

## Ampliación de la frontera agrícola e industrial en la Cuenca Antinaco – Los Colorados, La Rioja. Su implicancia en el recurso hídrico y en la energía

R. E. Miguel<sup>1\*</sup> y M. C. Gareis<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Estación Experimental Agropecuaria Chilecito, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta de la Producción Km. 7,5. Tilimuqui (5361), Chilecito, La Rioja. <sup>2</sup>Becaria Interna Postdoctoral CONICET, Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM-FAUD-UNMdP), Dean Funes 3350, Mar del Plata (7300), Buenos Aires. <sup>3</sup>Docente-Investigadora del Instituto de Ambiente de Montaña y Regiones Áridas (IAMRA-UNDeC), 9 de julio 22, Chilecito (5360), Chilecito, La Rioja.

\* Autor de correspondencia: [miguel.roberto@inta.gob.ar](mailto:miguel.roberto@inta.gob.ar)

### RESUMEN

La Cuenca Antinaco-Los Colorados (CALC) es una de las áreas agrícolas y agroindustriales más importantes del Noroeste Argentino. El clima árido y la escasez de recursos hídricos superficiales generan que el recurso subterráneo sea explotado intensamente a fin de satisfacer las demandas de los cultivos de vid, olivo, nogal y hortalizas, así como los requerimientos de procesos agroindustriales. El objetivo del trabajo es analizar las implicancias de la actividad agropecuaria y agroindustrial hacia el recurso hídrico subterráneo en el Valle Central de la CALC y su nexa con el consumo eléctrico. Los resultados indican un incremento de la superficie agropecuaria y de la actividad agroindustrial que utiliza exclusivamente agua subterránea para su desarrollo mientras que el sistema acuífero responde con una profundización de niveles, pérdida de reservas y salinización de la capa freática. El aumento de la superficie agrícola y la instalación de agroindustrias en áreas de recarga suponen que los efectos de la explotación intensiva se incrementarán.

**Palabras clave:** agricultura, agroindustria, recurso hídrico subterráneo, consumo eléctrico, Cuenca Antinaco – Los Colorados.

### ABSTRACT

Antinaco-Los Colorados Basin is one of the most relevant agriculture and industrial areas of the Argentinean Northwest. An arid climate and poor flow rate of rivers generate that groundwater be intensively extract. The aim was to analyze the implications of agriculture and industrial activities in the groundwater and its nexus with electric energy consumption. The results showed an increase of agriculture area and industrial activities that use only groundwater to their development while the aquifer system shown a deepening of water table, lost or reserves and salinization of phreatic level. The rise of agriculture area and new industries in recharge locations support the idea that the effects of intensive extraction will be in increase.

**Key-words:** agriculture, industry, groundwater, electricity consumption, basin Antinaco – Los Colorados.

### INTRODUCCIÓN

La Cuenca Antinaco-Los Colorados (CALC) es una de las áreas productivas más importantes del Noroeste Argentino. Se localiza en la Provincia de La Rioja, limita al Norte con la divisoria de aguas a la altura de la localidad de Pituil (Lat. -28,5640), al Sur con la Formación Los Colorados (Lat -30,0297), al Este con las Sierras de Velasco (Long.-67,0561) y al Oeste con las Sierras de Famatina (Long. -67,8139). Posee una superficie de aproximadamente 8.200 km<sup>2</sup>, mientras que su valle central alrededor de 2.965 km<sup>2</sup>. Políticamente, la cuenca está integrada por los departamentos de Famatina al Norte, Chilecito al centro e Independencia al Sur (Fig. 1).

Allí se desarrollan cultivos de olivo, vid, nogal, otros frutales y hortalizas, así como agroindustrias asociadas a su procesamiento. Inicialmente las producciones utilizaban el agua de los ríos y vertientes que permitían el riego de 4.528 hectáreas (Victoria, 1962). Sin embargo, los efímeros caudales de los ríos y vertientes –que en conjunto

alcanzaban 2.717 l seg<sup>-1</sup> en estiaje (Grassi, J.A. sin fecha citado por Victoria, 1962) –, la alta evapotranspiración –1.193 mm año<sup>-1</sup> (Costa y Minetti, 2001) – y precipitaciones medias del orden de los 178 mm año<sup>-1</sup> (Sosic, 1971) limitaban la expansión agrícola.

En contrapartida a los exiguos caudales superficiales, el territorio de la CALC posee un importante volumen de recursos hídricos subterráneos estudiados inicialmente por la Dirección Nacional de Minería, Gobierno de La Rioja y diferentes empresarios en la década del 40 y 50. Según un informe citado por Victoria (1962) en el valle podría regarse unas 30.000 ha. Con la información disponible, se elaboró en la década del 60 un *Plan de Colonización del Gobierno de La Rioja* donde se proyectó la realización de unas 140 perforaciones profundas y el avance de la agricultura sobre tierras agrónomicamente "incultas". A partir de este plan, la producción agrícola y agroindustrial se desarrolló con ímpetu en la CALC, espe-

cialmente en su valle central.

