
**EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DEL EMBALSE LAS
PIRQUITAS EN LA PROVINCIA DE CATAMARCA, ARGENTINA**

**CONDUCTION EFFICIENCY OF IRRIGATION SYSTEM OF THE RESERVOIR LAS
PIRQUITAS IN THE CATAMARCA PROVINCE, ARGENTINA**

**Pablo Demin¹, María Belén Barrera¹, Marcelo Assán², Eber Delgado², Fernando
Baravalle², Stella Maris Gorosito², Federico Segovia² y Juan Curarello¹**

¹Estación Experimental Agropecuaria Catamarca. Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria. Ruta N° 33. Km 4,5. Valle Viejo. Catamarca.

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Catamarca. Maestro
Quiroga 51.

demin.pablo@inta.gob.ar

Demin, P., Barrera, M. B., Assán, M., Delgado, E., Baravalle, F., Gorosito, S. M., Segovia,
F. & Curarello, J. (2017). Eficiencia de conducción del sistema de riego del embalse Las
Pirquitas en la provincia de Catamarca, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 5(1), 48-
60.

Recibido: 11 de enero de 2017

Aceptado: 31 de mayo de 2017

Publicado: 30 de junio de 2017

RESUMEN

La provincia de Catamarca posee un clima árido en la mayor parte de su territorio, lo cual hace indispensable el riego para la producción. En la zona central de esta provincia se encuentra uno de los sistemas de riego mediante canales más importantes de la misma, el cual es abastecido de agua por el embalse Las Pirquitas. Este sistema de riego consta de tres canales principales, dos de los cuales son los más importantes por el caudal que transportan y la longitud que poseen. El desconocimiento de las pérdidas por infiltración de estos canales es uno de los problemas en la zona, por ello se planteó la determinación de la eficiencia de conducción de estos canales. Para esta determinación se dividieron esquemáticamente los dos canales principales en trayectos y en cada uno de ellos se utilizó el método de caudal de entrada y salida. Las mediciones de caudal se realizaron con el método de sección y velocidad, para esta última se utilizó un molinete. Los resultados permitieron conocer que en general las eficiencias en los dos canales principales son aceptables, a pesar de la antigüedad de cincuenta y seis años de uno de los canales.

Palabras claves: eficiencia de conducción, canales, agua, producción agropecuaria.

ABSTRACT

In the province of Catamarca, irrigation is essential for production since the region have arid climate in most of its territory. In the central area of the province exist one of the irrigation systems by means of channels, which is supplied with water by the reservoir Las Pirquitas. Irrigation system has three main channels, two of them are most important for flow transporting and length. Knowledge of losses by infiltration in these channels is need; therefore determining conduit efficiency of these channels was performed. In these study two main channels was schematically divided on segments, where input and output flow was measurements. Flow measurements were performed using section and velocity method, velocity was estimate using water velocity meter. Results allowed to know that the efficiencies are acceptable, although fifty-six years of age from a channel.

Keywords: conduction efficiency, channels, water, agricultural production.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Catamarca existen aproximadamente 24.140 hectáreas (en adelante ha) bajo riego mediante sistemas gravitacionales, que utilizan fuentes de aguas superficiales. Existen además, otras 30.000 ha que se riegan mediante riego presurizado, pero utilizando agua subterránea. Estas últimas corresponden a empresas favorecidas por el régimen de diferimiento impositivo, dedicadas principalmente al olivo con un importante uso del recurso agua (Núñez y Álvarez de Toledo, 2004).

El agua de riego superficial proviene de las lluvias de verano, las que al escasear en el período entre agosto y diciembre, condicionan la disponibilidad del agua de riego. Por lo tanto, la falta de agua para riego es un problema generalizado al final de esta estación seca. Esto, sumado a una elevada evapotranspiración, conduce a un balance hídrico negativo en ese periodo, mientras que a partir de diciembre se incrementan las precipitaciones y por ende el agua de riego hasta el otoño-invierno (Paoli et al., 2002).

En la provincia, la zona agrícola posee un total de 159.656 ha, de las cuales un 45,3% de esa superficie corresponden a la zona de secano donde se cultiva soja y otros cultivos extensivos. El restante 54,7% de la superficie se encuentra ocupada con cultivos bajo riego superficial y por goteo (INDEC, 2002).

