciones en función de las estimaciones de recarga, descarga natural y explotación de agua subterránea en la cuenca.

Los valores de recarga estimados en función de lo propuesto por Susic (1971), donde un 10 % de las precipitaciones recargarían el acuífero, alcanzan un valor promedio de $11,9 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (periodo 2011-2021) con una descarga de la cuenca por manantial “El bosquecillo” y galerías filtrantes con pantalla de arcilla de $13,14 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ (2016-2021). Debido a que la recarga estimada presenta diferencias de alrededor de un 10 % con la descarga, se debería considerar a ésta última también como valor de recarga ya que las particularidades de la cuenca y su cierre permiten suponer que éste sería el único punto de derrame del sistema. Por otro lado, de no aforarse en el futuro la descarga de la cuenca o que esta se vea alterada en mayor medida por la explotación intensiva de agua

subterránea, se sugiere que la estimación de la recarga debería considerarse en función del 11% de las precipitaciones considerando las EMAs de Guanchín y Sañogasta.

Tabla 5. Volumen máximo de agua subterránea explotable (Q_{Max}) y el máximo volumen a explotar esperable (Q_{esp}) en función de cantidad de pozos y caudal de extracción promedio ($m^3 h^{-1}$).

Sector	Datos para año 2022				
	Cantidad de Pozos	$Q \bar{x}$	$Q \Sigma$	Q_{max}	Q_{esp}
		$m^3 hora^{-1}$	$m^3 hora^{-1}$	$hm^3 año^{-1}$	$hm^3 año^{-1}$
Guanchín	17	81	1377	12,1	5,5
Sañogasta	24	142	3408	29,9	13,5
Cuenca	41	223	4785	41,9	18,9

Tabla 6. Volumen real explotado de agua subterránea en función de superficie de cultivos, precipitaciones y requerimiento de riego. *1Sotomayor, F. (Com. Pers), *2Costa y Minetti (2001) *3 Cisneros Almazán (2003).

Sector	Guanchín	Sañogasta	
Cultivo	Nogal	Nogal	Vid
ha	315	485	44
Lámina requerida ($mm año ha^{-1}$)	1,338 ^{*1}	1,383 ^{*1}	0,73 ^{*2}
Precipitación ($m año^{-1}$)	0,538	0,333	0,333
Requerimiento de riego ($m año ha^{-1}$)	0,80	1,05	0,397
Volumen aplicado ($m^3 año^{-1}$)	2520000	5092500	174680
Q_{real} explotado ($hm^3 año^{-1}$)	7,79		
Eficiencia del riego (%) ^{*3}	90		
Retornos de riego ($hm^3 año^{-1}$)	0,779		
Q_{etp} ($hm^3 año^{-1}$)	7,01		

En cuanto a la explotación agua subterránea, los desarrollos agrícolas actuales extraen el 65 % de la recarga ($7,79 hm^3 año^{-1}$) aunque considerando los retornos de riego el valor extraído del

sistema sería de alrededor del 60 %. No obstante, los pozos actuales pueden explotar ≈ 160 % del volumen de la recarga si funcionan en el máximo de explotación esperable ($18,9 hm^3 año^{-1}$ en 220 días por 18 hs) y un ≈ 350 % de funcionar de

manera continua ($41,9 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ en 365 días por 24 horas).

Por otro lado, si bien en los últimos años las precipitaciones han estado por debajo de la media, hay evidencias de que el sistema está reaccionando a la explotación de agua subterránea en el sector de Sañogasta con un descenso de los niveles piezométricos $-1,14 \text{ m}$ entre junio de 2021 y junio 2022– cuando en Guanchín los niveles se ha mantenido estables. Por otro lado, se advierte que la variación mensual en el caudal del manantial “El Bosquecillo” se correlaciona con los cambios en la piezometría del pozo medido en sus inmediaciones.

Más allá de estas interpretaciones, se plantea la inquietud sobre en qué grado estas evidencias son producto de la explotación intensiva (acción antrópica) y en qué grado debido a la variabilidad climática por las bajas precipitaciones de los últimos tres años (causa natural). Sin embargo, el balance que indica que al menos el 60 % de la recarga estaría siendo explotado, debe ser una alerta para la gestión ya que posiblemente, y considerando los tiempos de respuesta de los sistemas acuíferos, la descarga natural del sistema se vea aún más afectada en el tiempo de mantenerse o incrementarse esta explotación o de existir cambios marcados en las precipitaciones.

CONCLUSIONES

La explotación de agua subterránea en la Cuenca de Guanchín-Sañogasta se ha

incrementado fuertemente en los últimos 8 años, en especial en el área de Sañogasta. Los resultados indican que al menos un 60 % de la recarga se extrae para riego a través de una batería de 41 pozos localizados aguas arriba del área de descarga: manantial “El bosquecillo” y las galerías filtrantes. Tanto la piezometría en Sañogasta –con un descenso de niveles– y el manantial “El bosquecillo” – con una disminución progresiva del caudal– están afectados por la explotación intensiva del agua subterránea. Además, debe destacarse que los pozos actualmente construidos tienen la capacidad de extraer caudales muy por encima de los valores de recarga de la cuenca. Por lo tanto, la sustentabilidad del agua subterránea se encuentra afectada negativamente como consecuencia de la explotación intensiva.