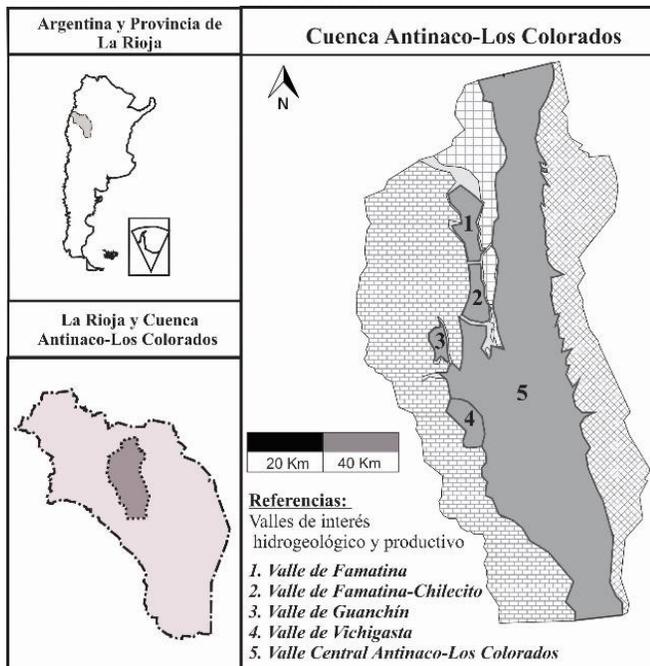


Figura 1. Localización del área de estudio y valles de interés hidrogeológico. Elaboración propia.

En la década de los 90, con la aplicación de la Ley Nacional 22.021 de diferimientos impositivos, múltiples inversiones ampliaron la superficie cultivada que para el año 2004 alcanzó 13.231 ha (Brito y Del Moral, 2004 citado por Poblete y Guimaraes, 2006). En esos años la provincia impulsó la creación de empresas SAPEM (Sociedades Anónimas con Porcentaje del Estado Mayoritario) destinadas a la producción y elaboración de productos olivícolas, vitícolas y hortícolas.

Desde la década del 70 a la actualidad, el crecimiento productivo en el valle tiene su base en el recurso hídrico subterráneo, el cual ha sido estudiado a demanda del estado provincial por el INACRAS (Centro Regional de Aguas Subterráneas, Instituto Nacional del Agua) entre el año 1973 (estudio de base) y 2006 (Rocca, 1975; Poblete y Guimaraes, 2006). Desde ese momento a la fecha, el control sobre la extracción, el monitoreo de las variaciones hidrodinámicas – profundización de niveles estáticos, pérdida de reservas, entre otras– e hidroquímicas –cambios químicos en el agua– y la localización de las producciones con criterios hidrogeológicos y de gestión integrada de recursos hídricos ha sido exiguo a pesar de los informes que indican la necesidad y relevancia del seguimiento y monitoreo de la

evolución hidrogeológica en el área. Considerando que a nivel internacional la cadena agroalimentaria consume el 30% de la energía mundial (FAO, 2011); que en Latinoamérica la agricultura utiliza entre el 70 y el 80% del agua y ocupa el 25% de la superficie total (Embry y Martín, 2017); y la creciente dependencia de la agricultura moderna con la disponibilidad de agua subterránea; se planteó como objetivo de trabajo analizar las implicancias de la actividad agropecuaria y agroindustrial sobre el recurso hídrico subterráneo en la CALC y su relación con el consumo eléctrico, a fin de predecir las implicancias sobre el territorios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para comprender el modelo conceptual hidrogeológico se accedió a trabajos antecedentes efectuados por Sosic (1971), INA-CRAS e INTA. Esta información permitió conocer los cambios hidrogeológicos en la cuenca entre el año 1973 y 2015.

Para la obtención de datos de superficie cultivada se tomaron como base para el año 2004 los resultados de De Brito y Del Moral (2004) y aportes de Poblete y Guimaraes (2006). Para el año 2015 se accedió a imágenes satelitales Landsat 8 (Path y Row 232-80) desde el sitio del Servicio Geológico de Estados Unidos capturadas el día 7 y 14 de noviembre de 2015 abarcando el total cultivado de la CALC. Se efectuó un combinado de bandas 2, 3 y 4 a fin de clasificar visualmente las áreas cultivadas y sus superficies utilizando el Programa de acceso libre QGIS 2.18. Se realizaron controles adicionales con imágenes de Google Earth Pro y salidas de campo a fin de corroborar el trabajo en gabinete.

En un paso posterior se correlacionaron los datos de superficie cultivada con los de uso de agua subterránea para riego y para uso industrial. Seguidamente se trabajó con datos de consumo de MWh y usuarios correspondientes a los sectores riego e industrial tomados de los informes estadísticos anuales del Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina para los años 2004 y 2015. A partir de allí se analizaron los consumos, usuarios, se estimó la intensidad de consumo, el  $r^2$  entre consumo energético y hectáreas cultivadas y consumo energético y usuarios, así como los requerimientos eléctricos desde el contexto productivo local para los casos del Departamento

de Chilecito como de Famatina. En la zona Sur de la Cuenca, Departamento de Independencia, no se desarrollan explotaciones agropecuarias con perforaciones, razón por la cual no es contemplado en el documento.

## RESULTADOS

**Modelo conceptual hidrológico:** La CALC posee al menos cinco áreas con interés hidrogeológico, el sistema acuífero del Valle de Famatina, Valle de Guanchín, Valle Famatina-Chilecito y Valle de Vichigasta, los cuales aportan al área de mayor importancia productiva e hidrogeológica: el Valle Central Antinaco-Los Colorados (VCALC). Dicho Valle se desarrolla en una fosa tectónica generada por el ascenso de grandes bloques del basamento cristalino cuya depresión se rellenó con sedimentos aluviales terciarios y cuaternarios (Sosic, 1971). El VCALC ha almacenado importantes volúmenes de agua a lo largo de milenios, debido al cierre del flujo al Sur por la presencia de una falla de contención a la altura de la Formación Los Colorados (Peña, 1969).

Los principales acuíferos en el VCALC se desarrollan en sedimentos cuaternarios con profundidades entre 300 y 500 m. Es importante destacar que el reservorio es un complejo acuífero donde los niveles inferiores están conectados con los superiores con materiales altamente permeables conformando así un acuífero multicapa (Sosic, 1971).