En la zona centro de la provincia, una de las principales fuentes de agua es el dique de embalse Las Pirquitas, el cual regula los caudales del río Del Valle. Este dique posee un sistema de distribución de agua para riego mediante canales y está compuesto por tres canales principales, dos de los cuales son los más importantes por la superficie que riegan, por el caudal que transportan y por la longitud que poseen. Uno de ellos es el canal Principal del Este que posee 23 km, con una antigüedad de cincuenta y seis años y el otro es el canal que abastece a las colonias que posee 38 km y de construcción más reciente. Estos dos canales están revestidos en toda su extensión y en su trayecto atraviesan rutas, zonas rurales y urbanas.

Un problema en esta zona es la escasa información disponible acerca de las pérdidas de conducción de estos canales, ya sea por filtraciones, evaporación o uso del agua por parte de regantes cuando no es el turno que les corresponde (en adelante hurto). Por tal motivo, para estimar la cantidad de agua que se pierde durante la conducción en estos canales y no queda disponible para los cultivos, se planteó como objetivo determinar la

eficiencia de conducción (Ef_c) del canal Principal del Este y del canal que abastece a las colonias de riego, los dos canales pertenecientes al sistema de distribución del embalse Las Pirquitas. Cabe aclarar que las pérdidas por infiltración de estos canales significan un aporte de agua al acuífero, que si bien existe una recarga mínima a su vez es constante y es válido que sea analizada.

METODOLOGÍA

Ubicación

El canal Principal del Este inicia a $28^{\circ}17'31,99''$ de latitud sur y $65^{\circ}43'37,11''$ de longitud oeste, a partir del canal matriz, el cual capta el agua en el dique derivador ubicado en Pomancillo, a pocos kilómetros del dique de embalse Las Pirquitas. Esta zona corresponde al departamento Fray Mamerto Esquiú y su recorrido continúa hasta el departamento Valle Viejo, a los $28^{\circ}28'12,30''$ de latitud sur y $65^{\circ}44'38,69''$ de longitud oeste. Por otro lado, el canal que abastece a las colonias de riego del departamento Capayán inicia en el dique derivador de Payahuayco, alrededor de 13 km aguas abajo del dique de embalse Las Pirquitas, a los $28^{\circ}23'07,64''$ de latitud sur y $65^{\circ}43'40,48''$ de longitud oeste, donde el agua es captada del río Del Valle y conducida por este canal, el cual, posterior a atravesar el departamento Valle Viejo, finaliza en las colonias de riego en el departamento Capayán (Figura 1). No existen datos actualizados de la superficie a la que abastecen de agua para riego estos dos canales.

Esta zona, de clima árido posee una temperatura media anual de 21.4° , con una precipitación anual promedio de 300-400mm concentrada en la época estival, correspondiendo la zona con mayor precipitación y una menor temperatura a la zona de captación que es en la serranía. La evapotranspiración potencial es de alrededor de 1600 mm (Karlin et al., 2013). Los suelos son francos, franco-arenosos o franco-limosos (Panigatti, 2010).