Es fundamental continuar con el registro de datos de precipitaciones, niveles piezométricos y caudales en el área de descarga para analizar la evolución de la cuenca. De esta manera se reforzará con más datos y mejor precisión el proceso de explotación intensiva que aquí se sugiere y la hipótesis de que las alteraciones advertidas se deben principalmente a la extracción de agua subterránea y en menor medida a un proceso de variabilidad en las precipitaciones.

Es necesario además profundizar las investigaciones en la sustentabilidad del sistema desde toda su complejidad, incorporando a futuro el análisis de otros aspectos: lo social, económico, legal y ético de la explotación intensiva de agua

subterránea en la Cuenca Guanchín-Sañogasta.

cuencas rurales del sistema agroalimentario argentino”; Convenio 26.813 entre INTA y Coop. La Riojana; Convenio Nro. 27101 entre INTA y Coralino S.A.; a Aimé Espindola y Sofía Havrylenko de INTA–CIRN–Clima y Agua por su colaboración en los mapas.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto INTA PE041 “Aportes a la gestión integrada de recursos hídricos en

BIBLIOGRAFÍA

Candani, J.C.; Astini, R.A.; Dávila, F.; Collo, G.; Ezpeleta, M.; Alasino, P.; Dahlquist, J. y Carrizo, R. 2011. Hojas geológicas 2969-24 Sañogasta, 1:100.000. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Boletín 379. Pág. 163

Castaño, O.F. y Crespo H.O. 1981. Características hidrogeológicas de la zona de Sañogasta, Departamento de Chilecito, Provincia de La Rioja, República Argentina. En Acta Geológica Lilloana – 1er Simposio de Geología de La Rioja. 15-3 pp 53-59.

Cisneros Almazán, R. 2003. Apuntes de la materia de Riego y Drenaje. Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado y Área Agrogeodésica. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí. 164 pp. Recuperado de: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/Apuntes_de_Riego_y_Drenaje_v.2.pdf

Costa, M.C. y Minetti, J.L. 2001. El agua: una limitante de la agricultura en La Rioja. Jornada de Avances en la Producción Vegetal del NOA. San Miguel de Tucumán. Pág. 146-152

Custodio, E. 2015. Aspectos hidrológicos, ambientales, económicos, sociales y éticos del consumo de reservas de agua subterránea: Minería del agua subterránea en España. Universidad Politécnica de Cataluña. AQUALOGY. Pág. 487.

Falcón, C.M.; Horta, L.R.; Fernández, I.; Moreno, G.G. y Combina, A.M. 2020. Caracterización hidrogeológica del Valle del Río Guanchín Chilecito, La Rioja, Argentina. Serie Correlación Geológica. ISSN 1514-4186 - ISSN on-line 1666-9479. INSUGEO - 35 (2): pp 5-16.

Miguel, R. E.; González Ribot, J. V.; Silva Furlani, N. 2017. Conflictos emergentes de la captación y uso del Agua. El caso del canal primario de Nonogasta, Provincia de La Rioja, Argentina. Congreso Nacional del Agua. Córdoba, 20,21, 22 y 23 de septiembre de 2017. pp. 158-159.

Miguel, R.E.; González Ribot, J.V.; Tálamo, E. 2018. Variaciones de caudales en manantiales por efecto del bombeo. El caso del parque municipal El Bosquecillo, Sañogasta, La Rioja, Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de Hidrogeología, X Congreso Argentino de Hidrogeología y VIII Seminario Hispano-Latinoamericano. El agua subterránea: recurso sin fronteras: Interacción aguas superficiales y aguas subterráneas. Hidrogeología de salares. 1era edición. Editorial de la Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. ISBN 978-987-633-536-2. pp. 123-130.

Miguel, R.E. 2022. Parámetros hidrogeológicos de Guanchín y Sañogasta. Informe Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Catamarca La Rioja, Estación Experimental Agropecuaria Chilecito. Inédito. 3 pp.

Salvioli, G. 1980. Información pluviométrica: Área Antinaco-Los Colorados. Instituto Nacional del Agua, Centro Regional de Aguas Subterráneas (INA-CRAS) Área Hidrología, Informe N° 18, diciembre de 1980. 14 pp.

Silva, Santiago H.; Poveda, María E.; Rodríguez, Corina I y Miguel, Roberto E. 2021. Características y evolución de manantiales captados para usos múltiples en el distrito Vichigasta, La Rioja, Argentina. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, N° 47 pp 17- 30.

Sosic, M. 1971. Descripción hidrogeológica del Valle de Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja. Buenos Aires. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 123. Pág. 51.

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. Buenos Aires. Editorial CFI. Consejo Federal de Inversiones. Pág. 55-73.