La recarga del acuífero, del orden de los 130 a 140  $\text{Hm}^3 \text{año}^{-1}$ , deriva de las escasas precipitaciones en el valle y de los aportes de ríos y quebradas que infiltran sus caudales al abandonar el sistema serrano en los conos aluviales. Otra importante fuente de recarga es dada por una compleja red de diaclasas existentes en las Sierras de Famatina (Sosic, 1971). Como recarga artificial, debe considerarse la posibilidad de que los retornos de riego alcancen las capas superiores del sistema acuífero.

La descarga natural del agua subterránea se produce por evapotranspiración de especies freatófitas (Morello, 1955 citado por Sosic, 1971) mientras que la descarga artificial se realiza por medio de una importante red de pozos localizados a lo largo del valle.

La dirección regional del flujo subterráneo en el VCALC es Norte-Sur con cambios locales debido al aporte de los valles con interés hidrogeológico,

principalmente Valle de Famatina, Guanchín y Vichigasta. La dirección de flujo subterránea está condicionada por la explotación de pozos de bombeo y la intersección de conos de depresión en períodos estivales, cuando la explotación del recurso se torna intensiva.

**Cambios hidrodinámicos e hidroquímicos:** En el año 1971, Sosic efectuó uno de los primeros trabajos hidrogeológicos de detalle del VCALC. En dicho documento, se advierte la presencia de aproximadamente 100 perforaciones que en conjunto tenían el potencial de extraer 37 % de la recarga ( $51 \text{Hm}^3 \text{año}^{-1}$ ). Para el año 1973 el INA CRAS efectúa una extensa caracterización hidrogeológica del valle con construcción de mapas hidrodinámicos e hidroquímicos que son considerados como línea de base, aunque como advertía Sosic en 1971, ya existía una presión sobre el recurso hídrico subterráneo. Desde el año 1973 al 2006 el INA CRAS efectuó varios estudios, pero es en el año 2006 donde realiza una comparación con la situación de base inicial. El informe advierte la presencia de 246 perforaciones en condiciones de funcionar y la existencia de 186 pozos nuevos respecto al año 1973. El flujo regional, si bien se mantiene similar a 1973, presenta localmente concentraciones por explotación intensiva para satisfacer demandas de riego. Los niveles piezométricos descendieron entre 10 y 20 m con tasas entre 0,29 y 0,56  $\text{m año}^{-1}$ . El informe concluye que, debido a la gran extensión de la CALC, si la extracción no aumentaba de manera descontrolada, la tasa de descenso anual se atenuaría. Desde la hidroquímica no advierten cambios debido a la explotación intensiva por lo que la composición de las aguas se mantuvo mayormente como Sulfatadas Cálcicas o Bicarbonatadas Cálcicas, estas últimas en áreas con influencia de recarga. Sin embargo, se evidenció hacia el área de Vichigasta la presencia de elevados tenores salinos debido, *a priori*, a la descarga de efluentes agroindustriales sin tratamiento.

Recientemente Miguel y Gonzalez Ribot (2016) y Gonzalez Ribot y Miguel (2016) analizan la evolución hidrodinámica e hidroquímica en áreas bajo explotación intensiva para uso agrícola y agroindustrial donde advierten una profundización de niveles estáticos con máximos entre 15 y 25 m entre los años 2006 y 2015. En adición, observan una aceleración en las tasas anuales de profundización respecto a los años 1973-2005; registrán-

dose en las áreas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán una media de 1,12 m año<sup>-1</sup>. Estos descensos significan una reducción en la reserva de agua almacenada en el sistema. En la Figura 2 se

presentan los cambios ocurridos en la hidrodinámica en Tilimuqui, Malligasta y Anguinán.