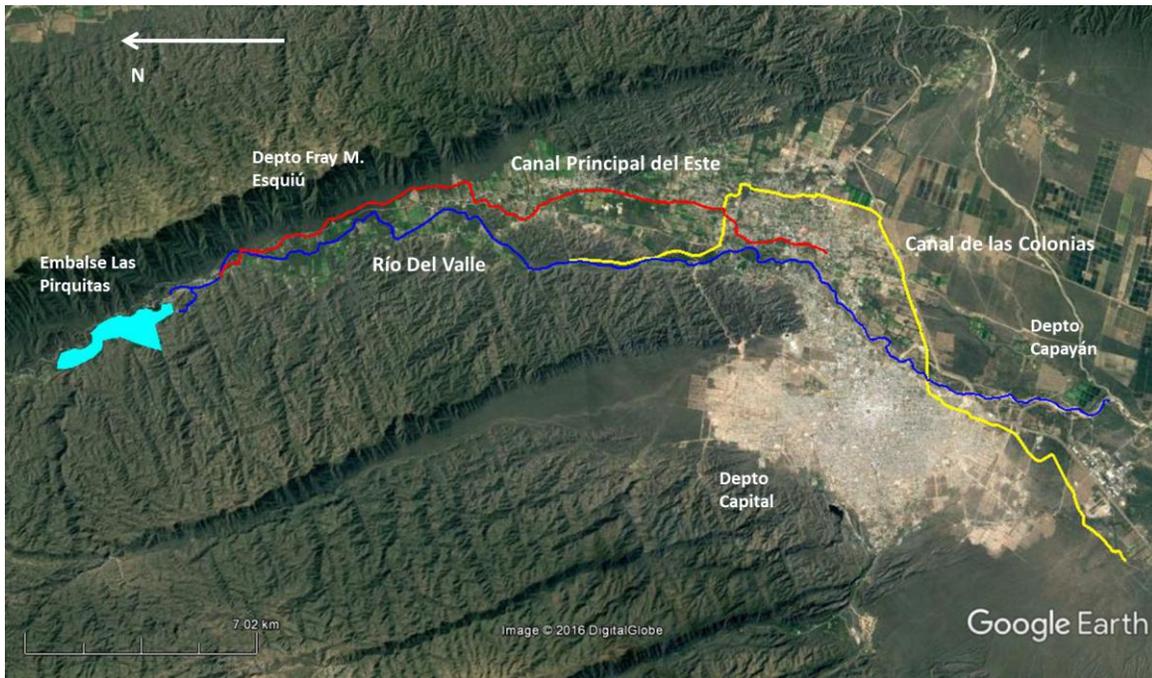


Figura 1. Ubicación de los dos canales principales del sistema de riego del embalse Las Piriquitas
Fuente: Elaboración propia a través de GoogleEarth.

Mediciones

Como metodología para medir la eficiencia de conducción (E_{fc}) de estos canales con una mayor precisión y considerando su longitud, se procedió a dividir esquemáticamente los dos canales en puntos y se estableció que dos puntos forman un trayecto. En los dos puntos de cada trayecto se realizó la medición de caudales (Figura 2) para luego relacionarlos y obtener la E_{fc} de cada trayecto, según la metodología recomendada por el Ministerio de Agricultura (2004), con la consideración de independencia entre los trayectos. Esta metodología se fundamenta en la relación del caudal de salida y caudal de entrada de agua de cada trayecto:

$$E_{fc} = \frac{\text{Caudal salida}}{\text{Caudal entrada}} \times 100$$

Se realizó, además, otra determinación de E_{fc} en el canal que abastece a las colonias aunque, a diferencia de la metodología anterior en la que se dividió esquemáticamente el canal en trayectos, se realizaron las mediciones de caudales en la salida del dique

derivador, es decir en el inicio del canal y posteriormente al final de este canal, o sea a pocos metros del sistema de distribución de la colonia de riego.

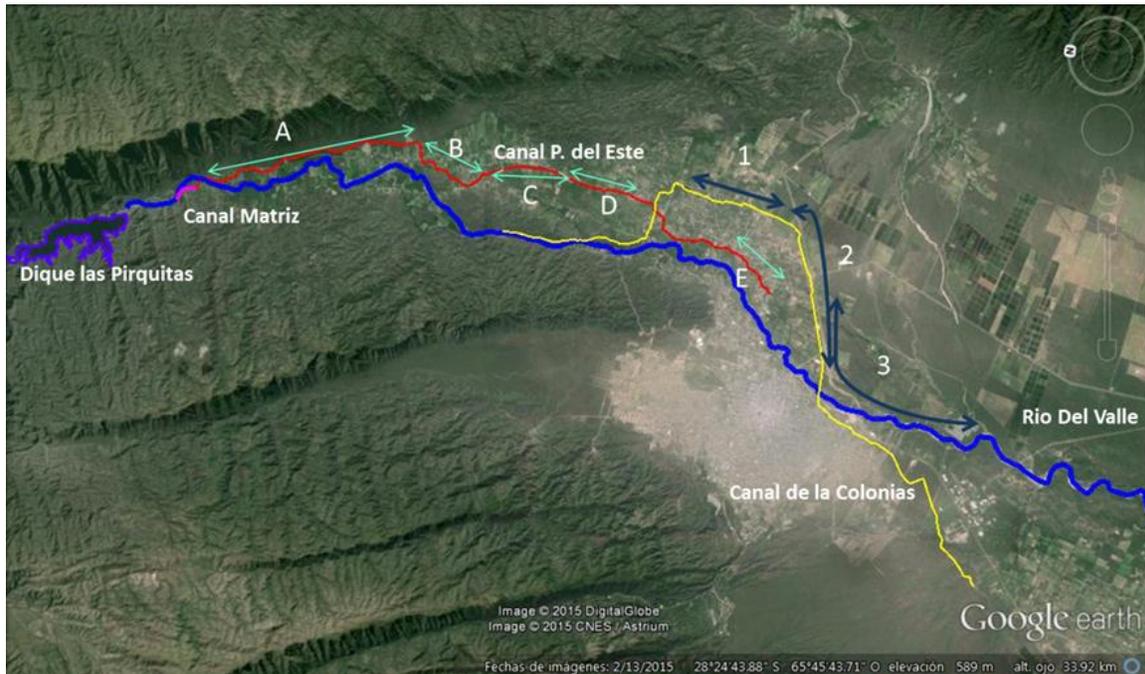


Figura 2. Trayectos medidos de los canales principales del sistema de riego del embalse Las Piriquitas. Fuente: Elaboración propia a través de GoogleEarth.

Cabe aclarar que estas mediciones se realizaron durante el otoño e invierno. Los valores obtenidos reflejan solo una situación para esos caudales precisamente ya que al ser estos variables en el tiempo, este muestreo de la eficiencia podría variar según caudales elevados o bajos.

Las determinaciones se realizaron con la precaución de evitar incrementos de caudal o derivaciones hacia canales secundarios. Esto se realizó mediante previa inspección que permitió asegurar que no hubo movimientos de compuertas aguas arriba en el canal principal y que no existieron compuertas de canales de canales secundarios o en el caso de existir que estuvieron cerradas.

Las mediciones de caudales se efectuaron con el método de cálculo de sección y velocidad (Basán, 2008). El cálculo de la sección transversal del canal se realizó con ruleta y planchuela de hierro graduada, de acuerdo con la metodología de la Corporación

Autónoma Regional del Valle del Cauca (2002), para utilizar como escala introduciéndola en el canal, con la previsión de dividir la sección del canal en varias subsecciones para tener mayor precisión, principalmente por la razón que los canales en esta zona comúnmente son de sección trapecial. La velocidad del agua se calculó con un velocímetro marca SIAP 373, previamente calibrado y en cada medición se utilizó la hélice correspondiente a la velocidad del agua del canal. Cada medición de velocidad del agua se repitió tres veces para utilizar un valor promedio de velocidad del agua. Se observó en una inspección previa el estado de los canales y si había presencia de hurto de agua pero durante la medición de caudales no se verificó en el trayecto si había o no hurto de agua en pequeñas cantidades o mediante bombeo por parte de los distintos usuarios.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas 1 y 2 se muestran los valores de Ef_c medidas en porcentaje, en los distintos trayectos con sus respectivas referencias. Las Ef_c fueron determinadas en cada trayecto en momentos diferentes, es decir se los considera independientes entre sí. Por consiguiente se debe evitar relacionar los caudales entre los trayectos.

Como se puede apreciar en la tabla 1, el canal Principal del Este posee, en los trayectos medidos y analizados, una Ef_c aceptable ya que sus valores oscilan entre un 84-89%.

Tabla 1. Canal principal del Este. Determinaciones de EfC, estado del canal y observaciones realizadas días antes de las determinaciones.

Ef_c en trayectos del canal Principal del Este					
	A	B	C	D	E
Latitud (Sur)	28°17'34,92"	28°21'28,55"	28°22'06,30"	28°23'13,21"	28°26'38,40"
Longitud (Oeste)	65°43'21,39"	65°42'17,36"	65°42'44,51"	65°42'19,54"	65°43'21,74"
Caudal de entrada (m ³ /seg)	1,68	0,54	1,08	0,86	0,74
Latitud (Sur)	28°20'51,77"	28°22'06,30"	28°23'13,21"	28°24'11,35"	28°27'31,38"
Longitud (Oeste)	65°42'10,54"	65°42'44,51"	65°42'19,54"	65°42'25,86"	65°43'37,93"
Caudal de salida (m ³ /seg)	1,47	0,48	0,93	0,75	0,62
Distancia (Km)	6,8	1,7	2,4	1,6	1,8
Ef _c (%)	87,7	89,0	86,0	87,0	84,0
Estado del canal según inspección anterior a la medición de caudales	Mal estado (taludes y solera del canal en deterioro). No se observó hurto	Buen estado. No se observó hurto	Buen estado. Se observó hurto	Buen estado. No se observó hurto	Mal estado (taludes en deterioro). Se observó hurto

En la Tabla 2 se detallan los valores de Ef_C del canal que abastece a las colonias de riego, donde se puede apreciar que la Ef_C es alta ya que en todos los trayectos es mayor al 90%.