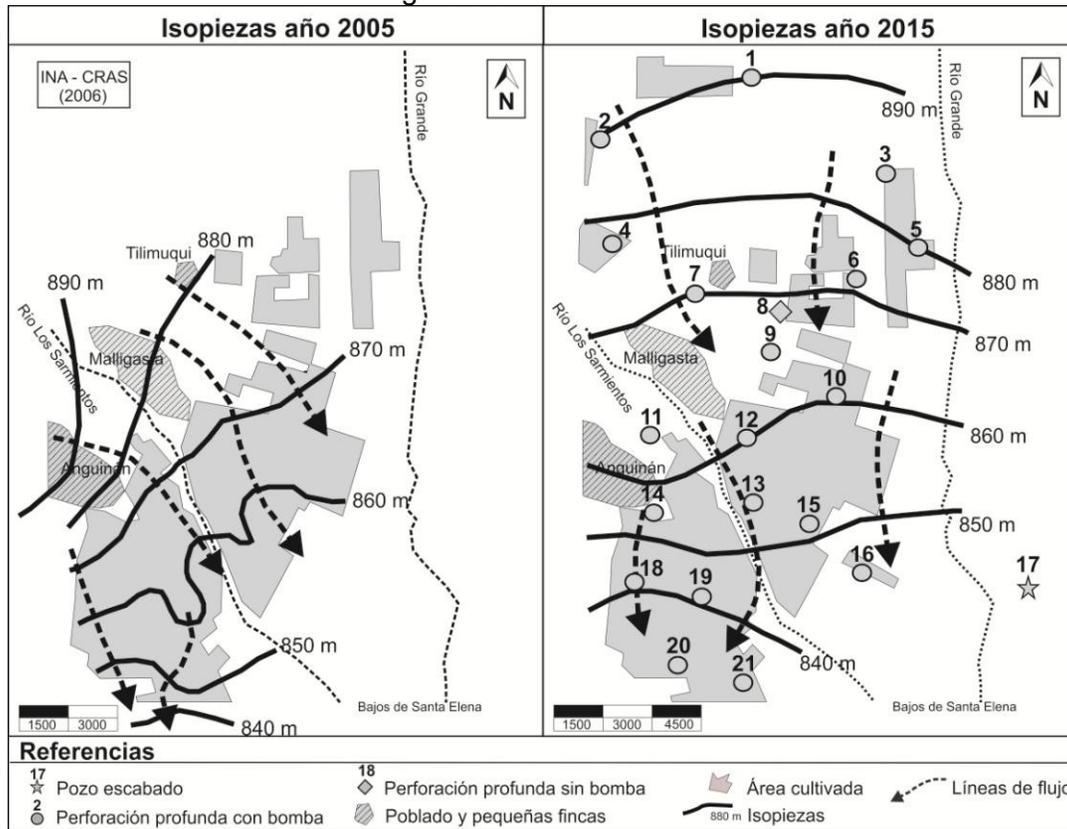


Figura 2. Cambios hidrodinámicos en el área de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán. Fuente: Tomado y adaptado de Miguel y Gonzalez Ribot (2016).

Los documentos mencionan, además, que la localización de nuevos emprendimientos en áreas de recarga antes no explotadas, como la zona del abanico aluvial del Capayán –donde se reciben aportes desde el Valle de Famatina– generarán, de no controlarse, implicancias en la hidrodinámica en las áreas tradicionalmente explotadas de la cuenca con una profundización de los niveles estáticos y pérdida de reservas. En este contexto, resulta llamativo que el gobierno provincial fomente el desarrollo de fincas en el área sin criterio hidrogeológico, promoviendo el pago de la tarifa volumétrica de agua explotada 50% inferior que el resto del valle (Art. 65. Ley Impositiva Anual para el Período Fiscal, 2017).

La calidad química de las aguas no sufrió cambios, aunque en Vichigasta y Catinzaco se advierte una ampliación del área con problemas de elevada salinidad detectados por el INA-CRAS en

2006. Como aporte Miguel et al. (2016) señalan que además de la disposición histórica de efluentes agroindustriales, los excesos de riego y fertilizantes son causantes del problema de salinización de las capas superiores del sistema acuífero si se consideran las prácticas de fertilización con urea granulada y fertirriego a las cuales se ha sometido y somete el suelo para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos. En la Figura 3, se representa gráficamente la evolución salina de la perforación con mayor afectación, localizada en la Colonia Agrícola de Vichigasta. En los muestreos de los años 1974 y 1979, el agua erogaba agua bicarbonatada sódica, mientras que en el 2006 extraía agua sulfatada cálcica con alta concentración de nitrato, estos cambios advierten claramente el aporte antrópico de los cambios hidroquímicos.

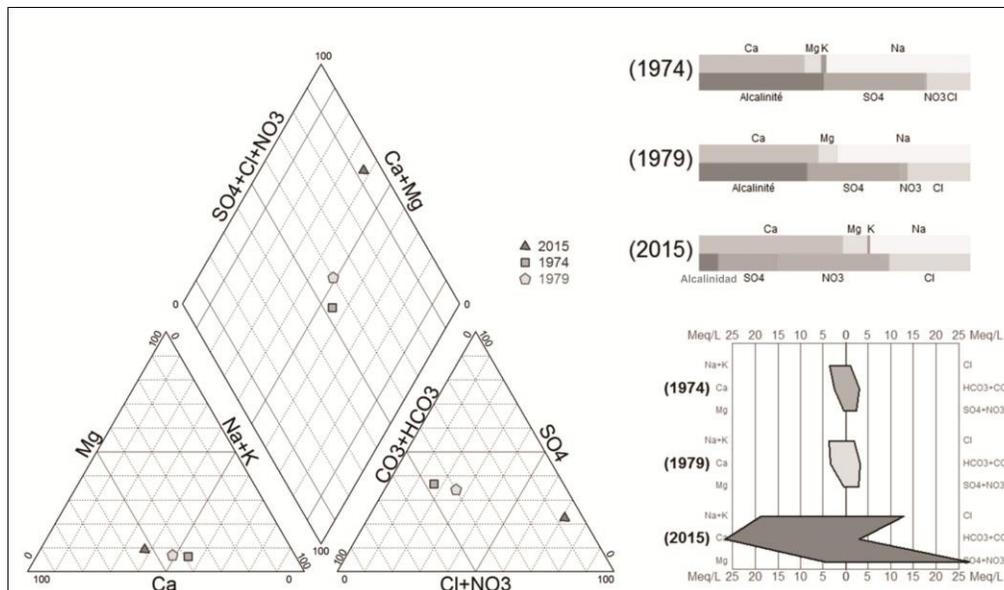


Figura 3. Gráficas de evolución hidroquímica del agua en un pozo de la Colonia Agrícola de Vichigasta (1974, 1979 y 2015). Fuente: Miguel et al (2016).

Agua, energía y amplificación de la superficie agrícola: Siguiendo los lineamientos de Embid y Martín (2017) es posible analizar la relación agua-energía-alimentación desde el enfoque del Nexo, concepto que es destacado internacionalmente en 2008 a partir de la Asamblea Anual del Foro Económico Mundial (WEF). Este enfoque, es “[...] un nuevo modelo de acción informado por las interconexiones entre los diferentes sectores. Se construye sobre una larga historia de enfoque de gestión integrada. La principal premisa del enfoque del Nexo es que nuestros hiperconectados mundos del agua, de la energía y de la alimentación son cada vez más interdependientes y que los impactos en un sector afectan a los otros. En un planeta bajo la presión del cambio climático y de las crecientes demandas de una población cada vez mayor, comprender y tener en cuenta estas interdependencias es vital para alcanzar a largo plazo las metas económicas, medioambientales y sociales.” (Bellfield, 2015 en Embid y Martín, 2017:7).