Tabla 2. Canal de las colonias. Determinaciones de Ef_C , estado del canal y observaciones realizadas días antes de las determinaciones.

Ef_C en trayectos del canal de las colonias			
	1	2	3
Latitud (Sur)	28°25'47,20"	28°27'33,92"	28°29'04,70"
Longitud (Oeste)	65°42'38,70"	65°42'31,78"	65°45'12,40"
Caudal de entrada (m ³ /seg)	1,99	1,6	1,81
Latitud (Sur)	28°27'33,92"	28°29'04,70"	28°32'23,86"
Longitud (Oeste)	65°42'31,78"	65°45'12,40"	65°49'44,10"
Caudal de salida (m ³ /seg)	1,96	1,47	1,63
Distancia (Km)	3,9	5,7	10,9
Ef_C (%)	98,0	91,7	89,7
Estado del canal	Buen estado. No se observó robo	Buen estado. No se observó robo	Buen estado. Se observó robo

En la Tabla 3 se detallan los valores de Ef_c del canal que abastece a las colonias de riego, en toda su longitud, es decir sin dividir esquemáticamente en trayectos.

Tabla 3. Canal de las colonias. Determinaciones de Ef_c del canal de las colonias en toda su longitud.

Ef_c en longitud total del canal de las colonias					
Coordenadas	Caudal de entrada (m³/seg)	Coordenadas	Caudal de salida (m³/seg)	Distancia (km)	Eficiencia de conducción (%)
28°25'45,78"S 65°43'07,33"O	1,57	28°32'23,86"S 65°49'44,10"O	1,55	21,4	99,0

Respecto de la medición de Ef_c efectuada en el canal de las colonias pero considerado en toda su longitud del canal (tabla 3), o sea sin dividir esquemáticamente en trayectos, la determinación indica un valor de Ef_c de 99%; si se compara con la tabla 2, resulta en un valor algo mayor respecto a los valores obtenidos de Ef_c del mismo canal considerado por trayectos.

Cabe destacar que en la determinación de Ef_c , la precisión está condicionada por el método utilizado de medición de caudales que posee un error de $\pm 5\%$, por lo cual en algunas situaciones los valores estimados de Ef_c pueden ser mayores a la Ef_c existente.

No existen antecedentes de Ef_c que aporten valores de referencia puntuales que permitan calificar la Ef_c o comparar los valores obtenidos con otros trabajos, lo cual limita la fiabilidad de los resultados.

La Ef_c del canal Principal del Este es similar a los resultados obtenidos por García Domínguez et al. (2010) en el módulo de riego IV, del distrito de riego 017, en México, donde determinaron valores en promedio en el distrito, de 82,18% de Ef_c . Asimismo dichos autores determinaron valores de Ef_c de 88% para canales revestidos, en ese distrito. Otro estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1992), anteriormente en el mismo distrito de riego, menciona valores de Ef_c del 87%, en este caso los valores encontrados se asemejan a los valores de Ef_c del canal Principal del Este.

Por último, en el trabajo de Pedroza & Hinojosa (2014) encontraron un valor promedio de Ef_C de 81,2% en canales principales, en México. Este valor es similar a los obtenidos en este trabajo en el canal Principal del Este.

Los valores ligeramente mayores de Ef_C del canal que abastece a las colonias en comparación con el canal Principal del Este, pueden atribuirse a que el canal de las colonias es de construcción menos antigua y algunos trayectos fueron revestidos recientemente; contrariamente el canal Principal del Este posee algunos trayectos algo deteriorados, donde pueden ocurrir mayores pérdidas por infiltración. Esta situación se refleja claramente en el trayecto inicial del canal Principal del Este, el cual en su trayecto inicial de 6,77 km, posee una relativa eficiencia (87,7%), el cual es un trayecto con escasas compuertas y alejado de zonas urbanas.