Si bien el esquema de interacción que se desarrolla en el Nexo coloca al agua como punto de entrada para la aplicación de este enfoque, en la CALC la energía es el elemento clave a partir del cual efectuar la construcción teórica del Nexo, que responde a las características que presenta el área de estudio: zona semiárida; con agua superficial en cantidad y disponibilidad fluctuante;

agua subterránea profunda – con niveles estáticos mayormente localizada entre 50 y 120 m–; precipitaciones escasas y concentradas en época estival, con una media de 178 mm (Chilecito); alta evapotranspiración con déficit entre 910 y 1.136 mm año<sup>-1</sup> (Costa y Minetti, 2001); agricultura fuertemente dependiente de agua subterránea e intensiva en energía, tecnología y extensiva en superficie. Además, todas las actividades productivas y no productivas se desarrollan a partir del consumo de energía eléctrica por no existir el servicio de gas en red, situación que conlleva a que el sistema eléctrico colapse ante el incremento de la demanda en momentos de calor y frío extremo, entre otras cuestiones. Pero principalmente la energía es el elemento que determina el acceso al recurso agua y consecuentemente el desarrollo productivo agrícola y agroindustrial.

Como hemos desarrollado, el agua subterránea es la principal fuente explotada en la CALC para riego y especialmente en el valle central. Sin embargo, su extracción sólo puede efectuarse por la utilización de bombas colocadas en pozos de captación. El par pozo-bomba implica un importante costo económico tanto en la construcción, adquisición y desarrollo, así como en su mantenimiento y funcionamiento. La profundidad del agua a bombear y el rendimiento de la perforación impactan directamente en el consumo energético. Así, dos perforaciones que eroguen

igual cantidad de agua, pero localizadas en lugares diferentes de la cuenca pueden tener consumos energéticos marcadamente diferentes y, por lo tanto, costos de funcionamiento disímiles. De igual manera ocurre con pozos con distinto diseño localizados en una misma área de la cuenca, donde para extraer igual caudal se producen diferentes pérdidas de carga que se traducen en profundizaciones del nivel dinámico también diferentes. En la Figura 4 se ilustra dicha situación de manera esquemática.

Por lo tanto, los incrementos en la superficie cultivada en la CALC significan una mayor extracción y uso de agua subterránea para riego de los cultivos y actividades agroindustriales asociadas, pero también una mayor demanda energética al Sistema Interconectado Nacional (SIN). En este sentido, el consumo eléctrico de la CALC representa casi el 8% del total de la energía de riego a nivel nacional, mientras que a escala provincial ese valor alcanza el 50%.

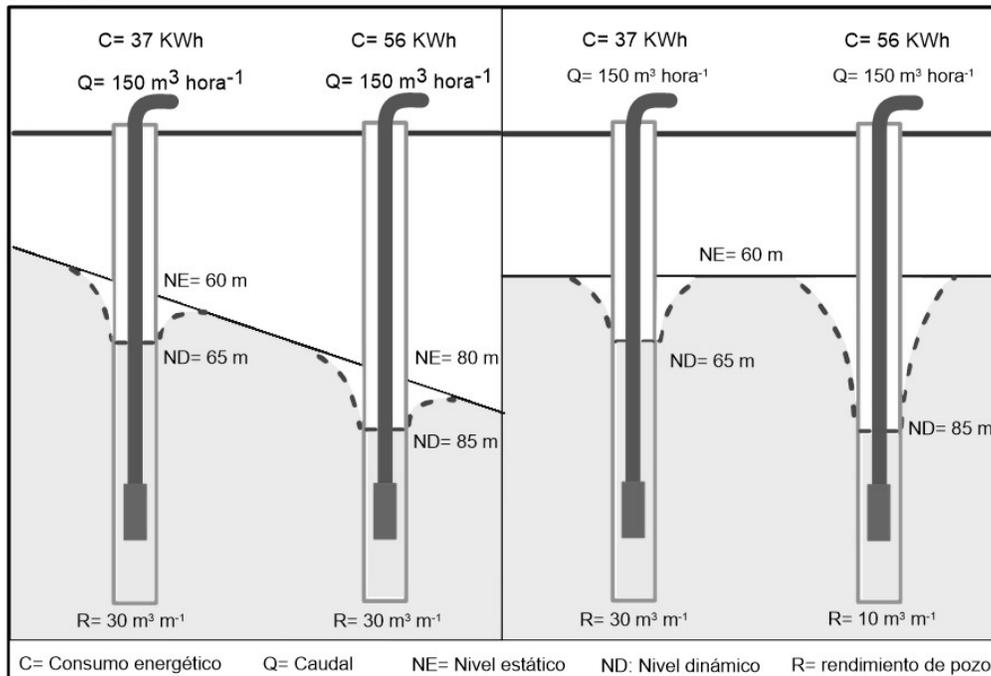


Figura 4. Diferencias de consumos energéticos en perforaciones. Igual rendimiento, distinto nivel estático, distinto consumo energético (izquierda). Distinto rendimiento, igual nivel estático, distinto consumo energético (derecha). Fuente: elaboración propia.

A partir de la Tabla 1 se pueden efectuar varias lecturas de la CALC en relación al consumo eléctrico. Tal como allí se observa el consumo de energía eléctrica efectuado por el sector agrícola de la CALC se incrementó entre 2004 y 2015 en un 38% en el sector riego.