Es importante remarcar que durante el recorrido de los canales en otros períodos, mediante inspección visual pudo observarse, en algunos casos, hurto de agua; contrariamente en estos trayectos no se encontraron pérdidas importantes, al menos durante la medición. No se puede afirmar con certeza si las pérdidas se atribuyen en mayor medida a infiltraciones del canal o a hurto, por lo tanto se deben realizar inspecciones en estos trayectos para obtener mayor información que confirmen las pérdidas por hurto y cuantificarlas.

Es necesario conocer con más detalle el estado de los canales en los diferentes trayectos para corroborar si el deterioro está vinculado a una menor Ef_C o si en esta situación no tiene relación. Se deben realizar determinaciones de Ef_C con la consideración de las ubicaciones del canal donde se encuentren ubicadas compuertas que puedan ser causales de pérdidas al tener un mal cierre. Se debe considerar la relación entre las pérdidas a lo largo del canal y los diferentes caudales ya que las pérdidas pueden no ser proporcionales a los caudales. De esta manera, al conocer las pérdidas por infiltración se podrá conocer exactamente el aporte que sirve de recarga al acuífero, ya que según las estimaciones de Ef_C , al menos 5.000 m³ por día se pierden del sistema de conducción. Por último, se deben realizar además, las determinaciones de eficiencia de distribución de sus canales secundarios.

CONCLUSIONES

Según lo medido y analizado, con la metodología utilizada que posee un error aproximado del $\pm 5\%$, se puede calificar a la Ef_c , de manera general, como aceptable ya que en el canal de las colonias es mayor al 90% y en canal Principal del Este es de 84-89%. Los trayectos donde se observaron anteriormente hurtos no poseen pérdidas importantes, al menos durante la medición. El canal que abastece de agua a las colonias, posiblemente por ser de construcción más nueva y tener en algunos sectores un revestimiento más reciente, posee una Ef_c mayor a la del canal Principal del Este, el cual en algunos sectores está deteriorado, donde pueden ocurrir mayores pérdidas por infiltración. Es necesario conocer con más detalle el estado de los canales en los distintos trayectos y realizar las determinaciones de eficiencia de distribución de sus canales secundarios.

REFERENCIAS

- Basán, M. (2008). Curso de Aforadores de corrientes de agua. EEA Santiago del Estero
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC]. (2002). Manual de
procedimientos hidrométricos. Universidad del Valle. 2002. Escuela de Ingeniería
de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Corporación Autónoma
Dirección de riego. (2005). Gobierno de Catamarca.
García Domínguez, M. Y., Sánchez Cohen, I., García Herrera, G., Moreno Díaz, I., Trejo
Calzada, R., Hernández Martínez, M. A. (2010). Evaluación de la eficiencia de
riego en el módulo iv del distrito de riego 017 comarca lagunera, México. *Revista
Chapingo Serie Zonas Áridas*. 2010 9, 99-106.
Google (2006). Foto de satélite de la provincia de Catamarca. Consulta: 9 junio 2015,
<http://earth.google.com>
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA]. (1992). Manual de Aforos.
Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Cuernavaca, Mor. México.
Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC]. Censo Nacional Agropecuario 2002.
Karlin, M. S., Karlin Uzf, O., Coirini, R. O., Reati, G. J., Zapata, R. M. (2013). El Chaco
Árido. Universidad Nacional del Córdoba. Argentina

- Ministerio de Agricultura. (2004). Determinación de Eficiencias de Conducción y Distribución. Proyecto Subsectorial de Irrigación (PSI). Programa de Entrenamiento en Servicio-PES. Instructivo Técnico.
- Núñez Aguilar, F. A., Álvarez de Toledo, J. M. (2004). El riego en la provincia de Catamarca. Desarrollo social y ambiental sostenible de la región de América Latina y el Caribe. Banco Mundial. p. 58:62
- Panigatti, J. L. (2010). Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. INTA Buenos Aires. 345 pp. Ilustraciones y cuadros.
- Paoli H. P., Bianchi, A. L., Yáñez, C. E., Volante, J. N., Fernández, D. R., Mattalía, M. C., Noé, Y. E. (2002). Recursos Hídricos de la Puna, Valles y Bolsones Áridos del Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED). Aguaitiplano.
- Pedroza Gonzales, E., Hinojosa Cuellar, G. A. (2014). Manejo y distribución del agua en distritos de riego: breve introducción didáctica / Edmundo Pedroza González y Gustavo A. Hinojosa Cuéllar. Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.