En cuanto a la variación en la cantidad de usuarios, el incremento resulta ser mayor en el caso de Chilecito con 129 usuarios nuevos en 2015, mientras que en Famatina la cantidad de usuarios se mantiene baja tanto en 2004 como en 2015 (2 y 7, respectivamente). Estas diferencias pueden deberse a las particularidades que cada zona presenta. En el Departamento de Famatina predominan los pequeños productores que se abastecen casi en su totalidad de agua superficial que

se distribuye por medio de un sistema de canales de riego hacia la diferentes fincas que tienen acceso a este servicio y que corresponden a producciones con superficies pequeñas (entre una y 25 ha), siendo muy bajo el número de unidades productivas altamente tecnificadas y extensivas en superficie las que deben abastecerse de agua subterránea para mantener los requerimientos hídricos que este tipo de producción demanda; mientras que en el Departamento de Chilecito, si bien existen pequeños productores, las políticas impulsadas en las últimas décadas han fomentado el desarrollo de grandes unidades productivas, este tipo de agricultura se caracteriza por ser de alta tecnificación, intensiva en insumos y extensiva en términos de superficie ocupada.

Tabla 1. Consumo de MWh, cantidad de usuarios e intensidad de demanda eléctrica por usuario perteneciente al sector riego en la CALC en 2004 y 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina.

Área	Riego (MWh)		Usuarios		Intensidad (MWh/Usu)	
	2004	2015	2004	2015	2004	2015
Famatina	239	965	2	7	119,5	137,9
Chilecito	43.421	73.255	187	316	232,2	231,8
CALC	43.660	74.221	189	323	231,0	229,8

Otro aspecto importante a considerar en la relación energía – agua es la intensidad de consumo eléctrico por usuario. A partir de los datos presentados en la Tabla 2 es posible observar una disminución en la intensidad de consumo (MWh/Usu) de los usuarios del sector riego a nivel de la CALC. Este decrecimiento fue del 19% en 2015 en relación a lo registrado en 2004. Esto se traduce en una mayor cantidad de usuarios pero que demandan electricidad de un modo menos intensivo en 2015 de lo que lo hacían en 2004. No obstante, la situación a nivel departamental difiere, los usuarios del Departamento de Famatina incrementaron sus valores, mientras que los de Chilecito disminuyeron su intensidad de consumo. Esto último puede asociarse a que una mayor tecnificación conlleva un uso controlado del agua que resulta ser más “racional” al im-

plementarse sistemas de riego por goteo en fincas productivas intensivas en tecnología y extensivas en superficie. Si bien, esto puede haber generado una primera etapa de uso más eficiente del agua, es de esperar que ello conlleve a una próxima o segunda etapa caracterizada por un uso más intensivo de la energía por profundización de los niveles de agua subterránea, lo que conlleva a una disminución en la disponibilidad de agua para otros usos y usuarios y un aumento en la demanda energética, en consonancia a lo mencionado por Embid y Martín (2017).

Asimismo, es posible analizar la relación entre la agroindustria y la energía a partir de los datos de consumo eléctrico, usuarios e intensidad de consumo del sector industrial, debido a que en la zona el desarrollo industrial está fuertemente vinculado a la agricultura (Tabla 2).

Tabla 2. Consumo de MWh, cantidad de usuarios e intensidad de demanda eléctrica por usuario perteneciente al sector industrial en la CALC en 2004 y 2015. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina.

Área	Riego (MWh)		Usuarios		Intensidad (MWh/Usu)	
	2004	2015	2004	2015	2004	2015
Famatina	146	631	11	15	13,3	42,1
Chilecito	15.763	33.002	175	205	90,1	161
CALC	15.909	33.633	186	220	85,5	152,9

Los datos de consumo de energía eléctrica del sector industrial a nivel de CALC muestran un incremento del 111 % entre los años 2004 y 2015, mientras que el número de usuarios aumentó en un 18%, (equivalente a 34 usuarios). De la relación entre el consumo de MWh y el número de usuarios se observa una mayor intensidad de consumo (MWh/Usu) al incrementarse en un 78% el valor en ese período, esto significa que el usuario industrial promedio del valle ejerce una mayor demanda eléctrica en 2015 en compara-

ción a 2004.

La variación en los datos a nivel departamental muestra en el caso de Famantina que el consumo aumentó en un 332%, la cantidad de usuarios en un 36% y la intensidad de consumo en un 216%; mientras que en el caso de Chilecito los incrementos fueron de 109%, 17% y 79%, respectivamente.

No obstante, y dado a que los procesos industriales involucran diferentes actividades que requieren de electricidad para los distintos procesos

productivos vinculados a la obtención de un determinado producto, interfieren otros factores en la relación agua-energía que se pretende analizar y que están vinculados al proceso de manufactura de materia prima de origen agrícola, como por ejemplo molienda y refrigeración. Por lo que es necesario abordar este tema con mayor análisis y profundidad en trabajos futuros, ya que escapan al objetivo aquí planteado.

Los datos referidos a superficie cultivada en la CALC para el año 2004 y 2015 evidencian un incremento del 33 % en 11 años. Cabe aclarar que estos corresponden a datos totales sin diferenciar entre aquellas hectáreas que se abastecen de agua superficial o subterránea.

Una lectura en relación al consumo eléctrico y hectáreas destinada a la agricultura da cuenta de un incremento en la energía destinada por hectárea productiva, lo que indica una intensificación del uso de energía a medida que aumenta la tecnificación. Tal como lo plantean Embid y Martín (2017) para el caso de América Latina y el Caribe, la "modernización de los regadíos" involucra

el pasaje de una técnica de riego por gravedad, a una de riego localizado o por aspersión que en teoría genera un ahorro de agua y expansión de la superficie bajo riego pero un incremento en el consumo de energía. La situación que presenta el CALC muestra una estrecha relación con lo mencionado y planteado por los autores citados en el trabajo de la CEPAL.

Los datos a nivel de CALC muestran un incremento en la intensidad del consumo eléctrico por superficie cultivada (Tabla 3) entre los años estudiados, esto da cuenta no sólo de un consumo mayor de energía eléctrica con fines de riego, sino también una mayor cantidad de consumo de energía por unidad productiva para 2015 en relación a la situación de 2004. Este aspecto reviste principal importancia en el sector agrícola debido a que la energía se convierte en una variable económica de crucial importancia ya que es a partir del consumo de este bien, que el agua puede estar (o no) accesible para su utilización, y por ende, para el desarrollo de la actividad.

Tabla 3. Energía consumida para riego según hectáreas cultivadas. Cuenca Antinaco-Los Colorados. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, Brito y Del Moral (2004).

Área	Riego (MWh)		Superficie cultivada (ha)		Intensidad (MWh/ha)	
	2004	2015	2004	2015	2004	2015
Famatina	239	965	1.790	3.350	0,13	0,29
Chilecito	43.421	73.255	14.290*	18.090	3,04	4,05
CALC	53.660	74.221	16.080	21.440	3,34	3,46

\*Información tomada y modificada de Brito y Del Moral (2004).

Por lo tanto, el costo de la variable energética de origen eléctrico viabiliza o no una unidad productiva y con ello grupos humanos y actividades que se relacionan entre sí. Es así que incrementos en los costos de energía o la quita de subsidios pueden poner en riesgo la viabilidad económica de las producciones y de las economías regionales. En contrapartida, un bajo costo energético y subsidios pueden ir en detrimento de los recursos hídricos si no se posee un sistema de monitoreo que advierta efectos de explotación intensiva, ni un conjunto de políticas que tiendan a la gestión sostenible del recurso hídrico.

De esta manera la electricidad y el agua se convierten en factores o elementos estratégicos que viabilizan particularmente el desarrollo agrícola en

la CALC.

La representación gráfica del consumo eléctrico y las hectáreas bajo agricultura muestran una relación cuasi lineal para la CALC con un  $R^2$  de 0,974 (Fig. 5) lo que muestra la estrecha dependencia que presenta la agricultura en la CALC a la energía eléctrica, siendo un factor decisivo a la hora de mantener o incrementar la superficie productiva.

La grafica entre número de usuarios de riego y consumo eléctrico también muestra una relación lineal con un  $R^2$  de 0,999 (Fig. 6).

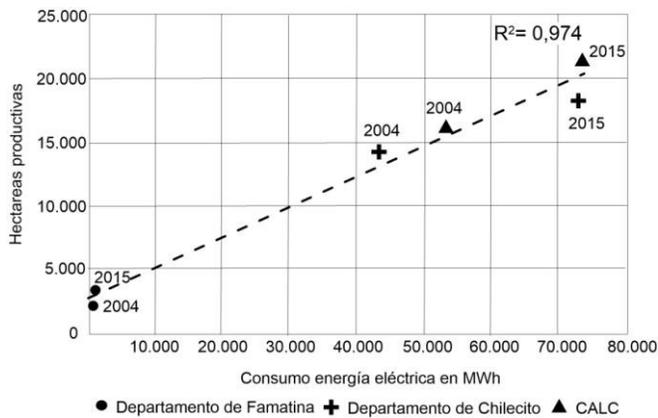


Figura 5. Relación entre hectáreas productivas y consumos de energía eléctrica en la CALC.

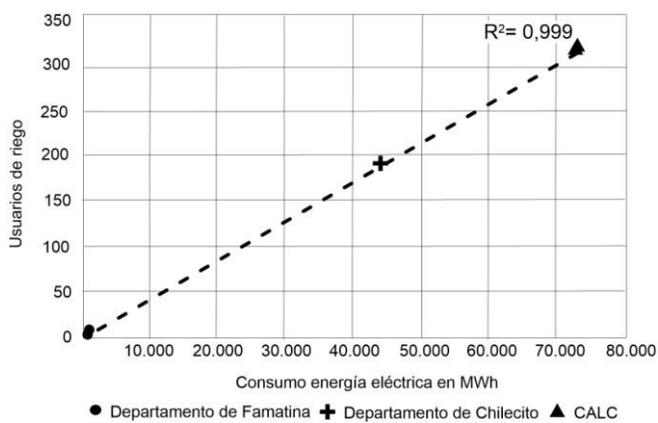


Figura 6. Relación entre usuarios y consumos de energía eléctrica en la CALC.

## DISCUSIÓN

El incremento de la superficie agropecuaria y de la actividad agroindustrial, que utilizan exclusivamente agua subterránea para su desarrollo, generan sobre el sistema acuífero de la CALC una profundización de niveles, pérdida de reservas y salinización de la capa freática.

La expansión no controlada de la superficie agrícola y la instalación de agroindustrias en áreas de recarga presupone que los efectos asociados a la explotación intensiva del agua subterránea se acentuarán en el corto y mediano plazo.

El aumento en la superficie que se destina a fines agrícolas se caracteriza por ser intensiva en *inputs* energéticos y tecnológicos y ser extensiva en términos de superficie ocupada. En este modelo productivo el agua subterránea sólo puede ser extraída con uso de energía eléctrica que es generada en otros sitios del país (cuando no importada) que se vuelve accesible por la infraes-

tructura eléctrica existente. Es evidente la estrecha relación entre agua, energía y producción agrícola en la CALC que se muestra cuasi-lineal. Tal como lo marcan las proyecciones del cambio climático del IPCC (2014) para América del Sur existe un riesgo para la disponibilidad de agua en las regiones semiáridas.

Es necesaria la generación y sistematización de información desagregada y relevante a los fines de comprender la relación agua-energía-alimentación desde el enfoque de Nexos, que tal como se menciona "La escasez, insuficiencia o inexactitud de información es una de las principales limitantes para la identificación de las interacciones prioritarias del Nexo en América Latina y el Caribe." (Embid y Martín, 2017:21) y así analizar los impactos que distintas actividades generan sobre los recursos hídricos y sobre la seguridad hídrica, energética y alimentaria a la que contribuye cada territorio desde su particularidad. Más aún en el actual contexto de gobernabilidad caracterizado por una deficiente capacidad planificadora, precaria capacidad de gestión y fiscalización y control de las autoridades estatales, en donde los intereses privados sectoriales se entremezclan.

Por lo tanto, y en consonancia con lo planteado por Embid y Martín (2017) el crecimiento de una agricultura caracterizada por la modernización de los regadíos sin considerar los impactos hidrológicos, ambientales y energéticos en áreas con déficit, inseguridad en el abastecimiento, volatilidad de los precios de la energía pueden elevar la vulnerabilidad de los productores y sus costos, con el consecuente impacto en la producción agropecuaria, rentabilidad y, por ende, en el reclamo de subsidios. Las particularidades que presenta la CALC ameritan futuros trabajos en relación a la vulnerabilidad de los pequeños productores ante contextos de avance de la agricultura moderna, quienes resultar ser perdedores en la carrera de reprofundización de las perforaciones por los costos que ello implica y por la baja capacidad de acceso a créditos.

Además de los contextos locales, regionales y a nivel de Argentina se suman aquellos que exceden el ámbito nacional y que inciden en el comportamiento y la evolución dispar de los componentes agua-energía-alimentación por medio de los mercados de precios que determinan los costos principalmente de la energía y de alimentos

de un modo "desconectado" que iguala y homogeniza en un único valor económico las realidades territoriales que cada contexto productivo local presenta y que también son heterogéneas cuando se las analiza a su interior.

### AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo y financiamiento al PReT CATRI 1233204 y la PNAGUA 1133023 del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Además, agradecer la apoyatura del Ing. (MSc.) Darío Recalde e Ing. José Emilio Carrizo de la EEA INTA Chilecito en el análisis de imágenes satelitales.

### BIBLIOGRAFÍA

Brito, B. y D. Del Moral. 2004. Identificación de cultivo intensivo y no intensivo con imágenes satelitales LANDSAT ETM. Provincia de La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja.

Costa, M.C. y J.L. Minetti. 2001. El agua: una limitante de la agricultura en La Rioja. Avances en la producción vegetal del N.O.A (1998-2001). URL: <http://www.faz.unt.edu.ar/images/stories/pdfs/pva/0125.pdf> (10.2.2017).

Embid, A. y L. Martín. 2017. El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe. Planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias. CEPAL Serie Recursos naturales e infraestructura. Naciones Unidas N°179, Santiago. Pp 69.

FAO. 2011. Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Gestión de sistemas en peligro. Roma. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf> (10.2.2017).

Gobierno de la Provincia de La Rioja. 2017. Ley 9.927 Impositiva Anual para el Período Fiscal 2017. Disponible en: <http://www.dgiplarioja.gob.ar/archivos/Legislacion/Leyes%20Impositivas/LEY%20IMPOSITIVA%202017.pdf> (17.5.2017)

Gonzalez Ribot, J.V. y R.E. Miguel. 2016.

Evolución de los niveles estáticos de agua subterránea en las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán, Chilecito, Provincia de La Rioja. Período 1973 – 2005 – 2014. Libro de Resúmenes Extendidos de las I Jornadas Internacionales Ambiente. 129-131.

IPCC. 2014. Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Suiza. URL: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgii\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgii_spm_es.pdf) (10.2.2017).

Miguel, R.E., E. Tálamo, D.S. Cristos, J.V. Gonzalez Ribot y L. Chayle. 2016. Análisis y evolución del proceso de salinización del sistema acuífero Antinaco Los Colorados en las Colonias de Vichigasta y Catinzaco, La Rioja, Argentina. Actas del IX Congreso Argentino de Hidrogeología 2016. Calidad de Agua Subterránea. 304-311.

Miguel, R.E. y J.V. Gonzalez Ribot. 2016. Evolución hidrodinámica e hidroquímica del acuífero explotado para riego en las Colonias Agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán, Chilecito, La Rioja. Actas del IX Congreso Argentino de Hidrogeología 2016. Hidrogeología Regional. 166-173.

Morello, J. 1955. Estudios botánicos en las regiones áridas en la Argentina, II: Transpiración de los arbustos resinosos de follaje permanente del Monte. Rev. Noroeste Arg. 1 (3) 385-524.

Peña, E.P. 1969. 1<sup>ra</sup> Reunión Nacional para la experiencia de desarrollo cultural en La Rioja. Anales de Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Tomo XXIII: 206-218.

- Poblete, M.A. y R.E. Guimaraes. 2006. Evaluación hidrogeológica de los acuíferos explotados en la cuenca Antinaco-Los Colorados. INA-CRAS. pp. 28.
- Rocca, J.A. 1975. Investigación del agua subterránea en el Valle Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja. Publicación N° P-067. INA CRAS. Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Subsecretaría de Recursos Hídricos. pp. 350.
- 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. 51 pp.
- USGS (2017). Earth Explorer. United States Geology Service. Disponible en: URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (30.1.2017).
- 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 55-73.